

11

ASTRONOMIE

VOLODYMYR SYROTIUK
IURIY MYROŠNICENKO

ASTRONOMIE

NIVELUL STANDARD

VOLODYMYR SYROTIUK
IURIY MYROŠNICENKO

2019

ISBN 978-966-914-218-4



9 789669 142184 >

11

CELE MAI FOLOSITE SEMNE ASTRONOMICE

Semnul	Denumirea	Semnul	Denumirea
<i>N</i>	Nord	<i>A</i>	Azimut
<i>NE</i>	nord-est	α sau (<i>AR</i>)	ascensie dreaptă
<i>S</i>	sud	δ	declinație
<i>SE</i>	sud-est	λ	ecliptică (lungitudine geografică)
<i>E</i>	est	<i>b</i>	latitudine galactică
<i>NW</i>	nord-vest	β	latitudine ecliptică
<i>W</i>	vest	φ	latitudine geografică
<i>SW</i>	sud-vest	<i>z</i>	distanță zenitală
<i>a</i>	an	μ	mișcare proprie
<i>d</i>	zi	<i>l</i> sau <i>l'</i>	longitudine galactică
<i>h, m, s</i>	ora, minuta, secunda timpului	π	paralaxă anuală
$^{\circ}, ', ''$	grad, minută, secundă de arc	v_r	viteza radială
<i>t</i>	unghiul orar al astrului	<i>h</i>	înălțimea astrului de le orizont
<i>s</i>	timp sideral	<i>p</i>	distanță polară
T_{\odot}	timp solar	T_{*}	an sideral
Υ	Arles (Berbec) și punctul sideral în constelația Pești		
∇	Libra (Balanță) și punctul autumnal în constelația Fecioară		
τ	Taurus (Taur)		
\scorpius	Scorpius (Scorpion)		
II	Gemini (Gemeni)		
♐	Sagittarius (Săgetător)		
♋	Cancer (Cancer) și punctul solstițiului de vară în constelația Taur din 1990		
♑	Capricornus (Capricorn) și punctul solstițiului de iarnă în constelația		
♌	Leo (Leu)		
♒	Aquarius (Vărsător)		
♍	Virgo (Fecioară)		
♓	Pisces (Pești)		

COORDONATELE GEOGRAFICE ALE CENTRELOR REGIONALE ALE UCRAINEI


Oraș	φ	λ	Oraș	φ	λ
Vinița	49,2	28,4	Poltava	49,6	34,6
Dnipro	48,4	35,0	Rivne	50,6	26,1
Donețk	48,0	37,8	Simferopol	45,0	34,1
Jytomyr	50,3	28,7	Sumy	50,9	34,8
Zaporijia	47,8	35,2	Ternopil	49,6	25,6
Ivano-Frankivsk	48,9	24,7	Ujgorod	48,6	22,4
Kyiv	50,5	30,5	Harkiv	50,0	36,3
Kropyvnyțkyi	48,4	32,2	Herson	46,6	32,6
Lugansk	48,5	39,3	Hmelnyțkyi	49,4	27,0
Luțk	50,8	25,3	Cerkasy	49,5	32,1
Lviv	49,9	24,0	Cernighiv	51,5	31,3
Mykolaiv	47,0	32,0	Cernăuți	48,3	25,9
Odesa	46,5	30,75			


CARACTERISTICILE FIZICE ALE PLANETELOR


Planeta	Raza medie		Masa		Densitatea, kg/m ³	Accelerare gravitațională la ecuator, m/s ²	Viteza parabolică, km/s	Perioada de revoluție siderală ecuatorială	Magnitudinea stelară aparentă
	km	în raze terestre	în mase terestre	$\cdot 10^{24}$ kg					
Mercur	2439	0,383	0,055	0,330	5500	3,72	4,3	58,65 ^d	-0,2 ^m
Venus	6052	0,950	0,815	4,87	5200	8,87	10,4	243,16 ^d	-4,1 ^m
Pământ	6371	1,000	1,000	5,98	5500	9,78	11,2	23 ^h 56 ^m	—
Marte	3393	0,532	0,107	0,64	3900	3,76	5,0	24 ^h 37 ^m	-1,9 ^m
Jupiter	71398	11,19	317,89	1900	1300	25	61,0	9 ^h 50 ^m	-2,4 ^m
Saturn	60000	9,41	95,17	568	700	11,0	36,0	10 ^h 14 ^m	+0,8 ^m
Uranus	26200	4,11	14,6	87	1600	9,50	22,0	10 ^h 49 ^m	+5,8 ^m
Neptun	24300	3,81	17,2	103	1720	11,50	24,0	19 ^h 00 ^m	+7,6 ^m



STIMAȚI ELEVI DIN CLASA a 11-cea!


Anul acesta veți studia obiectele astronomice, legitățile de bază ale ciclurilor fenomenelor astronomice, veți afla despre structura Universului, metodele de studiere și cercetare a lui. Materialul teoretic al acestui manual vă va ajuta să înțelegeți și să puteți explica anumite procese și fenomene, legi și teorii. Atrageți atenția la textul evidențiat și colorat. Acestea sunt termenii, noțiunile, regulile importante care trebuiesc memorate și folosite după necesitate.


Rubrica  „**Știați, oare, că ...**” conține fapte interesante. Pe lângă dezvoltarea nivelului vostru de cunoștințe ea vă va ajuta să vă convingeți că în natură totul se petrece după legile fizicii, să vă dați seama despre rolul cunoștințelor astronomice în viața omului și pentru dezvoltarea noastră comună.

La sfârșitul fiecărui paragraf sunt  „**Întrebări la tema însușită**”, răspunzând la care, veți putea verifica cum ați însușit materialul.

 „**Lucrările practice**” vă vor ajuta să înțelegeți mai bine legitățile fenomenelor astronomice.

Exemple de rezolvare a diferitor tipuri de exerciții sunt date în rubrica  „**Rezolvăm împreună**”. Pentru rezolvarea de sine stătătoare manualul conține multe  „**Exerciții și sarcini**”. Exercițiile cu steluță cer mai multă atenție și calculări matematice. Puneți mintea în mișcare.

O atenție deosebită cer sarcinile din rubrica  „**Verifică-ți competența**”. Rezolvându-le, veți putea observa și înțelege mai bine mediul ambiant, veți putea explica succesiunea fenomenelor în natură.

La sfârșitul fiecărui capitol sunt date  „**Teste**”, cu ajutorul cărora veți putea verifica nivelul de însușire a materialului și pregăti de lucrarea de control temptică.

Toate aceste deprinderi vă vor ajuta să folosiți în viitor cunoștințele obținute, să le folosiți în practică în viața de zi cu zi. Cunoștințele în astronomie vă vor fi de folos chiar dacă viitoarea voastră profesie nu va avea nimic comun cu științele naturale.

Dacă va apărea necesitatea de a afla vreun termen astronomic sau vreo lege, folosiți-vă *de indicele de termeni*.

Străduiți-vă să fiți cât mai independenți în însușirea materialului și fiți atenți, deoarece studierea astronomiei este o muncă asiduă.

Succese la învățătură!

VOLODYMYR SYROTIUK
IURII MYROȘNICENKO

ASTRONOMIE

(NIVELUL STANDARD,
conform programei de învățământ
a colectivului de autori
sub conducerea lui Iațkiv I. S.)

Manual pentru clasa a 11-a
a instituțiilor de învățământ mediu general
cu predarea în limba română/moldovenească

*Recomandat de Ministerul
învățământului și științei al Ucrainei*



Львів
Видавництво «Світ»
2019

УДК 52(075.3)
С40

Перекладено за виданням:

Сиротюк В.Д. Астрономія : (рівень стандарту, за навч. програмою авт. кол. під керівництвом Яцківа Я. С.) : підруч. для 11-го кл. закл. заг. серед. освіти / Володимир Сиротюк, Юрій Мирошніченко. — Київ : Генеза, 2019

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ Міністерства освіти і науки України від 12.04.2019 № 472)

Видано за державні кошти. Продаж заборонено

Сиротюк В.Д.
С40 Астрономія : (рівень стандарту, за навч. програмою авт. кол. під керівництвом Яцківа Я. С.) : підруч. для 11 кл. з навч. румунською/молдовською мовами закл. заг. серед. освіти / В. Д Сиротюк, Ю. Б. Мирошніченко; пер. Г. І. Унгурян. — Львів : Світ, 2019. — 160 с. : іл.

ISBN 978-966-914-218-4

УДК 52(075.3)

ISBN 978-966-914-218-4 (рум./молд.)
ISBN 978-966-11-0977-2 (укр.)

© Сиротюк В. Д.,
Мирошніченко Ю. Б., 2019
© Видавництво «Генеза»,
оригінал-макет, 2019
© Унгурян Г. І., румунською/
молдовською мовами, 2019

Introducere



Astronomia – una dintre cele mai vechi științe ce studiază obiectele și fenomenele observate în Univers, apărută din necesitățile practice ale omului și din dorința lui de a cunoaște mediul ambiant. Însemnătatea și rolul ei în dezvoltarea civilizației și formarea viziunii umane e nespuse de mare.

Scopul principal în studierea astronomiei este formarea unei competențe culturale generale, a viziunii științifice și a bazei sistemului de cunoștințe despre metodele și rezultatele studierii legilor mișcării, a naturii fizice, a evoluției corpurilor cerești și a Universului în general.

Acest spațiu fără margini și mereu schimbător noi îl numim Univers. Noțiunea de „univers” conține în ea și Pământul cu celelalte planete, Soarele și stelele, galaxiile și mediul în care ele se află. Planeta noastră este Pământul și noi împreună cu el suntem o parte a Universului.

Din cele mai vechi timpuri, oamenii tindeau să înțeleagă natura obiectelor și fenomenelor observate. De aceea, își creau imaginea mediului ambiant conform cunoștințelor de care dispuneau. Treptat, odată cu apariția unor noi date și teorii și posibilitatea de a verifica aceste teorii cu ajutorul observărilor și măsurărilor, folosind realizările altor științe asemănătoare (în special fizica), această imagine despre mediu se schimba și devenea tot mai exactă. Uneori se producea o distrugere revoluționară a ideilor vechi despre concepția universului - de exemplu heliocentrismul lui Copernic.

În prezent astronomia folosește inginerie de cercetare și tehnologii informațional-comunicative din ce în ce mai moderne. Receptoarele noi transmit informația direct pe calculator și alte dispozitive electronice. Cercetările se efectuează pe diferite unde electromagnetice: radiunde, infraroșii, vizuale, ultraviolete, raze X și gamma. S-au descoperit obiecte noi (găuri negre și stele neutronice), caracteristici noi la multe corpuri cerești deja cunoscute, s-au creat condiții pentru o cercetare directă a unor obiecte ale sistemului Solar etc. Cu cât astronomii se ciocnesc de necunoscut și descoperă lucruri noi, cu atât mai multe întrebări apar la care trebuie să găsim răspunsuri.

Astronomia modernă studiază obiecte cosmice foarte îndepărtate, însă nu uită și de Pământ. Pentru omenire e principal să fie cercetată activitatea Soarelui și influența lui asupra proceselor terestre, să afle răspuns la unele întrebări: există, oare, viață pe alte planete, cum influențează spațiul cosmic asupra naturii vii? etc.

Astronomi profesioniști sunt puțini, mult mai puțini decât fizicieni, chimiști, biologi, matematicieni și reprezentanți ai altor științe, însă în toate timpurile au existat amatori care au făcut observări asupra stelelor și planetelor, devenind cu timpul profesioniști. Studiarea astronomiei în școală vă va ajuta să acumulați informații importante despre această veche dar mereu tânără știință, care se dezvoltă în permanență, deschizând omenirii tainele Universului.

§ 1. OBIECTUL ASTRONOMIEI. DEZVOLTAREA ȘI ÎNSEMNĂTATEA EI ÎN VIAȚA SOCIETĂȚII. SCURTĂ REVIZUIRE A OBIECTELOR DE CERCETARE ÎN ASTRONOMIE

1. Astronomia – știința fundamentală ce studiază obiectele Universului și Universul în General. Astronomia studiază corpurile cerești, fenomenele și procesele ce au loc în Univers. Din vechime, oamenii tindeau să înțeleagă tainele mediului ambiant, să-și determine locul în ordinea mondială a Universului, fapt ce filozofii antici greci numeau Cosmos. Urmăreau cu atenție cum răsare și apune Soarele, ordinea schimbării fazelor Lunii, deoarece de aceasta depindea viața și activitatea lor de zi cu zi. Pe ei îi interesa deplasarea neschimbată diurnă a stelelor, însă îi speria fenomenele neprevăzute – eclipsa de Soare și de Lună, apariția cometelor. O mare influență aveau asupra oamenilor fenomenele la baza cărora erau forme de existență a materiei încă necunoscute și procese naturale necunoscute.

Astronomia (din gr. *ἀστρον* – „stea”, „astru”, *νόμος* – „lege”) – **știința fundamentală ce studiază structura, mișcarea, originea și dezvoltarea corpurilor cerești, a sistemelor lor și a Universului în întregime.**

Astronomia ca știință este un tip primordial de activitate a omului ce dă un sistem de cunoștințe despre legitățile în dezvoltarea naturii.

Scopul astronomiei este de a studia originea, structura și evoluția Universului.

4

Sarcinile principale ale astronomiei sunt explicarea și prognozarea fenomenelor astronomice cum ar fi eclipsele de Soare și de Lună, apariția cometelor periodice, trecerea prin apropiere de Pământ a asteroizilor, a corpurilor meteorice mari sau a nucleelor cometelor etc. Astronomia studiază procesele fizice ce au loc în interiorul planetelor, la suprafața și în atmosfera lor, pentru a înțelege mai bine structura și evoluția planetei noastre. Opt planete mari (printre care și Pământul), planete pitice, sateliții lor, asteroizii, corpurile meteorice, cometele, materia interplanetară (praful cosmic) și alte forme de materie constituie sistemul Solar unit gravitațional. Studiarea mișcării corpurilor cerești ne dă posibilitatea să aflăm despre stabilitatea sistemului Solar, despre ciocnirile posibile ale Pământului cu asteroizi și nuclee ale cometelor. Este actuală și descoperirea noilor obiecte ale sistemului Solar și studiarea deplasării lor.

Importante sunt și cunoștințele despre procesele ce au loc pe Soare și prognozarea dezvoltării lor ulterioare, deoarece de ele depinde existența vieții pe Pământ. Studiarea evoluției altor stele și compararea lor cu Soarele ne ajută să înțelegem etapele de dezvoltare a astrului nostru.

Studierea Galaxiei noastre și a altor galaxii ne face să putem determina tipul, evoluția, locul ce-l ocupă sistemul Solar în ea, probabilitatea trecerii pe lângă Soare a altor stele sau trecerea lui prin nori interstelari de gaze și praf.

Așadar, astronomia studiază structura și evoluția Universului. Prin termenul „univers” noi înțelegem o parte a spațiului ce include în sine toate corpurile cerești și sistemele lor accesibile pentru studiere.

2. Istoria dezvoltării astronomiei. Domeniile astronomiei. Legătura astronomiei cu alte științe. Astronomia a apărut în timpurile străvechi. Se știe că oamenii primitivi urmăreau cerul înstelat și apoi desenau pe pereții peșterilor ceea ce au văzut. Odată cu dezvoltarea societății umane, a agriculturii a apărut necesitatea măsurării timpului, întocmirii calendarului. Legitățile observate în deplasarea astrelor cerești, în schimbarea fazelor Lunii i-au permis omului străvechi să determine unitățile de timp (o zi și o noapte, o lună, un an), venirea anumitor anotimpuri, pentru a semăna și a strânge recolta.

Observările asupra cerului înstelat l-a format pe om ca personalitate care poate să judece. Orientarea în timp și spațiu după Soare, alte stele și Lună e folosită de către animale la nivel de reflex. Doar omul poate să prezică fenomenele terestre după observările cerești. Astfel, în Egiptul Antic, când apărea pe cer, în zori, steaua Sirius, preoții prevestea perioadele de revărsare a râului Nil, ceea ce însemna începutul lucrărilor agricole. Din cauza căldurii insuportabile, în Arabia multe lucrări se efectuau noaptea, de aceea observările asupra fazelor Lunii erau foarte importante.

În țările unde era dezvoltată navigația, era dezvoltată și orientarea după stele, în special în perioada de până la invenția bușolei.

În documentele scrise (mileniul III–II î.e.n.) ale celor mai vechi civilizații: Egipt, Babilon, China, India și America există urme ale activității astronomice.

Strămoșii noștri au lăsat în diferite zone ale Pământului construcții din bolovani de piatră și stâlpi prelucrați care sunt orientați în diferite direcții astronomice. Aceste direcții corespund, de exemplu, cu punctele de unde răsare Soarele în zilele de echinocțiu și solstițiu. Asemenea indicatori din piatră s-au găsit la sudul Marii Britanii (Stonehenge, imag. 1).

Platforme asemănătoare, care se foloseau pentru observări astronomice și petrecerea diferitor ritualuri, s-au identificat pe diferite continente. Astfel, Buena Vista (imag. 2) este cel mai vechi observator din emisfera de Vest, situat în Anzii peruani, la câțiva kilometri de Lima. Are vârsta de 4200 ani și e mai vechi decât civilizația incașilor cu 3000 ani.

Orașul mayaș Chichen Itza a fost construit pentru a primi „oaspeți din cer”. Cea mai interesantă construcție din oraș este piramida cu trepte a lui Kukulcan (imag. 3). De două ori pe an, în zilele echinocțiului de toamnă și de primăvară, mii de turiști vin să asiste la spectacolul de lumini de acolo. În această perioadă razele Soarelui cad pe balustrada vestică a treptelor principale ale piramidei lui Kukulcan în așa fel, încât lumina și umbra creează imaginea unui șarpe de 37 metri acătuit din triunghiuri. Timp de 7 ore, odată cu deplasarea Soarelui, acest șarpe se târâie spre temelia piramidei unde se unește cu o mulțime de ființe cu cap de șarpe, sculptate în piatră.

Tot în Chichen Itza a fost ridicat observatorul cilindric El Caracol (melcul), care, după toate calculele era folosit pentru a face observări asupra deplasării planetei Venus pe bolta cerească.

Precum oricare altă știință, astronomia are o serie de capitole strâns legate unul de altul. Diferă doar prin metodele de studiere și de însușire. Să examinăm apariția și dezvoltarea capitolului astronomiei în aspect istoric.

Date științifice corecte despre Pământ ca corp ceresc au apărut în Grecia Antică. În anul 240 î.e.n. astronomul din Alexandria **Eratostene** (a. 275–194 î. e. n), făcând observări asupra Soarelui a determinat destul de precis dimensiunile sferei terestre.



Imag. 1. Stonehenge – observator astronomic străvechi



Imag. 2. Buena Vista



Imag. 3. Piramidă și observator, orașul Chichen Itza



*Hipatia de
Alexandria*

Hipatia de Alexandria (370–415), care a studiat matematica, astronomia, mecanica și filozofia, era preocupată de întocmirea primelor tabele astronomice.

Sistemul heliocentric al lumii, pe care astronomul Nicolaus Copernic (1473–1543) l-a prezentat în lucrarea „Despre mișcările de revoluție ale sferelor cerești” (1543), a schimbat viziunea despre Univers. Însă ideea înrădăcinată de secole despre Pământ ca centru al Universului nu vroia să cedeze în fața noilor dovezi științifice progresiste. Teoria lui Copernic a fost aprobată definitiv de către fizicianul, mecanicul și astronomul italian Galileo Galilei, aducând dovezi incontestabile. Descoperirile sale astronomice Galilei le-a făcut datorită celui mai simplu telescop. Savantul a văzut pe Lună munți și cratere, a descoperit 4 sateliți ai lui Jupiter. Schimbarea fazelor planetei Venus, descoperite de savant, demonstra faptul că această

planetă se rotește în jurul Soarelui, nu în jurul Pământului.

Contemporanul lui Galilei, Johannes Kepler (1571–1630) (fiind asistentul marelui astronom Tycho Brahe), a avut acces la rezultate foarte precise ale observărilor efectuate asupra planetelor ce s-au făcut timp de peste 20 de ani. Pe Kepler îl interesa cel mai mult Marte, în mișcarea căruia se observau abateri considerabile în comparație cu teoriile vechi. După numeroase calcule, savantul a reușit să determine legile mișcării planetelor. Aceste trei legi au avut un rol important în dezvoltarea cunoștințelor despre structura sistemului Solar.

6

Capitolul astronomiei care studiază mișcarea corpurilor cerești a primit denumirea de *mecanică cerească*.

Mecanica cerească a făcut posibilă explicarea și calcularea cu o precizie foarte mare majoritatea mișcărilor observate atât în sistemul Solar, cât și în Galaxie.

În observările astronomice se foloseau telescoape mult mai performante. Kepler a îmbunătățit telescopul lui Galilei, al lui Kepler – **Cristian Huyghens** (1629-1695). **Isaak Newton** (1643–1727) a inventat al tip de telescop – telescop-reflector. Folosind aparate optice modernizate, au fost făcute decoperiri noi, care se referă nu numai la obiectele sistemului Solar, ci și la stelele îndepărtate.

În 1655 Huyghens a cercetat inelele planetei Saturn și a descoperit satelitul ei Titan. În 1761 **Mihail Lomonosov** (1711–1765) a descoperit atmosfera planetei Venus și a studiat cometele. Având ca etalon Pământul, savanții îl comparau cu alte planete și sateliți. Astfel s-a născut știința **planetologia**.

Descoperirea analizei spectrale a făcut posibilă studierea naturii fizice și compoziției chimice a stelelor. Cercetările amănunțite a liniilor negre în spectrul Soarelui, efectuate de savantul german **Josef Fraunhofer** (1787-1826), au dat primele rezultate în acumularea informației spectrale despre corpurile cerești. Dezvoltarea rapidă a spectroscopiei de laborator și a teoriei spectrelor atomilor și ionilor în baza mecanicii cuantice a dus la dezvoltarea fizicii stelelor și, în primul rând, a fizicii atmosferelor stelare. În anii 60 ai sec. al XIX-lea analiza spectrală devine metoda de bază în studierea naturii fizice a obiectelor cerești.

Capitolul astronomiei ce studiază fenomenele fizice și procesele chimice ce au loc în corpurile cerești, în sistemele lor în spațiul cosmic se numește *astrofizică*.

Dezvoltarea ulterioară a astronomiei e legată de performarea tehnicii pentru observări. Rezultate mari au fost obținute în elaborarea noilor tipuri de receptoare de radiații de diferite frecvențe. Multiplicatoarele fotoelectronice, convertoarele optico-electronice, metodele fotografierii și televiziunii electronice au sporit exactitatea observărilor fotometrice, fapt ce a lărgit diapazonul spectral al radiațiilor studiate.

Datorită lentilelor gravitaționale poate fi studiată lumea galaxiilor îndepărtate, care se află la o distanță de miliarde ani lumină. Au apărut noi ramuri ale astronomiei: astronomia stelară, cosmologia și cosmogonia.

Astronomia stelară studiază legitățile în răspândirea spațială și în mișcarea stelelor în sistemul nostru stelar – Galaxie, cercetează proprietățile și răspândirea altor sisteme stelare.

Cosmologia – capitol al astronomiei ce studiază originea, structura și evoluția Universului ca unitate.

Concluziile cosmologiei se bazează pe legile fizicii și ale astronomiei observaționale, de asemenea, pe întreg sistemul de cunoștințe al unei anumite epoci. Acest capitol al astronomiei a început să se dezvolte intensiv în prima jumătate a sec. al XX-lea, după ce Albert Einstein a elaborat teoria generală a relativității.

Cosmogonia – capitol al astronomiei ce studiază originea și dezvoltarea corpurilor cerești și a sistemelor lor.

Deoarece toate corpurile cerești apar și se dezvoltă, ideea despre evoluția lor e strâns legată cu datele despre natura acestor corpuri în general. În timpul cercetărilor stelelor și galaxiilor se folosesc rezultatele observărilor efectuate asupra mai multor obiecte asemănătoare, care apar în timp diferit și se află la nivel de dezvoltare diferit. În cosmogonia contemporană se folosesc pe larg legile fizicii și ale chimiei.

Astronomia e strâns legată cu alte științe. Cunoștințele acumulate de astronomi în mai multe milenii sunt de folos deseori reprezentanților altor științe și invers – realizările fizicii, matematicii, chimiei, cosmonauticii au influențat esențial la dezvoltarea astronomiei. Studiind astronomia, vă veți convinge de acest lucru.

Acumularea și prelucrarea unei cantități mari de informație despre obiectele Universului ne dezvăluie alte capitole ale astronomiei precum **fizica Soarelui, fizica planetelor, fizica stelelor și nebuloaselor, astronomia cometelor, astronomia meteorică, meteoritică**. Pământul este o planetă a sistemului Solar – aici se evidențiază legătura astronomiei cu geografia și geofizica. Schimbările climatice și sezoniere ale timpului, furtunile magnetice, încălzirea timpului, perioadele glaciare – pentru studierea acestor și a altor fenomene geografii folosesc cunoștințele astronomice.

3. Însemnătatea astronomiei în formarea viziunii și a culturii omului. Dintotdeauna, astronomia influența esențial asupra activității practice a omului, însă însemnătatea ei primordială constă și constă în formarea viziunii științifice și dezvoltarea activității de cercetare.

Acest fapt poate fi urmărit analizând dezvoltarea unor capitole aparte ale astronomiei.

Metodele de orientare elaborate de astronomia practică se folosesc în navigație, aviație și cosmonautică. Au crescut substanțial cerințele pentru precizia determinării coordonatelor obiectelor cerești (stele, quarari, pulsari) fiindcă după ele se orientează aparatele spațiale automate, viteza cărora nu se compară cu cea terestră. Odată cu explorarea corpurilor sistemului Solar, apare necesitatea întocmirii hărților Lunii, lui Marte, Venus și altor corpuri cerești.

Munca Serviciului pentru timp, care constă în a măsura, păstra și transmite semnalele exacte de timp, e legată deasemenea cu astronomia. Ceasornicele atomice, exactitatea cărora atinge 10^{-13} s, fac posibilă studierea anuală și seculară a schimbărilor rotației Pământului și introducerea corectărilor în unitățile de timp.

Odată cu explorarea spațiului cosmic, crește și numărul de sarcini, rezolvarea cărora și-o asumă **mecanica cerească**. Una dintre sarcini este studierea abaterilor orbitelor sateliților artificiali ai Pământului (SAP) de cele deja cunoscute. Schimbarea înălțimii SAP de la suprafața terestră depinde de densitatea rocilor din adâncimile pământeste, fapt care identifică zonele cu zăcăminte de petrol, gaze sau minereu de fer.

Studierea atmosferelor corpurilor sistemului Solar ne ajută să înțelegem dinamica atmosferei Pământului, adică să alcătuim modelul ei și, ulterior, să putem prevedea mai precis starea vremii.

Dezvoltarea **astrofizicii** stimulează elaborarea tehnologiilor moderne. Astfel, cercetarea surselor de energie ale Soarelui și ale altor stele a născut ideea creării reactoarelor de fuziune termonucleară controlată. În procesul studierii protuberanțelor solare a apărut ideea izolării termice a plasmei extrafierbinti cu câmp magnetic, a creării generatoarelor magnetohidrodinamice. Rezultatele observărilor **Serviciului Soarelui** – rețea internațională de coordonare pentru înregistrarea activității Soarelui – se folosesc în meteorologie, cosmonautică, medicină și în alte sfere de activitate a omului.

Pământul este o planetă unică, unde, în procesul evoluției, a apărut civilizația umană. Natura Pământului este de asemenea unică, de aceea și responsabilitatea de ocrotire a ei este a oamenilor.

4. Obiectele de cercetare și rezultatele spațio-temporale în astronomie. După cel de-al doilea Război Mondial a început să se dezvolte foarte rapid radiofizica (fizica radiounделor). Receptoarele perfecționate, antenele și radarele rămase după război puteau primi emisiile electromagnetice ale Soarelui și ale obiectelor cosmice îndepărtate. Astfel a apărut radioastronomia – ramură a astrofizicii. Implementarea observărilor radio au îmbogățit astronomia cu multe descoperiri celebre.

Un nou impuls în dezvoltarea observărilor astronomice a devenit ieșirea în spațiu a aparatelor spațiale și a omului. Dispozitivele științifice și telescoapele instalate pe aparatele spațiale (imag. 4) au făcut posibilă cercetarea radiației ultravioletă, X (röntgen) și gamma a Soarelui, altor aștri și galaxii. Aceste observări în afara atmosferei terestre pe care le face radiația cu unde scurte au sporit cantitatea de informații despre natura fizică a corpurilor cerești și a sistemelor lor.

8



Telescopul orbital
„Hubble”



Telescopul spațial
„Kepler”



Observatorul spațial
„Spectr-UF”

Imag. 4

Pentru studierea și cercetarea informației astronomice științifice contemporane sunt puse la dispoziție rezultatele observărilor celor mai importante observatoare și instituții din lume prin rețelele Internet, inclusiv observatoarele emisferei de Sud.

5. Pseudoștiința astrologiei și a prezicerilor ei. Încă din vechime omul se interesa de fenomenele cerești – mișcarea Soarelui, a Lunii, a planetelor și stelelor, apariția cometelor și meteorilor, eclipsele de Soare și de Lună. Ca atare, acestea au fost primele observări care au pus bazele științei astronomice.

În schimb, **astrologia** (din gr. *ἀστρον* – „stea”, *λόγος* – „cuvânt”), apărută în Mesopotamia în mil. II î.e.n., era strâns legată de culturile astrale. În epoca elenistică au început să se întocmească horoscoape, după care se putea prezice soarta omului conform poziției astrelor cerești în ziua lui de naștere. Însă, trebuie de menționat faptul că pentru alcătuirea horoscoapelor trebuia de știut

poziția artrilor, ceea ce îi impunea pe astrologi să facă observări asupra planetelor și stelelor, adică, să acumuleze informații astronomice. Or, aceste informații despre natura Universului și a psihologiei umane au fost considerate neștiințifice, deoarece se consideră că în astrologie lipsesc metodele științifice de cunoaștere, percepere.

Un argument esențial împotriva astrologiei este faptul că astrologii se folosesc de sistemul geocentric, respins încă în anul 1543 de Copernic. Însă niciun astrolog nu consideră Pământul centru al Universului (ar fi ieșit din comun). În astrologie prevalează principiul legăturii directe între Microcosmos și Macrocosmos, adică noi, organismul nostru, personalitatea noastră se supun ritmurilor după care există Universul și sistemul Solar inclusiv. Încă în Oracolul caldeean, scris aproximativ 4,5 mii de ani în urmă, era descris principiul identității generale ce înseamnă unitatea a tot ce există în lume: „Ce este sus, este și jos”. Însă, acest principiu nu confirmă influența directă a planetelor asupra omului și asupra soartei lui – sensul lui este mult mai larg și profund.

Pământul e înconjurat de două centuri de radiații – centurile lui Van Allen. Încă în 1971 Ghenadii Scuridin (1927–1991) în monografia sa „Fizica cosmică cu accente noi” a descris structura sectorială a câmpului magnetic al Pământului, care se compune din câmpuri magnetice înghețate ale atmosferei solare și interacțiunea vântului solar cu câmpurile magnetice ale Pământului. În partea de zi ele ajung până la 3 raze ale Pământului, iar pe cea de noapte – de trei ori mai mari. Din cauza furtunilor magnetice, limitele magnetosferei terestre sunt supuse unor mari oscilații. Polurile magnetice ale Pământului se deplasează de asemenea pe parcursul zilei. Mișcarea Soarelui, a Lunii și planetelor sistemului Solar are o mare influență asupra intensității magnetosferei Pământului în diferite zone. Încă în 1968 savanții câmpurile electromagnetice sunt purtătoare de informații în natura vie. Organismele vii, inclusiv omul, reacționează considerabil la cea mai mică schimbare a câmpului magnetic. Toți cunosc faptul că în timpul furtunilor magnetice se înrăutățește starea sănătății multor oameni.

Savanții antici afirmau că Jupiter este un protector al Pământului: sub influența lui favorabilă sporea roada și numărul de cornute. Astrofizica a determinat că planeta Jupiter cu satelitul Io alcătuiesc împreună un generator, câmpurile magnetice ale căruia sunt favorabile pentru Pământ. Saturn era considerat planetă periculoasă. Acest fapt l-a determinat și astrofizica. Saturn cu inelele lui este un generator gigantic de particule: accelerează ionii gazelor până la o viteză enormă și-i aruncă în spațiu, influențând nu numai asupra Pământului, ci și asupra altui spațiu cosmic. Acești ioni înrăutățesc starea sănătății, aduc epidemii, disconfort psihologic etc.

Niciun astrolog nu poate să prezică ceva cu o precizie absolută, doar dacă este profet, precum Nostradamus, fiindcă influența cosmosului asupra vieții terestre este doar un factor de modulare. Astfel, din momentul apariției ei, în prezent și în viitor **astrologia va rămâne pseudoștiință.**



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Ce studiază astronomia? Enumerați cele mai principale particularități ale astronomiei.
2. Cum a apărut știința astronomia? Caracterizați perioadele de bază ale dezvoltării ei.
3. Care este cauza ce determină astronomia ca cea mai veche dintre științele moderne?
4. Ce rol au observările în astronomie?
5. Care obiecte cu sistemele lor studiază astronomia? Enumerați-le în ordinea de creștere a dimensiunilor.
6. Din ce capitole se compune astronomia? Caracterizați pe scurt fiecare dintre ele.
7. Care este însemnătatea astronomiei pentru activitatea practică a omului?
8. Prin ce se deosebește astronomia de astrologie?
9. Ce site-uri despre astronomie din țară și din străinătate cunoașteți?

Capitolul 1

SFERA CEREASCĂ. MIȘCAREA AȘTRILOR PE SFERA CEREASCĂ

În acest capitol veți afla ce este sfera cerească, constelațiile; despre constelațiile specifice ale cerului înstelat, puncte și linii ale sferei cerești; ce este ecliptica, coordonatele cerești, paralaxa orizontală; despre unitățile distanțelor în astronomie, magnitudinea stelară aparentă și absolută, timpul local, zonal și universal; despre tipuri de calendare, despre legile lui Kepler. Veți învăța să explicați cauzele mișcărilor vizibile ale aștrilor pe sfera cerească; veți afla despre metodele de determinare a distanțelor până la corpurile cerești și despre dimensiunile și masele lor; despre principiul determinării orei locale, principiul alcătuirii calendarului, al sistemului coordonatelor cerești; despre cauzele eclipselor de Lună și de Soare; veți învăța să arătați pe cerul înstelat anumite constelații, cele mai strălucitoare stele, planete ale sistemului Solar văzute cu ochiul liber, să vă folosiți de harta mobilă a cerului înstelat, de atlase stelare, să vă orientați pe teren după Soare și Steaua Polară.

10

§ 2. AȘTRII CEREȘTI ȘI SFERA CEREASCĂ. STELELE. MAGNITUDINELE STELARE

1. Constelațiile și stelele strălucitoare. Magnitudinile stelare. În loc deschis, cerul de-așupra noastră se aseamănă cu o cupolă. În noaptea senină strălucesc pe el mii de stele și se pare că e imposibil să te descurci în acest imens tablou stelar. Observatorii antici vedeau pe cerul înstelat anumite combinații de stele și își închipuiau diferite figuri. Să se orienteze mai ușor pe cerul înstelat, oamenii au atribuit grupurilor de stele și constelațiilor denumiri de păsări, animale, diferite lucruri. Astronomii antici greci „vedeau” în unele figuri eroi mitici. În lucrarea „Almageste” („Marea construcție matematică a astronomiei în 13 cărți”, sec. II e.n.) astronomul antic grec Claudiu Ptolemeu (aprox. 87-165) amintește de 48 de constelații. Printre ele Ursa Mare și Ursa Mică, Dragonul, Lebăda, Vulturul, Taurul, Balanța ș. a.

Cele mai văzute constelații la diferite popoare au denumiri diferite. Astfel, slavii antici vedeau Ursa Mare în formă de elan sau cerb. Uneori căușul Ursei Mari îl comparau cu un car. De aici și denumirile: Car, Car de război. Între Ursa Mare și Ursa Mică e situată constelația Dragonul. Legenda spune că Dragonul (Zmeul) fură o tânără frumoasă. Această tânără e cunoscută ca Steaua Polară.

Încă în sec. III î.e.n. savanții antici greci au unit denumirile constelațiilor într-un sistem unic, legat de mitologia greacă. Ulterior, aceste denumiri au fost împrumutate de știința europeană. De aceea, toate constelațiile ce conțin stele strălucitoare și se văd din latitudinile medii ale emisferei nordice a Pământului au primit nume de eroi ai miturilor și legendelor Greciei Antice (de exemplu, constelațiile Cepheus sau Cefeu, Andromeda, Pegas, Perseu). Imaginile lor pot fi văzute pe hărțile stelare antice: Ursa Mare și Ursa Mică, vânătorul Orion, capul taurului ceresc – Taur ș.a. (imag. 1.1), iar constelația Cassiopeia a fost numită în cinstea reginei mitice (imag. 1.2).



Imag. 1.1. Paginile atlasului lui A. Cellarius cu reprezentarea imaginilor mitice ale constelațiilor

Pe hărțile astronomice moderne lipsesc imaginile mitice ale constelațiilor, însă au rămas denumirile vechi.

Constelațiile mai puțin strălucitoare au fost denumite de astronomii europeni în sec. XVI–XVIII. Toate constelațiile din emisfera sudică (ce nu se văd în Europa) au primit denumiri în epoca Marilor descoperiri geografice, când europenii au început să cucerească Lumea Nouă (America).

Cu timpul, însă, situația a devenit teribilă – în diferite țări se foloseau diferite hărți ale constelațiilor. A apărut necesitatea alcătuirii unei hărți unice a cerului înstelat. Numărul definitiv și limitele constelațiilor au fost întărite la primul congres al uniunii astronomice Internaționale din anul 1922. Toată suprafața sferică a cerului înstelat a fost divizată în 88 de constelații.

11

În prezent, constelație se numește partea de cer înstelat cu o grupare de stele având o configurație specifică. Pentru a ușura memorarea și identificarea constelațiilor în manualele de astronomie și atlasele astronomice, stelele strălucitoare ce formează constelația sunt unite prin linii convenționale. Constelațiile, stelele cărora formează pe fondul stelar o configurație sau acele care conțin stele strălucitoare aparțin la categoria de constelații principale (imag. 1.3).

De-asupra orizontului se pot vedea cu ochiul liber circa 3000 de stele. Ele diferă prin strălucire: unele pot fi văzute imediat, altele abia se văd. De aceea, încă în sec. II î.e.n. unul dintre părinții astronomiei Hiparh (Hipparchos)



Imag. 1.2. Constelația Cassiopeia



Imag. 1.3. Schema repartizării reciproce a constelațiilor principale și a stelelor strălucitoare, văzute în latitudinile geografice medii

(a. 190–120 î.e.n.) a introdus o scară convențională a magnitudinilor stelare. Cele mai strălucitoare stele au fost trecute la magnitudinea 1, stelele de 2,5 ori mai slab strălucitoare au fost trecute la magnitudinea stelară nr. 2, iar stelele care se văd doar în nopțile fără lună – la magnitudinea a 6-a.

Pe cerul înstelat sunt doar 12 stele din categoria magnitudinii stelare nr. 1. Pe teritoriul Ucrainei sunt disponibile pentru observări 11 dintre ele.

Multor stele strălucitoare astronomii antici greci și arabi le-au dat următoarele denumiri: Vega, Sirius, Capella, Altair, Rigel, Aldebaran ș. a. Apoi, stelele în constelații au început să fie însemnate prin litere din alfabetul grecesc, în conformitate cu scăderea strălucirii lor.

Din anul 1603 funcționează sistemul de înregistrare a stelelor propus de astronomul german Johann Bayer (1572–1625). În acest sistem denumirea stelei e compusă din două părți: din denumirea constelației din care face parte steaua și o literă din alfabetul grecesc. Primei litere din alfabetul grecesc α îi corespunde cea mai strălucită stea din constelație, pentru β – a doua după strălucire stea etc. De exemplu, Regulus – α Leul – cea mai strălucitoare stea din constelația Leul, Benebola – β Leul – a doua stea după strălucire din această constelație. Odată cu dezvoltarea științei și inventarea telescopului, numărul de stele studiate creștea. Pentru a le denumi nu erau suficiente literele alfabetului grecesc. Atunci stelele au început să fie însemnate prin litere din alfabetul latin. Când s-au terminat și ele, a venit rândul cifrelor (de exemplu, 61 Lebăda).

2. Punctele, liniile și planele de bază ale sferei cerești. Nouă ne pare că toate stelele sunt situate pe o suprafață sferică a boltei cerești și sunt îndepărtate egal de observator. Însă, ele se află la distanțe diferite de noi, care sunt atât de mari, încât ochiul nu poate observa aceste diferențe. De aceea, suprafața sferică imaginată a început să se numească sferă cerească (imag. 1.4).

Сфера сереска – сфера імаінарна ку о рая надефініта се іноноярна обсерватору, аванд центру іно пункту іно кере се гасеште обсерватору іно есте ултізата пентру реперяря обектелор серескі обсервабіле.

Сентру сфері серескі поате фі алес іно лулу де обсервяря (очіу обсерватору-лу), іно центру Памантулу орі ал Соарелу етс. Ноціуна де сфера сереска есте фолосіта ла масуряряле унхіуларе, пентру студієря репартізяря іно місчяря обектелор косміке пе сер.

Пе супрафята сфері серескі се проіектеяря позіція візуала а тугурор аштрілор, іар пентру комодітатея масурярялор се інодродук пе ея пункте іно лініє. Де екемплу, унеле стеде діно „чяушу” Урсея Марі се афла департе уна де алта, інся пентру обсерватор еле се проіектеяря пе акеяші порціуне а сфері серескі (імаг. 1.5).

Вертикала лулу (сау лінія вертикала) – дрептя се треке прин центру сфері серескі іно кореспунде ку діреція аціуноі путерія гравітаціунале іно лулу де обсервяря.

Вертикала лулу інотерсектеяря сфера сереска іно пункту зенітулу (сел май іналт пункт де інотерсекціє а лінії дрепте ку сфера сереска) іно надірлулу (пункту діаметрал опус зенітулу).

Плану се треке прин центру сфері серескі іно есте перпендікулар ку вертикала лулу се нумеште орізонт адеварат, сау орізонт математік.

Орізонту математік імпарте супрафята сфері серескі іно двя пярці егалє: візібіла пентру обсерватор, діно пункту зенітулу іно іновізібіла, діно пункту надірлулу.

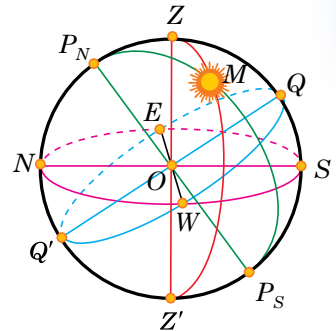
Орізонту математік ну коінеде ку орізонтлу візібілу діно чяуза нерегуларітятя супрафеті терестре, діно чяуза іналтімія діферіте а пунктелор де обсервяря іно діно чяуза деформяря рязелор де луміна іно атмосферя.

Серкул вертикал, сау вертикала аштрулу – серкул сфері серескі се треке прин зеніт, аштру іно надір.

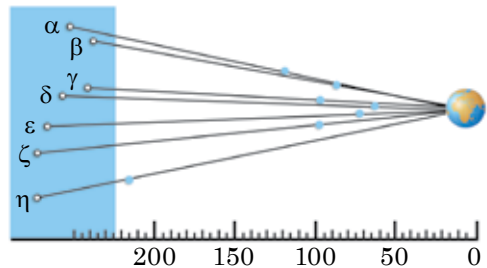
Аха луміє – дрептя паралєла ку аха де ротаціє а Памантулу дуса прин центру сфері серескі іно кере інотерсектеяря сфера сереска іно двя пункте діаметрал опусє.

Пункту де інотерсекціє а ахеі луміє ку сфера сереска, іно апроієєря чяруія се афла стеауя Поларя, се нумеште **Полу Норд сереск**, пункту опус – **Полу Суд сереск**.

Стеауя Поларя е сітуата ла дістанта унхіуларя де апроімаціву 1° де Полу Норд сереск (май преціс 44').



Імаг. 1.4. Сфера сереска: O – центру сфері серескі (лулу обсерваторулу); P_N – Полу Норд сереск; P_S – Полу Суд сереск; P_N, P_S – аха луміє (аха поларя); Z – зеніт; Z' – надір; E – ест; W – вест; N – норд; S – суд; Q – пункту де ус ал екуаторулу сереск; Q' – пункту де јос ал екуаторулу сереск; ZZ' – вертикала лулу; P_NMP_S – серкул де діклінаціє; NS – мерідіана лулу; M – аштру пе сфера сереска



Імаг. 1.5. Схеа проіектієря стелєр іно констеляціє Урса Марє пе сфера сереска

Ecuatorul ceresc este intersecția sferei cerești cu planul ecuatorului ceresc.

Ecuatorul ceresc împarte sfera cerească în două emisfere: Emisfera de Nord cu cel mai înalt punct în Polul Nord ceresc și cea de Sud – cu punctul în Polul Sud ceresc.

Cercul de declinație a astrului – cercul mare al sferei cerești care trece prin polii cerului și astru.

Paralela diurnă – cercul mic al sferei cerești planul căruia este paralel cu axa lumii.

Cercul mare al sferei cerești care intersectează punctele zenitului, nadirului și polii cerești se numește meridian ceresc.

Meridianul ceresc ce intersectează cu orizontul adevărat în două puncte diametral opuse.

Punctul de intersecție al orizontului adevărat și al meridianului ceresc aflat cel mai aproape de Polul Nord ceresc se numește **punct de nord**.

Punctul de intersecție al orizontului adevărat cu meridianul ceresc aflat cel mai aproape de Polul Sud ceresc se numește **punct de sud**.

Linia ce unește punctul nordic cu cel sudic se numește **meridiana locului**.

Ea e situată pe planul orizontului adevărat (matematic). În direcția meridianei locului cad umbrele obiectelor în amiază.

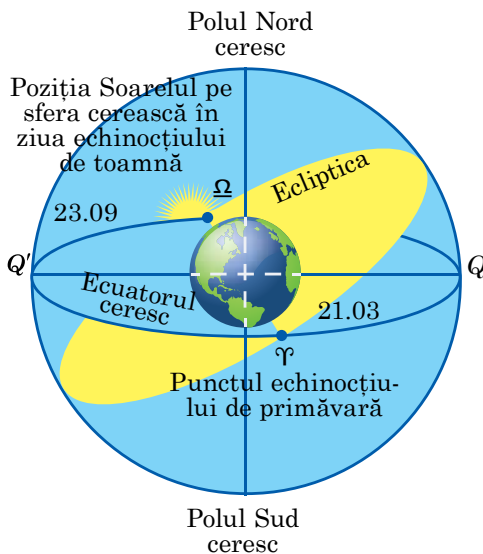
14

Orizontul adevărat se intersectează cu ecuatorul ceresc deasemenea în două puncte diametral opuse – **punctul de vest și punctul de est**. Pentru observatorul situat în centrul sferei cerești cu fața la punctul de nord, punctul de est se va afla în partea dreaptă, iar cel de vest – în partea stângă.

Cunoscând aceste legi, e ușor să te orientezi pe teren.

Drumul anual aparent al Soarelui printre stele se numește ecliptică.

În planul eclipticii stă drumul Pământului în jurul Soarelui, adică orbita lui. Ea e înclinată spre ecuatorul ceresc sub unghiul de $23^{\circ}26,5'$ și îl intersectează în punctele **echinoctiului de primăvară** (Υ , apr. 21 martie) și **de toamnă** (Ω , apr. 23 septembrie).



Imag. 1.6.
Ecliptica și ecuatorul ceresc

Punctul echinoctiului de primăvară (punct vernal) se numește punctul în care Soarele, în rezultatul mișcării sale anuale, trece din emisfera de Sud a sferei cerești în cea de Nord.

În punctul **echinoctiului de toamnă (punctul autumnal)** Soarele trece din emisfera de Nord a sferei cerești în cea de Sud.

Fenomenul trecerii astrului prin meridianul ceresc se numește culminație.

În latitudinile geografice medii există aștri ce răsar și apun la orizont; sunt care niciodată nu apun și sunt care niciodată nu răsar (nu se văd în

aceste locuri). La ecuator toți aștrii răsar și apun după orizont. La polii Pământului sunt aștri care se văd întotdeauna deasupra orizontului, dar sunt și care nu se văd niciodată.

Timpul s , scurs de la culminația superioară a punctului vernal se numește *time sideral*.

Intervalul de timp dintre două culminații superioare ale punctului vernal se numește *zi siderală*.



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Ce este constelația?
2. În ce număr de constelații e împărțită sfera cerească?
3. Cum au primit constelațiile denumirile sale? Dați exemple de denumiri de constelații.
4. După ce principiu a fost alcătuită scara magnitudinilor stelare a lui Hiparh? Ce înțelegem prin noțiunea de magnitudine stelară?
5. În ce constă esența sistemului de clasificare a stelelor după Bayer?
6. Care stea e cea mai strălucitoare: din magnitudinea stelară 1, sau din magnitudinea stelară 6?
7. Ce este sfera cerească?
8. Spuneți definiția principalelor puncte, linii și plane ale sferei cerești.

§ 3. COORDONATELE CEREȘTI

1. Sistemul de coordonate. Poziția aștrilor se determină după punctele și cercurile sferei cerești (imag. 1.4). Pentru aceasta s-au introdus coordonate cerești, asemănătoare cu coordonatele terestre.

În astronomie se folosesc câteva sisteme de coordonate. Se deosebesc prin faptul că au fost create pentru diferite cercuri ale sferei cerești. Coordonatele cerești se măsoară cu arcurile cercurilor mari sau cu unghiurile centrale ce cuprind aceste arcuri.

15

Coordonate cerești – unghiurile centrale sau arcurile cercurilor mari ale sferei cerești cu ajutorul cărora se determină poziția aștrilor față de cercurile principale și punctele sferei cerești.

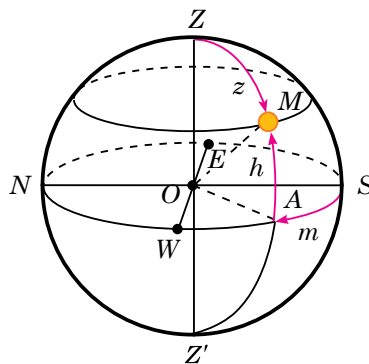
Sistemul orizontal de coordonate. În timpul observărilor astronomice e ușor de determinat poziția aștrilor față de orizont. Sistemul orizontal de coordonate folosește ca bază cercul orizontului adevărat. În acest sistem coordonate sunt altitudinea h și azimutul A .

Altitudinea (înălțimea) astrului h – distanța unghiulară a astrului M de la orizontul adevărat, măsurată de-a lungul cercului vertical (imag. 1.7).

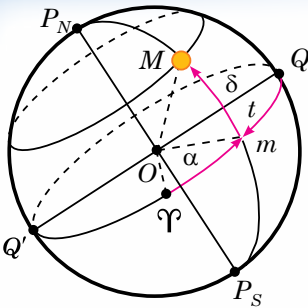
Altitudinea se determină în grade, minute și secunde. Ea se măsoară în limitele de la 0 până la $+90^\circ$ la zenit, dacă astrul se află pe partea vizibilă a sferei cerești și de la 0 până la -90° la nadir, dacă astrul se află după orizont.

Pentru măsurarea azimutelor se ia ca reper punctul de sud.

Azimutul astrului A – distanța unghiulară măsurată de-a lungul orizontului adevărat din punctul de sud până la punctul de intersecție a orizontului cu cercul vertical, care trece prin astru M (imag. 1.7).



Imag. 1.7. Sistemul orizontal de coordonate: h – altitudinea astrului M deasupra orizontului; z – distanța zenitală; A – azimut



Imag. 1.8. Sistemul ecuatorial de coordonate cerești:
 δ – declinația astrului M ;
 α – ascensia dreaptă;
 t – unghiul orar

Azimuthul se măsoară spre vest din punctul de sud în limitele de la 0 până la 360° .

Sistemul orizontal de coordonate se folosește în timpul înregistrărilor topografice, în navigație. În urma rotației diurne a sferei cerești altitudinea și azimuthul astrului se schimbă parțial. Așadar, coordonatele orizontale au însemnătate doar pentru o durată de timp cunoscută.

Distanța unghiulară de la zenit până la astru, măsurată de-a lungul cercului vertical, se numește *distanță zenitală* z .

Ea se calculează în limitele de la 0 până la $+180^\circ$ la nadir. Altitudinea și distanța zenitală le unește următoarea corelație: $z + h = 90^\circ$.

Sistemul ecuatorial de coordonate. Pentru alcătuirea hărților cerești și întocmirea cataloagelor cerești, ca cerc de bază al sferei cerești e

convenabil de folosit cercul ecuatorului ceresc (imag. 1.8).

Coordonatele cerești, în sistemul cărora cerc principal e considerat ecuatorul ceresc, se numesc *sistem ecuatorial de coordonate*.

În acest sistem, coordonate sunt **declinația δ și ascensia dreaptă α .**

Declinația astrului δ – distanța unghiulară a astrului M de la ecuatorul ceresc măsurată de-a lungul cercului declinației.

16

Declinația se calculează în limitele de la 0 până la $+90^\circ$ până la Polul Nord al lumii și de la 0 până la -90° până la Polul Sud al lumii. Ca punct de reper pe ecuatorul ceresc este punctul vernal Υ , în care Soarele se află în ziua echinocțiului de primăvară, aproximativ 21 martie.

Punctul în care centrul Soarelui trece ecuatorul în timpul mișcării de la Emisfera de Sud spre Emisfera de Nord se numește punctul echinocțiului de primăvară sau punctul vernal Υ , iar cel opus – punctul echinocțiului de toamnă sau punctul autumnal Ω .

Datorită faptului că anul tropic – interval de timp dintre două treceri a Soarelui prin unul și același punct echinocțial – nu corespunde cu durata anului calendaristic, momentele de echinocțiu se schimbă din an în an în raport cu începutul zilei calendaristice. În anul simplu, momentele de echinocțiu încep cu 5 ore 48 min și 46 sec mai târziu decât în anul precedent, iar în cel bisect – cu 18 ore 11 min 14 sec mai devreme; de aceea momentele de echinocțiu pot nimeri în două zile calendaristice vecine. În prezent, Soarele trece prin punctul vernal în ziua de 20 sau 21 martie după Greenwich (acest moment e considerat începutul primăverii astronomice în emisfera de Nord), iar punctul autumnal – în zilele de 22 sau 23 septembrie (începutul toamnei astronomice în emisfera de Nord).

Ascensie dreaptă a astrului α se numește arcul ecuatorului ceresc din punctul vernal până la cercul declinației astrului sau unghiul dintre direcția înspre punctul vernal și planul cercului declinației astrului.

Ascensia dreaptă se calculează în direcția opusă rotației diurne a sferei cerești, în limitele de la 0 până la 360° în valoare gradată sau de la 0 până la 24^h în valoare orară.

Pentru sarcinile astronomice legate de măsurarea timpului în loc de ascensia dreaptă se folosește unghiul orar t (imag. 1.8). Unghiurile orare se calculează în direcția rotației diurne a sferei cerești, adică înspre vest de la punctul superior al ecuatorului ceresc, în limitele de la 0 până la 360° (în valoare gradată) sau de la 0 până la 24^h (în valoare orară). Uneori unghiurile orare se

calculează în limitele de la 0 până la $+180^\circ$ (de la 0 până la $+12^h$) înspre vest și de la 0 până la -180° (de la 0 până la -12^h) înspre est.

Așadar, unghiul orar este distanța unghiulară măsurată de-a lungul ecuatorului ceresc de la punctul superior al ecuatorului ceresc până la cercul declinației astrului.

Coordonatele stelelor (α, δ) în sistemul de coordonate n-au nimica comun cu rotația diurnă a sferei cerești și se schimbă foarte lent. De aceea, ele se folosesc la întocmirea hărților și cataloagelor cerești.

Hărțile cerului sunt proiecții ale sferei cerești pe plan în care sunt repartizate obiecte într-un anumit sistem de coordonate.

O serie de asemenea hărți ale unor porțiuni învecinate de cer, care ocupă întreg cerul sau o anumită parte a lui, se numește **atlas stelar**.

În listele speciale de stele, numite cataloage stelare, sunt indicate coordonatele locului lor pe sfera cerească, magnitudinea stelară și alți parametri. De exemplu, catalogul *Hubble Guide Star Catalog* (GSC) conține circa 19 mln obiecte.

2. Înălțimea polului deasupra orizontului. Știm deja, că steaua Polară, care se află în apropierea Polului de Nord al lumii, rămâne aproape la aceeași înălțime deasupra orizontului pe latitudinea dată în timpul rotației diurne a sferei cerești. În timpul deplasării observatorului de la Nord spre Sud, unde latitudinea geografică e mai mică, steaua Polară coboară spre orizont, adică există dependența dintre înălțimea polului și latitudinea geografică a locului de observare. În imaginea 1.9 sfera terestră și sfera cerească sunt redată prin intersecția locului de observare de către planul meridianului ceresc. Observatorul din punctul O vede polul lumii la înălțimea de $\angle PON = h_p$, direcția axei lumii OP este paralel cu axa terestră. Unghiul centrului Pământului $\angle OTQ$ corespunde cu latitudinea geografică a locului de observare φ .

17

Raza Pământului din locul de observare este perpendiculară cu planul orizontului adevărat, iar axa lumii este perpendiculară cu planul ecuatorului geografic.

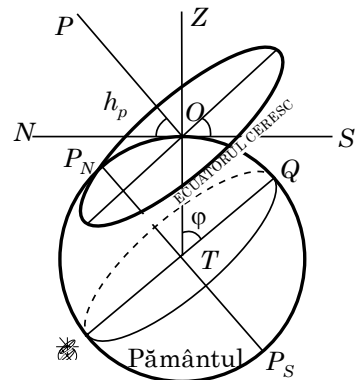
De aceea, $\angle PON$ și $\angle OTQ$ sunt egali între ei ca unghiuri cu părți reciproc perpendiculare. Astfel, înălțimea unghiulară a polului lumii deasupra orizontului e egală cu latitudinea geografică a locului de observare $h_p = \varphi$.

Pe de altă parte, e clar că $\angle QOZ$ reprezintă declinația zenitului δ_z , de aceea, se poate scrie $\varphi = \delta_z$ sau $\varphi = h_p = \delta_z$. Această egalitate caracterizează dependența dintre latitudinea geografică a locului de observare și coordonatele orizontale și ecuatoriale corespunzătoare ale astrului.

Odată cu deplasarea observatorului spre polul Nord al Pământului, polul Nord se ridică deasupra orizontului. La polul Pământului, polul lumii se va afla în zenit. Aici, stelele se mișcă în cercuri, paralele cu orizontul, ce coincid cu ecuatorul ceresc.

În latitudinile geografice medii axa lumii și ecuatorul ceresc sunt înclinate spre orizont, traiectoriile diurne ale stelelor sunt de asemenea înclinate spre orizont. De aceea, pot fi observate stelele care răsar și apun. Prin răsărit se are în vedere fenomenul de intersecție a părții de est a orizontului de către astru, iar prin apus – partea de vest.

În latitudinile medii, de exemplu pe teritoriul Ucrainei, se văd stelele constelațiilor nordice din jurul polului Nord, care nu apun niciodată. Ele se numesc **stele ce nu apun**. Stelele situate lângă polul Sud al lumii nu răsar în Ucraina niciodată și se numesc **stele ce nu răsar**.



Imag. 1.9. Corelația dintre înălțimea polului lumii deasupra orizontului h_p și latitudinea geografică a observatorului φ

Una dintre sarcinile principale ale astronomiei practice este determinarea momentelor timpului și a azimutului punctelor de răsărit și apus ale astrilor cerești. Momentele timpului răsăritului și apusului astrului precum și poziția punctelor de răsărit și apus pe orizontul matematic depind de declinația δ a astrului și latitudinea geografică φ a locului observatorului.

3. Determinarea latitudinii geografice după observările astronomice. În timpul rotației diurne în jurul axei lumii, aștrii intersectează de două ori meridianul ceresc. Acest fenomen de intersecție a meridianului ceresc se numește **culminație**.

Există două feluri de culminație: superioară și inferioară. În culminația superioară astrul se află în timpul mișcării sale diurne în cel mai înalt punct deasupra orizontului, cel mai aproape de zenit. Punctul culminației inferioare a astrului e mult mai îndepărtat de zenit decât punctul culminației superioare și are loc după 12 ore după culminația superioară.

La întocmirea hărților geografice și topografice, la construcția drumurilor și magistralelor, la identificarea zăcămintelor minerale etc. e nevoie să cunoaștem coordonatele localității. Aceste sarcini pot fi rezolvate cu ajutorul observărilor astronomice. Să examinăm trei metode.

Metoda 1. De determinat latitudinea geografică cu ajutorul observărilor asupra stelei Polare. Dacă steaua Polară indică direcția spre polul Nord al lumii, atunci înălțimea aproximativă a stelei Polare deasupra orizontului ne arată latitudinea geografică a locului de observare. Dacă măsurăm înălțimea stelei Polare în culminațiile superioară (h_s) și inferioară (h_i), aflăm un rezultat mai exact al latitudinii locului de observare:

$$\varphi = (h_s + h_i) : 2.$$

Această egalitate este adevărată pentru toate stelele ce nu apun, culminația inferioară și superioară a cărora se află pe aceeași parte a zenitului.

Metoda 2. De determinat latitudinea geografică după observările asupra culminației superioare a stelelor. Din ecuațiile $h_s = (90^\circ - \varphi) + \delta$ și $h_i = (90^\circ + \varphi) - \delta$ obținem:

$$\varphi = \delta \pm (90^\circ - h_s).$$

Semnul „+” se pune dacă steaua culminează la sud de zenit, iar semnul „-” – dacă steaua culminează la nord de zenit.

Metoda 3. De determinat latitudinea geografică din observările asupra stelelor ce trec în apropierea zenitului: $\varphi = \delta_z$.

În observatoarele astronomice se instalează telescoape speciale (pentru observări asupra zenitului) care fixează stelele ce trec în aria de cercetare a aparatului, în apropierea zenitului. Declinația (δ) stelei ce se află în zenit este egală cu φ .

Unele observatoare dotate cu asemenea telescoape alcătuiesc Serviciul Internațional al latitudinii. Sarcina lui e de a cerceta schimbările latitudinii geografice, adică de a face observări asupra poziției polilor pe suprafața terestră.

În natură au loc fenomene foarte interesante, precum ziua polară și noaptea polară, de asemenea noaptea albă.

În acele zile ale anului, când Soarele nu se ascunde după orizont (chiar în timpul culminației inferioare), durează ziua polară și invers, în zilele anului, când Soarele nu se ridică deasupra orizontului (chiar în timpul culminației superioare) durează noaptea polară.

Folosim condiția că astrul nu apune în latitudinea dată $\delta > (90^\circ - \varphi)$ înspre Soare. Rezultatul va fi că ziua polară durează în acele zile din an în care declinația Soarelui satisface condiția $\delta_\odot > (90^\circ - \varphi)$.

Prezența atmosferei face ca razele de lumină de la astrul ceresc, înainte de a nimeri în ochiul observatorului, să treacă prin atmosfera terestră și să se deformeze, schimbând astfel poziția aparentă a astrului în comparație cu cea adevărată. Acest fenomen se numește **refracție astronomică**.

Datorită refracției, poziția vizuală a astrului se schimbă față de zenit. Deplasarea ρ depinde de înălțimea astrului deasupra orizontului și, nu în ultimul rând, de temperatură și de presiune. În condiții normale, pentru aștrii care se văd deasupra orizontului valoarea ρ este egală cu $35'$. Luând în considerare refracția și raza vizibilă a Soarelui aflăm că începutul zilei polare corespunde acelei zile din an, în care declinația Soarelui este egală cu

$$\delta_{\odot} = 90^{\circ} - (\varphi + \rho + R_{\odot}).$$

Valoarea declinației Soarelui obținută o căutăm în anuarul astronomic și scriem data ce corespunde acestei valori. Bineînțeles, asemenea date vor fi două. Una dintre ele determină începutul zilei polare, iar cealaltă – sfârșitul ei. Ca început al zilei polare se alege cea zi, după care declinația Soarelui începe să crească.

Analogic, data începutului nopții polare corespunde acelei zile din an, în care declinația Soarelui este egală cu $\delta_{\odot} = \varphi - 90^{\circ} + \rho + R_{\odot}$, iar în zilele următoare începe să scadă.

Un fenomen astronomic impresionant este noaptea albă, când Soarele se ascunde pentru puțin timp după orizont. În timpul nopții albe durează amurgul, adică iluminarea bolții cerești chiar în miezul nopții e ca seara. Acest fenomen poate fi urmărit vara în latitudinile superioare (începând cu aproximativ 60°), se consideră că noaptea albă are loc dacă Soarele se ascunde după orizont de la 0 până la -6° .



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Caracterizați sistemele orizontal și ecuatorial de coordonate.
2. De ce astronomii folosesc diferite sisteme de coordonate?
3. În ce constă diferența principală dintre diferite sisteme de coordonate cerești?
4. Cum de determinat înălțimea polului lumii deasupra orizontului?
5. În ce condiție astrul poate fi văzut în latitudinea dată?
6. Din ce loc de pe sfera terestră se poate vedea că toate stelele se mișcă pe parcursul anului paralel cu orizontul matematic?

§ 4. ASTRONOMIA ȘI DETERMINAREA TIMPULUI. TIPURILE DE CALENDARE

1. Determinarea timpului. Toată viața noastră depinde de schimbarea periodică a zilei cu noaptea și a anotimpurilor. Pe aceste fenomene astronomice ce se repetă se bazează unitățile de bază ale timpului – ziua, luna, anul. Mărima principală pentru măsurarea timpului e legată de perioada de rotație completă a sferei terestre în jurul axei sale.

Momentul culminației superioare a centrului Solar se numește **amiază adevărată**, iar momentul culminației inferioare – **miezul nopții adevărat**.

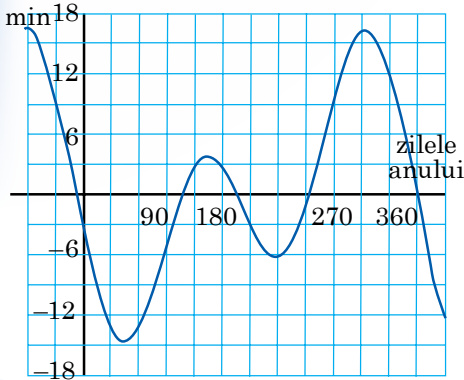
Timpul scurs între două culminații superioare succesive a centrului Solar se numește zi solară adevărată.

Timpul scurs din momentul culminației inferioare a centrului discului solar până la oricare altă poziție a lui pe același meridian geografic se numește **timp solar adevărat** (T_{\odot}).

Trebuie de menționat faptul că ziua solară adevărată își schimbă periodic durata. Sunt două cauze: 1) declinația planului eclipticii înspre planul ecuatorului ceresc, 2) forma eliptică a orbitei Pământului. Când Pământul se află în porțiunea de elipsă apropiată de Soare (în imag. 1.10 această poziție e arătată în stânga), el se mișcă mai repede. După jumătate de an, aflându-se în cealaltă parte a elipsei, Pământul se deplasează mai încet pe orbită. Mișcarea neuniformă a Pământului pe orbita sa cauzează mișcarea vizibilă neuniformă a Soarelui pe sfera cerească.



Imag. 1.10. Cauzele schimbării duratei zilelor solare adevărate



20 Imag. 1.11. Graficul ecuației timpului

lui mediu se împarte în 60 minute, fiecare minută – în 60 secunde. Ca început al zilei solare medii e stabilit **miezul nopții mediu**, adică momentul culminației inferioare a punctului imaginar al sferei cerești, numit **soare mediu**. Intervalul de timp din momentul culminației inferioare a Soarelui ecuatorial mediu până la oricare altă poziție a lui pe același meridian geografic se numește **timp solar mediu (T_s)**.

Diferența dintre timpul solar mediu și timpul solar adevărat se numește **ecuația timpului**. Se marchează prin litera greacă η și poate fi scrisă în felul următor: $\eta = T_s - T_{\odot}$.

Valoarea ecuației timpului η o găsim în calendarele astronomice. Valoarea aproximativă poate fi determinată după grafic (imag. 1.11), din care se vede de asemenea că de 4 ori pe an ecuația timpului η este egală cu zero. Acest lucru se întâmplă aproximativ la 14 aprilie, 14 iunie, 2 septembrie și 24 decembrie. Însă, de 4 ori pe an graficul ecuației timpului atinge limite superioare: două pozitive – 15 mai și 3 noiembrie, și două negative – 15 februarie și 1 august.

Există și **ziua siderală** (aprox. 23 ore 56 minute și 4 secunde). Ziua siderală este perioada de timp scursă între două treceri succesive la meridian ale punctului vernal. Se consideră că momentul culminației superioare al acestui punct, luat ca început al zilei siderale, este 0 ore ale timpului sideral.

Timpul din momentul culminației superioare a punctului vernal până la oricare altă poziție a lui pe același meridian geografic este numit timp sideral.

2. Determinarea longitudinii geografice. Măsurarea timpului cu ziua solară e legată de meridianul geografic. Timpul măsurat pe acest meridian se numește **timp local al acestui meridian** și este unic pentru toate punctele aflate pe el. Culminația oricărui punct al sferei cerești se produce în timp diferit pe meridiane diferite ale sferei terestre. Totodată, cu cât meridianul terestru e

Adică, în diferite anotimpuri Soarele se mișcă cu viteză diferită. De aceea, durata zilei solare adevărate se schimbă întotdeauna.

Datorită faptului că ziua solară adevărată nu este uniformă, e dificil să te folosești de ea. Din această cauză cel mai des se folosește ziua solară medie, durata căreia e cât de cât stabilă.

Ce este ziua solară medie? Ne imaginăm un punct care pe parcursul anului face o rotație completă în jurul Pământului în același timp precum Soarele, însă se deplasează uniform pe ecuatorul ceresc, nu pe ecliptică. Acest punct imaginar îl numim **soare ecuatorial mediu**.

Culminația superioară a Soarelui ecuatorial mediu se numește **amiază medie**, iar intervalul de timp dintre două amiezi medii succesive se numește **zi solară medie**. Durata ei este întotdeauna aceeași. Ziua solară medie e împărțită în 24 ore. Fiecare oră a timpu-

situat mai la est, cu atât mai repede în punctele aflate pe el are loc culminația, sau începe ziua. Dacă Pământul se deplasează în fiecare oră cu 15° , atunci diferența de timp de o oră între două puncte corespunde cu diferența longitudinilor 15° (în măsură orară 1 oră). De aici și concluzia: diferența timpului local dintre două puncte pe Pământ este egală numeric cu diferența valorii longitudinii, exprimată în măsură orară. Pentru punctele suprafeței terestre situate pe longitudinile geografice λ_1 și λ_2 , obținem: $T_{\lambda_1} - T_{\lambda_2} = \lambda_1 - \lambda_2$.

Ca meridian inițial (zero) pentru numărarea longitudinii geografice este acceptat meridianul ce trece prin observatorul din Greenwich în apropierea Londrei. Timpul mediu local al meridianului Greenwich este numit **timp universal**. Toate semnalele de oră exactă corespund minutelor și secundelor timpului universal. În calendarele și anuarele astronomice momentele majorității fenomenelor sunt indicate conform timpului universal. Momentele acestor fenomene, conform orei locale a unui oarecare punct, sunt ușor de determinat, dacă se știe longitudinea acestui punct față de Greenwich.

Dacă în momentul dat pe meridianul Greenwich timpul universal va fi egal cu T_0 , atunci în localitatea cu longitudinea geografică λ va fi T_λ . Deci, ecuația precedentă pentru $\lambda_0 = 0$ va fi următoarea: $\lambda = T_\lambda - T_0$. Această ecuație oferă posibilitatea de a afla longitudinea geografică conform timpului universal (T_0) și timpului local (T_λ), ce se determină din observările astronomice. Pe de altă parte, cunoscând longitudinea locului de observare (λ) și timpul universal (T_0), se poate determina timpul local (T_λ): $T_\lambda = T_0 + \lambda$.

În prezent este introdus sistemul fusului orar pentru măsurarea timpului solar mediu. Conform acestui sistem, toată sfera terestră e împărțită în 24 de fusuri orare, fiecare situat pe longitudine la 15° (sau 1 oră) unul de altul. Fusul orar al meridianului Greenwich se consideră 0. Altor fusuri, în direcția de la 0 la est, li s-au atribuit numerele de la 1 până la 23. În limitele unui fus în toate punctele într-un anumit moment fusul orar este același. În fusurile vecine el diferă exact cu o oră. În locurile puțin populate, pe mări și oceane limitele fusurilor trec pe meridiane la distanța de $7,5^\circ$ unul de altul înspre est și vest de la meridianul central al numitului fus orar. În alte zone, pentru comoditate, limitele fusurilor sunt indicate după granițele de stat și administrative, lanțuri de munți, râuri și alte granițe naturale.

Cunoscând timpul universal (T_0) și numărul fusului locului (n), putem afla timpul legal: $T_n = T_0 + n$.

Excluzînd T_0 din ecuațiile $\lambda = T_\lambda - T_0$ și $T_n = T_0 + n$, obținem corelația ce ne permite să determinăm longitudinea geografică după fusul orar (T_n) și timpul local cu longitudinea geografică (T_λ): $T_n - T_\lambda = n - \lambda$.

Sistemul de măsurare a timpului prin fusuri exclude orice incomodități ce țin de folosirea timpului local și universal. Ceasornicele fixate după timpul local arată același număr de secunde și minute în toate fusurile orare. Aceste date diferă doar printr-un număr întreg de ore.

Pentru a economisi și a repartiza rațional energia electrică pe parcursul zilei, în unele țări din lume (inclusiv și țara noastră) acele ceasornicului se schimbă primăvara cu o oră înainte, introducând astfel ora de vară. Toamna se revine iarăși la timpul legal.

De asemenea, există o limită ce deschide o nouă dată și zi din săptămână. **Linia internațională de schimbare a datelor** trece prin strâmtoarea Bering între insulele oceanului Pacific de la polul Nord spre polul Sud (meridianul 180°).

Cel mai sigur și comod timp e considerat timpul atomic, care a fost introdus în 1964 de comitetul Internațional pentru măsură și greutate. Ca etalon au fost luate ceasornicele atomice (cuantice). După asemenea ceasornice secunda este

o durată de timp în care au loc 9 192 631 770 oscilații ale undelor electromagnetice iradiate de atomul de cesiu. De la 1 ianuarie 1972 toate țările din lume măsoară timpul după ceasornicele atomice.

3. Calendarul. *Calendarul este sistemul de evidență a intervalelor îndelungate de timp la baza căruia stau fenomenele astronomice ciclice: schimbarea zilei și a nopții, schimbarea fazelor Lunii, schimbarea anotimpurilor.*

Oricare sistem calendaristic are la bază trei unități de timp: ziua solară medie, luna sinodică (lunară sau lunație) și anul tropic (sau solar).

Luna sinodică sau lunația este intervalul de timp scurs între două faze de același fel succesive ale Lunii.

Anul tropic – intervalul de timp scurs între două intersecții succesive ale centrului Soarelui prin punctul vernal.

Din cauza mișcării lente a punctului vernal în direcția Soarelui, Soarele se va afla în raport cu stelele pe același punct pe cer peste un interval de timp mai mare decât anul Tropic cu 20 minute și 24 secunde. Acesta este **anul sideral**, care are 365, 2564 de zile solare medii.

Luna sinodică și anul tropic n-are un număr întreg de zile solare medii. Astfel, durata medie a lunii sinodice este egală cu 29,530589 zile, iar durata medie a anului tropic – 365,242190 zile. După cum se vede, toate trei măsuri ale timpului sunt incomparabile. Nu poate fi un număr întreg de ani tropici în care să intre un număr întreg de luni sinodice și un număr întreg de zile solare medii. Tendința de a potrivi între ele ziua, luna și anul a dus la faptul că în diferite epoci, la diferite popoare au fost întocmite un număr mare de diferite calendare, care pot fi împărțite în trei tipuri: lunare sau selenare, lunosolare și solare. Anume prin aceasta se explică complexitatea întocmirii calendarului și apariția pe parcursul a câtorva milenii a numeroase sisteme calendaristice menite să rezolve aceste dificultăți.

În calendarul lunar sau selenar anul este împărțit în 12 luni, care conțin 30 sau 31 de zile. În total, calendarul lunar conține 354 sau 355 de zile solare medii, adică este mai scurt decât calendarul solar cu aproximativ 10 zile. Aceste calendare sunt foarte răspândite în țările islamice.

Datorită faptului că anul lunar are mai puține zile decât cel tropic, la musulmani lipsește o dată fixă a începutului de an. Ea se schimbă pe sezoane și cade ba primăvara, ba vara, ba toamna, ba iarna.

Calendarele lunosolare sunt cele mai complicate. În ele suma unui număr de luni sinodice corespunde aproximativ cu durata unui an tropic. La baza acestor calendare stă corelația: 19 ani solari sunt egali cu 235 luni sinodice (pot fi abateri de aprox. 2 ani). Anul se împarte în 12 luni, fiecare începându-se cu luna nouă (crai nou). În prezent acest sistem s-a păstrat în calendarul evreesc. El are 12 sau 13 luni în an. Durata unor luni se schimbă anual. Începutul anului este întotdeauna toamna, însă nu coincide cu nici una dintre zilele calendarului gregorian, de care ne folosim noi.

La început, românii calculau timpul prin ani lunari. Anul nou începea la 1 martie. Până acum unele luni ale calendarului contemporan se numesc conform acestei tradiții: septembrie – „al șaptelea”, decembrie – „al zecelea” etc. Cu timpul, românii au schimbat prima zi a anului la 1 ianuarie. Acesta s-a întâmplat din cauză că din anul 153 î.e.n în această zi intrau în funcție consulii.

Unul dintre primele calendare solare este considerat cel egiptean, întocmit în mil. 4 î.e.n. După acest calendar anul se compunea din 12 luni câte 30 zile în fiecare, iar la sfârșitul anului se adăugau 5 zile de sărbătoare. Calendarul contemporan își are originea în calendarul solar roman, apărut în urma reformelor lui **Iulius Cezar** (a. 100–44 î.e.n.). El a fost introdus la 1 ianuarie anul 45 î.e.n. De aici și denumirea lui – **calendarul iulian**. Durata anului după acest calendar este de 365,25 zile, ce corespunde cu durata anului tropic.

Pentru comoditate, trei ani la rând aveau câte 365 de zile iar la al patrulea (anul bisect) se adăuga încă o zi – 366. Anul se compunea din 12 luni: lunile impare aveau 31 zile, cele pare – 30; doar februarie în anul simplu (nu bisect) avea 28 zile.

Din cauză că durata anului iulian e mai lungă decât cea a anului tropic cu 11 min 15 s, timp de 128 de ani s-a acumulat o greșeală de 24 de ore, iar timp de 400 de ani – aproximativ trei zile. Odată cu scurgerea timpului, calendarul întârzia tot mai mult. De aceea, la sf. sec. al XVI-lea echinocțiul de primăvară era nu pe 2, ci pe 11 martie.

Greșeala a fost corectată în anul 1582, când conducătorul bisericii catolice Papa Grigore XIII a creat o comisie specială pentru reforma calendaristică, care a mutat calcularea zilelor cu zece zile înainte și a întors echinocțiul de primăvară la 21 martie. Calendarul corectat a primit denumirea de **calendar gregorian**, sau **calendarul stilului nou**. Sistemul de calculare a timpului după calendarul iulian se numește stil vechi.

În calendarul gregorian an bisect se numește fiecare al patrulea an, cu excepția anilor cu număr întreg al secolelor (de exemplu 1700, 1800). Un asemenea an se numește bisect doar în cazul când numărul de sute se împarte la 4 fără rest.

În Ucraina acest calendar a fost introdus din ziua de miercuri 31 ianuarie 1918. Următoarea zi a fost deja 14 februarie, fiindcă diferența dintre stilul nou și stilul vechi era de 13 zile.

Această diferență de 13 zile se va păstra până la 15 februarie 2100 după stil vechi sau 28 februarie 2100 după stil nou. După această zi diferența va crește cu încă o zi și va fi de 14 zile.

Anul calendaristic iulian este mai mare decât anul solar cu $11\frac{1}{4}$ din minută, iar cel gregorian – cu 27 secunde. Ziua suplimentară se va acumula în 3226 ani, iar pentru scopurile practice o asemenea precizie e îndeajuns.

Calendarul gregorian are și cusururile lui: durata neuniformă a lunilor, a trimestrelor, neconcordanța numărului de luni cu zilele săptămânii. De aceea, au apărut proiecte de calendarare noi (universale), în care anul e împărțit mult mai corect în jumătăți de an și trimestre etc. Însă, relațiile politice și economice existente între țările lumii nu permit reformarea și introducerea unui calendar universal.

Mulți ani în urmă, când europenii doar aveau presupuneri despre existența Americii iar Columb, care a descoperit-o, încă nu era născut, pe teritoriul Mexicului de astăzi, a Guatemalei și Hondurasului exista o civilizație foarte puternică și dezvoltată – a indienilor mayași. Cu o mie și jumătate de ani în urmă ei știau să construiască orașe, palate și temple. Unele temple erau folosite de mayași ca observatoare, de unde făceau observări asupra mișcării Soarelui, Lunii și a altor corpuri cerești. După calendarul mayașilor (imag. 1.12) anul durează 365,2420 zile, adică diferă de datele contemporane doar cu douăzeci de miimi.

Se foloseau, de asemenea, erele, adică intervale îndelungate de calculare a anilor. Eră se numește punctul de plecare al unei anumite cronologii. La diferite popoare erele erau diferite și erau legate de anumite evenimente importante sau de anii de domnie ai regilor sau împăraților.

Cifre, însă, mayașii aveau doar două. Ele erau însemnate prin punct și liniuță. Cu ajutorul acestor trei semne mayașii au reușit să calculeze orbitele planetelor, timpul eclipselor de Soare și de Lună și alte momente pentru mulți ani înainte.



Imag. 1.12. Calendar mayaș

Se foloseau, de asemenea, erele, adică intervale îndelungate de calculare a anilor. Eră se numește punctul de plecare al unei anumite cronologii. La diferite popoare erele erau diferite și erau legate de anumite evenimente importante sau de anii de domnie a regilor sau împăraților.

În Roma se folosea era de la întemeierea Romei (a. 753 î.e.n.) și numărarea anilor de la numirea consulilor. În Europa Evului Mediu era răspândită era lui Diocletian, care a început odată cu urcarea în scaun a împăratului Dioclețian (29 august, anul 284 e.n.). Ea a ținut până în sec. al XV-lea.

În Grecia Antică era folosită era olimpiezilor (începutul a. 776 î.e.n.), care se petreceau o dată la 4 ani. Iudeii calculează începutul erei de la crearea lumii – anul 3761 î.e.n. Creștinii consideră că lumea a fost creată în anul 5508 î.e.n. Era de la Nașterea lui Hristos a fost propusă de arhivarul papal Dionisie cel Smerit sau Dionisie Exiguul în anul 525. El a egalat 248 ani din era lui Dioclețian cu 532 ani de la nașterea lui Hristos. Era Creștină, sau era nouă (era noastră) a început să se folosească parțial din sec. al X-lea, iar în toate țările catolice – doar din sec. al XV-lea.

Din anul 1700, din ordinul lui Petru I în Imperiul Rus a fost introdusă era nouă, conform căreia după 31 decembrie 7208 de la facerea lumii vine 1 ianuarie 1700. Musulmanii din toată lumea folosesc propria eră, numită hijra și își are începuturile din ziua când profetul Muhammad s-a transmutat din Mecca în Medina, fapt ce a avut loc în septembrie anul 622 e.n.



ȘTIAȚI OARE CĂ ...

24

Conform hotărârii conciliului de la Niceea (a. 325), biserica ortodoxă sărbătorește Paștele în prima duminică după prima lună plină de primăvară, adică, după prima lună plină după 21 martie. Matematicianul german Karl Hauss a propus un algoritm pentru determinarea sărbătoririi Paștelui după calendarul iulian. Împărțiți numărul anului la 19, 4 și 7 și însemnați restul prin a , b , c . Apoi, $19a+15$ împărțiți la 30 iar restul însemnați-l prin litera d ; restul $(2b+4c+6d+6):7$ însemnați-l prin e ; obținem că după calendarul iulian Paștele va fi $22+d+e$ martie. Formula este universală, doar că este o singură precizare: de la 1 ianuarie 2101 diferența dintre stilul vechi și stilul nou va fi de 14 zile, nu de 13.



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Prin ce se deosebește ziua solară adevărată de ziua solară medie?
2. Ce numim zi siderală?
3. Ce este ecuația timpului? Scrieți și explicați ecuația timpului.
4. Ce legătură este între longitudinea geografică a locului de observare și timpul local? Ce este timpul universal?
5. Cum poate fi găsit fusul orar? Cum se poate determina longitudinea geografică după fusul orar?
6. Ce este linia de schimbare a datei? Pe unde trece ea? Câte date pot fi în același timp pe Pământ?
7. Din ce cauză nu poate fi întocmit un calendar absolut precis?

§ 5. MIȘCAREA APARENTĂ A PLANETELOR

1. Sistemul lumii lui Ptolemeu. În vechime erau cunoscuți cinci aștri asemănători cu stelele, însă mult mai strălucitori, care deși iau parte împreună cu stelele la rotația diurnă a boltei cerești, însă au și mișcarea lor proprie aparentă. Grecii antici numeau acești „aștri” **planete** (din gr. $\pi\lambda\alpha\nu\eta\tau\acute{o}\varsigma$ – „rătăcitoare”). „Aștrii” (planetele) rătăcitoare pot fi văzuți cu ochiul liber: Mercur, Venus, Jupiter și Saturn.

Planetele se află întotdeauna pe cer lângă ecliptică, însă, în comparație cu Soarele și Luna, ele își schimbă după anumite intervale de timp direcția mișcării. Ele se deplasează printre stele de la vest spre est (precum Soarele și

Луна) – міщаре проградă. Інсă, фекаре планетă, інтр-ун анумит тмп іші інцетинеазă міщареа, се опреște și înceпе сă се міște де ла ест спре вест – міщаре ретроградă. Апои аструл іарăши се опреște și ревіне ла міщареа проградă. Дін ацеазă каузă траіекторіа візібілă а фекăреі планете пе болтă есте о ліне компікатă, форматă дін зігзагурі și нодурі. Пе лăнгă тоате, ацеазă траіекторіе се шчібмă де ла ціклу ла ціклу, ін care планета ревіне апрохіматів ін ацелăши лок інтре сте (імаг.1.13).

Міщареа планетелор а фост о лунгă періодă де тмп ун фномен неінтелес și енігматік, care și-а гăсіт сімплă și corectă еплікаціе ін теоріа луй Сопернік.

Інсă, ін sec. ал ІІ-леа е.н. Слудіус Ртолемеу а елаборат сістемул геосентрік ал лумії, фапт се а фăцут посібілă калькулареа позіціеі планетелор ін рапорт ку сте-ле пе мулті ані інainte și прецікереа венірії екліпселор де Соаре și де Луна.

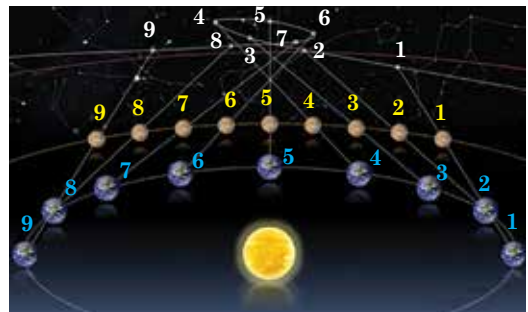
Фолосінд обсервărилор предецесорілор луй și cele пропріі, Ртолемеу а алcăтуіт теоріа міщăрїі Соарелуй, а Луний, а планетелор și а presupus că тоți ащрїі се міщă в ін jurul Пăмăнтулуй неміщат, care есте центру Универсулуй și аге формă сферікă.

Пе паркурсул акулумărїі обсервărїлор дспре міщăреа планетелор, теоріа луй Ртолемеу се компіка тот маі мулт (се інтродуцеау церкурі адăугăтоаре ку дїферіте разе, децінації, вітезе etc.), фапт се ін сурт тмп ау фăцут-о преа інчăркатă și неверідікă.

2. Сїстемул лумії луй Сопернік. Ін sec. ал XVI-леа саванту полонеу Ніколаус Сопернік, респінгăнд ноціунеа догматікă дспре імобїлітатеа Пăмăнтулуй, а пул планета респектївă ін рăндурїе планетелор обїшнуїте. Ел а арăтат că Пăмăнтул сітуат пе локлу треі де ла Соаре, се міщă в ін jurul Соарелуй преку алте планете și, ін ацелăши тмп, се ротеște в ін jurul агеі сале. Сїстемул хелїосентрік ал луй Сопернік епліка фолте сімплу міщăреа в формă де буclă а планетелор. Ін імаг. 1.13 și 1.14 е демонстрăтă міщăреа планетеі Марте пе сфера серескă, обсервăтă де пе Пăмăнтул. Ку ацелăши цифре сунт маркате позіціе Пăмăнтулуй, а луй Марте și але пунктелор траіекторіеі луй Марте пе болтă в ацелăши моменте.

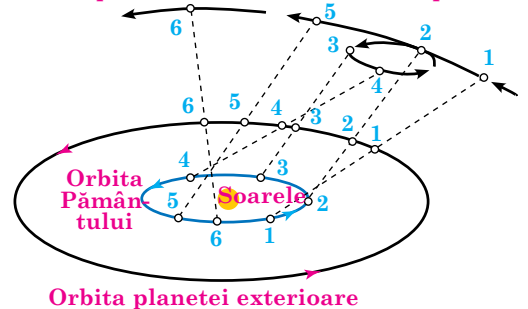
Ку сістемул геосентрік ал луй Ртолемеу ну се пуеа мăсурă дїстантă пăнă ла планете. Сїстемул хелїосентрік ал луй Сопернік а фăцут посібілă калькулареа пропорцілор сістемулї Солар, фолосінд раза орбітеі терестре ка унітате астронікă де мăсурă.

Луцрареа щїінтефікă прїнціпăлă а луй Сопернік „Дспре револуціа сфелор серешї”, компусă дін șапе карці счїсе в 20 де ані, а фост публикатă в 1543 ку пуцін тмп інainte де моартеа савантулуй. Схарактерул револуціонар ал ацелї луцрăрї констă в візіунеа ноуă аспра струкурїі сістемулї Солар unde се арăтă локлу Пăмăнтулуй și ал омулуй інclusiv в Інверсу. Сїмплїтатеа și реалїтатеа сістемулї струкурїі лумії пропусă де Сопернік și-а гăсіт фолте репеде адепціи сăі. Теоріа луй Сопернік а фăцут că щїінтеа сă фїе елібератă де візіунїле інвешчїте care фрăнау дез-волтареа еї. Інсă, сінгул астронімул

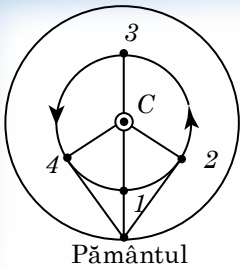


Імаг. 1.13. Міщăреа апарентă в формă де буclă а планетеі Марте

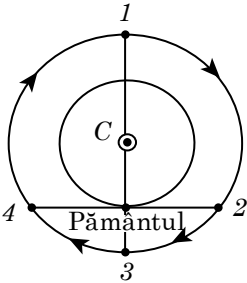
Сале апарентă в формă де буclă а планетеі



Імаг. 1.14. Еплїкаціа міщăрїі в формă де буclă а планетелор дупă теоріа луй Сопернік



Imag. 1.15. Schema configurațiilor planetelor inferioare:
1 – conjuncție inferioară; 2 – cea mai mare elongație vestică; 3 – conjuncție superioară; 4 – cea mai mare elongație estică



Imag. 1.16. Schema configurațiilor planetelor superioare:
1 – conjuncțiile; 2 – cuadratura vestică; 3 – opoziția; 4 – cuadratura estică

rămânea încă prizonierul unor ipoteze. De exemplu, el n-a putut să renunțe la ideea că planetele se mișcă pe orbite circulare.

Marele savant italian Galileo Galilei a confirmat teoria lui Copernic prin descoperirile lui efectuate cu ajutorul telescopului. El a dovedit că pe lună există munți și cratere, că Venus are faze, că Jupiter are 4 sateliți și că însăși Calea Lactee nu-i doar o strălucire pe cer: ea este compusă din stele slabe care nu pot fi văzute cu ochiul liber.

Johann Kepler a dezvoltat teoria lui Copernic, descoperind legile mișcării planetelor și a dovedit, în baza faptelor, că planetele se mișcă pe elipsă și neuniform.

Isaac Newton a descoperit în 1687 legea gravitației universale, fapt ce a demonstrat teoria mișcării planetelor în formule și a respins pentru totdeauna construcțiile geometrice voluminoase.

3. Configurațiile și condițiile de vizibilitate a planetelor. Prin configurațiile planetelor se are în vedere anumite poziții reciproce caracteristice ale planetelor, Pământului și Soarelui. Configurațiile sunt diferite pentru planetele inferioare (orbitele cărora se află mai aproape de Soare decât orbita Pământului) și planetele superioare (orbitele cărora se află dincolo de orbita Pământului).

Pentru planetele inferioare se definesc **conjuncții** și **elongații** (imag. 1.15). În conjuncția inferioară planeta se află cel mai aproape de Pământ, iar în cea superioară – cel mai departe de el. În elongații unghiul dintre direcțiile de pe Pământ spre Soare și spre planeta inferioară rămân ascuțite. Din cauza elipticității orbitelor planetare cele mai mari elongații n-au o valoare constantă. La Venus ele sunt în limitele de la 45 până la 48°, iar Mercur – de la 18 până la 28°. Ambele planete nu se îndepărtează mult de Soare, de aceea noaptea ele sunt invizibile. Durata vizibilității lor de dimineață și de seară nu trece de patru ore pentru Venus și 1,5 ore pentru Mercur.

Uneori, Mercur este complet invizibil, din cauză că răsare și apune ziua.

Elongațiile sunt de est și de vest. În elongația estică planeta poate fi observată seara după apusul Soarelui, iar în cea vestică – dimineața înainte de răsăritul Soarelui. Pentru planetele superioare (imag. 1.16) sunt caracteristice alte configurații.

Dacă poziția Pământului este între o planetă și Soare, asemenea configurație se numește **opoziție**. Această configurație este convenabilă pentru observările făcute asupra planetei, pentru că în acel moment planeta se află cel mai aproape de Pământ și e întoarsă spre el cu emisfera ei iluminată, iar dacă se află pe cer în punctul diametral opus de poziția Soarelui, ea se va situa în configurația superioară aproximativ la miezul nopții. El de menționat faptul că planetele superioare n-au conjuncție inferioară. De aceea, n-are rost să numim conjuncția superioară. Dacă unghiul dintre direcțiile de pe Pământ spre planeta superioară și spre Soare este de 90°, se spune că planeta se află în cuadratură. Există cuadratură vestică și estică. În configurația cuadraturii vestice planeta răsare aproape de miezul nopții, iar în cea estică – apune aproape de miezul nopții. Momentele configurațiilor planetelor și condițiile vizibilității lor sunt publicate în reviste și calendare astronomice.

4. Perioadele siderale și sinodice ale revoluției planetelor.

Intervalul de timp în care planeta face o revoluție completă în jurul Soarelui în raport cu stelele se numește *perioadă stelară sau siderală a revoluției planetei*.

Configurații de același fel ale planetelor au loc în diferite puncte ale orbitelor sale.

Intervalul de timp dintre două configurații successive ale planetelor de același fel se numește *perioada sinodică a revoluției planetei*.

Ea se deosebește de cea siderală.

Perioada sinodică (din gr. σύνωδος – „apropiere”) – **perioada dintre două conjuncții (opoziiții) succesive.**

Teoria lui Copernic ne dă posibilitatea să determinăm corelația dintre perioada sinodică și cea siderală a revoluției planetelor.

Să presupunem că T este perioada siderală a revoluției planetei, iar T_0 – perioada siderală a revoluției Pământului (anul sideral); S – perioada sinodică a rotației planetei. Valoarea medie a arcului ce-l parcurge planeta în 24 ore se numește mișcare medie n , ce corespunde $n = 360^\circ / T$, iar mișcarea medie a Pământului – $n_0 = 360^\circ / T_0$. La planetele inferioare $T < T_0$ și $n > n_0$.

Conjuncțiile de același fel ale acestor planete (de exemplu conjuncțiile inferioare din imag. 1.17) au loc după perioada sinodică a revoluției S , după care

Pământul parcurge arcul $L_0 = n_0 S = \frac{360^\circ}{T_0} S$, ia pla-

neta, întrecând Pământul face o rotație în jurul Soarelui și ajunge Pământul din urmă, parcurgând calea unghiulară $L = 360^\circ + L_0$, este egală cu:

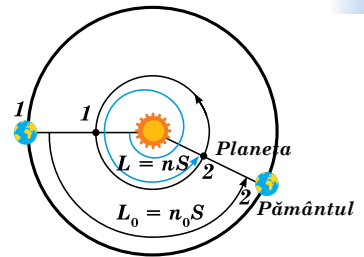
$$L = nS = \frac{360^\circ}{T} S.$$

Scăzând prima ecuație din a doua, obținem egalitatea mișcării sinodice pentru planetele inferioare:

$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}$. Pentru planetele superioare ecuația mișcării sinodice ar fi în felul următor:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}, \text{ din cauză că } T > T_0 \text{ și } n < n_0.$$

Ultimele ecuații ne dau valorile medii ale perioadei sinodice a revoluției planetelor. Cu ajutorul acestor ecuații, folosind perioada sinodică observată a revoluției planetei, e ușor de calculat perioada siderală a revoluției ei în jurul Soarelui.



Imag. 1.17. Perioada sinodică a conjuncțiilor inferioare succesive (1 și 2) ale planetei inferioare



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Care este neajunsul principal al sistemului lumii lui Ptolemeu?
2. În ce constă revoluționarismul ideilor lui Copernic? Care este rolul acestor idei pentru astronomie?
3. Cum a confirmat Galilei teoria lui Copernic?
4. Ce înseamnă mișcarea retrogradă a Planetelor? Cum se poate explica mișcarea în formă de buclă a planetelor după sistemul heliocentric al lumii?
5. Ce sunt configurațiile planetelor? În care configurații pot fi planete superioare și inferioare?

§ 6. MIȘCAREA APARENȚĂ A SOARELUI ȘI A LUNII

1. Mișcarea anuală aparentă a Soarelui. După coordonatele mereu schimbătoare ale Soarelui α și δ se poate determina pe sfera cerească un cerc mare, care este traiectoria aparentă a centrului discului solar pe parcursul anului. Grecii antici numeau acest cerc **ecliptică**. Deoarece mișcarea anuală a Soarelui reflectă mișcarea reală a Pământului pe orbită, ecliptica este traiectoria de la intersecția sferei cerești a planului ce este paralelă cu planul orbitei terestre. Acest plan se numește **planul eclipticii**. În afară de două puncte echinocțiale, despre care am vorbit deja, pe ecliptică se evidențiază două puncte intermediare și contrar opuse unul față de altul, în care declinația Soarelui este cea mai mare după valoarea absolută. În punctul solstițiului de vară Soarele are declinație maximală $\delta = +23^{\circ}26'$ (aproximativ 22 iunie). În punctul solstițiului de iarnă Soarele are declinație maximală $\delta = -23^{\circ}26'$ (aproximativ 22 decembrie).

Constelațiile prin care trece ecliptica se numesc constelații ecliptice.

În lumea antică a apărut împărțirea eclipticii împreună cu constelațiile în 12 părți. Acest cerc a fost numit Cerc zodiacal sau zodii (din gr. ζῳδιακός κύκλος – „cerc cu chipuri de animale”). La început, în Babilon semnele zodiacale și constelațiile ecliptice corespundeau, din cauză că nu erau limite exacte ale constelațiilor. Mai târziu, în epoca elinismului, au apărut date despre semnele zodiacale ca fiind 12 părți egale ale eclipticii, ce ocupă pe cer arcuri a câte 30° fiecare. Începutul enumerării semnelor începe din punctul vernal¹.

28

În prezent semnele zodiacale și constelațiile ecliptice nu corespund. Constelații sunt 13. Dintre ele 12 (tabelul 1.1) corespund după denumire cu semnele zodiacale. Constelația Șarpelui, care este ecliptică, nu intră în numărul semnelor zodiacului. Diferite constelații au pe cer dimensiuni diferite. Pe lângă toate, din cauza procesiei (rotația axei terestre) punctul vernal își schimbă poziția. De exemplu, semnul zodiacal Berbec se află în constelația Peștilor.

În tabelul 1.1 sunt demonstrate constelațiile zodiacale, semnele lor și timpul când Soarele se află în semnele zodiacale.

Tabelul 1.1

Denumirea constelației zodiacale	Semnul constelației	Perioada constelației zodiacale
Capricorn	♑	22 decembrie – 20 ianuarie
Vărsător	♒	21 ianuarie – 18 februarie
Pești	♓	19 februarie – 20 martie
Berbec	♈	21 martie – 20 aprilie
Taur	♉	21 aprilie – 20 mai
Gemeni	♊	21 mai – 20 iunie
Cancer	♋	21 iunie – 22 iulie
Leu	♌	23 iulie – 22 august
Fecioară	♍	23 august – 22 septembrie
Balanță	♎	23 septembrie – 22 octombrie
Scorpion	♏	23 octombrie – 22 noiembrie
Săgetător	♐	23 noiembrie – 21 decembrie

2. Mișcarea diurnă a Soarelui pe diferite latitudini. Știți deja, că mișcarea anuală a Soarelui printre stele pe o linie imaginară se numește ecliptică. Soarele parcurge ecliptica întreagă (360°) timp de un an, însă această

mișcare este imaginară, deoarece ea se produce datorită rotației Pământului în jurul Soarelui. Vă amintim că mișcarea aparentă a astrilor (inclusiv a Soarelui) ce are loc datorită rotației proprii a Pământului în jurul axei, se numește **mișcare diurnă**.

Să analizăm mișcarea diurnă a Soarelui pe diferite latitudini. În latitudinile medii Soarele răsare întotdeauna în partea de est a cerului, se ridică treptat deasupra orizontului, la amiază atinge cel mai înalt punct pe cer, apoi coboară spre orizont și apune în partea de vest a cerului. În emisfera de Nord această mișcare se produce de la stânga la dreapta, iar în cea de Sud – de la dreapta la stânga. În asemenea caz, în emisfera de Nord a Pământului observatorul va vedea Soarele la sud, iar în emisfera de Sud – la nord. Calea de-o zi a Soarelui pe cer este simetrică în raport cu direcția nord-sud.

După cercul Polar al Pământului, unde $|\varphi| > 66,5^\circ$, mișcarea diurnă a Soarelui este, practic, paralelă orizontului. Timp de jumătate de an Soarele nu apune, descriind cercuri deasupra orizontului. Aceasta este ziua polară. Apoi, Soarele apune pe o durată de jumătate de an și începe noaptea polară.

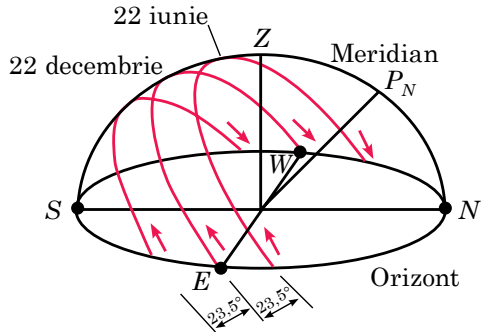
La ecuator Soarele, precum alți aștri, răsare și apune perpendicular planului orizontului adevărat și e vizibil timp de 12 ore.

3. Schimbarea căii diurne a Soarelui pe parcursul anului. Schimbarea căii diurne a Soarelui deasupra orizontului în diferite anotimpuri pentru latitudinile geografice medii e demonstrată în imag. 1.18. Determinând pe parcursul anului înălțimea Soarelui în amiază, se poate observa că de două ori pe an el se află pe ecuatorul ceresc. Aceasta se întâmplă în zilele echinocțiilor de primăvară (apr. 21 martie) și a celui de toamnă (apr. 23 septembrie). Planul orizontului împarte ecuatorul ceresc în jumătate. De aceea, în zilele echinocțiilor deplasările Soarelui deasupra orizontului și sub orizont sunt egale; deci, durata zilei și a nopții sunt egale. Cea mai scurtă zi este 22 decembrie, iar cea mai lungă – 22 iunie.

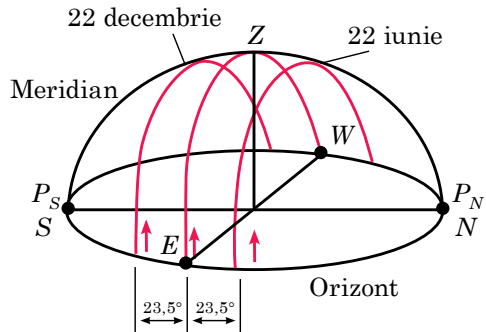
Pentru observatorii care se află pe ecuatorul terestru căile diurne ale Soarelui deasupra orizontului pe parcursul anului sunt redată în imag. 1.19.

4. Mișcarea aparentă a fazelor Lunii. Luna – satelitul natural al Pământului. Este cel mai apropiat de Pământ corp ceresc, care reflectă lumina solară. Luna se mișcă în jurul Pământului pe orbită eliptică în aceeași direcție în care Pământul se rotește în jurul axei sale. De aceea se vede că Luna se deplasează printre stele în întâmpinarea rotației cerului. Direcția mișcării Lunii este întotdeauna de la vest spre est. Pentru observatorul de pe Pământ Luna se deplasează în 24 ore cu $13,2^\circ$.

Luna face o rotație completă pe orbită în jurul Pământului timp de 27,3 zile (luna siderică). Tot în acest timp ea face și o rotație în jurul axei sale, de aceea de pe Pământ se vede aceeași parte a Lunii.



Imag. 1.18. mișcările diurne ale Soarelui deasupra orizontului în diferite anotimpuri în timpul observărilor făcute în latitudinile geografice medii



Imag. 1.19. Mișcările diurne ale Soarelui deasupra orizontului în diferite anotimpuri în timpul observărilor făcute pe ecuatorul Pământului

Mișcarea Lunii în jurul Pământului este foarte complicată. De aceea, studiarea ei este una dintre cele mai grele sarcini pentru mecanica cerească. Mișcarea aparentă a Lunii e însoțită de schimbarea înfățișării ei – schimbarea fazelor. Acest lucru are loc din cauză că Luna își schimbă pozițiile față de Soare și Pământ (imag. 1.20).

Fază lunară se numește partea discului lunar văzută în iluminare solară.

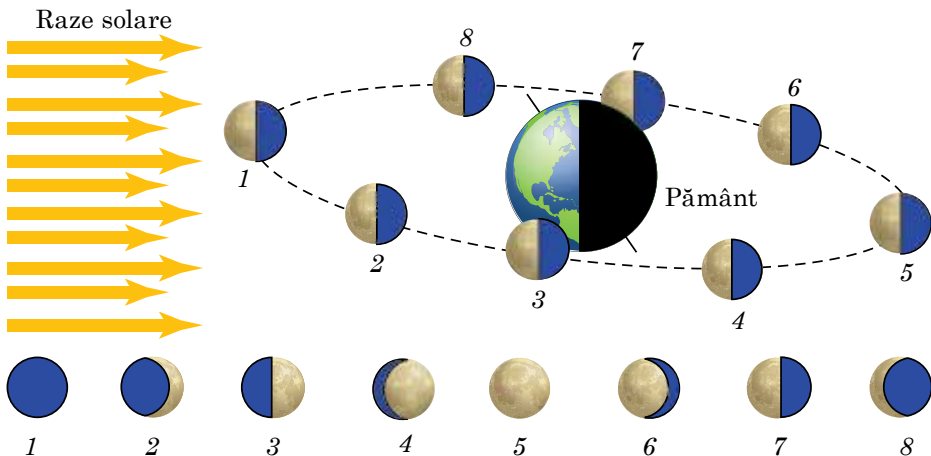
Analizăm fazele Lunii, începând cu Crai Nou (Lună nouă). Această fază începe când Luna trece între Soare și Pământ și e întoarsă spre noi cu partea ei întunecată (imag. 1.20, 1). Luna nu se vede deloc de pe Pământ.

Peste 1–2 zile în partea de vest a cerului apare și continuă să crească o „seceră” strălucitoare și îngustă – Luna „nouă” sau Crai Nou (imag. 1.20, 2). Uneori pe fundalul cerului se observă și partea întunecată a discului lunar. Acest fenomen se explică prin faptul că secera Lunii este luminată direct de Soare iar cealaltă suprafață lunară – de lumina solară dispersată reflectată de Pământ. După 7 zile se va vedea deja toată partea dreaptă a discului Lunii – începe **faza primului pătrar** (imag. 1.20, 3). În această fază Luna răsare ziua, până seară se vede în partea de sud a cerului, apune noaptea. Apoi faza crește (imag. 1.20, 4) și peste 14–15 zile după Crai Nou vine în confruntare cu Soarele (imag. 1.20, 5). **Faza ei devine plină**, începe Luna plină. Razele solare iluminează întreaga emisferă lunară, îndreptată spre Pământ. Luna Plină răsare atunci când Soarele apune și apune când Soarele răsare, iar în miezul nopții se vede în partea de sud a cerului.

După faza Lună Plină, Luna se apropie treptat de Soare dinspre vest și este iluminată din partea stângă (imag. 1.20, 6). Peste o săptămână începe **faza a treia**, sau a **ultimului pătrar** (imag. 1.20, 7). Atunci Luna răsare la miezul nopții, până la răsăritul Soarelui apare în partea de sud a cerului și apune ziua. Treptat, cu cât Luna se apropie de Soare, fazele ei devin asemănătoare cu „seceră” (imag. 1.20, 8). Luna se vede doar spre dimineață, înainte de răsăritul Soarelui, și apune ziua, înainte de apusul Soarelui. De această dată secera îngustă a Lunii e îndreptată cu rotunjimea înspre est. Apoi iarăși vine Luna Nouă și satelitul naural al Pământului nu se vede pe cer.

De la un Crai Nou până la altul trec aproximativ 29, 5 zile. Această perioadă de schimbare a fazelor Lunii se numește lună sinodică. Luna sinodică (sau luna lunară) e mai lungă decât cea siderică (sau stelară), din cauză că Luna și Pământul se mișcă în spațiu în aceeași direcție.

30

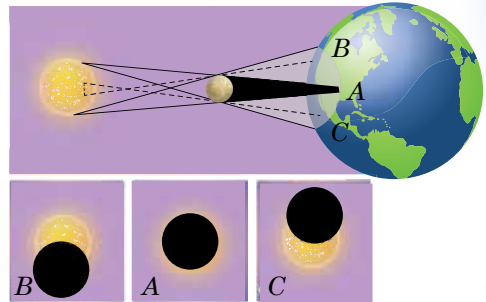


Imag. 1.20. Schimbarea fazelor Lunii

5. Еклипсе де Соаре și де Лунă. În timpul mișcării sale Luna acoperă deseori stelele constelațiilor zodiacale. Mult mai rar Luna acoperă planetele și Soarele. Acoperirea Soarelui de către Lună se numește **eclipsă de Soare**.

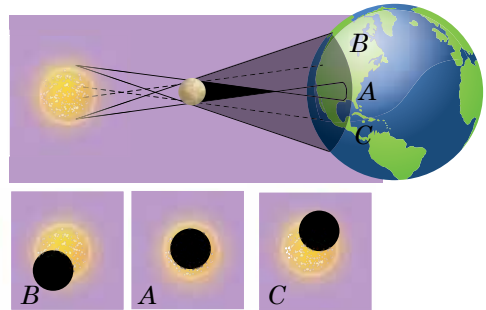
Eclipsa de Soare are aspect diferit pentru diferite puncte ale suprafeței terestre, deoarece diametrul Lunii este de 400 ori mai mic decât cel al Soarelui și Luna e cu aproximativ 400 ori mai aproape de Pământ. De aceea, pe cer Soarele și Luna par discuri de aceleași dimensiuni. În timpul eclipsei totale de Soare, Luna poate acoperi în întregime suprafața strălucitoare a Soarelui, lăsând deschisă doar atmosfera solară.

Analizăm schema eclipsei totale de Soare (imag. 1.21). Trecând între Soare și Pământ, mică după dimensiuni, Luna nu poate acoperi total Pământul. Discul Solar va fi acoperit doar pentru observatorul A, care se află în interiorul conului umbrei lunare, diametrul maximal al căreia pe Pământ nu-i mai mare de 270 km. Numai din această zonă relativ îngustă, unde cade umbra de la Lună, se va putea vedea eclipsa de Soare totală. Acolo unde cade semiumbra Lunii, în mijlocul așa numitului con al semiumbrei lunare, se va putea vedea (pentru observatorii B și C) eclipsa de Soare parțială.



Imag. 1.21. Schema eclipsei de Soare totală (pentru observatorii A,B,C)

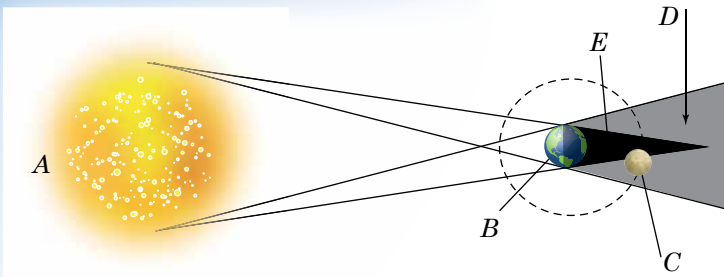
Dacă în momentul eclipsei, deplăsându-se pe orbita eliptică, Luna se va afla la o distanță mare de Pământ, atunci discul ei va fi prea mic să acopere total Soarele. În așa caz observatorul A (imag. 1.22) va putea vedea în jurul discului întunecat al Lunii o parte strălucitoare a discului solar. Această eclipsă se numește inelară. Pentru observatorii B și C asemenea eclipsă de Soare va fi parțială.



Imag. 1.22. Schema eclipsei de Soare inelară (pentru observatorii A,B,C)

În afara penumbrei lunare eclipsele nu vor putea fi urmărite. Eclipsa de Soare nu se vede pe întreaga suprafață terestră, ci doar acolo unde trece umbra și semiumbra Lunii. Direcția umbrei lunare pe suprafața terestră se numește **linia eclipsei totale de Soare**.

Eclipsa de Lună are loc atunci când Luna nimerește în umbra Pământului, ce are de asemenea formă de con care este înconjurat de penumbră (imag. 1.23). În timpul intrării parțiale a Lunii în umbra terestră, eclipsa de Lună se numește **eclipsă penumbrială**, iar când Luna e cu totul în umbra Pământului – **eclipsă penumbrială totală**. Dacă umbra terestră e îndreptată în direcția opusă Soarelui, Luna va putea trece prin ea doar în faza Lunii pline. Luna intră treptat în umbra terestră cu partea ei stângă. În timpul eclipsei totale, Luna devine de culoare brun-cenușie sau roșu-închis (imag. 1.24), deoarece lumina solară, dispersându-se în atmosfera terestră, iluminează Luna în cea mai mare parte cu raze roșii, care sunt mai puțin influențate de atmosfera terestră.



Imag. 1.23. Schema eclipsei de Lună. Poziția corpurilor cerești în timpul eclipsei: A – Soarele; B – Pământul; C – Luna; D – penumbra; E – umbra totală



Imag. 1.24. Imaginea Lunii în timpul eclipsei de Lună totală

Annual, au loc de la două până la patru eclipse de Soare. Din același loc pe Pământ, eclipsa de Soare totală se vede foarte rar – o dată la 200–300 ani, iar durata eclipsei de Soare totală nu trece limita de 7 minute 31 secunde. De aceea, astronomii se pregătesc cu sârguință de observările asupra eclipsei. În această mică perioadă de timp ei vor să studieze cât se poate de amănunțit învelișurile exterioare ale Soarelui.

De obicei, în fiecare an au loc 1–2 eclipse de Lună, însă, sunt ani când nu se observă nici una.

Eclipsele de Lună se văd din întreaga emisferă nocturnă a Pământului, unde în acel timp Luna se află deasupra orizontului. De aceea, ele se observă mai des decât eclipsele de Soare, deși au loc cu 1,5 ori mai rar. Durata maximală a eclipsei de Lună este de 1 oră 47 minute.

Încă în sec. VI î.e.n. s-a determinat că aproximativ peste 18 ani și 11,3 zile toate eclipsele se vor repeta în aceeași ordine. Această perioadă (perioada între eclipse) se numește saros (din gr. *σάρωσ* – „perioadă”, „repetare”).

În timpul sarosului au loc în mediu 70–71 eclipse, dintre care 42–43 sunt de Soare (14 totale, 13–14 inelare și 15 parțiale) și 28 – de Lună.

32



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Care sunt proprietățile mișcării diurne a Soarelui pe diferite latitudini? Se poate oare observa Soarele în zenit din Ucraina, Australia și Brazilia? De ce?
2. De ce Luna e întoarsă spre Pământ cu una și aceeași parte? Are oare Luna rotație inversă?
3. În ce constă diferența între luna siderică și cea sinodică? Prin ce se explică durata lor diferită?
4. Ce este faza lunară? Descrieți fazele Lunii.
5. Din ce cauză au loc eclipsele de Soare și de Lună?
6. Ce este sarosul? Care este periodicitatea lui?

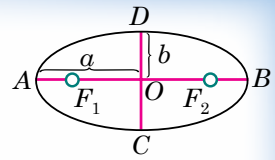
§ 7. LEGILE LUI KEPLER

Până la sfârșitul sec. al XVI-lea savanții nu puteau să calculeze poziția relativă a planetelor pe câțiva ani înainte, folosind teoriile existente atunci. Ei presupuneau că planetele se mișcă uniform, după orbite strict circulare, în jurul Soarelui. Legile cinematice ale mișcării planetelor au fost descoperite abia la începutul sec. al XVII-lea de către astronomul și matematicianul austriac **Johannes Kepler** (1571–1630).

El a determinat pentru prima oară că **planetele se rotesc pe elipse, unul dintre focare fiind Soarele**. Această legitate a primit denumirea de **prima lege a lui Kepler**.

Segmentul AB (imag. 1.25) se numește **axa mare**, iar segmentul CD – **axa mică** a elipsei. Segmentele $AO = OB = a$, $CO = OD = b$ se numesc semiaxele

mare și mică ale elipsei. Raportul $e = \frac{OF_1}{a} = \frac{OF_2}{a}$ se numește **excentricitate a elipsei**. Cu cât excentricita-



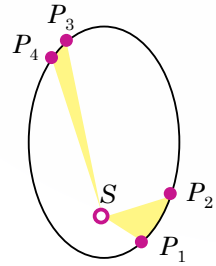
Imag. 1.25.
Elementele elipsei

tea elipsei e mai mare, cu atât mai mult își schimbă poziția focarele în raport cu centrul și mai mare va fi diferența între semiaxele mare și mică. Adică, excentricismul servește ca unitate de măsură pentru „turtitul” elipsei.

Pentru elipsă $0 < e < 1$. Menționăm faptul, că dacă $e = 0$, cercul poate fi privit ca tip aparte de elipsă ($b = a$). Să presupunem, că Soarele se află în focarul F_1 . Atunci, punctul A al orbitei planetei, cel mai aproape de Soare, se numește **periheliu**, iar punctul cel mai îndepărtat – **afeliu**. Denotăm $AF_1 = q$ (q – distanța perihelică), iar $BF_1 = Q$ (Q – distanța afelică).

Din imag. 1.25 reiese că $q + OF_1 = a$, $OF_1 = ae$, atunci $q = a - ae = a(1 - e)$, $Q = a(1 + e)$.

Excentricismul orbitei terestre este egal cu 0,017. Pământul se află în periheliu la începutul lui ianuarie, iar distanța perihelică fiind egală cu 147 mln km, iar în afeliu – la începutul lui iulie, distanța afelică fiind egală cu 152 mln km.



Imag. 1.26.
Explicarea legii a doua a lui Kepler

Studiind mișcarea lui Marte în spațiu, Kepler a observat că planeta se mișcă pe orbită neuniform – iarna mai repede decât vara. El a început să caute legitățile după care se produce schimbarea vitezei lui Marte și a lansat ipoteza că viteza trebuie să fie îndreptată proporțional cu distanța de la Marte până la Soare. Pentru periheliu și afeliu presupunerile au fost justificate. Atunci, Kepler a împărțit orbita lui Marte în 360 părți și a început să verifice ipoteza sa pentru diferite părți aparte. Observările și calculările au dovedit că în intervale de timp egale Marte parcurge plane egale ale sectoarelor orbitei.

Formularea acestei dependente este răspândită pentru toate planetele și e denumită **a doua lege a lui Kepler**. Ea constă în: raza-vectoare a planetei (linia ce unește centrul Soarelui cu centrul planetei) descrie plane egale în aceleași intervale de timp.

A doua lege a lui Kepler, sau legea planetelor, e descrisă în imag. 1.26. În timpul mișcării planetei (P) în jurul Soarelui (S) raza-vectoare a ei descrie figuri egale ca arie în aceleași intervale de timp – P_1SP_2 și P_3SP_4 . Așadar, viteza mișcării planetei pe orbită se schimbă, având valoare maximală în periheliu și minimală – în afeliu. Pământul are cea mai mare viteză în timpul iernii: $v_{max} = 30,38$ km/s. Cea mai mică viteză Pământul o are vara: $v_{min} = 29,36$ km/s. În iulie Pământul se mișcă mai lent, de aceea durata verii e mai mare în emisfera de Nord decât în cea de Sud, aceasta se explică prin faptul că temperatura medie anuală a emisferei de Nord a Pământului e mai înaltă decât în cea de Sud. Dacă Pământul s-ar fi rotit în jurul Soarelui cu o viteză constantă, atunci fiecare jumătate de an ar fi avut un număr egal de zile.

Comparând dimensiunile orbitelor și perioadele de rotație a planetelor în jurul Soarelui, Kepler a descoperit că pătratele perioadelor de rotație a planetelor sunt proporționale cu cuburile distanțelor lor medii de la Soare (sau, raportul $r^3 : T^2$ este același pentru toate planetele).

A treia lege a lui Kepler sună în felul următor: pătratul perioadei de revoluție a planetei este proporțional cu cubul semiaxe mari a orbitei:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

Descoperirile lui Copernic și ale discipolilor lui au dovedit că Pământul este o planetă ce se mișcă în jurul Soarelui, precum alte planete. De aceea, a apărut presupunerea că forța gravitației este specifică nu doar Pământului, ci și altor corpuri cerești. Asupra corpurilor materiale aflate lângă alte planete, Lună sau Soare, acționează forța gravitației îndreptată spre centrul lor, precum și pe Pământ. Așadar, datorită răspândirii proprietăților gravitației asupra altor corpuri cerești, a fost pusă întrebarea despre interacțiunea corpurilor.

În baza datelor cercetărilor, Newton a formulat trei legi de bază ale mișcărilor corpurilor (legea inerției, legea dinamicii corpului material, legea acțiunii și reacțiunii). Pe baza legii a treia a lui Kepler și a legii dinamicii, Newton a descoperit legea atracției universale: două corpuri punctiforme de masă se atrag reciproc printr-o forță direct proporțională cu produsul maselor corpurilor și invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele, orientată pe direcția drepte ce unește centrele de greutate ale celor două corpuri:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

unde m_1 și m_2 sunt masele a două corpuri ce se atrag unul spre altul; r este distanța dintre ele, $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ H} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ – constanta gravitațională.

Pe baza legii atracției universale și a legilor mecanicii, Newton a dovedit matematic că sub influența forței atracției (a puterii gravitaționale) corpul cu masa m se va mișca în raport cu corpul cu masa M pe una dintre curbe: elipsă, cerc, parabolă sau hiperbolă.

Astfel, Newton a precizat și a generalizat prima lege a lui Kepler: **sub influența atracției un corp ceresc se mișcă în câmpul gravitațional al altui corp ceresc pe una dintre secțiunile conice – elipsă, cerc, parabolă sau hiperbolă.**

34



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Formulați legile lui Kepler.
2. Pe ce orbite se pot mișca corpurile cerești sub influența forței gravitaționale?
3. Cum se schimbă valoarea vitezei în timpul mișcării planetei pe orbită de la periheliu până la afeliu?
4. Cum perioada de rotație a sateliților depinde de masa planetelor?

§ 8. DETERMINAREA DIMENSIUNILOR, MASELOR CORPURILOR CEREȘTI ȘI DISTANTELOR PÂNĂ LA ELE ÎN SISTEMUL SOLAR

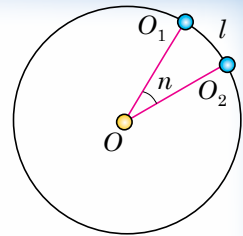
1. Determinarea dimensiunilor Pământului. Sfericitatea Pământului face posibilă determinarea dimensiunilor lui prin metoda pe care a folosit-o pentru prima dată savantul grec Eratostene, ideea căruia constă în următoarele: pe un meridian geografic al sferei cerești alegem două puncte O_1 și O_2 (imag. 1.27). Marcăm lungimea arcului meridianului O_1O_2 prin l , iar valoarea unghiulară prin n (în grade). Atunci, lungimea arcului l° a meridianului l va fi egală cu: $l_0 = \frac{l}{n}$, iar lungimea meridianului: $L = 360^\circ l_0 = \frac{360^\circ l}{n} = 2\pi R$ unde R – raza sferei terestre. De aici $R = \frac{180^\circ l}{\pi n}$.

Lungimea arcului meridianului în grade între punctele alese pe suprafața terestră O_1 și O_2 este egală cu diferența latitudinilor geografice ale acestor puncte, adică

$$n = \Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Pentru determinarea lui n Eratostene a folosit circumstanța că orașele Siena și Alexandria se află pe același meridian și distanța între ele e cunoscută. Cu

ajutorul unui aparat simplu, pe care savantul l-a numit scafis, s-a determinat: dacă în Siena în amiaza zilei solstițiului de vară Soarele iluminează fundul fântânilor adânci (se află în zenit), atunci, în același timp în Alexandria Soarele își schimbă poziția față de verticală cu $1/50$ parte a cercului ($7,2^\circ$). Așadar, determinând lungimea arcului l și unghiul n , Eratostene a calculat că lungimea cercului terestru este de 252 mii de stadii (un stadiu ≈ 180 m). Luând în considerație exactitatea instrumentelor de măsurare din acea perioadă și datele inițiale nesigure, rezultatul măsurărilor a fost destul de satisfăcător (lungimea medie adevărată a meridianului Pământului este de 40 008 km).



Imag. 1.27. Măsurarea razei Pământului

Măsurarea exactă a distanței l dintre punctele O_1 și O_2 (imag. 1.27) se complică din cauza obstacolelor naturale (munți, râuri, păduri etc.). De aceea, lungimea arcului l se determină prin calcule ce necesită măsurări ale unor distanțe relativ mici – baza și un număr de unghiuri. Această metodă, elaborată în geodezie, se numește **triangulație** (din lat. Triangulum – „triunghi”).

Această metodă se explică astfel: pe ambele părți ale arcului O_1 și O_2 , lungimea căruia trebuie determinată, se alege câteva puncte A, B, C, ... la distanțe de 50 km în așa fel, încât din orice punct să se vadă cel puțin două dintre celelalte.

În toate punctele se pun semnale geodezice în formă de turnuri piramidale (imag. 1.28, a) cu înălțimea de la 6 până la 55 m, în dependență de condițiile terenului. În vârful fiecărui turn este o mică suprafață pentru observator și instalarea unui instrument pentru măsurarea unghiurilor numit **teodolit** (imag. 1.28, b). Distanța dintre două oricare puncte vecine se alege pe o suprafață foarte dreaptă și se ia ca bază a rețelei triangulare. Lungimea bazei se măsoară sârguincios cu panglici speciale de măsurat.

Unghiurile măsurate în triunghiuri și lungimea bazei ne dau posibilitatea să aflăm, cu ajutorul calculelor trigonometrice, laturile triunghiului, iar după ele și lungimea arcului O_1O_2 , luând în considerare curbura ei.

O însemnătate mare pentru dezvoltarea geodeziei a avut-o propunerea savantului olandez Snellius (1580–1626) de a folosi triangulația ca metodă de transmitere a coordonatelor. În anii 1615–1617 Snellius a efectuat în Olanda măsurarea gradată pe arcul meridianului, ce se compune din 33 de triunghiuri și are o întindere de circa 130 km.

Din 1816 până în 1855, sub conducerea astronomului și geodezistului Vasile Struve (1793–1864), a fost măsurat arcul meridianului cu lungimea de 2800 km. În anii 30 ai sec al XX-lea au fost efectuate măsurări gradate foarte exacte sub conducerea profesorului Feodosi Krasovski (1871–1948). Lungimea bazei în acel timp se alegea nu prea mare: de la 6 până la 10 km. Mai târziu, datorită utilizării radiolocației, lungimea bazei a fost mărită până la 30 km. Exactitatea măsurării arcului meridianului a crescut până la ± 2 mm pentru fiecare 10 km de lungime.

Măsurările triangulare au demonstrat că lungimea arcului de 1° a meridianului nu e aceeași pe diferite latitudini: lângă ecuator ea este de 110,6 km, iar la poli – 111,7 km, adică crește înspre poli.

Forma adevărată a Pământului nu se poate reda prin nici o figură geometrică cunoscută. De aceea, în geodezie și gravimetrie forma Pământului se numește geoid, adică



Imag. 1.28. Turn triangular și teodolit

forma teoretică a Pământului, redusă la nivelul oceanelor prelungită și sub continente.

În prezent sunt inventate rețele triangulare cu instrumente electronice radiolocative, instalate pe diferite puncte de observare, cu reflectoare pe sateliții artificiali geodezici ai Pământului, ce ne servesc la măsurarea distanței dintre puncte. Această direcție e cea mai răspândită în geodezie. Ea este accesibilă prin rețeaua Internet. Receptoarele de pe sateliți se utilizează în prezent în diferite instituții geodezice din Ucraina, pentru restabilirea rețelelor geodezice, a fotografierii aeriene, a înregistrărilor topografice și cadastrice și pentru alte tipuri de acțiuni.

2. Determinarea distanțelor prin metoda paralaxei orizontale.

Distanța medie de la toate planetele până la Soare se poate calcula în unități astronomice folosind legea a treia a lui Kepler. Determinând distanța medie de la Pământ până la Soare (adică valoarea 1 UA) în kilometri, putem afla în aceste unități distanțele până la toate planetele din sistemul Solar.

Începând cu anii 40 ai sec. al XX-lea, radiotehnica ne-a dat posibilitatea să determinăm distanțele până la corpurile cerești cu ajutorul radiolocației, despre care ați aflat din cursul de fizică. Metodă clasică de determinare a distanțelor a fost și rămâne măsurarea geometrică a unghiurilor. Prin ea se determină și distanțele până la stelele îndepărtate, pentru care metoda radiolocației nu se poate aplica. Metoda geometrică se bazează pe fenomenul deplasării paralactice.

Deplasarea imaginară a astrului, condiționată de schimbarea poziției observatorului, se numește **deplasare paralactică** sau **paralaxa astrului**.

36 Determinarea distanțelor până la corpurile sistemului Solar se bazează pe măsurările paralaxelor lor orizontale.

Unghiul p sub care se vede de pe un astru raza Pământului perpendiculară pe raza vizuală se numește paralaxă orizontală (imag. 1.29).

Cu cât e mai mare distanța până la astru, cu atât e mai mic unghiul p .

Cunoscând paralaxa orizontală a astrului, se poate determina distanța lui

$D = SO$ din centrul Pământului. Distanța până la astru $D = \frac{R_p}{\sin p}$, unde R_p este

raza Pământului. Considerând R_p ca unitate, se poate exprima distanța până la astru în raze terestre.

De exemplu, paralaxa Soarelui $p_\odot = 8,794''$. Paralaxei Soarelui îi corespunde distanța medie de la Pământ până la Soare, aproximativ 149,6 mln km. Această distanță e considerată ca o unitate astronomică (1 UA). În unități astronomice e ușor de măsurat distanțele dintre corpurile sistemului Solar.

La unghiurile mici $\sin p \approx p$, dacă unghiul p e exprimat în radiani.

Dacă unghiul p e exprimat prin secunde de arc, atunci se introduce factorul

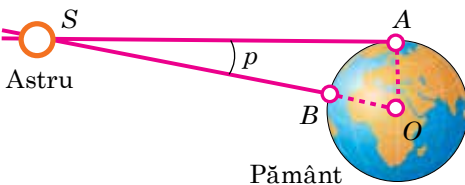
$\sin 1'' = \frac{1}{206265}$, unde 206 265 este numărul de secunde într-un radian. Atunci,

$\sin p'' = p'' \sin 1'' = \frac{p''}{206265}$ și $D = \frac{206265''}{p''} R_p$. Această ecuație simplifică con-

derabil calcularea distanței D până la astru după paralaxa cunoscută p .

3. Metoda radiolocativă.

Pentru determinarea distanțelor până la corpurile sistemului Solar se folosesc cele mai precise metode de măsurare – măsurările radiolocative. Măsurând timpul t , necesar pentru ca impulsul radiolocativ să ajungă până la corpul



Imag. 1.29. Paralaxa orizontală a astrului

ceresc, să se reflecte și să se întoarcă pe Pământ, se determină distanța D până la acest corp după formula

$$D = c \frac{t}{2},$$

unde c – viteza luminii, este egală cu $3 \cdot 10^8$ m/s (adică 299 792 458 m/s).

Datorită radiolocației au fost determinate cele mai exacte valori ale distanțelor până la corpurile sistemului Solar. S-au precizat distanțele între continentele Pământului, s-a determinat mai exact unitatea astronomică ($1 \text{ UA} = 149\,597\,870 \text{ km}$).

Metodele locației cu laser (de exemplu reflectoare unghiulare speciale, aduse pe Lună) au dat posibilitatea de a măsura distanța de la Pământ până la Lună cu o exactitate până la câțiva centimetri.

4. Determinarea dimensiunilor corpurilor sistemului Solar. În timpul observărilor asupra corpurilor cerești ale sistemului Solar se poate măsura unghiul sub care ele pot fi văzute de observator de pe Pământ. Cunoscând raza unghiulară a astrului ρ (imag. 1.30) și distanța D până la astru, se poate calcula raza liniară R a acestui astru după formula: $R = D \sin \rho$.

Conform valorilor paralaxei orizontale, raza Pământului R_3 se vede de pe astru sub unghiul p , și atunci obținem

$$R = \frac{\sin \rho}{\sin p} R_p.$$

Deoarece valorile unghiurilor ρ și p sunt mici, obținem rezultatul:

$$R = \frac{\rho''}{p''} R_p.$$

Determinarea dimensiunilor corpurilor cerești prin această metodă este posibilă doar atunci, când se văd discurile lor.

5. Determinarea masei Pământului. Una dintre caracteristicile principale ale corpului ceresc este masa lui. Legea atracției universale dă posibilitatea de a determina masa corpurilor cerești, inclusiv și masa Pământului.

Asupra corpului cu masa m , care se află în apropierea suprafeței Pământului, acționează forța de gravitației $F = mg$, unde g este accelerația căderii libere.

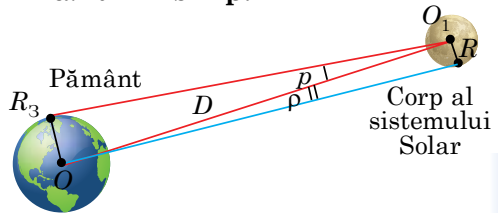
Dacă corpul se mișcă doar sub acțiunea gravitației, atunci, folosind legea atracției universale, accelerația căderii libere va fi egală cu: $g = G \frac{M}{R^2}$ și va fi

îndreptată spre centrul Pământului. Așadar, știind că $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, iar $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ H} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ și raza Pământului $R_3 = 6370 \text{ km}$, se poate determina după formula $M = \frac{gR^2}{G}$ masa Pământului: $M = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

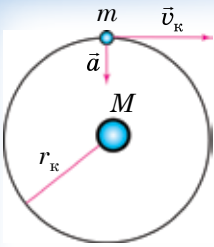
Densitatea medie a Pământului poate fi determinată dacă se știe masa lui și volumul. Densitatea medie va fi egală cu $5,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. Însă, densitatea Pământului nu-i o valoare constantă – spre adâncuri ea crește.

6. Determinarea maselor corpurilor cerești. Masele corpurilor cerești pot fi determinate prin diferite metode: 1. Prin măsurarea forței de gravitației la suprafața corpului ceresc (metoda gravimetrică). 2. După legea a treia generalizată a lui Kepler.

Pentru Pământ, prima metodă am dezvoltat-o mai sus. Înainte de a examina metoda a doua, verificăm îndeplinirea legii a treia a lui Kepler în cazul rotației circulare a planetei cu viteza u_k .



Imag. 1.30. Determinarea dimensiunilor liniare ale corpurilor sistemului Solar



Imag. 1.31.
Mișcarea oscilativă
a corpurilor

Să presupunem că corpul cu masa m se mișcă cu viteza liniară v_k în jurul corpului M ($m \ll M$) cu raza r_k (imag, 1.31). Aceasta se poate întâmpla sub acțiunea crea-

tă de accelerarea centripetă $a = \frac{v_k^2}{r_k}$.

Puterea ce creează accelerarea este forța gravitației, ce este egală cu $\frac{GMm}{r_k^2}$. Comparând $\frac{v_k^2}{r_k}$ cu accelerarea $\frac{GM}{r_k^2}$,

creată de gravitație, obținem $v_k^2 = \frac{GM}{r_k}$. Dacă perioada de rotație a corpului m în jurul corpului M determină timpul

T , atunci viteza liniară a acestui corp pe orbită e egală cu $v_k = \frac{2\pi r_k}{T}$. Substituind ultima ecuație în cea precedentă, obținem: $\left(\frac{2\pi r_k}{T}\right)^2 = \frac{GM}{r_k}$, sau $\frac{r_k^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$.

Această comparație se confirmă și pentru mișcarea eliptică, dacă în locul razei cercului r_k de pus valoarea semiaxei mari a a orbitei eliptice. În acest caz obținem raportul: $\frac{a^3}{T^2 M} = \frac{G}{4\pi^2}$, care poate fi formulat în felul următor: **raportul**

dintre cubul semiaxei mari a orbitei corpului cu pătratul perioadei de rotație a lui și a masei corpului central e dimensiune constantă.

38

Dacă masa m a corpului mai mic nu poate fi neglijată, în comparație cu masa M a corpului central, atunci, conform legii a treia a lui Kepler, în viziunea lui Newton, în locul masei M se pune suma maselor ($M + m$) și ultima corelație se scie în felul următor: $\frac{a^3}{T^2 (M + m)} = \frac{G}{4\pi^2}$.

Generalizând această egalitate pentru două corpuri cu masele M_1 și M_2 , obținem:

$$\frac{T_1^2 (M_1 + m_1)}{T_2^2 (M_2 + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

adică pătratele perioadelor siderice ale seteliților (T_1^2 și T_2^2) înmulțite la suma maselor corpului principal și a satelitului ($M_1 + m_1$ și $M_2 + m_2$), se referă la cuburile semiaxelor mari ale orbitelor sateliților (a_1^3 și a_2^3).

În baza legii a treia a lui Kepler, revăzută de Newton, pot fi determinate masele planetelor ce au sateliți prin metoda a doua. Tot așa se poate determina masa Soarelui. De asemenea, legea a treia a lui Kepler poate fi folosită la determinarea maselor stelelor duble.

Masele planetelor ce n-au sateliți pot fi determinate după perturbațiile ce se nasc în mișcările Pământului, Marte, asteroizilor, cometelor și, de asemenea, după perturbațiile lor reciproce.



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Cum a determinat savantul grec Eratostene dimensiunile Pământului?
2. Enumerați metodele de determinare a distanțelor până la corpurile sistemului Solar ce le cunoașteți.
3. Cum se determină lungimea arcului meridianului după metoda triangulară?
4. Ce este paralaxa orizontală? Cum se poate determina distanța până la astru, știind paralaxa lui orizontală?

5. Ce este unitatea astronomică?
6. În ce constă metoda radiolocativă de determinare a distanțelor până la corpurile cerești?
7. Cum a generalizat Newton legile lui Kepler?
8. Cum perioada de rotație a sateliților depinde de masa planetelor? Cum se poate calcula masa Pământului, a Soarelui?



LECȚIE PRACTICĂ NR. 1

Lucrul cu harta mobilă a cerului înstelat. Determinarea poziției aștrilor pe sfera cerească cu ajutorul hărții cerului înstelat

Scopul lucrării: de însușit harta cerului înstelat, de învățat să o folosim la determinarea pozițiilor pe cer, în dependență de dată și timp, de determinat momentele timpului de răsărit și apus a aștrilor.

Echipament: harta mobilă a cerului înstelat, calendarul astronomic școlar.

Informații teoretice

Cel mai simplu instrument astronomic, care ne ajută să urmărim schimbarea pozițiilor aștrilor în raport cu meridianul și orizontul ceresc, este harta mobilă a cerului înstelat (HMCÎ). Cu ajutorul ei se poate rezolva (deși cu aproximație) foarte repede și fără calculări teoretice multe sarcini ale astronomiei practice.

Modelul hărții mobile a cerului înstelat

Harta mobilă se compune din harta stelară și un cerc mobil instalat pe ea (imag. 1.32).

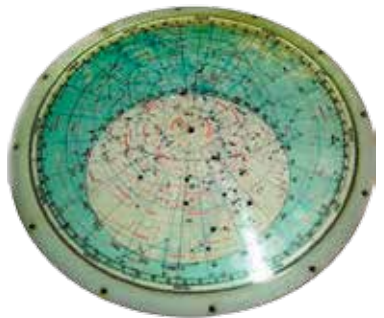
Paralelele diurne ale HMCÎ sunt redată în formă de cercuri concentrice, iar cercurile declinațiilor – în formă de raze ce ies din polul Nord al lumii, situat în centrul hărții. Așadar, se formează o plasă de coordonate ecuatoriale (α , δ). Declinațiile aștrilor se numără de-a lungul razelor de la marginea hărții înspre centrul ei (de la -45° până la 90°). Ascensiile drepte sunt puse aproape de marginile hărții (de la 0 până la 24^h). Pe marginea hărții e dată scara datelor calendaristice (limbul datelor).

Paralela diurnă cu declinația egală cu zero servește pe hartă ca ecuator ceresc. Zona hărții din mijlocul ecuatorului ceresc este emisfera cerească nordică.

Ovalul excentric ce se intersectează cu ecuatorul ceresc în două puncte diametral opuse (vernal: $\alpha = 0^h$ și autumnal: $\alpha = 12^h$) redă ecliptica (pe harta mobilă se redă, de obicei, prin culoare roșie). Dacă de trasat din polul lumii o dreaptă pe o zi sau alta din scara datelor calendaristice, atunci punctul de intersecție al acestei drepte cu ecliptica va arăta poziția Soarelui pe sfera cerească în acea zi.

Cercul suprapus pe harta cerului înstelat ne ajută să evidențiem acea parte a bolții, care poate fi observată într-un anumit loc pe Pământ, într-un anumit timp. Cu excepția ovalului, acest cerc se vopsește în culoare albastră semitransparentă. Constelațiile situate în mijlocul ovalului, în anumit timp al unei zile anume, se vor afla deasupra orizontului, celelalte – sub orizont (observările asupra lor într-un anumit timp din punctul dat al Pământului sunt imposibile).

Calcularea timpului se produce după scara orară, înscrisă pe marginea cercului instalat și e gradată în ore de la 0 până la 24^h . Ea ne ajută să calculăm timpul mediu local cu o exactitate de până la 5 minute.



Imag. 1.32. Harta mobilă a cerului înstelat

Conturul ovalului redă orizontul matematic sau adevărat. Pe acest contur e situată scara azimutelor (în grade de la 0 până la 360°), după care se poate analiza cu aproximație valoarea azimutelor astrilor. Pe scara azimutelor sunt indicate punctele de bază ale orizontului: **sud S** ($A = 0^\circ$), **west W** ($A = 90^\circ$), **nord N** ($A = 180^\circ$) și **est E** ($A = 270^\circ$).

Dreapta ce trece prin punctele sud și nord redă meridianul ceresc. Aștrii ce se intersectează cu meridianul ceresc se află în culminație în acel moment de timp. În culminația superioară se găsesc acei aștri, care se află pe meridianul ceresc între polul Nord al lumii și punctul sud. Constelațiile care răsar deasupra orizontului, se află în partea de sud a orizontului adevărat (în apropierea orizontului matematic din punctul nord, prin punctul est spre punctul sud). Iar constelațiile ce în acest timp apun, trebuiesc căutate în apropierea părții de vest a orizontului adevărat.

Poziția zenitului pe cercul suprapus se determină prin punctul de intersecție a meridianului ceresc și paralela diurnă ce are declinația egală cu longitudinea geografică a locului de observare.

Ordinea îndeplinirii lucrării *Sarcina 1*

1. Fixați cercul suprapus în poziția ce corespunde momentului îndeplinirii lucrării.

2. Determinați care constelații și stele strălucitoare răsar, apun, se află în culminațiile superioară și inferioară, care dintre ele se văd în întregime și care – parțial. Folosind atlasul stelar, aflați cum se numesc cele mai strălucitoare stele ce se văd pe cer în acel timp.

3. Determinați pentru data indicată mai jos:

Varian- ta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Data	22.01	22.02	22.03	22.04	22.05	22.12	22.11	22.10	22.09	22.08

1) în care constelație se află Soarele; 2) timpul răsăritului și apusului Soarelui; 3) durata zilei.

Sarcina 2

1. Determinați înfățișarea cerului înstelat în data zilei voastre de naștere.

2. Determinați poziția Soarelui în ziua voastră de naștere (constelația și coordonatele).

3. Determinați timpul apusului și răsăritului Soarelui în ziua voastră de naștere, precum și durata zilei.

4. Determinați coordonatele stelelor (după variante):

Varian- ta	1	2	3	4
Steaua	α Vulturului (Altair)	α Fecioarei (Spica)	α Leului (Regulus)	α Lirei (Vega)

5. Determinați, în ce perioadă de timp steaua răsare și apune în ziua voastră de naștere.

Întrebări de control la lucrare

1. Din câte părți se compune harta mobilă a cerului înstelat? Descrieți structura hărții principale.

2. Descrieți din ce se compune cercul suprapus al hărții mobile a cerului înstelat.

3. Cum se poate determina, folosind harta mobilă a cerului înstelat α și δ , a astrului??

4. Cum se pot determina momentele de răsărit și asfințit ale astrului într-o anumită dată, folosind harta mobilă a cerului înstelat?

5. Care dintre 88 de constelații e cea mai mare? Cea mai mică? Cea mai lungă? Care constelație, situată pe ecuatorul ceresc, împarte în două părți inegale altă constelație?



REZOLVĂM ÎMPREUNĂ

Problema 1. Pentru ce și când au fost introduse punctele și liniile sferei cerești?

Răspuns. Punctele și liniile sferei cerești au fost introduse de savanții antici greci – Fales din Mylasia (sec. VII–VI î.e.n.), Euclide (sec. III î.e.n.) ș.a. Ele au fost necesare pentru întocmirea coordonatelor astronomice sferice și pentru măsurările goniometrice.

Problema 2. Într-o seară, un elev urmărea culminația superioară a unei stele situată la înălțimea de $66^\circ 30'$ în direcția spre nord de la zenit, iar înălțimea acestei stele observată în culminația inferioară era de $35^\circ 42'$. Găsiți latitudinea geografică a locului de observare și declinația stelei.

Rezolvare. Înălțimea stelei deasupra orizontului pentru culminația superioară ce are loc la nord de zenit, $h_s = 90^\circ + \varphi - \delta$, unde φ – latitudinea geografică a locului de observare, δ – declinația stelei. Pentru culminația inferioară: $h_i = \delta + \varphi - 90^\circ$. Adăugând și scăzând aceste egalități, aflăm:

$$h_s + h_i = 2\varphi, \quad h_s - h_i = 180^\circ - 2\delta.$$

De unde aflăm latitudinea locului de observare:

$$\varphi = \frac{h_s - h_i}{2} = \frac{66^\circ 30' + 35^\circ 42'}{2} = 51^\circ 06'$$

și declinația stelei:

$$\delta = \frac{180^\circ - (h_s - h_i)}{2} = \frac{180^\circ - (66^\circ 30' - 35^\circ 42')}{2} = 74^\circ 36'.$$

Problema 3. Pentru determinarea poziției corpului în spațiu sunt necesare trei coordonate. În cataloagele astronomice sunt date deseori doar două coordonate: ascensia dreaptă și declinația. De ce?

Răspuns. A treia coordonată în sistemul sferic de coordonate este modulul raza-vectoare – distanța până la obiectul r . Această coordonată se determină datorită unor observări mai complicate decât α și δ . În cataloage echivalente ei este paralaxa anuală, de unde $r = 1/\pi$ (pc). Pentru sarcinile astronomice sferice e suficient să cunoaștem două coordonate α și δ sau perechi de coordonate alternative: ecliptice – λ , β sau galactice – l , b .

Problema 4. Calculați perioada de rotație a lui Neptun în jurul Soarelui, știind că distanța lui medie până la Soare e 30 UA.

Rezolvare. Scriem legea a treia a lui Kepler: $\frac{T_N^2}{T_S^2} = \frac{a_N^3}{a_S^3}$, unde T_N este perioada siderică a lui Neptun; a – distanța medie până la Soare (semiaxa mare a orbitei); T_S – perioada siderică a Soarelui; a_S – semiaxa mare a orbitei terestre (1 UA).

$$T_N = \sqrt{\frac{T_S^3 a_N^3}{a_S^3}} = T_S \sqrt{\frac{a_N^3}{a_S^3}}; \quad T_N = 1 \sqrt{\frac{30^3}{1^3}} \text{ ani.}$$

Problema 5. La 21 martie centrul Soarelui trece prin meridian aproape concomitent cu punctul vernal, iar apoi aceste două puncte se despart pe sfera cerească. De ce? Care dintre aceste puncte se mișcă mai repede? (Este vorba de mișcarea diurnă).

Răspuns. Ele se despart din cauză că: 1) punctul vernal efectuează doar mișcare diurnă, iar Soarele în afară de cea diurnă are și mișcare proprie; 2) punctul vernal se află pe ecuator, iar Soarele – pe eliptică. Soarele parcurge în 24 ore o distanță mai mică decât punctul vernal, deci se mișcă mai lent cu aproximativ 1° în 24 ore.

Problema 6. În punctul situat la 41° longitudine estică, fusul orar este de 6 ore 40 minute. Aflați timpul local în punctul aflat la 86° longitudine estică în acest moment.

Rezolvare. Diferența dintre timpurile locale este egală cu diferența longitudinilor: $T_{1M} - T_{2M} = \lambda_1 - \lambda_2$. Diferența dintre timpul local și fusul orar este: $T_{1M} - T_{1H} = \lambda_1 - n_1$, unde n_1 este numărul fusului. Dintre aceste două comparații $T_{2M} = T_{1H} + \lambda_2 - n_1$. Având în vedere că $\lambda_1 = 41^\circ$ aparține la al treilea fus $T_{2M} = T_{1H} + \lambda_2 - n_1$, și că $1 \text{ oră} = 15^\circ$, obținem că $\lambda_2 = 86^\circ = 5 \text{ ore } 44 \text{ min}$ și $T_{2M} = 6 \text{ ore } 40 \text{ min} + 5 \text{ ore } 44 \text{ min} - 3 \text{ ore} = 9 \text{ ore } 24 \text{ min}$.

Problema 7. De ce, oare, calendarul iulian cu durata anului mai mare decât durata lui reală, totuși rămâne în urmă de natură? Aceasta ne amintește de faptul cum un călător cu lungimea pasului mai mare rămâne în urmă de celălalt. Explicați această neconcordanță.

Răspuns. Cu cât orice măsură e mai mare, cu atât mai puține ori ea poate fi introdusă în dimensiunea măsurată. Astfel, folosind calendarul iulian, noi obținem mai puțini ani și părți ale lui decât dacă folosim anul tropic. Dacă vom folosi pentru calendar un an mai scurt decât cel tropic, se va întâmpla invers - vom fi înaintea.



SARCINI ȘI EXERCIȚII

1.1. Cum se poate găsi polul Nord al lumii cu ajutorul constelației Ursa Mare? Redați răspunsul printr-un desen.

1.2. Cum s-ar fi schimbat harta cerului înstelat, dacă asociația astronomică Internațională ar fi hotărât să păstreze 44 constelații, nu 88?

1.3. Care stea e mai strălucitoare: din magnitudinea stelară 1, sau din magnitudinea stelară 6?

1.4. Magnitudinea stelară aparentă a stelei este 0^m . Explicați, care ar fi fost magnitudinea stelară aparentă: progradă sau retrogradă, dacă distanța până la stea ar fi mai mare.

1.5. Transcrieți din catalogul stelar câte cinci aștri, care pe latitudinea voastră: nu apun niciodată, răsar și apun, nu răsar niciodată.

1.6. Determinați declinația stelelor accesibile pentru observări pe latitudinea localității voastre.

1.7. Se poate, oare, folosi harta cerului înstelat terestru pe suprafața altor planete ale sistemului Solar? În timpul zborurilor interplanetare? Pe planetele ce se rotesc în jurul altor stele?

1.8. Folosind harta stelară, determinați de cât timp are nevoie constelația Orion să treacă meridianul ceresc.

1.9. În care zi Soarele răsare la est și apune la vest?

1.10. Conform unei vechi tradiții, în Ucraina se sărbătorește așa numitul An Nou Vechi – 14 ianuarie. De unde s-a luat această tradiție?

1.11. Explicați printr-un desen fenomenul mișcării aparente în formă de buclă a planetelor.

1.12. În care dintre configurații se poate observa planeta Marte cel mai bine? Exprimați răspunsul printr-un desen.

1.13. Planeta se vede la distanța unghiulară de 55° de la Soare. Ce fel de planetă este ea – superioară sau inferioară?

1.14. Peste care intervale de timp se repetă opoziția lui Marte, dacă perioada lui sidereală de rotație în jurul Soarelui este de 1,88 an?

1.15. Determinați perioada siderală de rotație a planetei Venus în jurul Soarelui, dacă pozițiile se repetă peste 1,6 an.

1.16. De ce Luna se vede bine în timpul eclipsei totale de Lună, iar Soarele nu se vede în timpul eclipsei totală de Soare?

1.17. Când Luna e mai aproape de Soare: în timpul eclipsei de Soare sau de Lună? Răspunsul exprimați-l printr-un desen.

1.18. Explicați printr-un desen de ce Luna în faza primului pătrar se vede de cu seară.

1.19. Cum se poate orienta un astronaut pe Lună, dacă noi ne orientăm pe Pământ cu ajutorul busolei?

1.20. Este mai mică sau mai mare dimensiunea umbrei circulare a Lunii pe suprafața terestră în timpul eclipsei de Soare decât diametrul Lunii? Explicați răspunsul.

1.21. Enumerați metodele de determinare a distanțelor până la corpurile sistemului Solar care le cunoașteți.

1.22. Radiosemnalul trimis înspre Marte s-a întors pe Pământ peste 522,6 s. La ce distanță de Pământ se afla în acel moment Marte?

1.23. Care parametri trebuiesc măsurați pentru a calcula de câte ori Soarele e mai mare decât Luna?

1.24. Paralaxa orizontală a planetei este egală cu 0,3". Determinați distanța până la ea în unități astronomice.

1.25. Determinați raza unghiulară a lui Marte în opoziție, dacă raza ei liniară este 3398 km, iar paralaxa orizontală – 18".

1.26. Explicați, dacă nu-i contradictorie legii a treia a lui Kepler mișcarea circulară a corpurilor în jurul Soarelui.

1.27. Care dintre legi determină schimbarea vitezei mișcării corpului pe orbita eliptică la diferite distanțe de Soare?

1.28. Cu ajutorul cărei legi și cum se poate dovedi că perioada de rotație a lui Venus în jurul Soarelui e mai mică decât perioada de rotație a lui Marte?

1.29. Oare e aproape planeta Mercur de Soare, dacă semi-axa mare a orbitei lui e 58,34 mln km, iar excentricitatea 0,206?

1.30. Două corpuri cu mase diferite se rotesc în jurul Soarelui pe orbite cu semi-axe mari asemănătoare după valori. Perioada de rotație a cărui corp e mai mare? Sau poate aceste perioade sunt la fel?

1.31*. Calculați, cum s-ar fi schimbat perioada de rotație a Pământului în jurul Soarelui, dacă masa Pământului ar fi fost de două ori mai mare decât acum, iar distanța medie de la Soare – aceeași.



VERIFICĂ-ȚI COMPETENȚA

Întrebări de control

1. Ce este constelația?
2. În ce număr de constelații e împărțită sfera cerească?
3. Cum au primit constelațiile denumirile sale?
4. Care este diferența dintre sistemele geocentric și heliocentric ale lumii?
5. De ce în astronomie se folosesc diferite sisteme de coordonate? În ce constă diferența principală dintre diferite sisteme de coordonate cerești?
6. Cum se numesc punctele de intersecție a sferei cerești cu axa rotației Pământului, prelungită în spațiu?

Ce știu și pot să fac

● Eu știu să rezolv exerciții

1. Câte (aproximativ) constelații de pe sfera cerească se află deasupra orizontului ziua?
2. Denumirile căror instrumente, aparate și mecanisme astronomice pot fi văzute pe harta cerului înstelat în formă de constelații?

3. Dintr-un punct de observare cea mai mică înălțime a stelei este 0° , iar cel mai mare – 50° . Pe care latitudine e situat acest punct și care este declinația stelei?

● **Eu pot efectua observări astronomice**

4. Efectuați observări asupra răsăritului sau apusului Soarelui în ziua echinocțiului – 23 septembrie sau 21 martie. În aceste zile Soarele răsare în punctul de est și apune în punctul de vest. Desenați pozițiile acestor puncte în raport cu casa voastră.

● **Eu știu să mă folosesc de calendarul astronomic**

5. Folosind calendarul astronomic, determinați care planetă din sistemul Solar se află cel mai aproape de Pământ în ziua voastră de naștere. În ce constelație poate fi văzută ea în această noapte?

6. Folosind calendarul astronomic, găsiți pe cer planetele Jupiter și Saturn și determinați în ce constelație se află aceste planete.



TESTE

1. Care corp e situat în centrul sistemului geocentric?

A Soarele B Jupiter C Saturn D Pământul E Venus

2. Care planetă a fost descoperită de Nicolaus Copernic?

A Marte B Saturn C Uranus D Pământul E Jupiter

3. Cum se traduce din limba greacă cuvântul „planetă”?

A stea mătoasă C stea rătăcitoare E corp rece
B stea cu coadă D nebuloasă

4. Polul Nord al lumii se află ...

A în Arctica B în constelația Orion
C în Antarctica D în constelația Ursa Mare
E în apropierea stelei Polare

5. Momentul când astrul se află cel mai sus deasupra orizontului se numește ...

A ascensie dreaptă B culminație superioară
C culminație inferioară D cultivație superioară
E cultivație inferioară

6. Tropice - latitudine geografică, unde ...

A cresc palmieri
B Soarele nu apune niciodată
C în timpul solstițiului Soarele culminează în zenit
D în timpul echinocțiului Soarele culminează în zenit
E niciodată nu plouă

7. Cercul Polar – latitudine geografică, unde ...

A anul întreg nu se topește zăpada
B trăiesc urșii polari
C jumătate de an e noapte, jumătate – ziua
D în timpul echinocțiului Soarele culminează în zenit
E în ziua solstițiului de iarnă Soarele nu răsare

8. Care este unghiul dintre planele ecuatorului și al eclipticii?

A 0° B $23,5^\circ$ C 45° D $66,5^\circ$ E 90°

9. Cum se numește punctul orbitei în care planeta se află cel mai aproape de Soare?

A periheliu B perigeu C apogeu D afeliu E apex

Capitolul 2

METODELE ȘI MIJLOACELE CERCETĂRILOȘ ASTRONOMICE

Studiind materialul acestui capitol, veți lua cunoștințe despre structura și misiunea telescoapelor, veți afla despre diapazoanele spectrului electromagnetic, despre receptoare de radiații, despre cele mai cunoscute detectoare de unde neutrino și gravitaționale, despre cele mai renumite observatoare astronomice din lume și din Ucraina. Veți învăța să explicați influența atmosferei asupra observărilor astronomice, principiul acțiunii telescopului optic, diferența dintre telescoapele optice și cele radio, particularitățile înregistrării radiațiilor corpurilor cerești.

§ 9. STUDIAREA RADIAȚIEI ELECTROMAGNETICE A CORPURILOȘ CEREȘTI

45

1. Radiația corpurilor cerești. În procesul de studiere a corpurilor cerești o mare importanță se acordă radiațiilor lor electromagnetice. În dependență de starea lor fizică, corpurile cerești iradiază unde electromagnetice de diferită frecvență.

În vid, undele magnetice se răspândesc întotdeauna cu aceeași viteză pentru toate tipurile de radiații: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

O proprietate importantă a radiației electromagnetice este că viteza răspândirii ei nu depinde de lungimea undelor, de viteza mișcării sursei. Undele se caracterizează prin frecvența ν și lungimea λ , între care există dependența: $c = \nu\lambda$. Undele electromagnetice care au diferită lungime de undă, ineraționează cu substanța diferit. Prin urmare, diferite sunt și metodele de studiere a radiației electromagnetice. În legătură cu aceasta, radiația electromagnetică se împarte convențional în câteva game (tabelul 2.1).

Tabelul 2.1

Gamele radiației electromagnetice

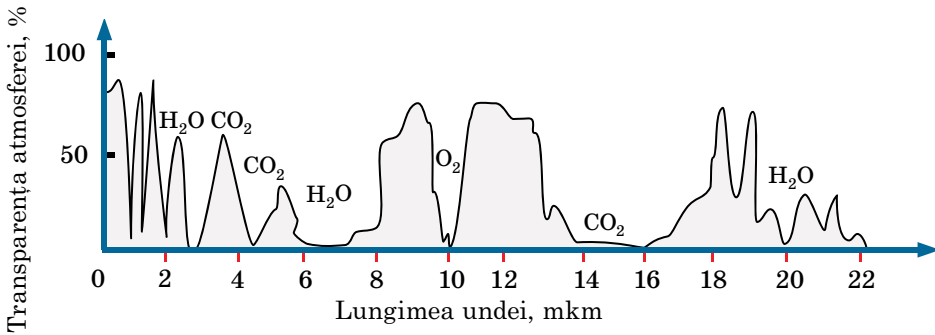
Game	Lungimea de undă, λ
Radiații radio	mai mult de 1 mm
Radiații infraroșii	de la 760 nm până la 1 mm
Radiații luminoase	de la 390 până la 760 nm
Radiații ultraviolete	de la 10 până la 390 nm
Radiații X (Röntgen)	de la 0,01 până la 10 nm
Radiații γ (gamma)	mai puțin de 0,01 nm

Radiația cu lungimea de undă de la 390 până la 760 nm e percepută de ochiul omului ca lumină. Fiecărei lungimi de undă îi corespunde o anumită culoare (de la violet până la roșu).

Pentru identificarea radiației în alte diapazoane, sunt necesare dispozitive speciale. În dependență de starea lor fizică, unele corpuri cerești iradiază energie în intervale mici de frecvență a spectrului undelor electromagnetice (de exemplu, nebuloasele gazoase de emisie), altele – în înreg diapazonul lor: de la radiații gamma până la radiații radio inclusiv (de exemplu, stelele). Studiarea naturii fizice a corpurilor cerești în gama largă a radiației electromagnetice a dus la apariția în știință a următoarelor capitole: γ -astronomie, X-astronomie, astronomia infraroșie, radioastronomie etc.

Studierea undelor electromagnetice, iradiate de corpurile cerești, se complică prin faptul că atmosfera Pământului permite pătrunderea radiației doar în anumite diapazoane ale lungimilor de unde: de la 300 până la 1000 nm, de la 1 cm până la 20 m și în câteva puncte ale diapazonului infraroșu. Radiațiile ce ajung pe suprafața Pământului sunt studiate cu ajutorul telescoapelor optice (radiații luminoase) și a telescoapelor radio.

Oxigenul, ozonul, dioxidul de carbon și vaporii de apă – patru componente ale atmosferei care cauzează absorbirea radiațiilor. Această absorbție depinde de lungimea unei radiații electromagnetice. În imag. 2.1 e reprezentată curba transparenței atmosferei în diapazonul $\lambda = 0-22$ mkm, de unde reiese că aproape jumătate din gama spectrală nu poate fi studiată, deoarece radiația corespunzătoare nu poate trece prin atmosferă.



Imag. 2.1. Curba transparenței atmosferei în diapazonul lungimilor de unde de la 0 până la 22 mkm

Atmosfera absoarbe cel mai mult partea cu unde scurte a diapazonului radiației electromagnetice: radiații ultraviolete, Röntgen (X) și γ . Observările în aceste diapazoane sunt posibile doar cu ajutorul unor dispozitive ridicate la o înălțime mare (pe avioane etc.) sau pe stațiuni-laboratoare și complexe spațiale, pe sateliții artificiali ai Pământului, pe observatoare orbitale.

2. Receptoare de radiații. Radiațiile acumulate de obiectivul telescopului sunt înregistrate și analizate de receptoare speciale. Pe parcursul a două secole și jumătate, de la începutul erei telescopice, unicul receptor de radiații a fost ochiul omului. Însă, acest receptor de radiații nu numai că este puțin sensibil, dar și foarte subiectiv.

Din mijlocul sec. al XIX-lea astronomii au început să folosească pe larg metodele fotografice. Materialele fotografice (plăci fotografice, pelicule) au multe avantaje în comparație cu ochiul omenesc. Emulsia foto are capacitatea să acumuleze energia ce cade pe ea, adică, mărind rezistența pe negativ, se poate acumula mai multă lumină.

Fotografia ne ajută să documentăm evenimentele, deoarece negativele se pot păstra timp îndelungat. Plăcile foto au capacitatea de a fixa concomitent și exact multe obiecte.

Cele mai mari telescoape moderne sunt conduse de calculatoare (și de altă tehnică electronică) iar imaginile obiectelor cosmice primite se fixează în formă ce se prelucrează de programele calculatoarelor. În prezent fotografia, practic, nu se folosește. În ultimele decenii se folosesc receptoarele fotoelectrice de radiații. Informația primită de la ele se transmite direct pe dispozitive electronice de calcul – calculatoare. Astfel de dispozitive sunt CCD-matrice (dispozitiv cu cuplaj de încărcare). Ele sunt o schemă integrală ce transformă energia radiațiilor luminoase în energie electrică. Amperajul e proporțional cu intensitatea fluxului de lumină.

Prelucrarea computerizată a imaginii ne ajută să scăpăm de obstacolele și fundalul create de deformarea luminii în atmosfera Pământului și de turbulența atmosferei lui.



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Ce este capacitatea de absorbție a atmosferei Pământului?
2. Ce fel de unde electromagnetice iradiază corpurile cerești? În ce game se împarte spectrul radiației electromagnetice?
3. Cum influențează atmosfera terestră asupra trecerii prin ea spre Pământ a diferitor tipuri de radiații?
4. De ce de pe suprafața Pământului nu se pot studia obiectele cerești în toate diapazoanele radiației electromagnetice?

§ 10. TELESKOAPE TERESTRE MODERNE. PRINCIPIUL DE ACȚIUNE ȘI STRUCTURA TELESCOPULUI OPTIC ȘI RADIO, A DETECTOARELOR DE UNDE NEUTRINO ȘI GRAVITAȚIONALE

47

1. Observările astronomice și telescoapele terestre. După cum știți, metoda principală de studiere a obiectelor cerești sunt observările astronomice. **Observările astronomice** – înregistrarea activă și perseverentă a informației despre procesele și fenomenele ce au loc în Univers. Asemenea observări sunt principala sursă de cunoștințe la nivel empiric.

Timp de milenii astronomii au studiat poziția obiectelor cerești pe cerul înstelat și deplasarea lor reciprocă în timp. Măsurările exacte a poziției stelelor, planetelor și a altor corpuri cerești aduc informații pentru determinarea distanțelor până la ele, a dimensiunilor lor și, de asemenea, pentru studierea legilor de mișcare a lor. Rezultatele măsurărilor unghiulare se folosesc în astronomia practică, în mecanica cerească, în astronomia stelară.

Pentru efectuarea observărilor astronomice și prelucrarea lor, au fost create în diferite țări instituții speciale de cercetări științifice – **observatoare astronomice**.

Observator astronomic (din gr. *ἀστρον* – „stea”, lat. *observo* – „observ”) – **instituție de cercetări științifice în care se efectuează observări asupra astrilor cerești și se studiază ei.**

Observatoarele astronomice au apărut odată cu nașterea astronomiei. Ruinele lor au fost găsite în Europa, Asia, America de Sud. Unul dintre ele este Stonehenge-ul din Anglia. Primul observator de stat (finanțat de stat) a fost înființat în 1671 în Paris.

Observatoarele astronomice contemporane sunt specializate, de obicei, într-o ramură aparte a astronomiei. Astfel, există observatoare astrometrice, astrofizice, solare, etc., pe care le vom analiza în § 17.



Imag. 2.2. Telescopul de 50 de centimetri din Nisa, Franța



Imag. 2.3. Telescopul reflector al lui Harlan J. Smith din observatorul McDonald, 2,7 m

În prezent, în lume se numără circa 400 OA (observatoare astronomice). În Ucraina principale sunt Observatorul astronomic Principal al ANȘ a Ucrainei (1944), Institutul radioastronomiei, cu telescopul decametral unicat UTR-2 lângă Harkiv, Observatorul astrofizic din Crimeea (1950). Anumite tradiții de cercetări și observări se păstrează în OA din universitățile din Lviv (1769), Harkiv (1898), Kyiv (1845), Odesa (1871).

Țimp îndelungat OA se construiau aproape sau chiar în localități, iar din sec. al XIX-lea au început să le construiască pe piscurile montane. Cele mai renumite în lume sunt: OA de pe vârful muntelui vulcanic Mauna Kea (4205 m), insula Hawaii, dat în exploatare în 1990, numit rezervație științifică pentru astroclima unicată; aici s-au instalat câteva telescoape de 4 metri, precum și telescopul „Keck”, „Gemini”, „Subaru”); OA englez de pe insula La Palma (2327 m, a. 1986); OA american Las Campanas (2280 m, a. 1976) în Chile și european La Silla (2347 m, 1976), unde e instalat un Foarte Mare Telescop.

Pentru efectuarea observărilor astronomice și prelucrarea datelor obținute, în observatoarele moderne se folosesc instrumente pentru observări (telescoape, imag. 2.2 și 2.3), receptoare de lumină, dispozitive ajutătoare pentru observări, tehnică electronică de calcul, etc.

Telescoapele optice se folosesc pentru acumularea luminii corpurilor cerești studiate și pentru obținerea imaginii lor. Telescopul mărește unghiul de vedere, sub care se văd corpurile cerești și adună de multe ori mai multă lumină emisă de astru decât ochiul observatorului. Datorită acestui fapt, în telescop se pot vedea detaliile ale suprafeței celor mai apropiate corpuri cerești, invizibile de pe Pământ. De asemenea se văd și o mulțime de stele slabe.

În toată diversitatea lor, telescoapele ce primesc radiația electromagnetică au două misiuni: 1) de a acumula de la obiectul studiat cât mai multă energie de radiații a unui anumit diapazon de unde electromagnetice; 2) de a crea o imagine a obiectului cât mai clară, să se poată diferenția radiația de unele puncte ale lui și de a măsura distanțele unghiulare dintre ele.

În dependență de particularitățile constructive ale schemelor optice, telescoapele se împart în: sisteme de lentile – refractor; sistem de oglinzi – reflector; sistemul mixt de oglinzi și lentile, la care face parte telescopul lui **Bernhard Schmidt** (1879–1935), **Dmytro Maxtusov** (1896–1964) ș.a.

Telescopul refractor se folosește în special pentru observările vizuale (imag. 2.4). El are obiectiv și ocular. Telescopul refractor unit cu fotocamera se numește **astrograf** sau **cameră astronomică**. Astrograf – aparat de fotografiat mare în care e montată o casetă cu placă fotografică. Diametrul obiectivului refractoarelor e limitat prin complexitatea confecționării blocurilor omogene mari de sticlă optică, a deformării lor și mărirea absorbției de lumină.

Telescopul reflector are obiectiv cu oglinzi. Cel mai simplu obiectiv al reflectorului este, de fapt, o oglindă parabolică; imaginea este primită în focalul ei principal.

Cel mai mare obiectiv al telescopului refractor e construit în zilele noastre și are diametrul de 102 cm (observatorul York, SUA). Neajunsurile acestor telescoape se consideră lungimea lor mare și deformarea imaginii. Pentru a înlătura deformările optice se folosesc obiective cu multe lentile. În comparație cu refractoarele, telescoapele reflectoare au obiective mai mari. La reflectoarele cu diametrul oglinzii peste 2,5 m, în focalul principal se instalează și o cabină pentru observator. Odată cu creșterea dimensiunilor oglinzii, apare necesitatea de a folosi sisteme speciale de descărcare a oglinzilor, fapt ce exclude deformarea lor din cauza greutatei. Se iau măsuri și pentru deformările termice.

Construirea reflectoarelor mari (cu diametrul oglinzii de 4–6 m) conține multe greutăți tehnice. De aceea, se elaborează proiecte cu oglinzi așezate mozaic, elementele cărora necesită o reglare exactă cu ajutorul unei aparaturi speciale, sau construcții alcătuite din câteva telescoape paralele care adună imaginea într-un singur punct.

Pentru comoditatea observărilor, în reflectoarele mici și medii lumina se reflectă cu o oglindă secundară pe pereții tubului, unde e situat ocularul (imag. 2.5). Reflectoarele se folosesc în special pentru fotografierea cerului și cercetările fotoelectrice și spectrale.

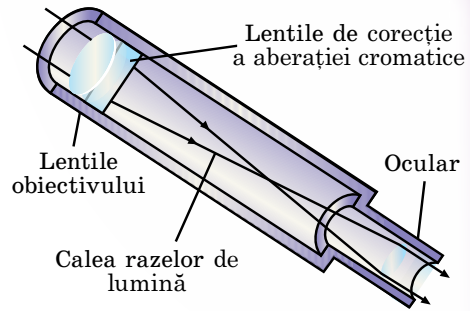
În telescoapele cu oglinzi și lentile imaginea este prelucrată de un obiectiv complicat, ce conține oglinzi și lentile. Aceasta ajută să se micșoreze deformarea optică a telescopului în comparație cu sistemele cu oglinzi și cu lentile.

La telescoapele sistemului lui Schmidt (Estonia) deformările optice ale oglinzii sferice principale se înlătură cu ajutorul unei plăci speciale de corecție cu profil complex, situată în fața ei. La telescoapele sistemului lui Maksutsov (Ucraina) deformările oglinzii principale sferice sau eliptice se înlătorează cu ajutorul meniscului, situat în fața oglinzii (imag. 2.6).

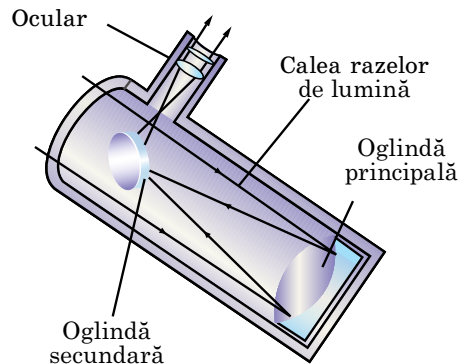
Menisc – lentilă convexă pe o parte și concavă pe partea opusă. O asemenea lentilă aproape că nu influențează asupra mișcării razelor, însă corectează deformarea optică a imaginii.

Parametrii optici de bază ai telescopului sunt mărirea aparentă a imaginii, puterea separatoare, puterea de pătrundere.

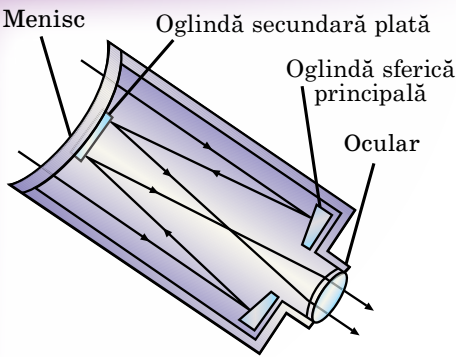
Mărirea aparentă G a sistemului optic este raportarea unghiului, sub care se observă imaginea dată de



Imag. 2.4. Mișcarea razelor în telescopul refractor



Imag. 2.5. Mișcarea razelor în telescopul reflector



Imag. 2.6. Mișcarea razelor în telescopul cu oglinzi, lentile și menisc

sistemul optic al dispozitivului, la dimensiunea unghiulară a obiectului în timpul observării lui cu ochiul liber. Mărirea aparentă a telescopului se poate calcula după formula:

$$G = \frac{F_{ob}}{F_{oc}}$$

unde F_{ob} unde F_{oc} – distanțele focale ale obiectivului și ocularului.

Pentru obținerea unei mărimi considerabile, obiectivele în telescoape trebuie să fie cu focalizare lungă (distanța focală de câțiva metri), iar ocularele – cu focalizare scurtă (de la câțiva cm

până la 6 mm). Atmosfera nestabilă a Pământului naște vibrații și deformări ale imaginii. De aceea, chiar cele mai mari telescoape au foarte rar mărirea de peste 500 ori.

Rezoluția ψ a telescopului este cea mai mică distanță unghiulară dintre două stele care poate fi observată în telescop separat. Teoretic, această capacitate (în secunde de arc) a telescopului vizual pentru razele galbene-verzi, la care e cel mai sensibil ochiul omului, se poate determina prin următoarea formulă:

$$\psi = \frac{140'}{D},$$

unde D – diametrul obiectivului telescopului în milimetri. În practică, din cauza deplasărilor permanente ale maselor de aer, capacitatea de separație se micșorează. Datorită acestui fapt, telescoapele terestre au capacitatea de separație aproximativ $1''$, și doar uneori, în caz de condiții atmosferice favorabile, se poate primi o capacitate de separație de zecimi de secundă.

O caracteristică de bază a telescopului este **puterea de pătrundere** (m), ce se exprimă prin magnitudinea limită stelară a astrului disponibil pentru observări cu acest telescop în condiții atmosferice ideale. Pentru telescoapele cu diametrul obiectivului D (mm) puterea de pătrundere m , exprimată în magnitudini stelare, se determină prin formula: $m = 2,0 + 5\lg D$.

Din 1995 funcționează două telescoape identice de 10 metri – „Keck-1” și „Keck-2”, din observatorul Mauna Kea. Fiecare oglindă a telescopului se compune din 36 de segmente. De calitatea imaginii telescoapelor răspunde optica adaptivă, ce conduce fiecare segment al oglinzii. După capacitatea de separație acest telescop se aseamănă cu cel cosmic. Observatorul e situat la o înălțime de 4205 m deasupra Oceanului Pacific pe insulele Hawaii.

Posibilități mari are și telescopul *VLT* (în engl. *Very Large Telescope* – telescop foarte mare), ce aparține țărilor europene. El e instalat pe muntele Cerro Paranal (altitudine 2635 m) din Chile (imag. 2.7).

Telescopul *VLT* se compune din patru telescoape, fiecare având diametrul de 8,2 m. Telescoapele extreme sunt situate unul de altul la distanța de 200 m, fapt ce ajută ca complexul să funcționeze în regimul **interferometrului optic**. Aceasta înseamnă că dacă telescoapele sunt îndreptate spre aceeași stea, atunci radiația colectată de ele se unește iar capacitatea de separație a telescoapelor ce funcționează împreună este echivalentă cu folosirea unei oglinzi cu diametrul de 200 m.

Telescoape cu diametrul oglinzii de peste 6 m în lume sunt circa 20.

De studierea surselor de radiații cosmice radio se ocupă radioastronomia. Ea a fost înființată în anul 1931, când au fost descoperite, întâmplător, radiațiile Căii Lactee. Peste 15 ani în constelația Lebăda a fost găsit primul punct sursă – o galaxie slabă care a fost cercetată ulterior în diapazon optic.

Radiațiile obiectelor cerești ajunse pe Pământ sunt foarte slabe. Pentru identificarea și recepționarea undelor radio cosmice se folosesc **radiotelescoapele**.

Radiotelescoapele au o antenă parabolică din metal și un sistem de recepție foarte sensibil. Sistemul de recepție, sau radiometrul, amplifică undele radio receptate și, ulterior, le transformă într-o formă convenabilă pentru prelucrare. Misiunea de bază a antenei e să colecteze cât mai multă energie adusă de undele radio de la corpuri. Ca antenă se folosește o oglindă din metal sau reticulară cu formă paraboloidă. Antena radiotelescopului se deosebește de alte antene prin capacitatea de a identifica radiațiile într-o porțiune mică de cer. În focarul paraboloidului e situat iradiatorul – dispozitiv ce colectează radiațiile radio, îndreptate spre el de oglindă. Iradiatorul transmite energia colectată pe dispozitivul de recepție, unde semnalul se amplifică, se detectează și se înregistrează.

Puterea semnalului radio ce ajunge la receptor este direct proporțională cu suprafața antenei. De aceea, antena cu dimensiuni mai mari dar cu același receptor are sensibilitate mai mare, adică poate identifica surse slabe cu forță mică de radiație. Antenele celor mai mari radiotelescoape ajung până la sute de metri. Un telescop mare cu reflector metalic mobil cu diametrul de 100 m e instalat nu departe de orașul Bonn în Germania. Antena imobilă din Arecibo (Puerto Rico), instalată în craterul vulcanului stins, are diametrul de 305 m (imag. 2.8). Pentru a schimba direcția recepției radiației, în acest telescop se schimbă poziția iradiatorului.

Radiotelescoapele pot fi construite din oglinzi aparte, fiecare focalizând radiația recepționată pe un iradiator. Dacă radiațiile radio ale sursei sunt recepționate de două sau mai multe antene, situate la o distanță oarecare una de alta, iar, ulterior, aceste semnale se combină, atunci, datorită interferenței semnalelor radio capacitatea de separație a telescopelor crește esențial. Asemenea instrumente se numește **radiointerferometru**. Radiointerferometrele unesc radiotelescoape situate la mii de km unele de altele. Cu ajutorul lor s-a putut obține capacitatea de separație unghiulară de aproximativ $0,0001''$.

Ca exemplu este VLA (în engl. Very Large Array – Masiv Foarte Mare) – radiotelescop-interferometru, New Mexico, SUA (imag. 2.9).

Undele radio trec ușor prin nebuloasele enorme din gaze și praf și prin atmosfera Pământului. De aceea, metodele radioastronomiei sunt foarte importante pentru studierea, de exemplu, a zonelor centrale ale Căii Lactee și altor galaxii, fiindcă undele optice se absorb comple.



Imag. 2.7. Telescopul VLT



Imag. 2.8. Radiotelescopul gigant on crater (Puerto Rico)



Imag. 2.9. Radiotelescop-interferometru, New Mexico, SUA

În Harkiv e instalat cel mai mare radiotelescop cu unde decimetrice din lume UTR-2 al Institutului Radioastronomic al ANȘ din Ucraina. Lucrând pe UTR-2, astronomii au identificat, pentru prima oară în lume, în mediul interstelar, linii spectrale de carbon (principalele „cărămizi” necesare pentru apariția vieții organice), au fost catalogizate sursele de radiații în spațiul cosmic, a fost elaborată teoria lentilelor gravitaționale, conform căreia lumina se deformează de la stelele îndepărtate și galaxii, au studiat mecanismele de radiații radio ale Soarelui și planetei Jupiter.

2. Detectoarele de unde neutrino și gravitaționale. După cum se știe, în adâncurile stelelor, unde are loc sinteza heliului, reacțiile sunt însoțite de transformarea protonilor în neutroni cu iradiere neutrino. Neutrino străbat cu ușurință grosul stelelor și ies în spațiul interstelar. Încercări de a prinde neutrino au fost făcute de către Raymond Davis (1914–2006) în anul 1955. În 1967 în statul Dakota de Sud într-o mină părăsită, la adâncimea de 1455 m, a fost montată o instalație (cisternă cilindrică orizontală, lungă de circa 14,4 m și cu diametrul de 6 m), ce conține 400 000 l (615 t) de tetraclorură de carbon C_2Cl_4 . În această combinație fiecare al patrulea atom de Clor este izotop ^{37}Cl . Ordinea observărilor pe acest „telescop” e următoarea: după fiecare 100 de zile de lucru prin cisternă se trec 20 000 l de Heliu gazos ce poate lua cu el izotopii de Argon ^{37}Ar , care s-au format în cisternă. După calculări, în fiecare moment ei ar trebui să fie câteva zeci. Amestecul de gaze (heliu cu atomi de Argon) se trece prin filtre de cărbune, răcite până la 77 K. Rezultatele măsurărilor sunt următoarele: în fiecare 2,3 zile în cisternă se formează un atom al izotopului ^{37}Ar .

Altă variantă a „telescopului” neutrino este detectorul cu Galiu și Litiu. Complexitatea constă în faptul că pentru a obține rezultate sigure, detectorul trebuie să conțină zeci de tone de galiu și litiu, atunci când extragerea acestor metale în lume e foarte mică. Detectoare cu galiu funcționează, de exemplu, în Alpii italieni sub muntele Mont Blanc și în interiorul muntelui Andârci, lângă Elbrus (Caucazul de Nord).

Există și detectoare neutrino cu apă, pentru care se folosește apa simplă H_2O sau apa grea D_2O (aici, fiecare atom de Hidrogen conține, pe lângă un proton, un neutron adăugător). Principiul funcționării detectorului cu apă e următorul. Trecând prin stratul de apă simplă, neutrino agită electronii în moleculele H_2O sau reacționează cu neutronul moleculei D_2O cu crearea protonului și electronului. Surplusul de energie repede începe să strălucească (cunoscutul efect al *radiației Cerenkov*). Înregistrarea acestei radiații face posibilă nu doar calcularea cantității de neutrino, care interacționează cu substanța detectorului în unități de timp, ci și indicarea direcției mișcării neutrino. Adică, determinarea direcției înspre sursa acestei radiații.

În 1916 s-a constatat că în natură pot exista mici perturbații ale gravitației, care, precum undele electromagnetice, sunt transversale și se răspândesc cu viteza luminii. Sub acțiunea undei gravitaționale, repartizarea particulelor experimentale e supusă periodic unei anumite deformări, care depinde de energia undei.

Așadar, unda gravitațională, trecând printr-o anumită repartiție de mase, cauzează în ea o perturbare a gravitației. Prin urmare, cel mai simplu **detector al undelor gravitaționale** pot fi două sfere unite printr-o spirală.

Dacă pe ele cade unda gravitațională perpendicular pe axa ce unește centrele sferelor, atunci distanța dintre sfere, ba se va mări, ba se va micșora. Sursă de unde gravitaționale este oricare mișcare asimetrică a substanței. Aceasta poate fi o stea, dacă ea se comprimă și se extinde, de exemplu, de-a lungul axei de rotație a ei. Surse de unde gravitaționale sunt stelele duble și steaua care este supusă unei comprimări bruște – colapsul, doar dacă sub influența anumitor cauze (rotația, acțiunea forțelor magnetice) acest colaps nu este sferico-simetric.

Din 1958 americanul **Josef Weber** (1919–2000) a încercat să înregistreze undele gravitaționale cu ajutorul detectorului. Acesta era un cilindru din aluminiu lung de 1,54 m, cu diametrul de 0,6 m și masa de 1,5 t, atârnat cu o ață subțire specială, într-o ramă din blocuri de oțel plasat într-o cameră de vid, înconjurată de filtre acustice foarte sensibile. Sensorii pot înregistra dilatarea și comprimarea cilindrului sub influența unei gravitaționale cu o exactitate extraordinară.

Pentru a evita unele greșeli legate de fluctuațiile scoarței terestre sau de descărcările electrice din atmosferă, Weber a instalat două detectoare analogice la distanța de 1000 km. Sistemul înregistrează doar acele semnale, începutul cărora coincid cu exactitatea de până la 0,2 secunde. Într-adevăr, aceste detectoare au înregistrat timp de multe luni în mediu un impuls la fiecare cinci zile. Însă, până în prezent încă nici un alt laborator n-a confirmat acest lucru și natura semnalelor înregistrate de Weber rămâne neclarificată.

În prezent sunt elaborate antene gravitaționale performante, în care cilindrele din aluminiu de cinci tone se răcesc până la 2 K, iar senzorii pot înregistra amplitudinile fluctuațiilor până la $2 \cdot 10^{-17}$ cm. În SUA funcționează observatorul cu interferometru gravimetric cu laser LIGO, unul dintre interferometrele căruia cu o bază de 4 km e instalat în statul Luisiana, al doilea, cu aceeași bază, în statul Washington. Instrumentele sunt unite prin rețeaua Internet. Sunt planuri de a construi interferometre cu același scop și în alte țări și de a instala antene gravitaționale prin satelit cu baza de până la sute de milioane de kilometri.

La 11 februarie 2016 s-a anunțat despre descoperirea experimentală a undelor gravitaționale, despre existența cărora a prevăzut și Albert Einstein.

Undă gravitațională – răspândirea în spațiu a câmpului gravitațional schimbător. Se presupune că studierea undelor gravitaționale va ajuta să aflăm adevărul despre istoria Universului și nu numai.

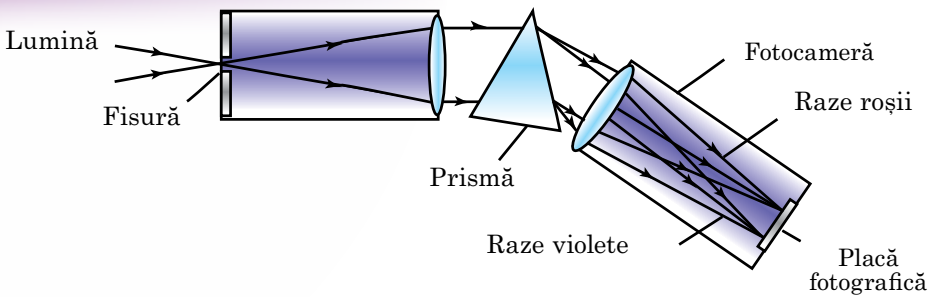


ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Care sarcini de bază sunt rezolvate în astronomie cu ajutorul telescoapelor?
2. Cum se poate determina mărimea aparentă a sistemului optic al telescopului?
3. Ce rezoluția și puterea de pătrundere a telescopului?
4. Prin ce se deosebesc sistemele optice cu rafractor, cu reflector și cu oglinzi și lentile (camera lui Schmidt) ale telescoapelor?
5. Prin ce se deosebesc telescoapele optice de radiotelescoape; radiointerferometrul de radiotelescop?
6. Numiți câteva observatoare astronomice.

§ 11. ANALIZA SPECTRALĂ ÎN ASTRONOMIE. METODELE CERCETĂRILOR ASTRONOMICE

1. Tipuri de spectre. În 1666 Newton, trecând o șuviță de lumină printr-o prismă triedră de sticlă, a observat că lumina nu doar se diformează, ci și se descompune în componente colorate. Dunga colorată obținută pe ecran, ce se compune din șapte culori de bază care treptat trec din una în alta, a fost numită **spectru**.



Imag. 2.10. Schema spectrografului de fantă

Pentru observarea și studierea spectrelor se folosește dispozitivul numit **spectroscop**. Pentru colectarea și înregistrarea spectrelor corpurilor cerești se întrebuițează un aparat optic special, numit **spectrograf**.

Spectrele astrilor comparativ strălucitori se fotografiază cu ajutorul spectrografulor cu fisură, ce sunt alcătuite din colimator, prismă și cameră fotografică (imag. 2.10). Fotografia spectrului corpului ceresc se numește **spectrogramă**. Spectrogramă se mai numește și diagrama dependenței intensității radiației corpului ceresc de lungimea de undă sau de frecvența ei.

Fiecare corp ce luminează creează spectru de radiație. Sunt trei tipuri de spectre: continuu, de linii și spectre de benzi discrete.

Spectrul continuu este spectrul în care componentele monocromatice completează fără rupturi intervalul lungimilor de undă în limitele căruia are loc radiația (imag. 2.11, a).

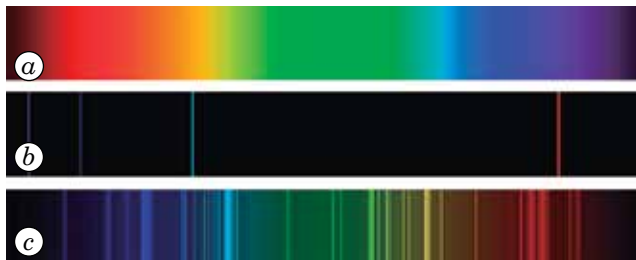
54

Adică, spectrul continuu arată ca o fâșie continuă, culorile căreia trec treptat din una în alta. Toate corpurile solide ce strălucesc – metalele topite, gazele și vaporii, aflându-se sub presiune foarte mare, formează spectrul continuu. Un astfel de spectru se poate obține de la lampa cu arc sau de la lumânarea ce arde.

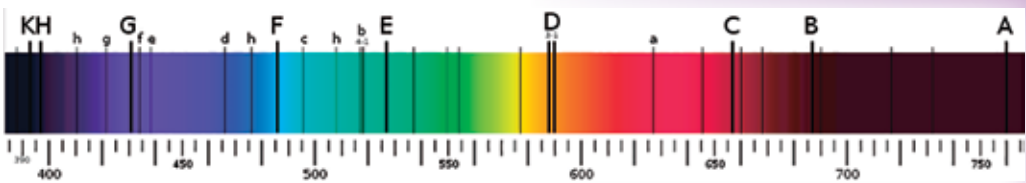
Spectrul va avea altă înfățișare dacă se va lua ca sursă de lumină gaze sau vapori foarte fierbinți, când presiunea lor aproape că nu se deosebește de cea normală și gazele se află în stare atomică.

În acest caz se consideră **spectrul de linii** (atomic). El se compune din linii monocromatice aparte colorate, care nu se fuzionează una cu alta și sunt despărțite prin intervale negre (imag. 2.11, b). S-a determinat, că fiecare element al gazului, încălzit până la o temperatură înaltă, se compune din atomi și iradiază un singur spectru de linii, propriu doar lui, cu linii colorate caracteristice, situate întotdeauna într-un anumit loc.

Spectrul de benzi discrete – spectrul, componentele monocromatice ale căruia formează grupuri (benzi) ce se compun din multe linii de emisie, strâns unite una lângă alta. Adică, spectrul cu benzi (molecular) se compune din linii aparte care se difuzează în benzi (clare dintr-o parte și neclare – din alta), despărțite între ele de intervale întunecate (imag. 2.11, c). Un astfel de spectru îl iradiază moleculele de gaze și vapori.



Imag. 2.11. Spectre: a) continuu, b) de linii, c) de benzi discrete



Imag. 2.12. Spectrul solar cu linii Fraunhofer clare

Pe lângă spectrele de iradiere, emisie sunt și spectre de absorbție (imag. 2.12).

Spectrul continuu, întretăiat de linii sau dungi întunecate, apărute datorită trecerii luminii albe prin gazele și vaporii fierbinți se numește **spectru de absorbție**. Studiarea fenomenului apariției spectrului de absorbție a dovedit că **substanța absoarbe razele acelor lungimi de undă, pe care ea le poate emite în condițiile date (legea lui Kirchhoff)**.

Astfel, pentru fiecare element chimic spectrul lui de linii de emisie este invers spectrului de absorbție. Aceasta înseamnă că repartitia liniilor întunecate de absorbție corespunde cu exactitate repartitiei liniilor colorate de emisie.

Spectrele conțin cea mai importantă informație despre radiații. Aspectul general al spectrului și repartizarea detaliată a energiei în el depind de temperatură, compoziția chimică și proprietățile fizice ale sursei, precum și de viteza mișcării ei. Metoda de studiere a structurii chimice a corpurilor și a stării lor fizice cu ajutorul spectrelor se numește **analiză spectrală**.

2. Compoziția chimică a corpurilor cerești.

55

În 1814 fizicianul german Josef Fraunhofer, făcând observări asupra spectrului Soarelui cu spectroscopul cu rețea de difracție construit de el însuși, a atras atenția că spectrul continuu al Soarelui conține un număr considerabil de linii întunecate. Savantul a constatat că aceste linii (numite ulterior în numele lui) sunt prezente în spectrul Soarelui întotdeauna în anumite locuri. Liniile Fraunhofer nu sunt altceva decât liniile de absorbție a vaporilor diferitor substanțe ce se află în apropierea sursei spectrului continuu – suprafața strălucitoare a Soarelui (între fotosferă și dispozitivul spectral). Soarele e înconjurat de un învelis gazos, ce are temperatură mai joasă și densitate mai mică decât fotosfera. Prin urmare, spectrul Soarelui este spectrul de absorbție al acestor vapori.

Făcând o clasificare mai amănunțită a liniilor Fraunhofer pe Soare, au fost descoperite toate elementele terestre. Astfel, a fost descoperit un element chimic nou – heliul (solar), care a fost găsit pe Pământ doar peste 26 ani.

Comparând lungimile undelor liniilor de absorbție observate în spectrele corpurilor cerești cu spectrele diferitor substanțe obținute în laboratoare sau calculate teoretic, se poate determina compoziția chimică a obiectului cosmic iradiant, ce se află la o distanță foarte mare. Analiza spectrală ne ajută să determinăm componentele chimice nu doar ale Soarelui, ci și ale altor obiecte – stele, nebuloase. Analiza spectrelor este metoda de bază a studierii naturii fizice a obiectelor cosmice, ce se folosește în astrofizică.

3. Temperatura. Legile lui Wien și Stefan-Boltzmann.

Toate corpurile, chiar acele ce sunt puțin încălzite, emit unde electromagnetice (**radiații termice**). La temperaturile ce nu depășesc 10^3 K, se emit în special raze infraroșii și unde radio. Odată cu creșterea temperaturii, spectrul radiației termice se schimbă – crește cantitatea generală de energie iradiată și apar raze cu lungimi de unde scurte – aparente (de la roșii până la violete), ultraviolete, röntgen etc.

În timpul radiației termice, energia internă a mișcării termice a atomilor și moleculelor corpurilor se transformă în energia undelor electromagnetice emise. În timpul absorbției luminii are loc procesul invers al transformării energiei electromagnetice în energie internă a corpului.

Odată cu creșterea temperaturii radiația maximă a unui corp absolut negru se deplasează în partea spectrului cu unde scurte. Lungimea de undă λ_{\max} , care corespunde maximumului în repartizarea energiei, corelează cu temperatura absolută T prin corelația, care este numită **legea deplasării a lui Wien**. Lungimea unde $\lambda_{\max} \cdot T = b$, unde b este constanta lui Wien ($b \approx 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$). Această lege se îndeplinește nu doar pentru diapazonul radiației optice, ci și pentru oricare alt diapazon de radiații electromagnetice.

În spectrograma Soarelui cea mai mare intensitate a radiației îi revine lungimii de undă $\lambda = 480 \text{ nm}$, de aceea temperatura fotosferei solare se apropie de 6000 K .

Odată cu creșterea temperaturii se schimbă nu doar culorile radiației, ci și intensitatea lor. În rezultatul experimentelor și a calculelor teoretice s-a determinat că intensitatea radiației unui corp absolut negru e proporțională cu ordinul patru al temperaturii (legea lui Stefan–Boltzmann). Fiecare metru pătrat al suprafeței corpului negru emite, în decurs de o secundă, energie în toate direcțiile la toate lungimile de unde: $\varepsilon = \sigma T^4$, unde ε – este intensitatea radiației unității suprafeței corpului; T – temperatura absolută; σ – constanta lui Stefan–Boltzmann ce este egală cu $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$.

Cunoscând cantitatea de energie ce vine de la stea pe suprafața terestră, folosind legea Stefan-Boltzmann, se poate determina temperatura acestei stele. Legile lui Wien și Stefan–Boltzmann sunt adevărate pentru radiațiile corpului absolut negru. La prima aproximație se poate considera că stelele, inclusiv și Soarele iradiază precum corpurile absolut negre.

56

4. Efectul lui Doppler. În astrofizică se folosește pe larg efectul lui Doppler, care apare în timpul mișcării sursei de radiații în raport cu observatorul. Esența efectului lui Doppler constă în următoarele: dacă sursa de radiație se mișcă după raza aparentă a observatorului cu viteza v_r , numită viteza radială, atunci în loc de lungimea unde λ_0 , iradiată de sursă, observatorul

fixează unda cu lungimea λ , astfel încât $\lambda = \lambda_0 \left(1 + \frac{v_r}{c} \right)$, unde c este viteza

luminii. Viteza v_r este pozitivă în timpul îndepărtării sursei de lumină de observator ($\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 > 0$) și negativă când se apropie de el ($\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 < 0$).

Efectul lui Doppler are loc deseori în acustică. De exemplu, dacă vă aflați pe o platformă pe lângă care trece trenul, veți observa că atunci când el se apropie semnalul sonor va fi mai tare, iar când se îndepărtează sunetul devine imediat mai slab. Un fenomen analogic se observă și în optică: lumina de la sursa ce se apropie, devine mai albastră (frecvența crește), iar de la cea ce se îndepărtează devine mai roșie (frecvența scade). Această variație se răsfrânge asupra poziției liniilor spectrale în spectru: ele se deplasează în partea albastră sau în cea roșie a spectrului.

Pentru determinarea deplasării liniilor spectrale, alături de spectrul stelei studiate, pe aceeași placă fotografică se fotografiază și spectrul sursei de laborator, care are linii spectrale cunoscute. Apoi, folosind microscopie dotate cu micrometre exacte, se măsoară deplasarea liniilor obiectului în raport cu sistemul de laborator al lungimilor de unde și astfel se află dimensiunea $\Delta\lambda$. Apoi, folosind formula

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{v_r}{c}, \text{ se determină viteza radială } v_r.$$

Această formulă a lui Doppler se folosește doar pentru vitezele v_r , în limitele de până la 0,1 din viteza luminii. În timpul mișcării surselor de radiații cu

viteze apropiate de viteza luminii, trebuie de luat în considerație legile teoriei relativității.

Deplasarea liniilor spectrale a fost prevăzută teoretic de fizicianul austriac Christian Doppler în anul 1842.



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Ce este spectrul? Care fenomene dovedesc componența complicată a luminii?
2. Numiți trei tipuri de spectre de bază și dați definiția lor. Care este diferența dintre ele?
3. Ce este analiza spectrală? Cum se folosește ea în astronomie?
4. Pentru ce e menit și cum e construit spectrograful? Ce este spectrograma?
5. Formulați și explicați formula lui Kirchhoff.
6. Formulați și scrieți legea deplasării a lui Wien și legea lui Stefan-Boltzmann. Care este însemnătatea acestor legi pentru astronomie?
7. În ce constă efectul lui Doppler? Cum se deplasează liniile în spectru și care este viteza lor conform semnelor? În ce împrejurări se folosește efectul lui Doppler în astronomie?



REZOLVĂM ÎMPREUNĂ

Problema 1. Explicați, de ce steaua care cu ochiul liber se vede ca una, prin telescop se poate împărți în două stele situate aproape, adică, va fi sistem stelar dublu.

Răspuns. Puterea de separație a ochiului uman este de 1'. Puterea de separație a telescopului este proporțională cu diametrul obiectivului, iar diametrul obiectivului e mult mai mare decât diametrul pupilei.

Problema 2. Cu ce viteză unghiulară trebuie să se miște astrul ceresc ca să se aple întotdeauna în câmpul de vedere al telescopului imobil, îndreptat spre punctul sferei cerești situat pe ecuatorul ceresc?

Răspuns. Mișcarea trebuie să aibă loc cu viteza rotației sferei cerești la ecuator, adică $\omega = 2\pi : T = 6,28 : 86400 = 7,2 \cdot 10^{-5}$ rad/s.

Problema 3. Care mărire trebuie folosită la telescopul școlar pentru ca Marte în timpul opoziției să aibă în ocularul telescopului același diametru unghiular ce-l are Luna pentru ochiul liber? Diametrul unghiular al lui Marte este 20''.

Răspuns. Luna are diametrul unghiular $30' = 1800''$. Mărirea telescopului trebuie să fie $\frac{1800}{20} = 90$.



SARCINI ȘI EXERCIȚII

2.1. Explicați, în ce constă diferența fundamentală între telescopul reflector și cel refractor.

2.2. Numiți două părți principale ale telescopului și explicați misiunea lor.

2.3. De ce în timpul observărilor de pe Pământ ne pare că noaptea stelele se deplasează pe sfera cerească?

2.4. Ce sfaturi le-ați da astronomilor care vor să studieze Universul cu raze γ , raze X și cu radiații ultraviolete?

2.5. Enumerați avantajele radiotelescoapelor.

2.6*. Să presupunem că privim prin telescop Soarele sau Luna. Cum vor arăta ele, dacă vom vedea imaginea lor întoarsă? În ce direcție se vor mișca acești astri în câmpul de vedere al telescopului?

2.7*. De ce prin telescop se văd mai multe stele decât cu ochiul liber? De ce luminozitatea stelelor văzute cu ochiul liber se mărește esențial când le privim prin telescop?

2.8. De ce când facem observări asupra diferitor planete și asupra Lunii cu același telescop observăm că cu cât se mărește imaginea lor, cu atât scade luminozitatea lor?

2.9. De ce încăperile în care sunt instalate telescoapele nu se încălzesc?

2.10*. La ce distanță vom putea observa Luna ca un punct strălucitor, adică sub unghiul de 1'? Diametrul Lunii – 3473,4 km.

2.11*. La ce distanță vom putea observa Soarele ca un punct strălucitor? Diametrul Soarelui – 1 390 600 km. De pe care planetă din sistemul Solar Soarele ar putea fi observat ca o stea?

2.12*. De la ce distanță observatorul ar vedea sistemul Pământ-Lună ca un singur corp ceresc? Bineînțeles, cu condiția că el studiază acest sistem cu ochiul liber. (Raza Pământului – 6378,2 km, raza Lunii – 1736,7 km, distanța medie dintre Pământ și Lună 384 400 km). De pe care planete ale sistemului Solar sistemul Pământ-Lună s-ar putea observa ca un singur corp?

2.13. De ce în prezent majoritatea observatoarelor se instalează pe vârfuri de munți?

2.14*. O navă spațială zboară deasupra Ucrainei la o distanță de 200 km. Vor putea oare vedea astronauții cu ochiul liber râul Nipru, lățimea căruia e de 500 m?



VERIFICĂ-ȚI COMPETENȚA

Întrebări de control

58

1. Ce sarcini se rezolvă în astronomie cu ajutorul telescoapelor?
2. Prin ce se deosebesc telescoapele optice de radiotelescoape? Radiointerferometrul de radiotelescop?
3. De ce telescoapele infraroșii sunt instalate în zone de mare altitudine și secetoase?

Ce știi și pot să fac

● Eu știu pentru ce se folosesc telescoapele și cum se construiesc ele

1. Care caracteristică a telescopului e importantă pentru observările stelelor slabe: diametrul ocularului sau diametrul obiectivului?

2. De ce stelele se văd în telescop ca niște puncte strălucitoare, iar planetele în același telescop – ca discuri?

3. Construiți un telescop refractor, folosind lentila de la ochelari de +11 dioptrii, iar ca ocular – obiectivul aparatului de fotografiat sau altă lentilă de la ochelari de +10 dioptrii.

4. Asupra căror telescoape influențează rețelele de comunicare mobilă în timpul observărilor?

● Eu pot să rezolv probleme astronomice

5. Binoclul, precum telescopul, are obiectiv și ocular. Atunci de ce în binoculi imaginea e dreaptă, iar în telescoape – întoarsă?

6. De ce observările făcute în spațiul cosmic dau mai multă informație decât telescoapele terestre?

7. Explicați mecanismul de formare a liniilor Fraunhofer în spectrul Soarelui.

8. Linia hidrogenului cu lungimea de undă 434,00 nm este egală pe spectrograma stelei cu 434,12 nm. Cu ce viteză se mișcă steaua și în ce direcție – de la noi sau înspre noi?

9. O navă spațială se îndepărtează de Pământ cu viteza $v = 10$ km/s. Frecvența ν_0 a undelor electromagnetice iradiate de antena navei este egală cu 30 MHz. Determinați deplasarea Doppler a frecvenței înregistrată de receptor.



TESTE

1. Telescopul – dispozitiv optic care ...
 - A apropie de noi corpurile cerești
 - B mărește aștrii cosmici
 - C mărește diametrul unghiular al astrului
 - D ne apropie pe noi de planetă
 - E primește unde radio
2. De ce observatoarele astronomice mari se construiesc în munți?
 - A să ne apropiem de planete
 - B în munți durata nopții e mai mare
 - C în munți nebulozitatea e mai mică
 - D în munți aerul e mai transparent
 - E pentru a mări barierele de lumină
3. În care dintre aceste telescoape se pot vedea mai multe stele?
 - A în reflectorul cu diametrul obiectivului de 5 m
 - B în refractorul cu diametrul obiectivului de 1 m
 - C în radiotelescopul cu diametrul de 20 m
 - D în telescopul cu amplificarea 1000 și diametrul obiectivului de 3 m
 - E în telescopul cu diametrul obiectivului de 3 m și amplificarea 500
4. Unde e instalat cel mai mare radiotelescop din lume pentru diapazonul decametric de unde?
 - A în Japonia
 - B în SUA
 - C în China
 - D în Ucraina
 - E în Rusia
5. De ce astronomii preferă să facă observări asupra corpurilor cosmice cu telescoape cu diametrul obiectivelor mare?
 - A asemenea telescop are capacitate de mărire mare
 - B obiectivul mare colectează mai multă lumină și prin acest telescop pot fi văzuți aștri mai îndepărtați
 - C în acest telescop se pot vedea corpuri cerești ce iradiază energie în partea infraroșie a spectrului
 - D în acest telescop se pot vedea corpuri cerești ce iradiază energie în partea ultravioletă a spectrului
 - E obiectivul mare dă o imagine mai clară și mărește rezoluția telescopului
6. Se poate oare obține cu ajutorul unui telescop diferite amplificări?
 - A se poate, dacă de folosit oculare cu distanță focală diferită
 - B nu se poate, deoarece telescopul e dispozitiv staționar care dă întotdeauna aceeași amplificare
 - C se poate doar în spațiul cosmic
 - D se poate, dacă de se uitat în telescop prin ochelari
 - E se poate doar în observatoarele astronomice situate în munți
7. De ce în telescop se văd mai multe stele decât cu ochiul liber?
8. De ce observările făcute în spațiul cosmic dau mai multe informații decât telescoapele terestre?
9. Care telescoape dau o imagine mai clară – cele cu amplificare mai mare, sau cele cu diametrul obiectivului mare?
10. De ce stelele se văd în telescop ca niște puncte strălucitoare, iar planetele, în același telescop, se văd în formă de disc?
11. În prezent în spațiul cosmic se construiește o stațiune spațială internațională, unde Ucraina va avea blocul ei cosmic. Ce dispozitive astronomice ați putea propune pentru studierea Universului?
12. Ce fel de observări telescopice asupra obiectelor cerești se pot efectua ziua pe timp noros?

Capitolul 3

SISTEMUL NOSTRU PLANETAR

Universul e un loc atât de mare, încât e imposibil să cuprinzi imensitatea lui. Sistemul nostru Solar e o părțică minusculă a Universului, iar pentru noi, locuitorii micii planete Pământ, sistemul Solar ne pare extrem de mare și necunoscut, cu toate că realizările astronomiei sunt mari.

§ 12. PĂMÂNTUL ȘI LUNA

60

1. Pământul – a treia planetă de la Soare în sistemul Solar. Din spațiul cosmic planeta noastră se vede ca o sferă albastră frumoasă. Printre nori se pot observa continentele și oceanele.

Pământul se rotește în jurul Soarelui pe orbită eliptică (foarte apropiată de circulară) cu viteza medie de 29 785 m/s la distanța medie de 149,6 mln km într-o perioadă de 365,24 zile (an stelar, sideral).

Forma Pământului – geoid. Raza medie a Pământului este 6371,032 km, cea ecuatorială – 6378,16 km, cea polară – 6356,777 km. Aria suprafeței sferei terestre 510 mln km², volumul – $1,083 \cdot 10^{12}$ km³, densitatea medie – 5518 kg/m³. Masa Pământului este egală cu $5976 \cdot 10^{21}$ kg. **Temperatura pe suprafață** de la –90 °C în Antarctica până la +70 °C în pustiu. Pământul are atmosferă de aer. Peste 70 % din suprafață e acoperită cu apă.

Inclinația axei terestre spre planul eclipticii – 66°33'22". Perioada de rotație a planetei în jurul axei sale 23 ore 56 min 4,1 s. Rotația în jurul axei sale cauzează schimbarea zilei cu noaptea, iar inclinația înspre ecliptică împreună cu rotația în jurul Soarelui – schimbarea anotimpurilor.

Câmpul gravitațional al Pământului determină forma lui aproape sferică și existența atmosferei. Învelișul gazos ce învelește Pământul se numește **atmosferă**. Atmosfera Pământului, masa căreia e $5,15 \cdot 10^{15}$ t, se compune din aer – amestec de azot (78,08 %), oxigen (20,95 %), argon (0,93 %), dioxid de carbon (0,03 %), alte – vapori de apă, gaze inerte și de alt fel. Atmosfera Pământului ocrotește tot ce este viu de influența radiațiilor cosmice.

Atmosfera Pământului conține (imag. 3.1) *troposfera* (până la 15 km), *stratosfera* (15–100 km), *ionosfera* (100–500 km). Între troposferă și stratosferă e situat stratul intermediar – *tropopauza*. În adâncurile stratosferei, sub influența luminii solare, se formează *stratul de ozon*, care ocrotește organismele vii de radiațiile cosmice. Mai sus se situează *mezo-*, *termo-* și *exosfera*.

Atmosfera, ca element al ecosistemului global, îndeplinește următoarele funcții: este barieră pentru influența distrugătoare a radiațiilor cosmice asupra organismelor vii, pentru loviturile meteoritelor; reglează variațiile temperaturii sezoniere și diurne; reglează schimbul de căldură a Pământului cu spațiul cosmic; influențează asupra echilibrului de radiație și apă; este sursa de gaze ce



Imag. 3.1. Atmosfera Pământului

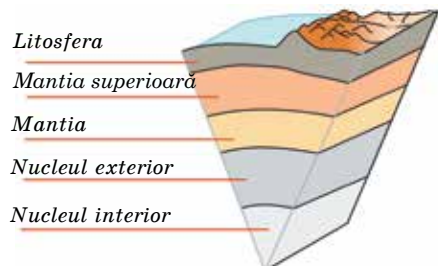
iau parte la procesele fotosintezei și asigură procesele de respirație a organismelor vii; condiționează o serie de procese exogene complicate – dezagregarea rocilor, activitatea apelor naturale, a glaciației, a ghețarilor etc.

Pământul are câmp magnetic și câmp electric. Câmpul magnetic al Pământului se generează în stratul metalic lichid al nucleului.

Detaliile suprafeței Pământului și condițiile de viață le cunoașteți, de aceea ne vom opri la structura străfundurilor (imag. 3.2). Modelele structurii interne a Pământului și a altor planete din grupul terestru sunt asemănătoare.

Conform înregistrărilor oscilațiilor suprafeței terestre în timpul cutremurelor, **seismografele** au determinat că structura internă a planetei pe verticală are straturi. După compoziția chimică și caracteristicile fizice se disting trei învelișuri sferice principale: **scoarța solidă**, **mantia** sau **mantaua** și **nucleul**. Cel mai subțire strat este scoarța solidă. Adâncimea ei medie este de 35 km (scoarța oceanică – 10 km, scoarța continentală – 70 km). După compoziția chimică scoarța terestră se compune din oxigen (46,6 %), siliciu (27,7 %), aluminiu (8,1 %), fier (5 %), calciu (3,6 %) și alte elemente chimice. Masa generală a scoarței terestre este doar 0,8 % din masa generală a Pământului. Scoarța se desparte de mantie printr-o limită clară.

Nucleul este cea mai densă parte a străfundurilor terestre. De la suprafața Pământului înspre centru cresc presiunea, densitatea și temperatura. Presiunea în centrul Pământului este $3,6 \cdot 10^{11}$ Pa, densitatea aproximativ $12,5 \cdot 10^3$ kg/m³, temperatura de la 5000 până la 6000 °C. Raza nucleului este 55 % din raza



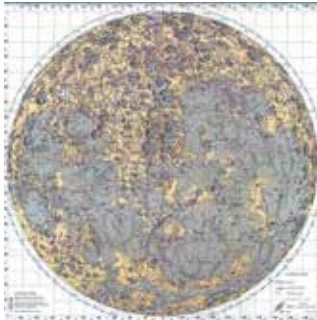
Imag. 3.2. Structura Pământului

Pământului, iar masa – aproximativ 30 % din masa planetei. Nucleul terestru se împarte în exterior și interior solid prin raza de 1270 km. Zona intermediară dintre părțile exterioară și interioară ale nucleului este foarte subțire – circa 5 km. În timpul cercetărilor savanții geologi au constatat că nucleul metalic solid s-a format în centrul Pământului cu 1–1,5 mlrd ani în urmă. De asemenea, savanții au putut determina cu ce viteză crește nucleul terestru: într-un an crește cu aproximativ un milimetru.

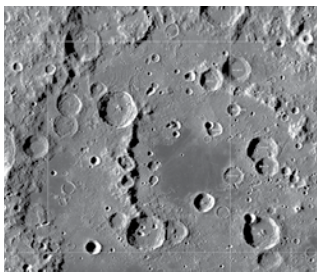
2. Luna – unicul satelit natural al Pământului. Acest corp de formă sferică are diametrul de 3475 km. Masa Lunii este doar de 81 ori mai mică decât masa Pământului. Densitatea medie a Lunii constituie 0,6 din densitatea Pământului,



62 *Imag. 3.3. Imaginea Lunii în telescop*



Imag. 3.4. Hartă-schemă a detaliilor mari de pe emisfera Lunii văzută în telescop de pe Pământ. Anii 60 ai sec XX



Imag. 3.5. Cratere pe Lună

iar accelerarea căderii libere este de 6 ori mai mică decât cea terestră, adică pe suprafața lunară obiectele cântăresc de 6 ori mai puțin decât pe Pământ. Ziua solară durează pe Lună o lună sinodică (29,5 din ziua terestră). Pe Lună lipsește apa în stare lichidă și, practic, lipsește și atmosfera. Într-o zi lunară, care durează circa 15 zile terestre, suprafața reușește să se încălzească până la +130 °C, iar noaptea să se răcească până la –170 °C. La temperaturile înalte viteza moleculelor de gaze depășește a doua viteză cosmică pentru suprafața Lunii (2,38 km/s), de aceea gazele ce se elimină din străfundurile satelitului Pământului sau se formează în timpul căderii corpurilor meteorice, repede părăsesc Luna. Fără atmosfera gazoasă Luna e supusă influenței oricăror tipuri de radiații electromagnetice ale Soarelui și loviturilor corpurilor meteorice de diferite dimensiuni.

Cu ochiul liber se văd pe suprafața lunară porțiuni luminoase și întunecate. Porțiunile întunecate și relativ netede au fost numite mări, care conțin 16,9% din toată suprafața Lunii. Porțiunile mai luminoase muntoase, așa numitele continente, ocupă restul din suprafață și se caracterizează prin existența lanțurilor de munți, a munților circulari, craterelor (imag. 3.3).

Prima hartă detaliată a Lunii a fost întocmită în 1647 de către astronomul polonez **Jan Hevelius** (1611–1687). De atunci până acum s-au păstrat denumirile mărilor – Marea Liniștii, Marea Crizei etc. Denumirile crestelor montane, ce se întind de-a lungul mărilor, sună ca cele de pe Pământ – Apenini, Caucaz, Carpați etc. Apeninii au înălțimea maximă de 6 km, iar Carpații – doar 2 km.

Cercetările cosmice au dezvoltat esențial cunoștințele despre Lună. În 1959 aparatul „Luna-3” a fotografiat partea invizibilă a Lunii. În 1965 a apărut prima hartă completă a Lunii (imag. 3.4).

Cele mai multe după număr formațiuni sunt craterele (imag. 3.5). Dimensiunile lor sunt de la microscopice până la 100 km în diametru. Craterele mari și mijlocii au fost denumite în cinstea savanților renumiți: Ptolemeu, Arhimede, Platon, Copernic, Tycho Brahe, Shmidt ș.a.

Stratul de suprafață al satelitelui natural al Pământului e compus din fragmente mici de **regolit** cu o grosime de 10 m. În componența regolitului lunar intră de asemenea particule microscopice sferice de sticlă. Regolitul are densitatea mică (stratul superior 1200 kg/m^3) și foarte mică conductibilitate termică (de 20 ori mai mică decât aerul), de aceea, deja la 1 m adâncime nu se simt variațiile temperaturii.

După compoziția chimică rocile lunare se aseamănă mult cu rocile de bazalt de pe Pământ. Rocile mărilor lunare se deosebesc printr-un conținut mare de oxizi de fier și titan, iar cele continentale – prin conținutul mare de oxizi de aluminiu. În ultima vreme stațiunile spațiale au găsit rezerve de gheață de apă în zonele polare ale Lunii – în umbra craterelor la polul Sud și polul Nord ale Lunii. Deoarece unghiul de declinație al ecuatorului lunar spre eclipsă este doar $1,5^\circ$, fundul craterelor chiar nu prea adânci din zonele polare nu sunt iluminate niciodată de razele solare. La temperatura constantă de -200°C fundul craterelor polare e acoperit cu amestec de regolit cu gheață.

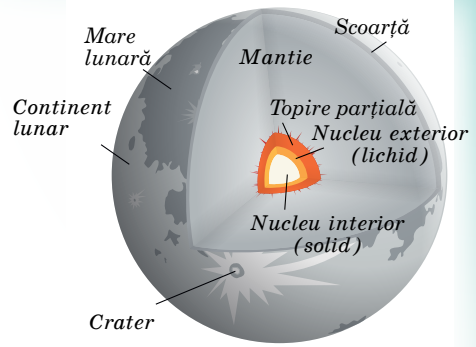
Structura internă a Lunii (imag. 3.6) a fost studiată după înregistrările cutremurelor cauzate de loviturile meteoritelor, înregistrate de seismografele instalate pe Lună. Sub stratul de regolit e situată scoarța, grosimea căreia pe partea Lunii văzută de pe Pământ este de 60 km, iar pe cealaltă – 100 km. Sub scoarță se află mantia cu grosimea de aproximativ 1000 km. Zona aflată de la 1600 km se aseamănă cu mantia terestră și are grosimea de 430 km și temperatura de circa 1800 K . Ultimele cercetări au dovedit că în centrul Lunii există un nucleu metalic cu raza de aproximativ 300 km, masa căruia fiind circa 3 % din masa Lunii.

Pentru Pământ, Luna are un rol foarte important. Influența esențială a Lunii asupra Pământului constă în faptul că deja 4 mlrd de ani ea stabilizează clima. Fără Lună axa terestră ar fi oscilat mult mai tare. Datorită faptului că ecuatorul Pământului se află sub unghiul de $23,5^\circ$ față de orbita pe care planeta se rotește în jurul Soarelui, noi avem anotimpuri. Dacă n-ar fi existat Luna, unghiul de declinație al Pământului s-ar fi schimbat cu 85° . Aceasta înseamnă că axa de rotație a Pământului ar fi fost la nivelul orbitei sale. Uranus, cu unghiul de înclinație 97° se rotește în jurul Soarelui în așa fel, încât pe parcursul unei jumătăți de an e îndreptată spre Soare emisfera lui nordică, iar în cealaltă jumătate – emisfera lui sudică. Dacă acest fenomen s-ar fi întâmplat pe Pământ, clima ar fi fost alta. Temperatura pe Pământ ar fi atins nivele extreme iar vânturile ar fi fost mult mai puternice.

Cercetătorii au constatat că Pământul respinge Luna mai repede decât oricând în ultimii 50 mln ani. Satelitul planetei se îndepărtează din cauza fluxurilor și refluxurilor, și acest factor influențează și asupra planetei.

Gravitația Lunii naște ciclul diurn al fluxurilor și refluxurilor. Acest proces încetinește rotația planetei în jurul axei sale și impune Luna să se îndepărteze de Pământ cu 3,8 cm pe an. Dacă presupunem că ritmul de îndepărtare a Lunii a fost întotdeauna același, după îndepărtarea orbitei ei putem afla vârsta satelitelui – aproximativ 1,5 mlrd ani. Aceasta, însă, este o cifră aproximativă, deoarece unele roci au vârsta de 4,5 mlrd ani, fapt ce poate fi comparat cu vârsta Pământului.

Așadar, Luna se îndepărtează de Pământ cu o viteză care crește, și până când nu se poate explica acest fenomen până la capăt. E posibil că pricina constă în faptul că partea nordică a oceanului Atlantic în prezent e mult mai lată decât cu 50 mln ani în urmă. Din această cauză se formează valuri foarte mari și fluviuri mari, care resping Luna mai tare.



Imag. 3.6. Structura Lunii



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Numiți caracteristicile principale ale planetei Pământ.
2. Care este structura Pământului?
3. Care este compoziția atmosferei Pământului și care este rolul ei?
4. Caracterizați satelitul Pământului – Luna.
5. Ce proprietăți are Luna?



ȘTIAȚI, OARE, CĂ ...

În anul 2011 în centrul aerocosmic german a fost creată cea mai amănunțită hartă 3D, a Lunii, care cuprinde 98% din suprafața lunară. Pentru generarea modelului volumar, care reflectă o mulțime de detalii de relief, savanții au prelucrat peste 70 de mii de stereo cadre ale Lunii, făcute de satelitul american LRO de la înălțimea de 50 km. Multe alte fotografii au fost suprapuse pixel cu pixel, luând în considerare poziția aparatului în momentul filmării și direcția unghiului de vedere. Ca rezultat, 40 de calculatoare în două săptămâni de timp al mașinii au alcătuit modelul digital al reliefului Lunii din 100.

§ 13. PLANETELE GRUPULUI TERESTRU

1. Mercur – cea mai apropiată planetă de Soare (imag. 3.7). Ea se „ascunde” permanent între razele solare și e foarte greu de-o observat de pe Pământ.



Imag. 3.7. Mercur

După dimensiuni și masă Mercur se aseamănă mai mult cu Luna, decât cu Pământul. Mercur n-are atmosferă și suprafața lui e arsă de razele solare ziua și înghețată de gerul cosmic noaptea. Ziua, temperatura pe suprafața planetei ajunge până la +430 °C, iar noaptea scade până la –200 °C. Această schimbare a temperaturii are loc treptat, deoarece ziua solară este egală cu 176 de zile terestre. **Durata anului** – 88 zile terestre.

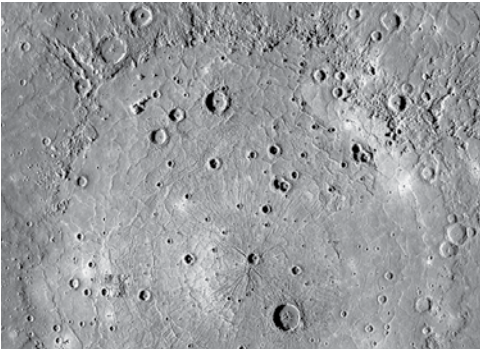
După formă Mercur este o sferă cu raza ecuatorială 2439,7 (± 1,0) km (**diametrul** 4900 km), ce este de 2,6 ori mai mică decât a Pământului. Centrul geometric al planetei are o abatere de la centrul maselor în limitele 1,5 km. Aria suprafeței

lui Mercur e mai mică de 6,8 ori decât a suprafeței Pământului, iar volumul – de 17,8 ori.

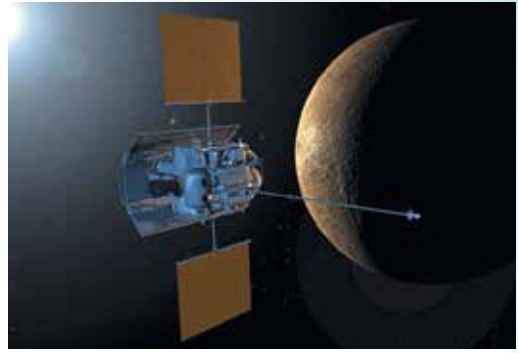
Masa planetei Mercur este egală cu $3,30 \cdot 10^{23}$ kg, ce este aproximativ de 18 ori mai mică decât masa Pământului. Densitatea medie e apropiată de cea terestră 5,43 g/cm³. Accelerarea căderii libere aproape de suprafață – 3,70 m/s² (0,38 din cea terestră). **Distanța până la Soare** – 58 mln km. Câmpul magnetic al planetei e foarte slab, intensitatea e de 300 ori mai mică decât cea terestră. **Sateți naturali** nu are.

Toată suprafața pietroasă a lui Mercur e acoperită de numeroase cratere, majoritatea cărora s-au format în urma căderii meteoritilor. Craterele de pe Mercur au fost denumite în cinstea personalităților marcante ale culturii mondiale: Beethoven, Homer, Șevcenko ș.a. Excepții sunt craterul Kuiper, denumit în cinstea planetologului ilustru Gerard Kuiper și craterul mic Hun Kal, de care e legat sistemul de longitudine: el e situat pe meridianul 20°, și denumirea lui înseamnă „douăzeci” în limba mayașilor antici.

Aceste zone servesc ca rezervoare pentru gheața de apă amestecată cu roci. Pe Mercur munții ating înălțimea de 2–4 km.



Imag. 3.8. Relieful lui Mercur



Imag. 3.9. „Messenger”, ce a continuat studiarea planetei

Pe planetă s-au găsit cratere și praguri cu înălțimea de 2–3 km ce se întind pe sute de kilometri (imag. 3.8). Probabil, ele au apărut în timpul formării planetei în urma comprimării neuniforme în timpul răcirii ei. Craterul mare din partea stângă de sus a imag. 3.8 este Șevcenko, lățimea – 500 km.

În apropierea suprafeței lui Mercur s-au găsit atomi de heliu și hidrogen, argon și natriu. Sursa lor este vântul solar și substanța planetei supusă încălzirii și radiației Soarelui.

Mercur este cea mai puțin studiată planetă din grupul terestru. Pentru cercetarea acestei planete au fost lansate doar două aparate. Primul a fost „Mariner 10”, care în anii 1974–1975 a trecut de trei ori pe lângă Mercur (apropierea maximă – 320 km). Ca rezultat, au fost obținute câteva mii de fotografii cu capacitate de separație medie de 1 km/pix, care cuprind aproximativ 45 % din suprafața planetei.

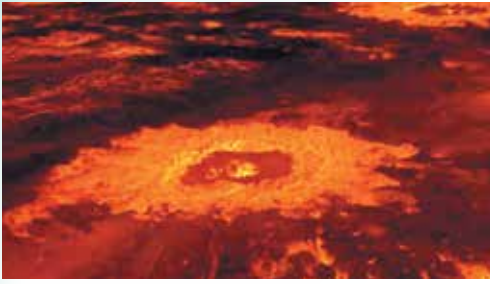
Cercetările ulterioare de pe Pământ au adus date despre suprafața și atmosfera lui Mercur, în special despre existența în craterele polare a gheții de apă.

În anii 2008–2015 planeta a fost cercetată de aparatul NASA „Messenger” (imag. 3.9). El a fost lansat în 2004. El a zburat pe o traiectorie complicată, cu câteva manevre gravitaționale alături de Pământ, Venus și Mercur. Pe lângă ultimul a zburat de trei ori și în martie 2011 a devenit în sfârșit satelitul lui. „Messenger” a fotografiat toată suprafața planetei și a obținut multe date importante. Contribuția lui în studierea planetei Mercur a fost revoluționară.

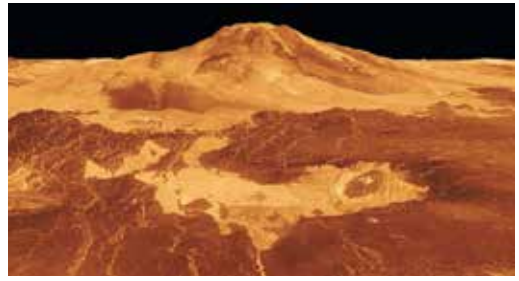
2. Venus – a doua planetă de la Soare în sistemul Solar (imag. 3.10). Are aproape aceeași dimensiune precum Pământul iar masa ei este 80 % din masa terestră. Pe cer Venus se poate observa dimineața sau seara în formă de astru foarte strălucitor. Atmosfera densă a lui Venus a ascuns mult timp tainele suprafeței planetei. Încă la mijlocul sec. al XX-lea savanții considerau că planeta e acoperită de păduri tropicale. Însă, aparatele spațiale ce au ajuns la planetă au fotografiat deșertul fierbinte lipsit de viață. Temperatura suprafeței ajunge până la 470 °C și aproape nu se schimbă pe parcursul zilei. Norii denși lasă să treacă puțină lumină solară și se creează o luminozitate „de amurg” chiar atunci când Soarele se află în zenit. Pe această planetă apă nu-i, oxigen, practic, la fel. **Diametrul este de 12 100 km. Distanța de la Soare – 108 mln km.**



Imag. 3.10. Fotografia lui Venus în culori adevărate



Imag. 3.11. Suprafața lui Venus



Imag. 3.12. Muntele Maat – vulcan stins de pe Venus

Durata anului – 224,7 zile pământene, iar durata zilei – 117 zile pământene. Venus este al treilea obiect după luminozitate de pe cer. Luciul planetei cedează doar în fața Soarelui și Lunii. Planeta Venus este cunoscută omenirii din timpurile străvechi. Orbita ei are formă apropiată de cerc adevărat și se mișcă pe orbită cu viteza de circa 35 km/s. Direcția de rotație e inversă în raport cu direcția de rotație în jurul Soarelui. N-are **sateliți naturali**.

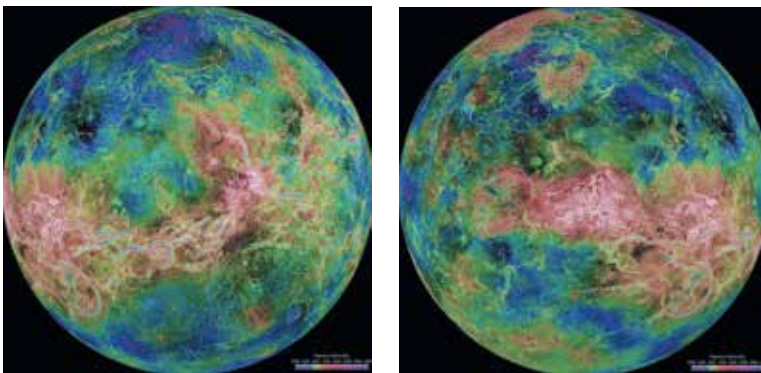
Cea mai mare parte a suprafeței lui Venus o constituie câmpiile. Cei mai înalți munți – muntele Maxwell se înalță la 11 km deasupra nivelului mediu al suprafeței. Pe Venus s-au identificat cratere cu diametrul de sute de kilometri (imag. 3.11). Craterele mari au fost denumite în cinstea unor femei de vază: Ahmatova, Voinici, Duncan, Orlova, sau pur și simplu cu nume simple de femei: Antonina, Valentina, Zoia, Irina, Nana, Olga ș.a. Porțiunile-continente mari au fost numite: Pământul Afroditei, Pământul Iștar, Pământul Ladei etc.

66

Aproape 500 mln ani în urmă pe Venus a avut loc o catastrofă geologică globală. Sute de mii de vulcani activi au erupt o cantitate enormă de lavă, care a acoperit întreaga suprafață. Cel mai înalt vulcan stins (imag. 3.12) – muntele Maat, denumit în cinstea zeiței egiptene a adevărului și justiției, se înalță deasupra câmpiei la 8 km.

Pentru cercetarea reliefului planetei s-au folosit metode radiolocative. Stația interplanetară automată „Magellan”, în anii 1990–1994 a efectuat o radiolocație globală a suprafeței venusiene. În baza datelor obținute s-au întocmit hărți de relief și a apărut posibilitatea de a reproduce detaliile suprafeței în imagine tridimensională (imag. 3.13).

Atmosfera venusiană e compusă în majoritate din dioxid de carbon. Presiunea pe suprafața planetei e de 95 ori mai mare decât pe suprafața Pământului. Datorită acestei compoziții chimice și a densității mari a atmosferei, Venus este



Imag. 3.13. Harta reliefului suprafeței planetei Venus, întocmită după datele cercetărilor radiolocative ale aparatului spațial „Magellan” (emisferele stângă și dreaptă)

o „seră” enormă. Anume efectul de seră condiționează temperatura suprafeței. Norii venusieni au structură stratificată. Ei se situează la înălțimea de la 48 până la 70 km și conțin picături de acid sulfuric. Viteza vântului este de circa 1 m/s. În atmosferă se înregistrează descărcări electrice.

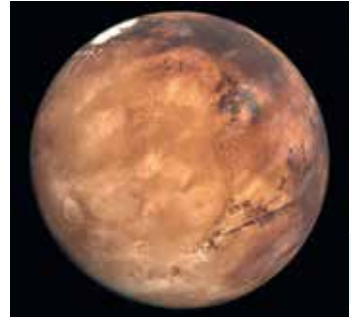
Câmpul magnetic al lui Venus e foarte slab din cauza rotației lente a planetei în jurul axei de la est spre vest. Intensitatea lui e de 104 ori mai mică decât a Pământului. Magnetosfera, practic, lipsește, de aceea fluxul de particule încărcate ce vin de la Soare se ciocnesc de atmosfera planetei, luând cu ele substanța ei. Prin urmare, se formează așa numita trenă sau coadă ionică. Observatorul spațial SOHO a determinat că această „coadă” se întinde pe 45 mln km, adică ajunge până la Pământ.

3. Marte – a patra planetă de la Soare din sistemul Solar (imag. 3.14). Pentru observator ea apare pe boltă în formă de astru roșu strălucitor. Cu ajutorul telescoapelor mai slabe se pot vedea pe Marte calotele albe polare și alte detalii mari ale suprafeței din linii și pete întunecate. După presupunerile savanților ele sunt râuri, lacuri și mări. Marte și Pământul se apropie unul de altul la fiecare 15–17 ani, fenomen ce se numește **opoziție mare**. În acea perioadă Marte nu dispăre de pe cer toată noaptea și strălucește cu o culoare roșie-portocalie aprinsă.

Marte – planetă nu prea mare. E mai mare decât Mercur, însă de două ori mai mică decât Pământul în diametru (6800 km). Raza ecuatorială a lui Marte este de 3396 km iar raza medie polară 3379 km (ambele valori au fost determinate cu exactitate de aparatul spațial *Mars Global Surveyor*, care și-a început misiunea pe orbita planetei în anul 1999). Masa lui Marte este $6,418 \cdot 10^{23}$ kg, ceea ce este de zece ori mai puțin decât masa Pământului iar accelerația căderii libere pe suprafața marțiană este $-3,72 \text{ m/s}^2$. Aceasta înseamnă că obiectele cântăresc pe Marte doar o treime din greutatea lor pământească. **Distanța de la Soare** 228 mln km. **Temperatura la suprafață** de la $-70 \text{ }^\circ\text{C}$ până la $+20 \text{ }^\circ\text{C}$. **Durata anului** – 687 zile pământești (1,9 ani pământești), iar **durata zilei** – 24 ore 39 minute. Marte are câmp magnetic slab cu intensitatea de 500 ori mai mică decât cea terestră. Are doi **sateliți naturali** – Phobos (din gr. „panică-frică”) și Deimos („teroare-spaimă”).

Imaginile suprafeței lui Marte, obținute de la aparatele cosmice, au demonstrat că ea este un deșert lipsit de viață, în mare parte acoperită cu nisip roșu și pietre. Culoarea roșie a suprafeței marțiene se explică prin conținutul mare în sol a oxidului de fier (imag. 3.15).

Atmosfera lui Marte e foarte rarefiată, de aceea sunt prezente mari variații diurne de temperatură: ziua la ecuator temperatura crește uneori până la $+15 \text{ }^\circ\text{C}$,

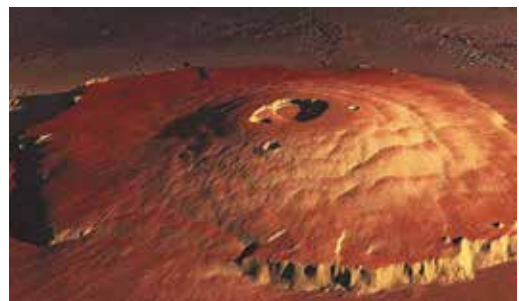


Imag. 3.14. Fotografia lui Marte

67



Imag. 3.15. Suprafața lui Marte



Imag. 3.16. Muntele Olimp de pe Marte

iar noaptea scade până la -65°C . Iarna pe suprafața lui Marte se înregistrează zăpadă și chiciură, însă apă în stare lichidă acolo nu poate să existe. Presiunea atmosferică pe suprafața planetei e de 100–170 ori mai joasă decât pe Pământ. În condițiile presiunii atmosferice joase apa începe să fiarbă la temperatura $+2^{\circ}\text{C}$ și se evaporă imediat.

Pe Marte sunt foarte multe cratere de impact de dimensiuni mari. Acest fapt demonstrează că planeta a suferit multe catastrofe care au schimbat condițiile pe suprafața ei. Craterele au fost denumite în cinstea savanților care au studiat planeta Marte și celelalte planete din sistemul Solar. Suprafața marțiană se caracterizează printr-o asimetrie vag accentuată. Emisfera muntoasă de Sud e mai înaltă cu aproximativ 5 km de cea de Nord. Pe fotografiile suprafeței marțiene se văd foarte bine numeroase canioane mari și mici. Lățimea lor ajunge până la 600 km, adâncimea – 5 km. Cel mai mare canion – Valea Marineris – se întinde pe aproape 5000 km.

Impresionează prin măreția lor și vulcanii stinși. Cel mai înalt, muntele Olimp (imag. 3.16), se înalță deasupra suprafeței la 27 km. Diametrul bazei sale ajunge la 600 km. Vârsta acestor structuri – aproximativ 400 mln ani.

Vestitele calote polare ale lui Marte sunt formate dintr-un strat de gheață și praf cu grosimea de aproximativ 3 km. Stratul superior al calotelor polare se compune din „gheață uscată” (dioxid de carbon înghețat – CO_2) amestecat cu puțină gheață obișnuită (H_2O). Temperatura coboară aici până la -110°C . Când pe o emisferă începe iarna, calota corespunzătoare crește până la 57° latitudine în emisfera de Nord și 45° în cea de Sud. Primăvara calotele încep să se topească. Toamna, când încep să se formeze calotele polare, în atmosfera planetei pot fi observați nori albi-albăstrii.

Văile marțiene ciudate par a fi albiile ale râurilor (imag. 3.17), s-au format sub influența fluxurilor de apă care au secat mai mult de un miliard de ani în urmă. În anul 1999 a fost publicată o lucrare în care se dovedea că pe Marte a existat cândva un ocean de apă. Aceasta s-a putut determina datorită fotografiilor transmise pe Pământ de stația *Mars Global Surveyor*, unde erau redată proprietățile reliefului. Oceanul putea să existe până când temperatura suprafeței lui Marte a fost suficient de înaltă. Planeta mai întâi s-a răcit aproape un miliard de ani. Atmosfera subțire a lui Marte n-a putut încurca „dispariția” apei în spațiul interplanetar. Odată cu scăderea temperaturii, apa înghețată amestecată cu nisip a format un înveliș de gheață, sub cel superficial – criosfera, care are o cantitate de apă echivalentă unui strat cu o grosime de aproximativ 1 km pe toată planeta.

Atmosfera lui Marte are densitate mică și se compune în majoritate din dioxid de carbon. Viteza vântului pe suprafața planetei nu depășește 15 m/s. Marte este unica planetă unde se înregistrează furtuni de praf globale. Ele creează efectul de antiseră, deoarece norii de nisip nu lasă să pătrundă radiația solară pe suprafață. Suprafața planetei se răcește esențial, iar praful și atmosfera înconjurătoare, dimpotrivă, se încălzesc. În atmosfera lui Marte se înregistrează și vârtejuri de praf, ce ridică stâlpi cu înălțimea de 8 km. Norii se compun din praf de silicați și gheață, care se înalță atât de mult în atmosferă, încât acoperă muntele Olimp.



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. De ce Mercur nu poate avea o atmosferă constantă?
2. Care planetă se rotește în jurul axei în direcție opusă comparativ cu Pământul?
3. Pe care planete din grupul terestru se înregistrează schimbarea anotimpurilor?



Imag. 3.17. Albiile secate ale râurilor marțiene

4. Venus se află mai departe de Soare decât Mercur, însă de ce temperatura pe suprafața lui e mai înaltă decât pe Mercur?
5. Ce dovezi sunt că pe suprafața lui Marte a fost cândva apă în stare lichidă?
6. Pe care dintre planetele grupului terestru poate exista viață?

§ 14. PLANETELE GIGANTE

1. Jupiter – a cincia și cea mai mare planetă din sistemul Solar (imag. 3.18). Masa lui e de 2,5 ori mai mare decât masa tuturor planetelor luate împreună și de 318 ori mai mare decât masa Pământului. Jupiter este corp gazos cu atmosferă foarte densă, care se compune în majoritate din hidrogen și heliu. **Diametrul** planetei – 43 000 km. Distanța de la Soare se schimbă în limitele de la 4,95 până la 5,45 UA (740–814 mln km), distanța medie 5,203 UA (778,57 mln km). Perioada orbitală este egală cu 11,86 din an. Deoarece excentricitatea orbitei lui Jupiter este egală cu 0,0488, diferența distanțelor până la Soare în periheliu și afeliu este 76 mln km. Jupiter se rotește în jurul propriei axe mai repede decât orice altă planetă din sistemul Solar. Perioada de rotație la ecuator – 9 ore 50 min 30 s, iar în latitudinile medii – 9 ore 55 min 40 s. Din cauza vitezei mari a rotației, raza ecuatorială a lui Jupiter (71 492 km) e mai mare decât cea polară (66 854 km). Distanța dintre Jupiter și Pământ se schimbă în limitele de la 588 până la 967 mln km. **Temperatura pe suprafață** –140 °C. În timpul observărilor de pe Pământ, în opoziție, Jupiter poate avea magnitudine stelară aparentă –2,94^m. El este al treilea obiect după luminozitate pe cerul nocturn după Lună și Venus. **Jupiter are 79 sateliți naturali.**

Conform densității medii, pe Jupiter prevalează hidrogenul și heliul, de aceea Jupiter se aseamănă cu stelele. În comparație cu planetele din grupul terestru, gigantele n-au suprafață solidă. Ceea ce noi observăm sunt vârfulurile norilor ce plutesc în atmosferă. Din cauza vitezei mari a rotației și a vânturilor puternice, norii se întind și se transformă în benzi paralele cu ecuatorul. Norii sunt de diferite culori datorită amestecurilor de amoniac, metan și alți compuși. Benzile luminoase și întunecate se explică prin zonele diferite de presiune atmosferică. Zonele luminoase – zone cu presiune înaltă, iar cele întunecate – cu presiune joasă. Gazele calde se ridică în sus și se răcesc, ajungând la limita superioară a norilor. Apoi, ele cad în alte benzi, unde presiunea e mai joasă.

Pentru Jupiter, precum pentru celelalte planete gigante, sunt caracteristice petele ovale luminoase și întunecate. Cea mai renumită dintre ele este Marea Pată Roșie (imag. 3.19), care este observată pe parcursul a trei secole. Ea este un vârtej enorm și foarte stabil, asemănător cu uraganul terestru.

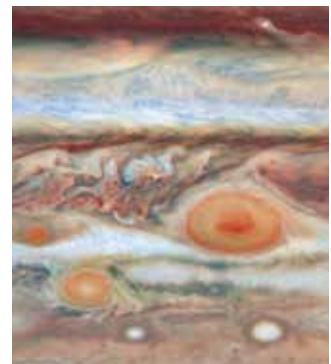
În norii polari ai lui Jupiter se poate observa un fenomen asemănător cu aurora boreală terestră (imag. 3.20).

Structura internă a lui Jupiter se poate imagina în formă de învelișuri cu o densitate ce se mărește înspre centrul planetei. La fundul atmosferei cu grosimea de 1500 km e situat stratul de hidrogen în stare gazolichidă cu grosimea de 7000 km. La nivelul 0,88 al razei planetei, unde presiunea e $0,69 \cdot 10^{11}$ Pa, iar temperatura – 6200 °C, hidrogenul trece



Imag. 3.18. Jupiter.
Fotografie din telescopul cosmic „Hubble”
(aprilie 2014)

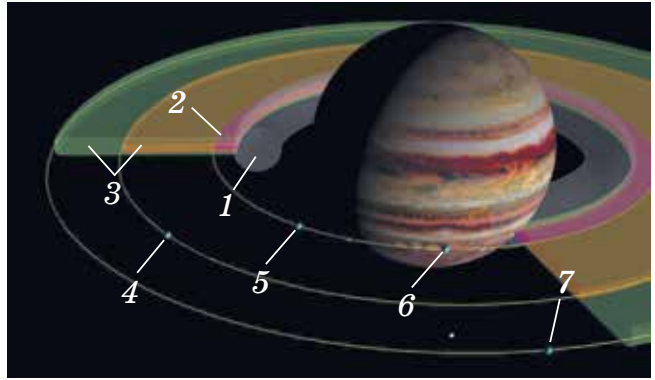
69



Imag. 3.19. Marea Pată Roșie pe Jupiter



Imag. 3.20. Fotografie combinată a lui Jupiter din telescopul „Hubble” și telescopul röntgen „Chandra”



Imag. 3.21. Schema inelelor lui Jupiter:
1 – halo, 2 – inel principal, 3 – relativ luminos,
4 – Amalthea, 5 – Adrastea, 6 – Metis, 7 – Tebe

70

în stare moleculară lichidă iar peste 8000 km – în stare metalică lichidă. Pe lângă hidrogen și heliu, straturile conțin și un număr mic de elemente grele. În centrul lui Jupiter se află nucleul solid, ce se compune din oxizi de siliciu, magneziu și fier cu impurități. Nucleul intern cu diametrul de 25 000 km – metalic cu silicați, cu particule de apă, amoniac și metan, înconjurat de heliu. Temperatura în centru 23 000 °C, iar presiunea – $50 \cdot 10^{11}$ Pa. Această temperatură înaltă se explică prin comprimarea lentă gravitațională a planetei.

La nivelul de aproximativ 0,77 al razei planetei începe învelișul în care hidrogenul capătă proprietățile metalului. Aici el se comprimă atât de tare ($4 \cdot 10^{12}$ Pa), încât electronii părăsesc atomii lor și se deplasează liber. Aceasta este cauza apariției câmpului magnetic al lui Jupiter, intensitatea cărui în limitele norilor e de 12 ori mai mare decât a câmpului magnetic pământesc.

În 1979 aparatele cosmice „Voyager-1” și „Voyager-2” au descoperit la planeta Jupiter inele (imag. 3.21). Ele se compun din particule mici de praf (0,2–200 mcm). Aceste fire de praf cad treptat în atmosfera lui Jupiter, iar locul lor îl ocupă altele, care se formează în timpul ciocnirii sateliților mici, în special Amalthea, cu corpurile meteoritice.

Sistemul inelelor lui Jupiter este slab și se compune în majoritate din praf. Torța groasă din particule este cunoscută ca inelul halo (engl. *halo ring*). Inelul principal, relativ strălucitor, foarte subțire și două inele late și slabe formează „inelele de paianjeniș” (*gossamer rings* – care sunt denumite după materialul sateliților care le formează: Almatea și Tebis).

Dimensiunea firelor de praf în inele e diferită, însă secțiunea transversală e cea mai mare pentru particulele non-sferoidale cu raza de circa 15 mcm în toate inelele, cu excepția inelelor halo. Masa generală a inelelor nu-i cunoscută, însă aceasta este aproximativ de la 10^{11} până la 10^{16} kg. Vârsta sistemului inelar de asemenea nu-i cunoscută, însă ele ar fi putut exista din momentul formării totale a lui Jupiter.

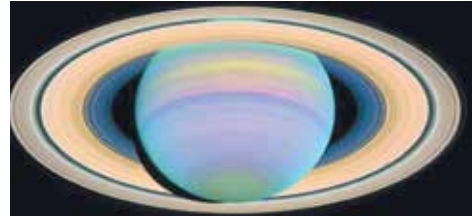
2. Saturn – a doua după dimensiune planetă gigantă, înconjurată de inele frumoase (imag. 3.22). Discul planetei e turtit lângă poli. Raza ecuatorială a planetei este egală cu 60 300 km, iar cea polară – 54 400 km.

Diametrul ecuatorial al limitei superioare a norilor – 120 536 km, iar cel polar – cu câteva sute de kilometri mai mic. Aceasta se explică prin faptul că planeta Saturn are cea mai mică densitate dintre toate planetele sistemului Solar. Deoarece excentricitatea orbitei lui Saturn este egală cu 0,056, atunci diferența în distanță până la Soare este 162 mln km.

Distanța medie dintre Saturn și Soare este de 9,58 UA (1430 mln km). **Temperatura medie pe suprafață** – 170 °C. Deplasându-se cu viteza medie de 9,69 km/s, Saturn se rotește în jurul Soarelui aproximativ în 29,46 ani (10 759 zile). Distanța de la Saturn până la Pământ se schimbă în limitele de la 8,0 până la 11,1 UA (1195–1660 mln km), distanța medie în timpul opoziției – aproximativ 1280 mln km. Saturn și Jupiter se rotesc, practic, în rezonanță exactă (2 : 5). Perioada de rotație a lui Saturn în jurul axei – 10 ore 34 min 13 s. Valoarea exactă a perioadei de rotație a părților interioare ale planetei rămâne necunoscută. **Sateți naturali** – 62, cel mai mare – Titan.



Imag. 3.22. Saturn



Imag. 3.23. Saturn și inelele lui în spectru ultraviolet (culorile accentuează neconcordanța compoziției chimice a inelelor)

Inelele lui Saturn (imag. 3.23) au fost observate de Galileo Galilei. În 1610 el a identificat pe ambele părți ale discului niște adaosuri. Doar în 1656 Christiaan Huygens a diferențiat un inel subțire turtit ce nu se unește cu planeta. De pe Pământ, prin telescop se pot vedea câteva inele, separate unul de altul prin intervale negre.

În baza cercetărilor spectrale, savantul **Aristarh Belopolski** (1854–1934) în 1895 a determinat că inelele nu sunt unitare, ci se compun din corpuri mici aparte.

Imaginile obținute de aparatele spațiale au demonstrat că inelele lui Saturn sunt formate dintr-un număr enorm de inele, ce se compun din particule de gheață, praf, bucăți de piatră de diferite dimensiuni. Ele se mișcă în jurul planetei precum sateliții și se află atât de aproape unele de altele, încât par o centură unitară a planetei. Grosimea inelelor nu-i mai mare de 2 km, iar a fiecărui inel în parte – peste 30 m. Savanții presupun că atmosfera lui Saturn se compune din 94 % hidrogen și 6 % heliu (după volum). Masa lui e de 95 de ori mai mare decât masa Pământului, iar intensitatea câmpului magnetic e puțin mai slabă decât cea pământască.

Planul inelelor e situat în planul ecuatorului lui Saturn, care e înclinat sub unghiul de 27° față de planul orbitei. În timpul unei rotații a lui Saturn în jurul Soarelui inelele, păstrându-și poziția în spațiu, se întorc de două ori cu planul înspre Pământ. Deoarece grosimea lor e mică, într-un telescop mic ele nu se pot vedea. Diametrul pe partea exterioară a inelului este 272 000 km, iar pe cea interioară – 144 000 km. Masa totală a inelelor este aproximativ $3 \cdot 10^{-8}$ din masa lui Saturn.

3. Uranus – a treia după dimensiuni planetă gigantă. Ea are două culori frumoase verzi-albăstrui (imag. 3.24). Cauza este compoziția atmosferei planetei și temperatura ei.

La temperatura de –217 °C în straturile superioare ale atmosferei din hidrogen și heliu a lui Uranus se formează ceață din metan. Metanul absoarbe razele roșii și reflectă razele albastre și verzi. De aceea planeta are culori turcoaze frumoase. În atmosfera lui Uranus nu se înregistrează perturbații.

Uneori Uranus se poate vedea cu ochiul liber. El este întunecat și se mișcă lent. De aceea, în trecut el era considerat stea îndepărtată. Axa de rotație a lui Uranus este aproape orizontală. Direcția rotației este contrar opusă direcției de rotație



Imag. 3.24. Inelul sudic și norul strălucitor la nordul lui Uranus (a. 2005)

în jurul Soarelui. Uranus se mișcă în jurul Soarelui pe orbită aproape circulară (excentricitatea 0,047), distanța medie de la Soare e de 19 ori mai mare decât a Pământului 2871 mln km. **Diametrul** – 51 000 km. **Temperatura medie pe suprafață** – 200 °C. Planul orbitei e înclinat față de ecliptică sub unghiul de 0,8°. Uranus efectuează o rotație în jurul Soarelui timp de 84,01 ani pământești. Perioada rotației personale este de aproximativ 17 ore. **Sate-liți naturali** – 27. **Inele întunecate** – 11. În componența planetei este multă gheață, de aceea ea este considerată gigantă de gheață.

În 1977 au fost descoperite inelele lui Uranus. Fotografiele făcute de „Voyager-2” în 1986 au confirmat existența lor. Uranus e înconjurat de unsprezece inele înguste, situate în planul ecuatorului la distanța de la 42 până la 51,4 mii de km (sau 1,65–2,02 din rază) din centrul planetei. Lățimea tipică a inelelor e de la 1 până la 8 km, doar a celui mai mare ea se schimbă de la 22 până la 93 km. Grosimea inelelor nu depășește 1 km. Inelele lui

Uranus se compun din praf și particule mici întunecate și dure.

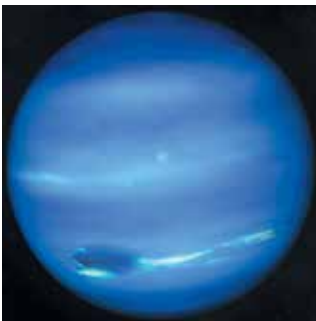
Uranus e mai greu decât Pământul de 14,5 ori, fapt ce demonstrează că este cel mai mic dintre planetele-gigante ale sistemului Solar. Densitatea lui Uranus – 1,270 g/cm³. Uranus se compune în mare parte din ghețuri diferite – de apă, de amoniac și metan. Masa lor, după diferite calcule, este de la 9,3 până la 13,5 din masa terestră.

Hidrogenul și heliul alcătuiesc doar o mică parte din masa totală (între 0,5 și 1,5 din masa terestră), cealaltă parte (0,5–3,7 din masa terestră) o formează rocile care constituie nucleul planetei.

Câmpul magnetic al lui Uranus are o proprietate interesantă. Axa de rotație a planetei corespunde în mare parte cu planul orbitei și liniile câmpului magnetic sunt răsucite într-un vârtej lung după planetă. Intensitatea câmpului magnetic e asemănătoare cu cea pământescă.

4. Neptun – a treia planetă după masă din sistemul Solar, se mișcă în jurul Soarelui pe orbită aproape circulară. Neptun a fost prima planetă ce a fost descoperită nu prin observări, ci prin calcule matematice, în 1846.

El e situat aproape de marginea sistemului Solar și obține foarte puțină energie solară. Însă, chiar în asemenea condiții planeta e foarte activă. Pe foto-



Imag. 3.25. Neptun cu Marea Pată Întunecată în stânga. Foto de pe „Voyager-2”

grafia lui Neptun se văd bine norii, care apar și dispar în atmosfera planetei. Pe Neptun se află o Pată Mare Întunecată (imag. 3.25), asemănătoare după structură cu Pata Mare Roșie de pe Jupiter. Viteza vântului pe Neptun atinge valori uriașe – 640 m/s. În compoziția planetei este o cantitate mare de gheață. Planeta aparține la gigantele de gheață.

Masa lui Neptun este de 17,2 ori mai mare decât masa Pământului, iar diametrul ecuatorului – de 3,9 ori mai mare (masa – $1,0243 \cdot 10^{26}$ kg, raza ecuatorială – 24 764 km). Neptun se mișcă în jurul Soarelui pe orbită eliptică, apropiată de circulară (excentricitatea 0,009). Distanța medie de la Soare e de 30 de ori mai mare decât a Pământului. Ea este aproximativ de 4497 mln km. Aceasta înseamnă că lumina de la Soare ajunge la Neptun mai mult de 4 ore.

Durata unei rotații totale în jurul Soarelui – 164,8 an pământesc. Rotația axială e destul de repede. Ziua durează doar 16 ore. Accelerarea căderii libere la suprafața acestei planete este în mediu de 1,14 ori mai mare decât cea pământescă. Dintre planetele sistemului Solar mai mare are doar Jupiter. Densitatea medie a lui Neptun ($1,66 \text{ g/sm}^3$) e aproape de trei ori mai mică decât a Pământului. Neptun are câmp magnetic, intensitatea căruia la poli e aproximativ de două ori mai mare decât pe Pământ. Temperatura efectivă pe suprafața planetei de circa 38 K. În centrul nucleului lui Neptun temperatura ajunge până la 7000 K la presiunea $7-8 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$. **Satețiți naturali – 14, inele – 4.**



Imag. 3.26. Nori pe Neptun

Presunerile că Neptun are inele au fost anunțate în 1984, în baza observărilor asupra acoperirii stelelor de către planetă. Trei cercuri închise și unul deschis se văd pe fotografiile făcute de nava cosmică „Voyager-2” în 1989. Inelele se află la distanța de la 1,7 până la 2,5 rază a planetei. Lățimea inelelor – 1700, 15, 5000 și 50 km. Ele se compun din praf de silicați ce absorb 6 % din lumina solară.

Atmosfera lui Neptun se compune din hidrogen (aprox. 67 %), heliu (31 %) și metan (2 %). În straturile superioare – 80 % hidrogen și 19 % heliu. În afară de ele, sunt și amestecuri neînsemnate de substanțe: acetilenă C_2H_2 , diacetilenă C_4H_2 , etilenă C_2H_4 și etan C_2H_6 , precum și monoxid de carbon CO și azot molecular N_2 .

Stratul principal de nori (imag. 3.26), situat la nivelul presiunii de aproximativ 3 atmosfere, se compune din hidrogen sulfurat înghețat H_2S , cu posibile mici amestecuri de amoniac NH_3 . Temperatura în această zonă e de circa 100 K ($-173 \text{ }^\circ\text{C}$). Mai sus de stratul principal, în atmosfera rece transparentă se condensează norii albi rari din metan înghețat CH_4 . Acești nori se ridică la înălțimea de 50-150 km și fac umbre pe învelișul principal de nori, după cum se vede pe fotografia făcută de „Voyager-2”.

Mai jos de primul strat de nori, la nivelul de aproximativ 20 atmosfere și temperatura de circa 200 K ($-70 \text{ }^\circ\text{C}$), se află al doilea strat de nori din hidrosulfură de amoniu NH_4SH . Mai jos – nori din gheață de apă.



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Indcați diferențele caracteristicilor fizice de bază ale planetelor gigante de cele ale planetelor din grupul terestru.
2. Care este particularitatea rotației în jurul axei a planetelor gigante?
3. Caracterizați particularitățile structurii planetelor gigante.
4. Care planetă mare din sistemul Solar cântărește mai mult decât toate celelalte planete luate împreună și Luna?
5. Ce prezintă în sine inelele planetelor? De ce uneori chiar prin cele mai puternice telescoape nu se văd inelele lui Saturn? Care observări demonstrează că inelul lui Saturn nu-i unitar?

§ 15. SATELIȚII PLANETELOR

Conform datelor din martie 2019, în sistemul solar s-au descoperit 185 de satețiți ai planetelor mari și 9 satețiți ai planetelor pitice. De asemenea, sunt cunoscuți și satețiți ai unor asteroizi. Șapte satețiți, inclusiv Luna, au diametrul mai mare decât 2500 km, iar Titan (satelitul lui Saturn) și Ganimede (3 satelit al lui Jupiter) sunt cu 1,5 ori mai mari decât Luna și chiar puțin mai

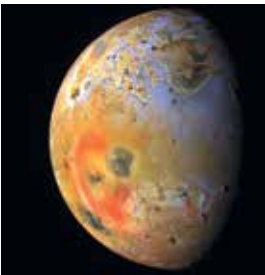
mari decât Mercur. Titan este unicul satelit cu atmosferă puternică, care se compune în majoritate din azot.

Sateliii mici de dimensiunea de zeci de kilometri sunt corpuri din piatră sau gheață cu formă neregulată. Suprafețele lor sunt pline de cratere și acoperite cu praf mărunț. Sateliții mijlocii (câteva sute kilometri) au de obicei formă sferică și densitate mică. După înfățișare, suprafața lor se aseamănă cu cea a Lunii. Prin diversitate se diferențiază 7 sateliți mai mari. După structură ei se aseamănă cu planetele din grupul terestru. Cei mai mari sateliți ai lui Jupiter au fost descoperiți de Galilei în 1610. Însă, informațiile principale despre natura marilor sateliți ai planetelor gigante au fost obținute în baza cercetărilor efectuate cu ajutorul aparatelor spațiale. Datorită stațiilor interplanetare automate s-au putut obține fotografii clare ale sateliților lui Marte și ale altor sateliți ai planetelor gigante de la o distanță apropiată. Pe ele se văd foarte bine numeroase detalii ale suprafeței: cratere, crăpături, neregularități. Sateliții lui Jupiter și ai altor planete îndepărtate sunt acoperiți cu un strat de gheață cu praf cu grosimea de zeci de kilometri. Pe satelitul lui Jupiter **Io** au fost fotografiate câteva vulcane active. Toți sateliții sunt acoperiți de cratere de origine meteoritică. Mulți sateliți, inclusiv și Luna, sunt întorși către planetă întotdeauna cu o singură parte. Perioadele siderale ale rotației lor sunt egale cu perioada de rotație în jurul planetelor sale. Patru cei mai mari sateliți ai lui Jupiter îi putem vedea prin binoclul prismatic. Dacă privim prin telescop, peste câteva ore vom putea observa cum ei se deplasează, cum uneori trec între Jupiter și Pământ iar uneori se ascund după Jupiter sau în umbra lui.

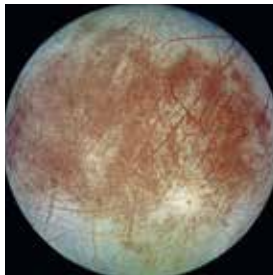
Modelul structurii interne a sateliților mari prevede existența a trei învelișuri: scoarța, mantia și nucleul. Nuclee, ce conțin compuși de fier și sunt 0,3-0,6 din raza satelitului, au sateliții Io (imag. 3.27, pe care se vede o pată mare întunecată încercuită de un cerc roșu, care s-a format în urma erupției lui Pillan în a.1997), Europa (imag. 3.28) și Ganimede.

Triton și Callisto (imag. 3.29) au nuclee pietroase și de dimensiuni asemănătoare. Scoarța din silicați a lui Io are grosimea de 30 km. Sub ea, la adâncimea de 100 km, se află magma lichidă, temperatura căreia ajunge până la 2000 K. Magma este sursă pentru numeroasele vulcane ale lui Io. Alți sateliți sunt acoperiți cu înveliș de gheață de diferită grosime, sub care se află mantia pietroasă.

Pe suprafața lui Triton și Galimede se văd urme de activitate tectonică: dărâmări, crăpături, mici creste. Callisto se deosebește de ei prin craterele de origine meteoritică. Invelișul de gheață al Europei este întretăiat de o rețea de benzi înguste, luminoase și întunecate. Aceste crăpături în scoarța de gheață groasă sunt cauzate de influența fluxurilor lui Jupiter. Observările de ani asupra acestor crăpături au demonstrat că masele de gheață au o deplasare neînsemnată una față de alta. Aceasta înseamnă că sub gheață este apă. În unele locuri ale învelișului Europei aparatul spațial „Galileo” a fotografiat acumulări stranii haotice de bucăți de gheață veche, înghețate în gheața proaspătă. Aceste structuri se numesc haose (imag. 3.30). Acest fapt demonstrează că uneori



Imag. 3.27. Io – satelitul lui Jupiter. Foto de „Galileo”



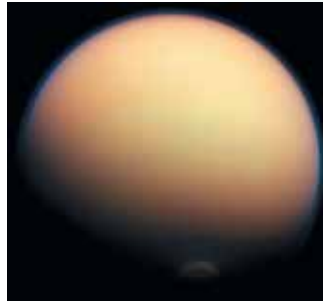
Imag. 3.28. Europa – satelitul lui Jupiter



Imag. 3.29. Callisto – satelitul lui Jupiter



Imag. 3.30. Haose pe Europa – satelitul lui Jupiter



Imag. 3.31. Titan – satelitul lui Saturn și straturile superioare ale atmosferei lui Titan (foto de „Cassini”)



gheața se topește și apoi iarăși îngheață. Blocurile de gheață care n-au reușit să se topească, rămân în gheața nouă. Suprafața de gheață a Europei e foarte tânără, deoarece n-au fost înregistrate cratere meteoritice pe ea.

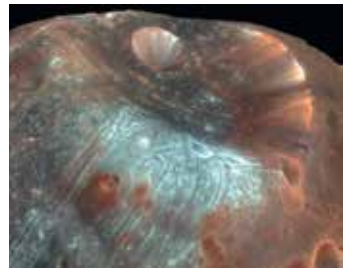
Pe Io nu-s semne că există o cantitate mare de apă, atât în interior, cât și la suprafața satelitelui. Pe el au avut loc numeroase erupții vulcanice. Compușii de sulf, aruncați de erupții și așezați pe suprafață, dau satelitelui culori de la alb până la roșu-aprins și negru. Culorile depind de temperatura substanței. Din gura vulcanului gazele sunt aruncate la înălțimea de circa 200 km cu viteza de aproximativ 1 km/s. Gheizererele gazoase au fost înregistrate deasupra calotei polare a lui Triton. Curenții de substanță neagră se aruncă de la suprafață, atingând înălțimea de 8 km.

Cea mai consistentă atmosferă are satelitul lui Saturn – Titan (imag. 3.31). Ea cu 60 % e mai densă decât a Pământului și se compune 85 % din azot. Presiunea atmosferică e mai mare decât cea terestră de 1,5 ori. Norii de metan și ceața fac imposibilă studierea suprafeței lui Titan.

Atmosferă rarefiată din azot și metan are satelitul lui Neptun – Triton (10^{-5} din cea terestră). Atmosferă slabă din oxigen molecular au sateliții lui Jupiter – Ganimede și Europa (10^{-9} și 10^{-11} din cea terestră).

Ea se formează în felul următor: lumina solară, razele cosmice și micrometeorii spulberă de pe suprafața de gheață molecule de apă, care, sub influența radiației ultraviolete, se descompun în atomi de Hidrogen și Oxigen. Atomii Hidrogenului părăsesc deodată atmosfera, iar atomii de Oxigen se unesc în molecule. Callisto are atmosferă rarefiată din dioxid de carbon, iar Io are atmosferă rarefiată din oxizi de sulf și gaze vulcanice (10^{-9} din terestră).

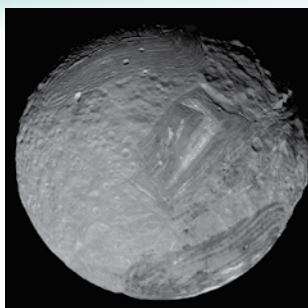
La câțiva sateliți mari s-au înregistrat câmpuri magnetice. Dintre planetele grupului terestru, în afară de Pământ, doar Marte are sateliți. Ei sunt doi la număr și au fost descoperiți în 1877 de astronomul american **Asaph Hall** (1829–1907). Acestea sunt corpuri din piatră de formă neregulată cu dimensiunile 27×19 km – Fobos (imag. 3.32) și 16×11 km – Damos (imag. 3.33).



Imag. 3.32. Fobos – satelitul lui Marte și craterul Sticni, foto de *Mars Reconnaissance Orbiter* (2008)



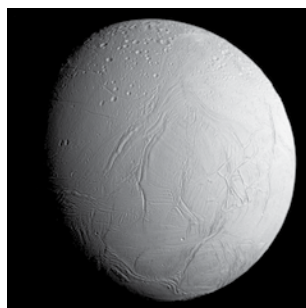
Imag. 3.33. Damos – satelitul lui Marte



Imag. 3.34. Miranda – satelitul lui Uranus. Foto de aparatul cosmic „Voyager-2”



Imag. 3.35. Mimas – satelitul lui Saturn, foto de „Cassini” (2005). Craterul mare are diametrul de peste 100 km



Imag. 3.36. Enceladus – satelitul lui Saturn. Foto de „Cassini-Huygens” (2005)

În imag. 3.34–3.36 sunt redați unii sateliți ai planetelor sistemului Solar.

Mulți dintre sateliți au mișcare interesantă. De exemplu, Fobos se rotește în jurul lui Marte de trei ori mai repede decât însăși planeta în jurul axei sale. De aceea, dacă urmărim de pe Marte, el de două ori va răsări la vest și de două ori își va schimba total fazele, parcurgând bolta în întâmpinarea rotației diurne a stelelor. Sateliții lui Marte se află aproape de suprafața planetei. Fobos – la o distanță mai mică decât diametrul planetei. Sateliții îndepărtați ai lui Jupiter și Saturn sunt foarte mici și au formă neregulată. Unii dintre ei se rotesc în sens opus față de rotația planetei. Planele orbitelor sateliților lui Uranus sunt apropiate de planul ecuatorului planetei și aproape perpendicular față de planul orbitei lui Uranus.

76



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Numiți cei mai mari sateliți ai planetelor sistemului Solar. Povestiți despre unele trăsături caracteristice pentru fiecare dintre ele.
2. Prin ce se explică coloritul minunat al lui Io?
3. Ce demonstrează numeroasele cratere pe sateliții lui Jupiter?
4. Care sateliți ai planetelor au atmosferă?
5. Ce cauzează existența destul de consistentă a atmosferei lui Titan?

§ 16. PLANETELE PITICE ȘI CORPURILE MICI ALE SISTEMULUI SOLAR

1. Planetele pitice. Centura lui Kuiper, norul lui Oort. În august 2006 la Întrunirea uniunii astronomice Internaționale a fost primită o nouă definiție a planetei și pentru prima oară a fost lansată noțiunea de **planetă pitică**.

Planete pitice se consideră obiectele ce se rotesc în jurul stelelor, au formă sferică și nu sunt sateliți ai planetelor.

Până în august 2006 Pluto, descoperit de Clyde Tombo (1906–1997) în 1930, era considerat a noua planetă din sistemul Solar.

Însă, după caracteristicile dinamice și fizice, el se deosebea esențial de alte planete. În 1978 a fost descoperit satelitul lui Pluto–Charon. Diametrul lui este de 1205 km, puțin mai mult decât jumătate din diametrul lui Pluto, iar raportul maselor este 1 : 8. Unii astronomi l-au trecut pe Charon la sateliți, alții au văzut sistemul Pluto-Charon ca planetă dublă.



Imag. 3.37. Dimensiunile comparative ale Pământului și ale unor planete pitice

Conform hotărârii Uniunii Astronomice Internaționale diferența planetei duble de sistemul planetă-satelit (de exemplu, Pământ-Lună) constă în deplasarea baricentrului – centru de greutate. În primul caz acest centru se află în spațiul cosmic deschis, iar în al doilea caz – în interiorul planetei ce are sateliți.

77

È evident, că Pluto este unul dintre cele mai mari obiecte cunoscute în prezent din centura lui Kuiper. Deși, unul dintre obiectele (Erida) centurii este corp mai mare decât Pluto (imag. 3.37).

Centura lui Kuiper este o zonă în formă de disc din obiecte de gheață aflată după orbita lui Neptun – la miliarde de kilometri de la Soare. Pluto și Erida sunt cele mai cunoscute dintre acele lumi de gheață (acolo pot fi încă sute de pitice de gheață). Centura lui Kuiper și norul lui Oort sunt „casă” pentru corpurile ce se rotesc în jurul Soarelui.

Cunoscuții asteroizi și comete din ambele zone sunt mai mici decât Luna. Centura lui Kuiper este un cerc care începe după orbita lui Neptun la distanța de la 30 până la 60 UA.

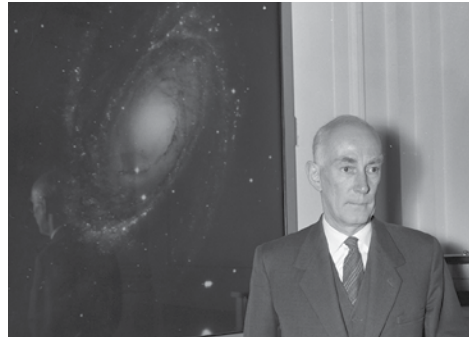
Norul lui Oort este un învelis sferic ce ocupă spațiul la distanța de la 50 până la 100 de mii UA (până la 1 a.l.). Este o pătrime din distanța până la Proxima Centauri – cea mai apropiată stea de Soare. Centura lui Kuiper și discul împrăștiat sunt alte două zone ale obiectelor transneptuniene, de-o mie de ori mai mici decât norul lui Oort. Limita exterioară a norului lui Oort determină limita gravitațională a sistemului Solar – sfera lui Hill, care se măsoară pentru sistemul Solar în 2 ani lumină.

Unele planete pitice din limitele centurii lui Kuiper au atmosfere subțiri care se ruinează când orbitele lor le duc la cele mai mari distanțe de Soare. Câteva planete pitice din centura lui Kuiper au sateliți foarte mici. Nu s-au înregistrat inele în jurul asteroizilor, în nicio porțiune a spațiului. Centura lui Kuiper și norul lui Oort sunt denumite în cinstea astronomilor **Gerard Kuiper** (1905–1973) și **Jan Oort** (1900–1992), care au prevăzut existența lor în anii 50 ai sec. al XX-lea.

Planetele și planetele pitice sunt două categorii diferite de obiecte ale sistemului Solar. Pe lângă Pluto, planete pitice se consideră Charon, „foști” asteroizi Ceres, Vesta, Palladus, situați între orbitele lui Marte și Jupiter și obiectele centurii lui Kuiper – Erida, Sedna ș.a., ce se află încă mai departe decât Pluto.



Gerard Kuiper



Jan Oort

După părerea astronomilor, în zona centurii lui Kuiper sunt zeci de planete pitice, asemănătoare cu Pluto, însă descoperirea lor e aproape.

2. Asteroizii. Toate celelalte obiecte, cu excepția planetelor pitice, care se rotesc în jurul Soarelui și nu sunt sateliți, se numesc **corpuri mici** ale sistemului Solar. La această categorie se referă majoritatea asteroizilor care se află între Marte și Jupiter, obiectele transneptuniene din centura lui Kuiper, cometele și toate celelalte corpuri ce se rotesc în jurul Soarelui.

După anul 1801 între orbitele lui Marte și Jupiter au fost identificate câteva planete pitice și o mulțime de asteroizi.

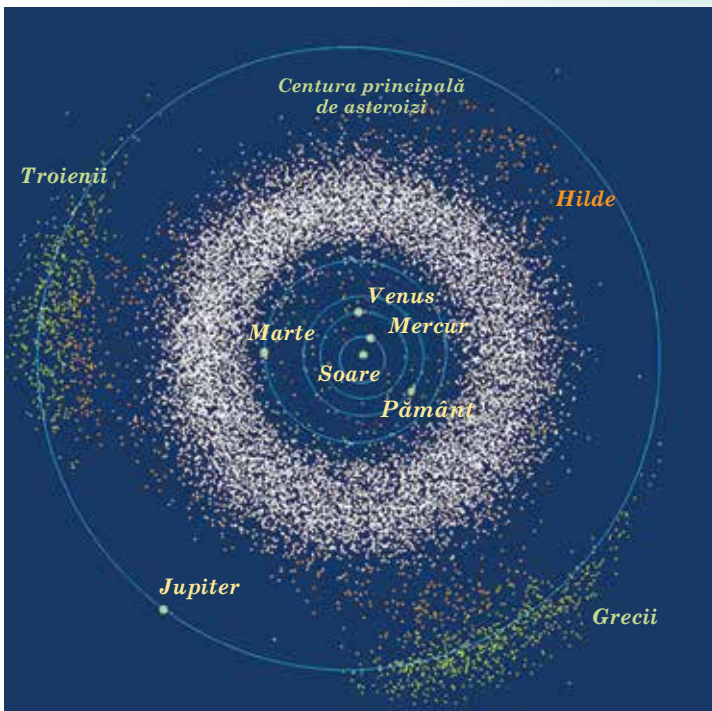
78

Asteroid (planetă mică) – corp mic din sistemul Solar, ce are formă neregulată și se află pe orbită heliocentrică.

Până la începutul sec. al XX-lea au fost descoperiți circa 500 de asteroizi, diametrul cărora este de zeci de kilometri. În prezent, în baza de date a Centrului planetelor mici se numără aproximativ 100 mln de obiecte, dintre care la 600 mii s-au determinat orbitele și li s-au atribuit numere constante. Circa 18 mii dintre ele au primit nume întărite oficial. Savanții presupun că în centura principală de asteroizi trebuie să fie de la 1,1 până la 1,9 mln de obiecte, ce au dimensiuni de peste 1 km în diametru.

Asteroizii se consideră a fi resturi ale discului protoplanetar ce s-a format după întemeierea sistemului Solar. Masa totală este 0,1 din masa Pământului. Asteroizi noi se descoperă în fiecare an. O mare parte dintre ei (98 %) se mișcă în plane apropiate de ecliptică, pe orbite cu excentricitate mică, poziționându-se între orbitele lui Marte și Jupiter la distanța 2,2–4,5 UA de la Soare. Asteroizii se mișcă în jurul Soarelui în aceeași direcție în care și planetele. Zona de spațiu dintre orbitele lui Marte și Jupiter, unde se află majoritatea asteroizilor, se numește **centura principală de asteroizi** (imag. 3.38).

După una dintre ipoteze, asteroizii sunt rămășițele planetezimalelor care au existat cândva (planetezimal – corp ceresc pe orbită în jurul stelei ce se formează în rezultatul sedimentării treptate pe el a obiectelor mai mici și a particulelor). Procesul de formare a lor în planetă s-a oprit din cauza perturbațiilor din partea gigantului Jupiter, care se rotește repede. În rezultatul acestui cuplu, substanțele s-au schimbat în mărunțișuri. Perturbațiile planetelor gigante schimbă orbitele asteroizilor, impunându-i să se ciocnească unul cu altul, cu planetele și cu sateliții lor. Conform altei versiuni asteroizii au apărut în rezultatul ruinei unei planete ce se afla între Marte și Jupiter.



Imag. 3.38. Locul centurii de asteroizi în sistemul Solar

În 1951 astronomul francez Gerard Kuiper a prevăzut existența centurii de asteroizi în afara orbitei lui Neptun. Teoretic, această centură trebuie să se afle la distanța de 35–50 UA de la Soare. E posibil că ea este resturile nebuloasei primare, din care s-a format sistemul Solar. Masa totală a corpurilor centurii lui Kuiper e echivalentă cu masa Pământului.

Pentru prima oară a fotografiat suprafața asteroizilor aparatul cosmic interplanetar „Galileo”. Apropiindu-se de Jupiter, el a înregistrat asteroizii Haspra și Ida cu satelitul Dactil (imag. 3.39).

Prima aterizare reușită pe suprafața asteroidului e efectuat-o aparatul spațial NEAR la 12 februarie 2001. Asteroidul Eros s-a dovedit a fi corp pietros cu formă neregulată și dimensiunile $33 \times 13 \times 13$ km, cu densitatea 2700 kg/m^3 , asemănătoare cu densitatea rocilor scoarței Pământului. Suprafața asteroidului e acoperită de praf, semănată cu cratere și locuri de piatră (diametrul până la 100 m).

În prezent, în sistemul Solar, la distanța ce nu depășește 100 UA se află aproximativ 1 mln de corpuri mici cu dimensiunea de 1 km. Orbitele asteroizilor își măresc excentricitatea până la 0,8 din cauza puterii gravitaționale din partea planetelor gigante. Acest fapt face ca unii asteroizi să pătrundă în mijlocul orbitelor lui Marte, a Pământului și chiar a lui Mercur. Astfel de corpuri cerești se pot ciocni cu Pământul nu mai rar de o dată la 20 mln ani. Există nu mai puțin de 200 mii de asteroizi cu diametrul de 100 m și mai mult, orbitele cărora pot să intersecteze orbita Pământului. Probabilitatea ciocnirii cu un astfel de corp – aproximativ 1 dată la 5 mii de ani, rezultatul fiind un crater cu diametrul de circa 1 km.



Imag. 3.39. Asteroidul Ida cu satelitul Dactil

La 31 octombrie 2015, aproximativ la ora 19:00 ora Kyivului, la o distanță periculoasă de la Pământ (486 mii km, de 1,3 ori mai departe decât distanța până la Lună) a zburat un asteroid. De aceea, în multe țări, inclusiv în Ucraina, a fost înființat serviciul pentru cercetări asupra asteroizilor periculoși, pentru ca, în caz de pericol din partea lor, să le schimbe orbita sau să-i distrugă. La început asteroizilor le atribuiau nume de zeițe mitologice – nume de femei. Când ele s-au terminat, au început să-i denumească în cinstea unor savanți cunoscuți din diferite țări. Printre asteroizi sunt denumiri ce se referă la Ucraina: Jytomyr, Odesa, Herson, Kobzar, Skovoroda, Vsehsviatskyi, Ciuriumov, Iațkiv ș.a. Cei mai cunoscuți asteroizi: Pallas, Iunona, Vesta, Eros, Amur, Hidalgo, Ikar.

3. Meteoriiți. În spațiul interplanetar se mișcă o cantitate enormă de corpuri pietroase și feroase de diferite dimensiuni, forme, și compoziție chimică. Aceste corpuri se numesc **corpuri meteoritice**. Când un asemenea corp intră în atmosfera Pământului cu viteză cosmică, în rezultatul rezistenței aerului el se încălzește, începe să se topească și să lumineze – pe cer apare o sferă strălucitoare de foc. Acest fenomen a primit denumirea de **bolid** (din gr. βολίς – „suliță metalică”). Noaptea bolidul luminează un spațiu de zeci și chiar sute de kilometri împrejur. Bolizi foarte strălucitori pot fi văzuți și ziua. În urma sferei de foc rămâne o coadă din molecule de aer ionizate ce luminează, care se termină cu șuvoaie de praf. Praful este produsul ruinării corpului meteoritic în timpul mișcării lui prin atmosfera terestră, fiindcă în timpul deplasării cu o viteză foarte mare corpul se înfierbântă până la câteva mii de grade. Substanța de pe suprafața lui se topește neconținut și se evaporă parțial: este spulberată de fluxurile de aer și se împrăștie în formă de picături mici. Anume ele alcătuiesc urma de praf a bolidului. Consistența crescândă a aerului creează în jurul corpului meteoritic o undă de șoc. Ea cauzează următoarele fenomene sonore – vuiet și bubuitură.

Restul corpului meteoritic ce nu s-a ruinat în întregime cade pe suprafața Pământului. Acesta este meteoritul. **Meteoriiți** sunt bucăți de corpuri cerești din sistemul Solar. Corpul meteoritic, ce are masă inițială enormă, de zeci și sute de mii de tone, parcurg întreaga atmosferă, păstrând viteza cosmică de câțiva kilometri pe secundă. În rezultatul ciocnirii se produce o explozie și se formează craterul meteoritic. El poate avea dimensiuni de la câțiva metri până la 100 km. Cel mai cunoscut crater este cel din Arizona, cu diametrul de 1200 m, adâncimea de 180 m și înălțimea valului de circa 50 m (imag. 3.40). E posibil, ca el să fi apărut cu 30 mii de ani în urmă. În prezent s-au identificat peste 180 de astrobleme – **râni stelare** (astfel sunt numite de savanți), aflate pe toate continentele. Pe teritoriul Ucrainei, în apropiere de Vinița, este o rană stelară ce se numește **astroblema de la Illinți**. După căderea meteoritului, ce s-a întâmplat câteva milioane de ani în urmă, s-a format un crater gigantic cu diametrul de 5 km.

Craterul din apropierea localității Kropyvnyțkyi, identificat în 2002, are diametrul de 24 km, adâncimea – peste 500 m. Zona de aruncare a rocilor ocupă Ucraina Centrală, ajunge până la Crimeea, România și Rusia.

După compoziție, toți meteoriiți se împart în trei categorii principale: pietroși, feropietroși și feroși. Meteoriiți pietroși sunt apropiați după compoziția chimică de rocile terestre: conțin oxizi de fier, de siliciu și magniu. Circa 90% din meteoriiți pietroși conțin chondre – particule sferice cu dimensiuni de la microscopice până la boabe. Asemenea meteoriiți se numesc **chondrite**, iar restul – **achondrite**.

Cel mai mare meteorit a fost găsit în anul 1920 lângă localitatea Hoba în Africa de Sud-Vest. El este un meteorit feros cu masa de aproximativ 60 t. Meteoritul Kniahynia a fost găsit în 1866 în regiunea Transcarpatia. Masa lui e de 500 kg. O parte a lui e redată în imag. 3.41.



Imag. 3.40. Crater meteoritic în Arizona (SUA)



Imag. 3.41. O parte a meteoritului Kniyahnya

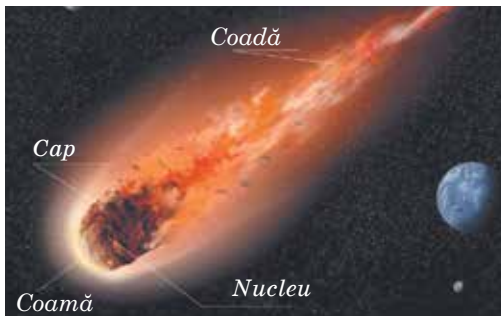
În Ucraina au fost găsiți doar 43 meteoriți. Ultimul dintre ei – meteoritul feros Verhni Saltiv cu masa de 9,5 kg – a fost găsit în 2001 în timpul săpăturilor așezărilor hararice în regiunea Harkiv.

4. Cometele. Despre **comete** – „stele cu coadă” – se știa din vremurile îndepărtate. Primele scrieri chinezești despre comete datează din mileniul III î.e.n. Îndepărtate de Soare, cometele par a fi niște obiecte cețoase. Apropiindu-se de Soare, ele devin strălucitoare, cresc în dimensiuni, le apare coada, îndreptată în direcție opusă de la Soare.

Pe parcursul întregii istorii a omenirii au fost observate circa 3500 comete. În cataloage au fost înregistrate aproximativ 1000 dintre aceste corpuri mici ale sistemului Solar. Au fost determinate și elementele orbitelor lor. Majoritatea cometelor se mișcă pe orbite alungite cu excentricitatea apropiată de o unitate. Cometele se împart în **scurt periodice** (cu perioada de rotație mai puțin de 200 ani) și **lung periodice**. Prima cometă periodică a fost identificată de astronomul englez **Edmond Halley** (1656–1742).

El a calculat orbitele a 24 comete strălucitoare. Analizând catalogul lui de comete, Halley a observat o asemănare între elementele orbitelor cometelor din anii 1531, 1607 și 1682 și a constatat că aceasta este o revenire succesivă a aceleiași comete, ce se mișcă pe orbită eliptică foarte alungită într-o perioadă de circa 76 ani. Conform prorocirilor lui Halley, ea a fost găsită în 1758. Această cometă a primit denumirea de **cometa lui Halley** (imag. 3.43). Ea se mișcă pe o orbită cu semiaxă mai mare $a = 17,94$ UA în direcția opusă rotației Pământului. În structura cometei se evidențiază următoarele elemente (imag. 3.42): nucleu, coamă, cap și coadă.

Nucleul cometei – corp mic înghețat ce conține compuși organici și gaz înghețat. Până la 80 % din nucleul cometei îl constituie gheața de apă, de asemenea dioxidul de carbon, monoxidul de carbon, metanul, amoniacul și particulele metalice aflate în gheață. În gheața cometelor sunt substanțe mult mai compuse,



Imag. 3.42. Structura planetei



Imag. 3.43. Cometa lui Halley (a. 1985)

chiar aminoacizi. Conform cercetărilor efectuate de aparatele spațiale, nucleul cometei lui Halley este un corp monolitic de formă neregulată cu dimensiunea de 16×8 km, masa kg și densitatea mică de aproximativ 600 kg/m^3 .

Când se apropie de Soare (la distanța de câteva UA) la cometă se formează capul. El apare în rezultatul încălzirii nucleului, evaporarea și eliminarea de pe suprafața lui a gazelor și prafului. Diametrele vizibile ale capurilor cometelor odată cu apropierea de Soare ating dimensiunile 10^4 – 10^6 km. Sub acțiunea radiației solare asupra gazelor ce înconjoară capul cometei, se formează coada. Cozile cometelor strălucitoare se întind pe o lungime de sute de milioane de kilometri. De exemplu, coada cometei *Hyakutake* (cometa *C/1996 B2* – cometă lung periodică, descoperită în 1996 de astronomul-amator japonez Yuji Hyakutake) se întinde pe aproximativ 300 mln km. Consistența particulelor în cozile cometelor e foarte mică. Ea poate fi comparată cu mediul interplanetar.

În dependență de formă, cozile se împart în câteva tipuri:

1. Coada se formează în urma accelerării de către vântul solar a ionilor cometei și e îndreptată în direcția opusă Soarelui.

2. Coada e puțin îndoită și se compune din fire de praf, ce împreună au dimensiunea de zeci de kilometri.

3. Coada ce se compune în majoritate din praf, este bine îndoită sub influența câmpului magnetic.

4. „Anticoadă” – erupțiile de pe capurile cometelor, îndreptate direct spre Soare.

Fiecare revenire a cometei la Soare nu trece fără urmări. Nucleul ei pierde circa $1/1000$ din masa lui. De exemplu, timpul de existență a planetei lui Halley este de aproximativ 20 mii de ani. Însă, cometele pot exista și mai puțin timp, din cauză că ele se supun și unor perturbații interne, cauzate de influența Soarelui, sau a fluxului și refluxului Soarelui și a lui Jupiter. Cometele mor și din cauza ciocnirii cu planete și corpuri meteoritice. Documentar sunt înregistrate peste 30 comete care s-au descompus în componente aparte în fața observatorilor. Astfel, în 1992, cometa Shoemaker–Levy s-a apropiat de Jupiter. În rezultatul influenței gravitaționale puternice ea s-a sfărâmat în 22 de bucăți. Peste 2 ani, întrecând pe orbită Jupiterul, ele au intrat în atmosfera planetei cu o viteză de 60 km/s (imag. 3.44). Ca urmare, s-au format niște creațiuni negre în formă de vârtej, dimensiunile cărora sunt asemănătoare cu ale Pământului.

Este probabilă o ciocnire a nucleelor cometelor cu Pământul.

Savantul ucrainean în domeniul mecanicii, doctor în științe fizico-matematice, **Olena Kazymyrciak-Polonska** (1902–1992) și-a consacrat munca științifică studierii mișcării cometelor. Ea a pus accent pe studierea cometelor scurt periodice: a determinat că legitățile caracteristice mișcării acestor comete este apropierea de planetele mari (în special cu Jupiter). Ea a studiat mișcările a 35 comete scurt periodice din diferite familii planetare, a determinat tipurile de schimbări ale orbitei lor cometelor.



Imag. 3.44. Căderea bucăților cometei Shoemaker–Levy pe Jupiter



Olena Kazymyrciak-Polonska

A argumentat ipoteza atragerii cometelor scurt periodice de către planetele mari și a calculat legitățile generale ale orbitelor cometelor. În 1978 planeta nr. 2006, desoperită în observatorul de astrofizică din Crimeea, a fost denumită Polonska, iar între Saturn și Uranus se mișcă în spațiu centura de asteroizi Kazymyrciak-Polonska.

5. Meteorii și curenții meteorici. În timpul mișcării în jurul Soarelui, cometele se descompun. De-a lungul orbitelor lor se întind trene, cozi de praf care pot intersecta orbita terestră. Particulele, intrând cu o viteză cosmică enormă în atmosfera Pământului, ard, lăsând o urmă strălucitoare (în popor se spune: a căzut o stea). Acest fenomen se numește **meteor** (imag. 3.45). Particula se numește **corp meteoric**.

Dimensiunile corpurilor meteorice, care nasc fenomenul meteorului, sunt de la câțiva microni (atunci firele de praf se pot vedea doar în telescop), până la câțiva centimetri (au o strălucire mare). După unele calcule, substanța meteorică ce pătrunde în atmosfera Pământului constituie circa 50 mii de tone pe an.

Aproximativ 1% din corpurile meteorice ce se ciocnesc de Pământ vin din spațiul interplanetar. Corpurile meteorice intră în atmosfera terestră cu o viteză de la 11 până la 72 km/s, întâlnind în calea sa o rezistență puternică a aerului, ce mereu crește. Suprafața corpului meteoric se înfierbântă până la câteva mii de grade și se transformă în gaz incandescent, ce ionizează moleculele de aer din jur. Prin urmare, observatorul vede de pe Pământ o dără strălucitoare de foc.

Strălucirea corpului meteoric începe la înălțimea de 120 km și dispare la 60–80 km de la suprafața terestră, când corpul se evaporază complet în atmosfera Pământului. Întreg zborul corpului meteoric durează de la câteva zecimi până la câteva secunde. Timpul de urmărire a fenomenului meteorului depinde de viteza corpului meteoric.

Proprietățile și natura substanței meteorice se studiază cu ajutorul cercetărilor vizuale, fotografice, spectrale și radiolocative. Cercetările au demonstrat că întreg complexul substanței meteorice se împarte în corpuri meteorici ocazionali și particule meteorice ce aparțin la roiurile meteorice.

Corpurile meteorice ce apar într-o anumită perioadă a anului și cad cu zecile pe oră fac parte din curenții meteorici sau ploile de meteori. Curenții meteorici se observă când Pământul intersectează orbita roiului meteoric. Meteorii fiecărui curent se mișcă în spațiu pe traiectorii aproape paralele, însă nouă ne pare că ele ies din același punct. Anume acest punct se numește **radiant** (imag. 3.46).

Curentul meteoric își are denumirea acelei constelații sau stele în apropierea căreia se află radiantul, cum ar fi Draconidele, Orionidele etc. Printre curenții meteorici se întâlnesc și curenți, intensitatea cărora nu se schimbă din an în an. Aceasta înseamnă că particulele meteorice sunt repartizate aproape uniform de-a lungul orbitei roiului. Cel mai cunoscut curent de acest fel este curentul Persedelor, ce se observă, anual, în august.

O dată la 33 de ani se observă ploile meteorice cu radiantul în constelația Leul, când Pământul se întâlnește cu partea cea mai consistentă a roiului. Acest roi naște curentul meteoric Leonidele (imag. 3.47), ce se observă în mijlocul lui noiembrie. Orbita acestui roi meteoric corespunde în majoritate cu orbita cometei 1866 I. Așadar, s-a determinat originea roiurilor meteorice. Ruinându-se, planeta naște roiul meteoric.



Imag. 3.45. Meteor strălucitor



Imag. 3.46. Radiantul curentului meteoric



Imag. 3.47. Ploaia meteorică a curentului Leonidelor a avut loc în a. 2001 în Japonia. Această imagine este o compoziție din 34 fotografii, obținute în mai puțin de 2 min



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Ce sunt planetele pitice? Care planete pitice cunoașteți?
2. Care obiecte cerești se numesc corpuri mici?
3. De ce asteroizii n-au atmosferă? Care este forma și dimensiunile majorității asteroizilor? Există, oare, pericolul de ciocnire a Pământului cu un asteroid?
4. Care sunt cauzele formării centurii de asteroizi dintre orbitele lui Marte și Jupiter? Exprimați-vă părerea.
5. Cum se poate diferenția asteroidul de stea pe cerul înstelat?
6. Care este cel mai mare crater meteoric găsit pe teritoriul Ucrainei?
7. De ce cozile cometelor sunt îndreptate în direcția opusă de la Soare? Ce este nucleul și coada cometei? Care este legătura dintre comete, meteori și asteroizi?

§ 17. STUDIAREA CORPURILOR SISTEMULUI SOLAR ȘI ALE UNIVERSULUI CU AJUTORUL APARATELOR SPAȚIALE

1. Cercetările contemporane ale Universului. Cu puțin timp în urmă, astronomia extraatmosferică era un vis al multor savanți astronomi. În prezent ea este un domeniu dezvoltat al științei. Rezultatele obținute de la telescoapele cosmice au dat peste cap, fără exagerații, multe dintre viziunile noastre despre Univers.

O cantitate enormă de informații despre spațiul cosmic rămâne în afara atmosferei terestre. Cea mai mare parte a diapazonului infraroșu și ultraviolet, deasemenea radiațiile X și γ de origine cosmică sunt inaccesibile pentru observările efectuate pe Pământ. Pentru a studia Universul în aceste radiații, trebuie de mutat dispozitivele pentru observări în spațiul cosmic.

Pentru ca observatorul cosmic să dea rezultate bune, e nevoie de o colaborare a mai multor specialiști. Inginerii cosmici pregătesc telescoapele pentru a le scoate pe orbită, urmăresc ca toate dispozitivele să fie asigurate cu energie electrică și să funcționeze normal. Fiecare obiect poate fi urmărit câteva ore, de aceea e important ca orientația satelitului ce se rotește în jurul Soarelui să fie îndreptată totdeauna în aceeași direcție, pentru ca axa telescopului să rămână ațintită doar asupra obiectului observat.

Astronomii adună cereri pentru a efectua cercetări, le aleg pe cele mai principale, întocmesc programul cercetărilor, verifică obținerea și prelucrarea informației. Datele obținute de telescoapele spațiale sunt accesibile o perioadă de

timp doar pentru autorii programului de cercetări. Apoi, ele sunt expuse în rețelele Internet, unde fiecare astronom poate să le folosească pentru cercetările proprii.

În perioada de studiere a spațiului cosmic au fost efectuate un număr mare de misiuni științifice cosmice, care au adus o contribuție foarte valoroasă în dezvoltarea cunoștințelor noastre despre Univers. Ne oprim la câteva dintre ele.

2. Telescoapele și observatoarele spațiale. În 1946 fizicianul Lyman Spitzer (1914–1997) a publicat articolul „Avantajele astronomice ale observatorului extraterestru” (engl. *Astronomical advantages of an extra-terrestrial observatory*). În lucrare au fost evidențiate două avantaje principale ale telescopului cosmic: 1) rezoluția unghiulară va fi limitată doar de difracție, nu de curenții turbulenți din atmosferă; 2) telescopul spațial ar putea efectua observări în diapazon infraroșu, ultraviolet, röntgen și γ diapazon, în care radiația e absorbită de atmosfera terestră.

În octombrie 1959 pământeni au văzut pentru prima oară imaginea părții opuse a Lunii.

În 1962 Marea Britanie a lansat telescopul orbital „Ariel” pentru a studia Soarele. În 1966 NASA a lansat primul observator orbital OAO-1 (engl. *Orbiting Astronomical Observatory*). Misiunea n-a avut succes din cauza deteriorării acumulatorului, după trei zile de la lansare. În 1968 a fost lansat OAO-2, care a efectuat cercetări asupra radiațiilor ultraviolete ale stelelor și galaxiilor până în 1972, întrecând termenul menit pentru exploatare.

În 1967 observatorul cosmic american OSO-3 a descoperit radiațiile γ ale galaxiei noastre, iar între anii 1975–1982 satelitul european COS-B a întocmit prima hartă γ -radiantă a Căii Lactee. Pe parcursul anilor 70–80 ai sec. XX pe orbita din jurul Pământului funcționau câteva zeci de sateliți artificiali ai Pământului și stații orbitale cosmice, care se foloseau pentru efectuarea cercetărilor astronomice în diferite game spectrale.

Misiunile OAO și OSO au demonstrat posibilitățile telescoapelor orbitale. Din această cauză, între anii 70–90 ai sec. al XX-lea NASA a proiectat și a construit 4 observatoare cosmice mari, fiecare studiind Universul într-o anumită parte a spectrului.

Studierea radiației infraroșii în astronomie a început cu faptul că, folosind telescopul orbital, s-au făcut calcule exacte ale temperaturii suprafeței și atmosferei planetelor sistemului Solar.

Astfel, în atmosferele lui Marte, Venus și Jupiter a fost găsit dioxidul de carbon. Observările infraroșii asupra planetelor gigante au dat posibilitatea să cunoaștem structura atmosferelor lor și să găsim gheață pe sateliții lor.

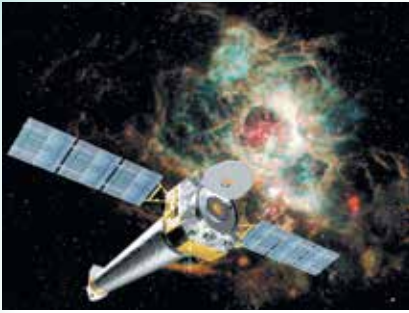
O descoperire mare a astronomiei infraroșii a fost apa, găsită în cosmos în cantități foarte mari. Ea se conține în nebuloasele mixte (din gaz și praf), în comete și pe planetele mici.

Primul observator infraroșu a fost lansat în ianuarie 1983 în baza proiectului comun americano-european *IRAS*. În componența complexului *IRAS* a fost telescopul reflector cu diametrul oglinzii de 57 cm (imag. 3.48).

Deoarece atmosfera terestră ecranează puternic radiația ultravioletă, receptoarele ei au fost instalate pe sateliții artificiali ai Pământului. Observările efectuate în 1999 au adus rezultate științifice foarte interesante. S-a adeverit, că în



Imag. 3.48. Observatorul infraroșu *IRAS*



Imag. 3.49. Observatorul „Chandra”

S-au făcut observări asupra Soarelui, quasrilor, pulsarilor, stelelor supernove, a găurilor negre. În perioada de 10 ani de funcționare observatorul a descoperit 400 surse de radiații γ spațiale, de 10 ori mai multe decât până la lansarea lui. El a înregistrat de asemenea 2,5 mii de γ -explozii. Până la el au fost fixate doar 300.

Surse de radiații γ sunt exploziile pe Soare, nucleele galaxiilor active, quasarii. Cu ajutorul observatoarelor spațiale röntgen se studiază stelele supernove, nebuloasele, stelele neutronice, coroana solară și exploziile pe Soare.

86

Al treilea observator spațial mare pentru studierea Universului în diapazon röntgen a fost lansat pe orbită în 1999. Informația obținută de acest observator orbital demonstrează că în Univers există nu mai puțin de 300 mln de găuri negre. Observatorul „Chandra” (imag. 3.49) a înregistrat pentru prima oară procesul de ruinare a unei stele obișnuite, care s-a apropiat foarte mult de o gaură neagră. În 2004 el a înregistrat, tot pentru prima oară, surse röntgen, care pot fi găuri negre de tip nou cu masa de câteva mase solare.

3. Studiarea realizărilor telescopului orbital Kepler. Telescopul orbital „Kepler” este telescop NASA (imag. 3.50), menit pentru identificarea exoplanetelor (planete extrasolare), numit în cinstea lui Johann Kepler.

Telescopul a fost lansat la 7 martie 2009 din cosmodromul de pe Cape Canaveral, statul Florida. Misiunea lui „Kepler” a fost planificată pe 3,5 ani. În toată această perioadă el trebuia să studieze circa 100 mii de stele asemănătoare cu Soarele, în jurul cărora se pot roti exoplanete. Aparatul caută planete situate în afara sistemului Solar cu ajutorul metodei de tranziție. (Când planeta trece pe fundalul discului stelei, ea ascunde de observator o parte a radiației ei. Analizând oscilațiile luminozității astrilor, astronomii pot nu doar să găsească planete, ci și să determine cu aproximație dimensiunile lor). „Kepler” se rotește în jurul Soarelui pe o orbită cu raza de circa 1UA. De fapt, repetă calea planetei noastre, ce se rotește în jurul Soarelui.



Imag. 3.50. Telescopul orbital „Kepler”

La momentul lansării lui astronomii au fost identificat 350 de exoplanete. Datele din ziua de 22 decembrie 2011 ne spun că s-au identificat 716 exoplanete în 584 de sisteme planetare. Majoritatea dintre ele sunt gigante gazoase, cum este Jupiter. Pe astfel de planete nu se pot dezvolta organisme de tip terestru. Anume colonizarea acestor planete îi interesează pe savanți. „Kepler” va putea găsi planete potrivite pentru viață de dimensiuni mai mici.



Edvin Hubble



Imag. 3.51. Telescopul „Hubble”

Astfel, la 20 ianuarie 2015 s-a determinat existența a 1900 de exoplanete în 1202 sisteme planetare, dintre care în 480 mai mult decât o planetă. Arhivele exoplanetare ale NASA recunosc descoperite 1795 de planete extrasolare. Conform proiectului „Kepler”, în prezent sunt 4175 corpuri cerești ce pot fi exoplanete, însă pentru confirmarea oficială a statutului lor e nevoie de încă o înregistrare cu telescoape terestre (după statistică, aceasta se întâmplă în 90 % din cazuri).

Optica telescopului spațial (imag. 3.51) al lui Edvin Hubble (1889–1953) e aproape de sistemul optic ideal. În afara atmosferei, oglinda acestui telescop cu diametrul de 2,4 m poate să atingă rezoluția de 0,06”.

Numărul total de exoplanete în galaxia noastră poate ajunge până la sute de miliarde, fără să calculăm „planetele-orfane”, care în Calea Lactee sunt poate un trilion (de obicei, ele se numără aparte și se identifică prin calculare, precum a fost identificată pitica subcenușie WISE 0855–0714). Planete orbitale obișnuite sunt de la un miliard în sus, dintre care de la 5 până la 20 miliarde pot să fie asemănătoare cu Pământul. De asemenea, după unele presupuneri, 22 % dintre stelele asemănătoare cu Soarele au pe orbitele sale planete asemănătoare cu Pământul, care se află în zone favorabile pentru viață.

4. Cercetările cosmice ale suprafeței Lunii. La 16 iulie 1969 americanii pe nava spațială „Apollo-11” cu echipajul principal compus din trei astronauți – comandantul Neil Armstrong, pilotul modulului selenar Edwin Aldrin și comandantul modulului pilot Michael Collins – pentru prima dată au pășit pe suprafața Lunii.

Armstrong a coborât pe suprafața Lunii la 21 iulie 1969 la ora 2 56 min 20 s după Greenwich. Pășind pe Lună, el a rostit: „Acesta este un pas mic pentru om și un salt gigant pentru omenire”. Camera instalată pe modul, a difuzat călcarea lui Armstrong pe suprafața Lunii. Peste 15 minute pe Lună a călcat Aldrin, care dintr-odată a început să încerce diferite metode de deplasare pe suprafață. Astronauții au adunat cantitatea necesară de materiale, au repartizat dispozitivele și au instalat camera de luat vederi. Aflându-se pe Lună, astronauții au putut vedea pe cer Pământul nostru (imag. 3.52). Navele spațiale americane din seria „Apollo” timp de trei ani au transportat de 6 ori în diferite locuri ale Lunii expediții (12 astronauți au studiat locurile de aterizare, au adunat peste 360 kg de mostre). Mostre lunare au adunat și stațiile automate sovietice „Luna”.

Primul mecanism pe Lună a fost cel sovietic „Lunohod-1” (imag. 3.53). El a fost lansat în 1970 și era condus de pe Pământ. El a fost primul obiect artificial ce se deplasa pe Lună. În loc de 90 de zile planificate, „Lunohod-1” a funcționat



Imag. 3.52.
Pământul – vedere
de pe Lună



Imag. 3.53. „Lunohod-1”



Imag. 3.54. Aparatul spațial
chinezesc „Chang'e 4”
pe suprafața Lunii

aproape un an și a parcurs 10,5 km. Locul unde el s-a oprit definitiv mult timp a fost necunoscut. Abia în 2005 „Lunohod-1” a fost „găsit” pe fotografiile făcute de aparatul lunar orbital NASA.

La începutul sec. al XXI-lea programele de studiere a Lunii s-au activizat. Despre planurile construirii unei stații orbitale lunare au anunțat câteva țări, inclusiv SUA, China, India, Rusia, Japonia. Consorțiul cosmic Internațional planifica să facă acest lucru până în 2010.

La 3 ianuarie 2019 aparatul chinezesc „Chang'e-4” (imag. 3.54) a aterizat pe partea opusă a Lunii. Este primul aparat care a aterizat pe partea nestudiată, nevăzută a Lunii. Aterizarea s-a efectuat în bazinul Aitken în zona polului de Sud al Lunii. Aparatul a transmis pe Pământ fotografiile suprafeței și a început studierea științifică a satelitului nostru natural. La bordul aparatului se vor efectua experimente pentru creșterea organismelor în condiții de gravitație mică.

Compania Space X planifică să trimită în jurul satelitului nostru o misiune solemnă, iar NASA elaborează *Exploration Mission 1*. Se planifică trimiterea expediției *Exploration mission 2* și construirea unei baze, care ar face posibilă studierea mai detaliată a Lunii și ușurarea zborurilor pe Marte și pe alte planete ale sistemului Solar.

5. Misiunea spațială „Rosetta”. Aparatul spațial „Rosetta” a fost lansat la 2 martie 2004 de pe cosmodromul Kourou (Guyana franceză) în direcția spre nucleul cometei Ciuriumov-Gherasimenko. Cometa a fost denumită în cinstea celor care au descoperit-o – savanții ucraineni Clim Ciuriumov și Svitlana Gherasimenko (imag. 3.55).

Cometa 67P/Ciuriumov-Gherasimenko este cometă scurt periodică care are o perioadă de rotație de aproximativ 6 ani și 7 luni. Din momentul descoperirii, ea a revenit la Pământ deja de 7 ori. Înainte de a 7-a apariție în apropierea Pământului, spre cometă a fost îndreptat aparatul spațial „Rosetta”.



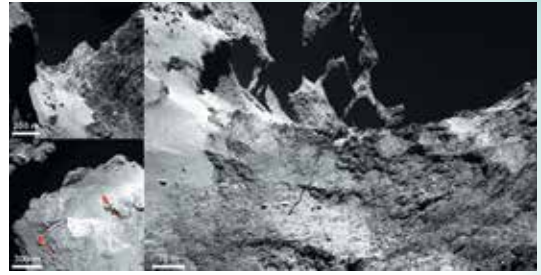
Imag. 3.55. Clim Ciuriumov și
Svitlana Gherasimenko

În mai 2014 „Rosetta” și-a micșorat viteza față de nucleul planetei până la 2 m/s și s-a apropiat de el la distanța de 25 km. Toate dispozitivele „Rosettei” au început să funcționeze și să studieze sistematic nucleul și zonele cometei din jurul nucleului (imag. 3.56).

În noiembrie 2014 a fost efectuată cea mai complicată și principală etapă a acestei misiuni – separarea de modulul orbital



Imag. 3.56. Laboratorul spațial «Rosetta» lângă cometa Ciuriumov-Gherasimenko



Imag. 3.57. Primele fotografii ale cometei Ciuriumov-Gherasimenko

a sondei „Fili” și aterizarea ei pe una dintre cele 5 locuri alese pentru acest scop. „Fili” este un container științific unicat cu masa de circa 21 kg. Pe el sunt instalate 10 dispozitive, inclusiv spectrometru de radiații α protoni și radiații X pentru studierea compoziției elementare a substanței cometale.

Această operațiune s-a petrecut la peste 500 mln km de la Pământ. Astfel, la 12 noiembrie, la ora 18 și 02 min ora Kyivului, pentru prima dată în istoria omenirii, după 10 ani de călătorii spațiale, sonda artificială a aterizat pe suprafața cometei.

În timpul misiunii sale „Rosetta” nu s-a apropiat niciodată de cometă mai aproape de 1,9 km. În timpul coborârii aparatului la „parcarea veșnică”, savanții au obținut de la „Rosetta” fotografii amănunțite ale corpului ceresc (imag. 3.57) și au făcut multe concluzii științifice importante, având datele de la laboratorul „Fili”. Această misiune spațială a fost prima „întâlnire” cu cometa în istorie.

89

6. Studierea suprafeței lui Marte. La 6 august 2012 robotul american *Curiosity* a aterizat pe Marte (imag. 3.58). În exterior robotul are un laborator științific, dotat cu dispozitive pentru analizarea solului marțian.

Scopul principal al acestei expediții a fost încercarea de a afla dacă au existat cândva pe suprafața lui Marte condiții pentru viață.

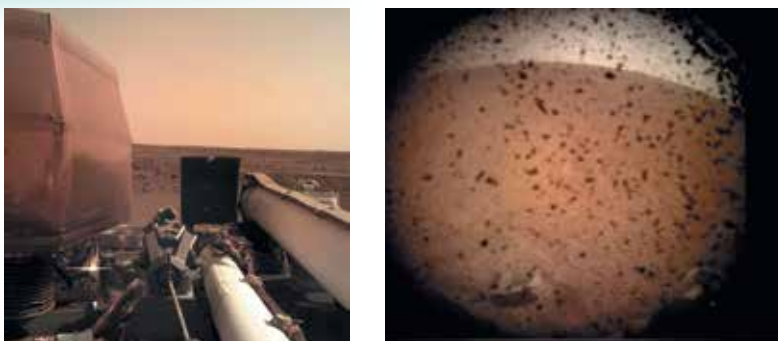
Lungimea aparatului american de cercetări e circa 3 m, iar masa – 900 kg. Laboratorul marțian mobil are trei perechi de roți, fiecare având bloc de propulsare individual.

Robotul poate trece obstacole de 75 cm înălțime și să se rotească la 360°, fotografiind suprafața planetei. Planeta poate fi studiată prin rețeaua Internet: <http://mars.nasa.gov/multimedia/interactives/billionpixel/>.

La 26 noiembrie 2018 aparatul spațial InSight al agenției spațiale NASA a aterizat pe suprafața planetei Marte (imag. 3.59). El a fost lansat din Kalifornia



Imag. 3.58. Robotul Curiosity și suprafața lui Marte



Imag. 3.59. Aparatul spațial InSight și fotografia lui Marte

în mai și în jumătate de an a parcurs 548 mln km. El e dotat cu instrumente pentru măsurarea temperaturii sub suprafața planetei și pentru studierea activității seismice. Aparatul a intrat în atmosfera lui Marte cu viteza de 19 795 km/h și a aterizat în mijlocul platoului Elisium, nu departe de ecuator.

InSight va studia planeta 24 de luni, adică aproximativ un an marțian. În acest timp aparatul va efectua cercetări ce vor da răspuns despre originea lui Marte și a altor planete din sistemul intern Solar, inclusiv originea Pământului.

90



ȘTIAȚI OARE CĂ ...

- Astronomii amatori pot identifica exoplanete noi pe Site-ul <http://www.planethunters.org/>. Prin rețeaua Internet se pot urmări datele obținute în telescopul spațial „Kepler”, date ce analizează după fotografie schimbarea luminozității „punctelor luminescente” după care se determină existența exoplanetelor lângă stelele îndepărtate.
- SAP lansează pe orbita din jurul Pământului telescoape ultraviolete, infraroșii și optice. Treptat, se mărește diametrul oglinzilor lor principale, se performează aparatura receptoare de lumină, se mărește sensibilitatea dispozitivelor, se elaborează metode noi de stabilizare a telescoapelor pe orbită. Un alt pas al astronomiei extraatmosferice poate fi realizarea proiectelor pentru construirea unor telescoape spațiale cu diametrul de până la 8 m și mai mult și, de asemenea, crearea observatoarelor astronomice pe Lună, care vor adăuga noi informații despre imaginea cosmologică a Universului.

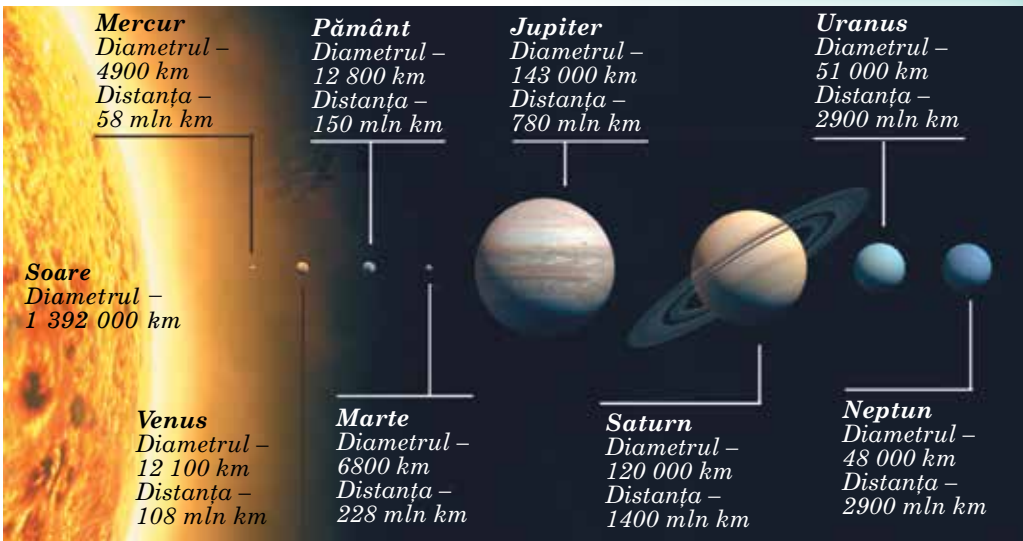


ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Ce este astronomia extraatmosferică?
2. Ce observatoare orbitale cunoașteți?
3. Ce știți despre misiunea spațială „Rosetta”?
4. Ce știți despre robotul american *Curiosity* și despre descoperirile lui pe Marte?
5. Numiți Site-uri astronomice principale din rețeaua Internet, cu ajutorul cărora putem afla informații despre cercetările științifice spațiale și descoperiri.

§ 18. IPOTEZELE ȘI TEORIILE FORMĂRII SISTEMULUI SOLAR

1. Particularitățile structurii sistemului Solar. Trăsăturile caracteristice ale structurii sistemului Solar, cunoscute după observările astronomice și cercetările spațiale, constau în următoarele.



Imag. 3.60. Dimensiunile comparative ale Soarelui și planetelor

1. Masa principală a substanței sistemului Solar e concentrată în Soare, care este stea tipică. Masei celorlalte componente ale sistemului îi revine 1/750-a parte din masa Soarelui (imag. 3.60). Astfel, în sistemul Solar prevalează câmpul gravitațional al Soarelui.

2. Orbitele planetelor și ale celor mai mulți asteroizi se află aproape pe același plan, înclinat față de planul ecuatorului solar sub unghiul de $7^{\circ}15'$. Orbitele planetelor sunt aproape circulare, adică excentricitățile lor puțin diferă de zero.

3. Toate planetele și asteroizii se rotesc în jurul Soarelui în aceeași direcție. Rotația Soarelui în jurul axei sale se produce în aceeași direcție în care planetele se mișcă în jurul Soarelui. Planetele se rotesc în jurul axelor sale în direcția ce corespunde cu direcția de rotație a lor în jurul Soarelui. Excepții sunt Venus și Uranus, care se rotesc în direcție opusă. Deși, axa de rotație a lui Uranus se află aproape în planul orbitei planetei. Inclinația axei de rotație a altor planete nu depășește 60° față de planul orbitelor lor.

4. Planetele se împart în două grupuri: planetele grupului terestru și planetele gigante (imag. 3.61). **Planetele grupului terestru** – corpuri solide, comparativ nu prea masive însă cu densitatea medie mare, cu rotație lentă și puțini sateliți (sau fără ei). Ele sunt situate aproape de Soare. **Planetele gigante** – Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun – sunt mai masive decât planetele din grupul



Imag. 3.61. Planetele grupului terestru și planetele gigante

terestru, mai mari după dimensiuni, cu viteza de rotație mare, cu densitatea medie mai mică și cu numeroși sateliți. Planetele gigante au atmosfere consistente ce se compun, în general, din hidrogen și heliu

5. Momentul cantității de mișcare (impulsul) (*mv*) dintre Soare și planete se repartizează neuniform. Părții Soarelui, în care e concentrată majoritatea masei sistemului Solar, îi revine doar 2 % din cantitatea de mișcare a ei.

6. Orbitale majorității sateliților planetelor sunt apropiate de circulare. Mișcarea majorității sateliților pe orbite se produce în direcția în care planetele se mișcă în jurul Soarelui. Orbitale sateliților mari au, de obicei, înclinație mică față de planul ecuatoarelor planetelor sale.

Trebuie de ținut cont de aceste particularități când se alcătuieste modelul (teoria) apariției întregului complex al corpurilor sistemului Solar miliarde de ani în urmă.

2. Originea sistemului Solar. La elaborarea teoriei despre originea sistemului Solar, avem nevoie de informații despre vârsta corpurilor cerești. Conform datelor contemporane, vârsta celor mai vechi roci de pe Pământ este de 4,64 mlrd ani. Rocile aduse de pe Lună au vârsta de la 2 până la 4,5 mlrd ani. Vârsta meteoritelor feroși și pietroși e aproximativ de la 0,5 până la 5 mlrd ani. Vârsta Soarelui și a altor stele aparte se determină în baza teoriei originii și evoluției stelelor. Pentru Soare ea este de aproximativ 5 mlrd ani, ceea ce corespunde cu vârsta altor corpuri ale sistemului. De aici și presupunerea: Soarele și planetele s-au format din același nor de gaze și praf.

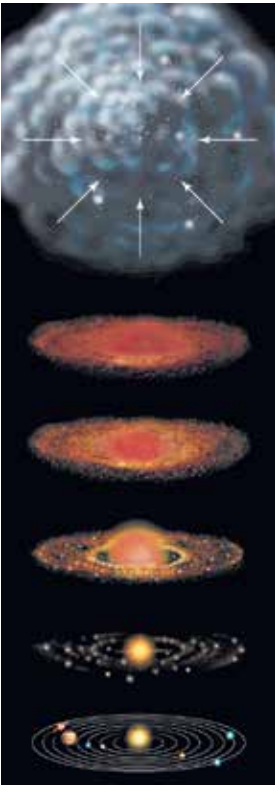
Ideea despre crearea Soarelui și a planetelor din substanța aceleiași nebuloase gazoase a fost lansată pentru prima oară de **Imanuel Kant** (1724–1804) în 1755, însă a dezvoltat-o **Pierre Laplace** (1749–1827) în 1796. Conform acestei ipoteze, sistemul Solar s-a format dintr-un nor de gaze fierbinte, rotativ, ce se comprima sub influența gravitației și se descompunea în fragmente (imag. 3.62). Însă, această ipoteză nu s-a confirmat din cauza multor contradicții. În 1919 savantul englez **James Jeans** (1877–1946) a lansat altă ipoteză, conform căreia substanța planetară a fost „ruptă” de la Soare sub influența unei stele ce a trecut aproape. Această substanță s-a descompus în părți aparte, din care s-au format planetele.

Datele cercetărilor fizico-chimice ale meteoritelor și ale rocilor terestre au dovedit că aceste corpuri s-au format din substanță solidă, nu din cocoloșe gazoase. În 1944 de teoria formării planetelor din particulele solide ale unui nor din jurul Soarelui s-a ocupat **Otto Schmidt** (1891–1956), care un anumit timp a învățat și a activat în Kyiv. Teoria lui se dezvoltă și în prezent.

Se pot diferenția următoarele etape ale originii și evoluției primare a sistemului Solar.

1. Circa 4,6 mlrd de ani în urmă a avut loc o explozie a unei supernove în apropierea locului de naștere al sistemului Solar. Undă de șoc a exploziei s-a răspândit în spațiul cosmic. Sub influența ei norul mixt, alcătuit din hidrogen, heliu și alte particule chimice metalice, diferite după compoziție, izotopi ai elementelor grele, a început să se condenseze. Ulterior, în acest nor s-au format condensări amestecate cu substanță de supernovă.

Rotăția lentă a acestor condensări au început să se comprime sub influența gravitației și să se transforme



Imag. 3.62. Formarea sistemului Solar

într-un nor din gaze și praf în formă de disc. Pe parcurs, în centrul acestui nor s-a format Soarele.

2. Treptat, în discul norului mixt au început să se unească între ele firele de praf, atrăgând și gazele din spațiul înconjurător. Din particulele mici s-au format bolovani mai mari – planetezimali, din care pe parcurs își vor avea începutul viitoarele planete (dimensiunile până la câțiva km), apoi și însăși planetele. În zona interioară, sub influența presiunii luminii, elementele ușoare (hidrogenul, heliul) părăsesc centrul discului și se deplasează spre periferii. De aceea, în apropierea Soarelui planetezimalele s-au format în întregime din minerale pietroase și compuși de metale, transformându-se apoi în planetele grupului terestru.

Particulele din zona medie rece s-au acoperit cu gheață, nucleele viitoarelor planete gigante creșteau repede, acumulând din jur gazele. În partea exterioară a discului, cea mai rece, substanța condensatoare era aproape înghețată. O multime de planetezimali înghețați au format, ulterior, nucleele cometelor și ale asteroizilor de gheață. Planetele din grupul terestru au ajuns dimensiunile de azi în decurs de 100 mln ani.

3. Comprimarea gravitațională următoare a ridicat temperatura în adâncurile protoplanetelor până la temperatura topirii fierului. Datorită acestui fapt, componentele grele au început să se separe și să se îndrepte înspre centrul planetei iar substanțele mai ușoare se îndreptau spre suprafață. Timp de miliarde de ani a durat formarea scoarței – stratul superior al planetelor grupului terestru. Încălzirea Pământului era însoțită de emisii de gaze și vapori de apă. Treptat, vaporii de apă s-au condensat și au format mările și oceanele, iar gazele – atmosfera. La etapa inițială atmosfera se deosebea esențial de cea de astăzi.

Sateliții planetelor, ce se mișcă în direcția rotației planetelor, s-au format în rezultatul aceluiași proces precum planetele. Sateliții ce se mișcă în direcție opusă, au fost atrași de către planete.

93



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Care este esența ipotezelor lui Kant, Laplace, Jeans, Shmidt despre originea Soarelui și a planetelor?
2. Numiți principalele etape ale originii și evoluției inițiale ale sistemului Solar.



REZOLVĂM ÎMPREUNĂ

Problema 1. Se, văd, oare, de pe Lună aceleași constelații ce se văd de pe Pământ?

Răspuns. Distanța de la Pământ până la Lună e foarte mică, în comparație cu distanța până la stele. Imaginea cerului înstelat nu se va schimba odată cu deplasarea observatorului de pe Pământ pe Lună. Imaginea constelațiilor nu se schimbă chiar în timpul deplasării Pământului pe orbita sa.

Problema 2. Secera Lunii e îndreptată cu rotundul în dreapta, aproape de orizont. În ce parte a orizontului priviți voi?

Răspuns. În acest caz voi priviți spre vest. Această poziție a Lunii demonstrează că Soarele care se află mai la dreapta de Lună s-a ascuns deja după orizont în partea de vest a cerului.

Problema 3. După apusul Soarelui la vest se vede o cometă. Cum e îndreptată coada ei față de orizont?

Răspuns. Soarele se află la vest după orizont. Coada cometei va fi îndreptată întotdeauna în partea opusă Soarelui. Așadar. Cometa va fi văzută pe cer cu coada îndreptată în sus (capul cometei e mai aproape de orizont).

Problema 4. Operatorul conduce de pe Pământ cu unde radio mișcarea robotului ce-i demonstrează telepanorama la 30 m de el. Care este viteza sigură a robotului, dacă distanța până la Marte este 2,5 UA?

Răspuns. Întârzierea semnalului Marte–Pământ–Marte este aproximativ 40 min. Astfel, pentru ca operatorul să poată opri la timp robotul înainte de obstacol, viteza lui trebuie să fie nu mai mare de 1,25 cm/s.



EXERCIȚII ȘI SARCINI

3.1. Observatorul fixează imaginea cerului regulat în același timp sideral și vede întotdeauna Soarele la orizont. În care loc de pe Pământ și în care timp sideral se poate întâmpla acest lucru?

3.2. Când Pământul se află cel mai aproape de Soare și când – cel mai departe? În ce constă cauza schimbării distanței de la Pământ până la Soare?

3.3. Dacă Pământul ar fi avut formă circulară, cum s-ar fi schimbat anotimpurile anului în comparație cu cele de astăzi? Cum s-ar fi schimbat anotimpurile, dacă excentricitatea orbitei terestre s-ar fi schimbat până la 0,5?

3.4. Care observări demonstrează că Pământul se mișcă sub acțiunea forței de gravitație a Soarelui?

3.5. Cum se poate deosebi Luna ce crește de Luna ce scade?

3.6. Cum se poate explica faptul, că Luna e îndreptată înspre Pământ cu aceeași emisferă?

3.7. Cum se poate calcula timpul căderii Lunii pe Pământ, în caz dacă mișcarea ei în jurul Pământului se va opri brusc?

3.8. De ce raza discului Lunii iluminat cu lumină cenușie pare mai mică decât raza secerii strălucitoare?

3.9. Ce au comun toate planetele? Prin ce se aseamănă și prin ce se deosebesc planetele din grupul terestru de planetele gigante?

3.10. Care planete au cea mai alungită orbită? Orbita cărei planete e cea mai asemănătoare cu cercul?

3.11. De ce Jupiter e turtit la poli, iar Soarele se vede de pe Pământ în formă de disc, având aceeași natură gazoasă?

3.12. Oare Marte se vede cel mai bine de pe Pământ în timpul opoziției? Atunci care sunt condițiile de vizibilitate ale Pământului de pe Marte în acel timp?

3.13. Pământul pentru Marte e ca Venus pentru Pământ, e planeta inferioară. Peste care intervale de timp se poate vedea Pământul de pe Marte în elongația estică?

3.14. Pe care planete s-au găsit calote polare?

3.15. Toate planetele din cauza prezenței moleculelor cu viteze, mai mari decât vitezele de scurgere, pierd atmosferele sale. De ce totuși există atmosferele?

3.16*. Temperatura lui Venus, determinată prin metoda radiometrică, e foarte joasă ($-54\text{ }^{\circ}\text{C}$). Cum se combină acest fapt cu temperatura foarte înaltă la suprafața lui și în straturile inferioare ale atmosferei?

3.17*. Cum se explică faptul că Saturn, ce are viteza de rotație în jurul axei mai mică decât Jupiter, e mai turtit la poli decât Jupiter?

3.18*. Există, oare, asteroizi dubli?

3.19*. Există, oare, comete fără cozi?

3.20*. Cum se explică faptul că cei mai mulți meteori se văd în orele dinspre dimineață, iar seara se văd mai puțini?

3.21*. Care corpuri spațiale pot fi observate doar atunci când ele trec prin atmosfera terestră?

3.22*. De ce nava spațială ce zboară de pe un satelit artificial pe Lună poate să n-aibă formă aerodinamică?

3.23*. Alegeți răspuns la întrebarea: care dimensiuni se schimbă în timpul aterizării navei spațiale pe Lună, în comparație cu valoarea lor pe Pământ? 1) Masa astronautului; 2) Greutatea astronautului; 3) Forța de gravitație ce acționează asupra astronautului.

3.24*. Ce putere îl ține pe satelitul artificial al Pământului pe orbită?

3.25*. Un satelit artificial al Pământului a fost lansat odată de-a lungul meridianului, iar altul – de-a lungul ecuatorului în direcția de rotație a Pământului. În care caz s-a cheltuit mai puțină energie?

**VERIFICĂ-ȚI COMPETENȚA****Întrebări de control**

1. În ce loc pe Pământ durata zilei nu se schimbă pe parcursul anului?
2. Când Marte se vede pe cer noaptea întreagă?
3. Se poate, oare, vedea Venus în timpul când e cel mai aproape de Pământ?
4. De ce Mercur se vede greu pe cer, deși el, câteodată, e mai strălucitor decât Sirius?
5. De ce observările din spațiul cosmic aduc mai multe informații decât telescoapele terestre?
6. Astăzi Luna a fost observată în primul pătrar. Va reflecta, oare, Luna razele solare mâine la miezul nopții?
7. Venus e situat mai departe de Soare decât Mercur. Atunci, de ce temperatura pe suprafața lui e mai înaltă decât pe Mercur?
8. Ce dovezi sunt că pe suprafața lui Marte a existat cândva apă în stare lichidă?
9. Care sunt proprietățile planetelor gigante?
10. De ce Jupiter poate fi considerat foarte asemănător cu stelele?
11. Ce cauzează ploii de heliu pe Saturn?
12. Prin ce se explică coloritul minunat al lui Io?
13. Despre ce ne povestesc numeroasele cratere pe sateliții lui Jupiter?
14. Care sateliți ai planetelor au atmosferă?
15. Prin ce se deosebește meteorul de meteorit?
16. Coada cometei se atrage înspre Soare, sau se respinge de la el?

Ce știu și pot să fac

95

● **Eu știu să rezolv exerciții astronomice**

1. Calculați, în cât timp ajunge lumina de la Soare până la Pământ; până la Neptun; până la limitele sistemului Solar. Viteza luminii să fie considerată 300 000 km/s.

2. Un asteroid se rotește în jurul Soarelui cu o perioadă de 3 ani. Se poate, oare ciocni acest asteroid cu Pământul, dacă el se află în afeliu; se află la distanța de 3 UA de la Soare?

3. Se spune că unii oameni au vedere atât de ageră, încât chiar cu ochiul liber văd craterele mari de pe Lună. Calculați veridicitatea acestor fapte, dacă cele mai mari cratere de pe Lună au diametrul de 200 km, iar distanța medie până la Lună este de 380 000 km.

● **Eu pot să mă folosesc de harta cerului înstelat**

4. Se poate, oare, de se folosit de harta noastră a cerului înstelat pe suprafața altor planete din sistemul Solar? În timpul zborurilor interplanetare? Pe planetele ce se rotesc în jurul altor stele?

● **Eu pot efectua observări astronomice**

5. Cu ajutorul binoculului sau a telescopului școlar se pot observa sateliții Galileo ai lui Jupiter. Determinați momentul eclipsei unuia dintre acești sateliți – când el dispăre după discul lui Jupiter.

**TESTE**

1. Pe Pământ se urmăresc eclipse de Lună. Ce văd în acel timp astronauții de pe Lună?

A apusul Soarelui

B culminația Soarelui

C eclipsa de Soare

D eclipsa de Lună

E apusul Soarelui

2. Luna Plină se află la orizont. În ce perioadă a zilei se poate observa asemenea fenomen în Ucraina?

A dimineața

B ziua

C seara

D la miezul nopții

E niciodată

3. Cu care dintre aceste dispozitive astronautii pot să se folosească pe suprafața Lunii?

- A busolă
- B telescop
- C receptor radio
- D televizor
- E barometru

4. Pe care planete din grupul terestru s-a găsit în nori acid sulfuric?

- A pe Mercur
- B pe Venus
- C pe Pământ
- D pe Marte

5. Care planetă din grupul terestru are cea mai consistentă atmosferă?

- A Mercur
- B Venus
- C Pământul
- D Marte

6. Care planete se rotesc în jurul axei în direcție opusă?

- A Venus, Jupiter
- B toate planetele gigante
- C Jupiter, Saturn
- D Uranus, Venus

7. Pe care dintre aceste planete se înregistrează cea mai mare durată a zilei?

- A pe Venus
- B pe Marte
- C pe Jupiter
- D pe Uranus
- E pe Pământ

8. De ce uneori inelele lui Saturn dispar?

- A se evaporază
- B se ascund după Saturn
- C sunt acoperite de alte planete
- D planul inelelor corespunde cu raza vizuală a observatorului
- E se ascund între nori

9. Care dintre sateliții mari se rotesc în jurul planetei în direcție opusă

- A Europa
- B Io
- C Callisto
- D Ganymede
- E Triton

10. Care dintre sateliți are atmosferă de azot densă cu amestecuri de metan?

- A Phobos
- B Europa
- C Titan
- D Oberon
- E Triton

11. Pe care sateliți s-au înregistrat vulcani mereu activi?

- A pe Lună
- B pe Deimos
- C pe Io
- D pe Triton
- E pe Charon

12. Meteor se numește fenomenul, când ...

- A stelele cad pe Pământ
- B pietre cad pe Pământ
- C firele de praf ard în aer
- D fulgerele se înregistrează în aer
- E praful se aruncă în atmosferă

13. Din ce se compune nucleul cometelor?

- A din gheață și praf
- B din fier
- C din piatră
- D din gaze fierbinți
- E din vapori de apă

14. Care este viteza cea mai mică cu care meteoriții intră în atmosfera Pământului?

- A 1 m/s
- B 1 km/s
- C 11,2 km/s
- D 22,2 km/s
- E 70 km/s
- F 100 km/s

Capitolul 4

SOARELE – CEA MAI APROPIATĂ STEA

Astrul nostru, care încălzește cu razele sale Pământul deja 4.59 mlrd ani, este un adevărat superstat în sistemul Solar, care trăiește după legile fizicii și se supune dezvoltării evoluționare proprii. Acest cuptor termonuclear de dimensiuni gigantice, se cutremură regulat din cauza exploziilor, fiecare putând să descompună în părți subatomice oaza noastră albastră. Aflându-ne la distanța de 150 mln km de la suprafața Soarelui, ne pare că suntem ocrotiți de mânia lui arzătoare. Însă, așa este într-adevăr? Măcar să ne simțim într-o siguranță relativă, noi trebuie neapărat și cât mai repede să aflăm toate tainele Soarelui.

§ 19. CARACTERISTICILE FIZICE ALE SOARELUI. STRUCTURA SOARELUI ȘI SURSELE LUI DE ENERGIE

97

1. Informații generale. Soarele – corpul central și cel mai masiv din sistemul Solar. Soarele – o sursă puternică de energie, pe care o iradiază neconținut în toate părțile spectrului de unde electromagnetice – de la raze röntgen și ultraviolete până la unde radio. Această radiație influențează asupra tuturor corpurilor sistemului Solar: le încălzește, influențează asupra atmosferelor planetelor, dă lumină și căldură, necesare pentru viața pe Pământ. Soarele este una dintre cele 100 de miliarde de stele din Galaxia noastră. Studiind în detalii natura fizică a Soarelui, aflăm informații importante despre natura altor stele. Discul Soarelui se vede de pe Pământ sub diametrul unghiular mediu de 32'. Lumina de la Soare ajunge până la Pământ în 8 min și 20 s.

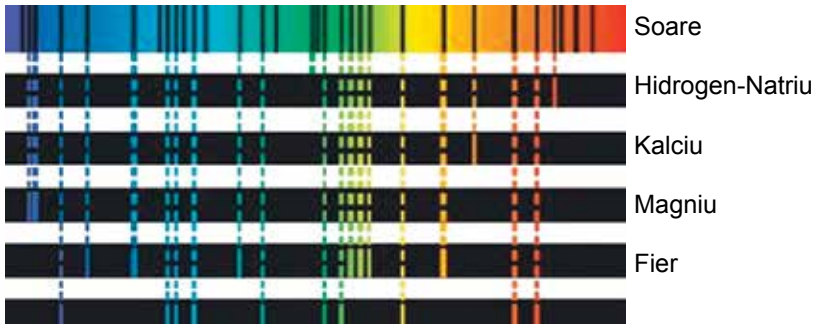
Masa Soarelui este de aproximativ 333 000 ori mai mare decât masa Pământului și de 750 ori mai mare decât masa tuturor planetelor luate împreună. Diametrul Soarelui este de 1 mln 392 mii km (109 diametre ale Pământului). Măsurările în afara atmosferei terestre au arătat că pe o suprafață de 1 m², situată perpendicular față de razele solare, în fiecare secundă ajung 1, 37 KW energie. Această valoare nu se schimbă pe parcursul unui interval de timp îndelungat. De aceea, ea a fost denumită **constantă solară**. Maximumul de radiație solară îi revine diapazonului optic.

Luminozitatea Soarelui, sau cantitatea totală de energie, iradiată de Soare în toate direcțiile într-o unitate de timp, se determină astfel: valoarea constantei solare se înmulțește la planul sferei cu raza r într-o unitate atmosferică (1 UA = $149,6 \cdot 10^9$ m): $L_{\odot} = 4\pi r^2 \cdot 1370 \text{ W} = 3,85 \cdot 10^{26} \text{ W}$.

Pe Pământ ajunge o cantitate mică de energie, care constituie jumătate din a miliarde parte din valoarea ei.

2. Spectrul și compoziția chimică. Majoritatea cunoștințelor noastre despre Soare se bazează pe studierea spectrului lui. Elementele chimice, care sunt prezente în atmosfera Soarelui, absorb din spectrul continuu, iradiat de fotosferă, lumina unei anumite frecvențe. Ca rezultat, în spectrul continuu apar linii întunecate. Joseph Fraunhofer pentru prima dată a studiat și a desenat 576 linii negre ale spectrului solar (îmag. 4.1). Savantul a determinat cu

precizie că sursa liniilor spectrale negre este atmosfera solară. După pozițiile în spectru (adică lungimile de undă) și intensitatea acestor linii se poate determina ce elemente chimice sunt prezente în atmosfera solară.



Imag. 4.1. Conformitatea dintre pozițiile liniilor Fraunhofer ale spectrului solar și liniile elementelor chimice

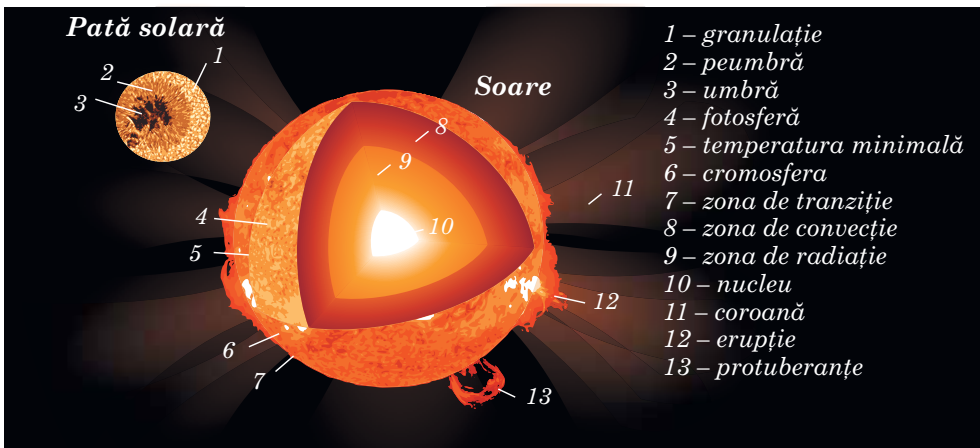
În prezent sunt studiate peste 30 mii de linii pentru 70 de elemente chimice din atmosfera Soarelui. După intensitate și lățime, liniile Fraunhofer sunt foarte diverse. Analiza liniilor spectrale demonstrează că pe Soare prevalează Hidrogenul – peste 70 % din masa Soarelui, circa 25% îi revine Heliului și aproximativ 2 % – altor elemente.

98

3. Structura internă. Cunoscând datele despre rază, masă, luminozitatea Soarelui și folosind legile fizicii, putem obține date despre presiune, densitate, temperatură și compoziția chimică la diferite distanțe de centrul Soarelui (imag. 4.2.). Odată cu apropierea de centrul Soarelui, crește, ajungând valori maxime, temperatura, presiunea și densitatea. Compoziția chimică de asemenea se deosebește: conținutul de hidrogen în procente cel mai mic e în centru.

Presiunea mare în mijlocul Soarelui e condiționată de acțiunea straturilor situate mai sus. Forțele gravitației tind să comprime Soarele. Lor ei se opune elasticitatea gazelor fierbinți și presiunea radiației, ce vin din interior. Aceste forțe tind să extindă Soarele. Gravitația dintr-o parte iar elasticitatea gazelor și presiunea radiației din altă parte se egalează una pe alta.

Acest echilibru se produce în toate straturile de la suprafață spre centrul Soarelui. Această stare a Soarelui și a stelelor se numește **echilibru hidrostatic**.

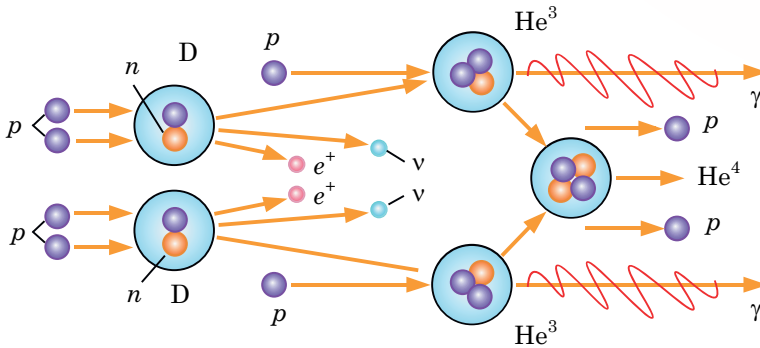


Imag. 4.2. Structura Soarelui

Această idee simplă a fost propusă în 1924 de astrofizicianul englez Arthur Eddington (1882–1944). Ea a format egalitatea după care se calculează modelele structurii interne ale Soarelui și ale altor stele.

Asemenea modele sunt o totalitate de parametri ai substanței stelare (temperatură, presiune, densitate etc.) la diferite adâncimi. Din calculele și măsurările modelului reiese că temperatura în centrul Soarelui ajunge până la 15 mln grade. Anume în această zonă generează energia Soarelui.

Știm deja, că substanța solară se compune în majoritate din hidrogen. La presiuni și temperaturi foarte mari protonii (nucleele de Hidrogen) se mișcă cu viteze ce constituie sute de kilometri pe secundă. În mijlocul Soarelui, la distanțele de până la 0,3 rază de la centru, se creează condiții pentru reacții termonucleare de transformare a atomilor elementelor chimice ușoare în atomi mai grei (imag. 4.3). Din nucleele de Hidrogen se formează alt element ușor – Heliul.



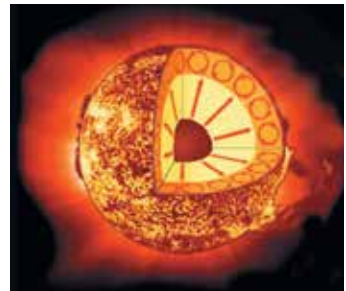
Imag. 4.3. Schema reacției proton-protonice: p – proton; n – neutron; D – nucleu de Deuteriu; He^3 , He^4 – nucleele izotopilor de Heliu; e^+ – pozitron; ν – neutrino; γ – cuante

Pentru formarea unui nucleu de Heliu trebuie să se formeze 4 nucleu de Hidrogen. La etapele de tranziție se formează nucleu de Deuteriu și nucleu de Tritiu. Această reacție se numește proton-protonică. În timpul reacției o mică parte din masa nucleelor de hidrogen se pierde, transformându-se într-o cantitate enormă de energie, care susține radiația solară. Prin straturile ce înconjoară partea de centru a steii, această energie este transportată la suprafață. În mijloc, de la 0,3 până la 0,7 din raza de la centrul Soarelui se află zona echilibrului radiant al energiei, unde energia se răspândește prin absorbția și iradierea γ -cuantelor.

Născute în centrul Soarelui, γ -cuantele au energie de un milion de ori mai mare decât energia luminii aparente. Lungimea undelor γ -cuantelor e foarte mică. În procesul absorbției cuantelor de către atomi și al reiradierii lor are loc micșorarea treptată a energiei lor și mărirea lungimii de undă. În timpul acestui proces numărul de cuante crește. γ -cuantele puternice se împart treptat în cuante cu energie mai mică: apar raze röntgen, ultraviolete, aparente și infraroșii.

În partea ultimii treimi a razei Soarelui se află zona de convecție. Aici energia se transmite nu prin iradiere, ci cu ajutorul convecției (imag. 4.4).

Cauza apariției convecției în stratele exterioare ale Soarelui este aceeași precum și într-un vas cu apă, ce fierbe: cantitatea de energie ce vine de la sursa de încălzire e mult mai mare decât cea ce se



Imag. 4.4. Energia se transmite prin iradiere de la nucleul Soarelui. Transmițătorul principal de energie lângă suprafață este convecția

transmite de conductibilitatea termică. De aceea, substanța începe să se miște și să transmită căldura singură. Zona convectivă trece, practic, la suprafața vizibilă a Soarelui – **fotosfera**.

4. Sursele de energie. Analiza compoziției chimice a rocilor terestre, lunare și ale meteoritilor demonstrează că sistemul Solar s-a format aproximativ 4,7 mlrd ani în urmă. După datele de azi, Soarele există circa 5 mlrd ani. În ultimii 3 mlrd ani luminozitatea lui nu s-a schimbat. Energia totală a Soarelui, emisă în acest timp, este egală cu $E_{\odot} \approx L_{\odot} t = 3,5 \cdot 10^{43} \text{ J}$. Împărțind această valoare la masa totală a Soarelui, obținem că fiecare kilogram de substanță solară a emis circa $1,8 \cdot 10^{13} \text{ J}$ de energie. În realitate, această valoare este și mai mare, fiindcă n-am calculat și primele 2 mlrd de ani. Niciun fel de combustibil chimic nu poate asigura o asemenea valoare de energie internă precum 1 kg de energie solară.

În mediu, Soarele pierde 4 mln tone de hidrogen într-o secundă. La prima vedere această valoare pare enorm de mare, însă ea e neînsemnată în comparație cu masa totală a Soarelui. Calculele au demonstrat că hidrogen pentru o luminozitate la nivel actual ajunge încă pentru 5 mlrd ani.

5. Înregistrarea neutrino solare. Neutrino este unicul tip de radiație care ajunge la observatorul terestru din cele mai adânci zone ale Soarelui și stelelor și poartă în ele informații despre structura lor internă și despre procesele ce au loc acolo. Metodele actuale de înregistrare a neutrino ajută la identificarea radiațiilor neutrino doar ale Soarelui și ale celor mai tinere stele din Galaxia noastră.

100

Neutrino este unul dintre produsele ciclului proton-protonic. Aceste particule chiar fără interacțiune pot trece prin grosul stelelor, ducând o parte de energie chiar din zonele centrale ale lor. Neutrino are o capacitate de pătrundere foarte mare, de aceea sunt greu de înregistrat. Însă, există observatoare neutrino speciale care înregistrează curenții de neutrino solari.

Înregistrarea neutrino este foarte importantă, deoarece anume neutrino poartă informația despre procesele ce au loc în adâncurile Soarelui și ale stelelor asemănătoare lui. Folosind informațiile despre masa, luminozitatea și raza Soarelui, putem obține date despre presiune, densitate, temperatură și compoziția chimică la diferite distanțe de centrul Soarelui. Aceste rezultate sunt foarte importante pentru cosmologie. Confirmarea oscilațiilor neutrino împreună cu cercetările precedente le ajută fizicienilor să determine limita superioară a masei neutrino. Unind aceste informații cu numărul probabil de neutrino în Univers, fizicienii au constatat că masa generală de neutrino se egalează aproximativ cu masa generală a tuturor stelelor vizibile din Univers.

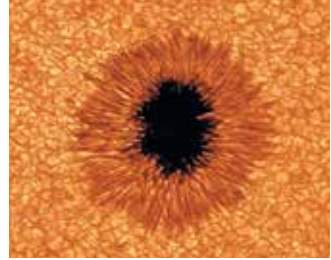


ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Ce este constanta solară? Cum a fost determinată ea?
2. Ce este luminozitatea solară? Cu ce este egală ea?
3. Care elemente chimice sunt principale pentru Soare?
4. Descrieți structura internă a Soarelui. În ce zone au fost împărțite convențional străfundurile Soarelui? Ce procese au loc în fiecare dintre aceste zone?
5. Datorită căror surse de energie Soarele radiază? La ce transformări este supusă substanța lui?
6. Egalitatea căror forțe susține echilibrul Soarelui ca sferă plasmatică extrem de fierbinte?
7. Prin ce metode se efectuează transportarea energiei din străfundurile Soarelui în stratele de suprafață?

§ 20. STRUCTURA ATMOSFEREI SOLARE

1. Fotosfera. Discul Soarelui pare a fi bine delimitat. Aceasta din cauză că toată radiația vizibilă este emisă dintr-un strat foarte subțire – **fotosfera**. Radiația slabă a straturilor mai superioare ale Soarelui se poate observa în timpul eclipsei totale de Soare, când discul Lunii acoperă complet fotosfera și se vede bine cromosfera și coroana. Fotosfera, cromosfera și coroana alcătuiesc atmosfera Soarelui (imag. 4.2).

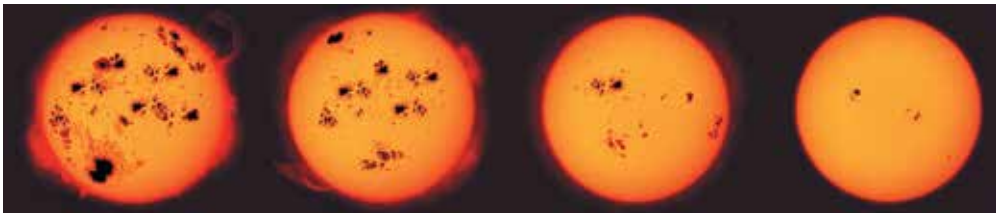


Imag. 4.5. Pată solară și granulație fotosferică

Grosimea fotosferei nu-i mai mare de 300 km. Cele mai observabile obiecte pe Soare sunt petele negre, una dintre care este reprezentată în imaginea 4.5. Diametrul petelor ajunge uneori până la 200 mii km. Petele foarte mici se numesc **pori**. Întreaga fotosferă amintește un ansamblu de pete strălucitoare – granule, despărțite între ele prin intervale strălucitoare. Diametrul fiecărei granule – circa 700 km. Imaginea creată de granule se schimbă neconținut (în timp de 5–10 minute ele dovedesc să apară și să dispară). Plasma din granule se ridică în sus, iar în spațiile intergranulare se lasă jos. De aceea, diferența temperaturii în granule și intervale ajunge 600 K. Procesul neconținut de apariție și dispariție a granulelor în fotosferă se numește **granulație**.

Imaginea petelor solare mai lent, însă se schimbă întotdeauna: petele apar, cresc și dispar (imag. 4.6). Perioada de existență a grupurilor de pete constituie 2–3 rotații ale Soarelui în jurul axei sale. Petele sunt mai reci decât fotosfera cu 2–2,5 mii de grade, de aceea, pe fundalul general al Soarelui ele sunt mai întunecate.

101



Imag. 4.6. Dinamica schimbării dimensiunilor și formei grupului de pete solare

Petele solare apar, de obicei, în grupuri în limitele unei zone mici situată paralel cu ecuatorul. După dimensiuni, în grup se evidențiază două pete: pata principală (de vest) care se deplasează în față, după rotația Soarelui și cea de coadă. Observările permanente asupra petelor solare demonstrează că Soarele se mișcă în direcția mișcării planetelor iar planul ecuatorului solar e înclinat spre planul eclipticii sub unghiul de $7^{\circ}15'$.

De asemenea, s-a aflat că viteza unghiulară a rotației Soarelui se micșorează de la ecuator spre poli. Perioada de rotație a Soarelui se schimbă de la 25 zile la ecuator, până la 30 zile la poli. Observările multianuale asupra apariției petelor pe Soare au demonstrat că sunt variații ciclice a numărului de pete. Uneori ele nu apar deloc, iar altele apar, în același timp, zeci de pete mari. Durata medie a unui astfel de ciclu este aproximativ 11 ani.

Pe lângă pete, în fotosferă se înregistrează și **facule** – formațiuni luminoase văzute în lumină albă în mare parte aproape de marginea discului solar. Ele au structură fibroasă, iar temperatura lor cu câteva sute de grade e mai înaltă decât temperatura fotosferei.

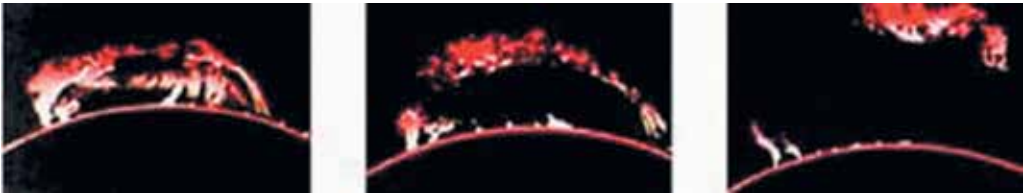
Formarea petelor și faculelor e legată de câmpul magnetic al Soarelui. După cum arată cercetările, inducția câmpului magnetic al Soarelui, în mediu, e de două ori mai mare decât pe suprafața Pământului. Însă, în locurile unde apar pete solare ea se mărește de mii de ori, ajungând până la 0,5 Tl. Acest fapt duce la slăbirea convecției și micșorarea temperaturii în mijlocul petei solare.

2. Temperatura fotosferei. În spectrul continuu al Soarelui energia maximală a radiației îi revine lungimii de undă $\lambda_{max} = 470 \text{ nm}$. Aunci, după legea deplasării a lui Wien obținem temperatura: $T = \frac{0,0029}{\lambda_{max}}$, unde $T = 6170 \text{ K}$.

3. Straturile exterioare ale atmosferei: cromosfera și coroana. Deasupra fotosferei e situată cromosfera Soarelui. Lungimea ei generală e de 10-15 mii km. Temperatura în cromosferă crește odată cu înălțimea, de la 4500 K până la câteva zeci de mii. Radiația cromosferei e de sute de ori mai mică decât a fotosferei. De aceea, pentru observări se folosesc metode speciale ce ajută la separarea radiației slabe. Cromosfera este neomogenă și este acoperită de niște jeturi dinamice de gaz foarte cald – **spiculii** sau **spicule**, ce au lungimea de aproximativ 10 km. Spiculii sunt aruncați din cromosfera inferioară cu viteza de 30 km/s; perioada vieții lor – câteva minute. Concomitent, pe Soare există până la 250 mii de spicule.

La marginea discului solar se văd bine protuberanțele – nor de gaz incandescent care apare pe fondul coroanei solare în formă de limbi de foc. Ciclul și forma protuberanțelor (imag. 4.7) sunt strâns legate de câmpul magnetic al Soarelui. Protuberanțele se văd pe fondul coroanei, fiindcă au mai mare densitate și temperatura de circa 10^4 K . Viteza mișcării substanței protuberanțelor active ajunge până la 200 km/s, iar înălțimea – până la 40 de raze terestre.

102



Imag. 4.7. Schimbarea protuberanței observată timp de câteva ore

În cromosferă se înregistrează procese foarte puternice și repezi – **erupțiile** (imag. 4.8). Aceste formațiuni luminoase durează de la câteva minute până la 3 ore. De obicei, erupțiile solare au loc în apropierea grupurilor de pete solare și sunt urmate de emisii de substanță cu viteza de până la 100 mii de km/s.

Coroana solară – cel mai rarefiat și mai fierbinte înveliș al Soarelui ce se răspândește de la el la câteva raze solare și are temperatura plasmii de 1 mln de grade (imag. 4.9).

Strălucirea coroanei solare e de un milion de ori mai mică decât a fotosferei. De aceea, coroana solară poate fi observată în timpul eclipselor totale de Soare sau cu ajutorul telescoapelor cronografe speciale. Temperatura înaltă și rarefierea coroanei, de asemenea și radiațiile radio și röntgen au fost confirmate de analiza spectrală.

Înfierbântarea coroanei până la temperaturi înalte are loc datorită transmiterii energiei de către mișcările oscilante (convective) ale substanței în fotosferă. Undele cu frecvența oscilațiilor sonore în coroană, unde densitatea substanței se micșorează brusc, devin unde de șoc.



Imag. 4.8. Erupție cromosferică pe Soare



Imag. 4.9. Coroana solară în timpul eclipsei de Soare

Ele repede se potolesc. Are loc transformarea energiei mecanice a undelor în căldură. Din cauza temperaturii înalte densitatea coroanei scade lent. De aceea straturile exterioare ale atmosferei Soarelui se extind până la orbita Pământului.

4. Câmpurile magnetice și creațiunile active. Masa, raza, cantitatea de energie emisă de Soare rămân, practic, constante. Însă, la toate nivelele atmosferei solare se înregistrează creațiuni structurale ce schimbă parametrii săi fizici în timp.

Totalitatea proceselor nestaționare ce apar periodic (ciclic) în atmosfera solară se numește *activitate solară*.

Manifestarea activității solare sunt petele, faculele în fotosferă, protuberanțele, euptiile și emisiile substanței în atmosferă și coroană. Locurile unde ele apar se numesc **zone active** (imag. 4.10). Toate formațiunile active interacționează între ele cu ajutorul câmpurilor magnetice și se schimbă permanent în zonele active ale Soarelui. Centrele activității, născându-se la o anumită adâncime sub fotosferă, se întind în formă de rânduri departe în coroana soalară.

În mijlocul sec. al XIX-lea astronomul elvețian **Rudolf Wolf** (1817–1893) a propus să se caracterizeze starea activității solare prin numere relative de pete (numite ulterior numerele lui Wulf): $W = 10g + f$, unde g – numărul grupurilor de pete; f – cantitatea generală a tuturor petelor care sunt în acest moment pe discul Soarelui.

Activitatea solară se mai caracterizează prin suprafața sumară a petelor, prin fluxul de radiații radio etc. La începutul celui de-al 11-lea ciclu anual, după minimumul W , petele apar destul de departe de ecuatorul solar, pe latitudinile de circa 30° . În timpul ciclului zona cu pete coboară spre ecuator până la 15° în maximumul W și până la 8° în minimumul următor. Ulterior, pe latitudinile 30° se formează petele noului ciclu. Aceste legități se referă și la zonele active în general.

Nu doar apariția petelor, ci și activitatea solară în general au ciclu de 11 ani (variația ciclor are loc în limitele de la 7,5 până la 16 ani).



Imag. 4.10. Soarele în raze röntgen. Cele mai luminoase locuri – zonele activității solare



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Din câte învelișuri se alcătuiește atmosfera Soarelui?
2. Ce este fotosfera Soarelui?
3. Care obiecte sunt caracteristice pentru fotosfera Soarelui?
4. De ce petele solare sunt mai întunecate decât fotosfera?
5. Ce înțelegem prin granulație?
6. Ce este cromosfera și coroana Soarelui?
7. Ce fel de fenomene se înregistrează în cromosfera și coroana Soarelui?

§ 21. MANIFESTĂRILE ACTIVITĂȚII SOLARE ȘI INFLUENȚA LOR ASUPRA PĂMÂNTULUI

1. Intensivitatea radiației solare în afara gamei optice. Radiația electromagnetică a Soarelui, maximumul căreia îi revine părții vizibile a spectrului, nu trece în întregime prin atmosfera terestră. Ea este „transparentă” doar pentru lumina vizibilă și parțial pentru radiațiile infraroșii și ultraviolete. De asemenea și pentru radiunile cu gamă comparativ îngustă.

104

În gamele ultraviolete și röntgen forța radiației solare se micșorează brusc – de sute de mii de ori în comparație cu forța radiației în gamă optică. Însă, dacă în gama optică Soarele e o stea constantă, atunci radiația din zona spectrului cu unde scurte depinde de activitatea solară, mărindu-se sau micșorându-se de câteva ori în ciclul solar de 11 ani. Crește esențial fluxul de radiații cu undă scurtă în timpul erupțiilor cromosferice. Din straturile inferioare ale cromosferei iese radiația ultravioletă, intensivitatea maximală a căreia poate întrece de două ori valoarea minimală a ciclului de 11 ani. Radiația principală – röntgen, iese din coroana Soarelui.

Radiațiile röntgen și ultraviolete ale Soarelui sunt absorbite în straturile superioare ale atmosferei Pământului. Ele ionizează gazele atmosferei terestre. Stratul ionizat al atmosferei superioare a Pământului se numește **ionosferă**. Ionosfera Pământului determină în întregime răspândirea undelor radio scurte între punctele extreme ale suprafeței terestre. În timpul emisiilor puternice a radiației solare röntgen în urma erupțiilor cromosferice, apar tulburări de comunicații în undele radio scurte.

Radiația ultravioletă cu unde lungi a Soarelui poate pătrunde la 30-35 km în atmosfera Pământului. Acolo ea separă molecula de Oxigen O_2 în două componente – atomi. Atomii liberi, unindu-se cu moleculele de Oxigen, formează o nouă substanță – **ozonul**, fiecare moleculă a căruia se compune din trei atomi de Oxigen.

Stratul de ozon absoarbe practic toată radiația ultravioletă a Soarelui, lăsând doar o mică parte ce ajunge la suprafața Pământului datorită căreia oamenii pot să se bronzeze. Când grosimea stratului de ozon se micșorează, radiația solară ultravioletă poate să crească de 1,5-2 ori. Atunci această radiație devine foarte activă și poate să provoace cancer de piele.

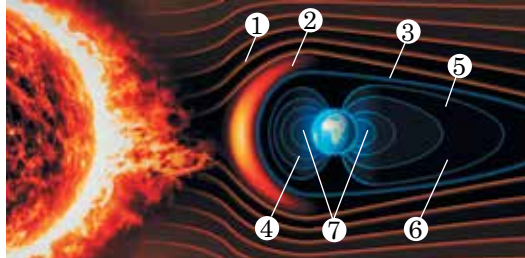
2. Vântul solar.

Fluxul de plasmă rarefiată ce se răspândește radial de la Soare de-a lungul liniilor de intensitate a câmpului magnetic și umple cu ea spațiul interplanetar, se numește *vânt solar*.

În componența lui intră protoni, electroni, α -particule și, în cantități neînsemnate, o serie de atomi extraionizați de Oxigen, Siliciu, Sulf, Fier. Viteza

particulelor vântului solar crește odată cu îndepărtarea de la Soare. Aproape de Pământ viteza vântului solar ajunge până la 450 km/s, iar densitatea constituie câteva particule pe centimetru cub.

Fluxul de plasmă solară nu poate învinge opunerea câmpului magnetic al Pământului și îl înconjoară. Așa se formează un spațiu – magnetosfera (imag. 4.11).



Imag. 4.11. Structura magnetosferei Pământului: 1) undă de șoc; 2) zonă de tranziție; 3) magnetopauză; 4) magnetosferă; 5) polul Nord magnetic; 6) polul Sud magnetic; 7) plasmosferă

Magnetosfera are formă de picătură. În partea Soarelui ea e turtită de presiunea vântului solar. Marginea magnetosferei e îndreptată înspre Soare și se află la distanța de circa 10–12 raze pământești. În partea opusă (de noapte) magnetosfera e alungită, aseenea cozii cometei și are o lungime de circa 6000 raze pământești. Dacă se schimbă viteza și densitatea particulelor vântului solar, se schimbă și forma magnetosferei.

3. Relații Soare-Pământ. Activitatea solară influențează, în primul rând, asupra învelișurilor exterioare ale Pământului – magnetosferă și ionosferă. În timpul erupțiilor solare puternice, particulele pot avea o viteză de 100 000 km/s, adică apar radianți cosmici de origine solară. Sub influența lor se formează oxidul de azot NO, care, interacționând cu ozonul, îl ruinează activ datorită reacției $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$. După erupțiile puternice de pe Soare se înregistrează scăderea conținutului de ozon în stratosfera deasupra calotelor polare ale Pământului.

Cu ajutorul cronografelelor, instalate pe aparatele spațiale, se înregistrează emisii grandioase de substanță din coroana solară. Plasma coronară ruptă duce în sine un cerc închis de câmp magnetic, ce se numește **ejecție de masă coronală** (imag. 4.12).

Ciocnirea norului de plasmă cu magnetosfera Pământului cauzează agitarea ei. Influența emisiei coronale duce la apariția furtunilor magnetice puternice și încălzirea și accelerarea plasmei în interiorul magnetosferei. Prin urmare, protonii și electronii, ciocnindu-se cu moleculele de aer la înălțimea de 100–120 km, le ionizează și le fac să lumineze. În timpul ionizării, aerul pe o anumită frecvență începe să lumineze. În rezultatul ionizării, pe Pământ, în special pe latitudinile de lângă poli, se înregistrează aurora boreală (imag. 4.13). La o activitate geomagnetică mare, aurorele boreale apar la înălțimea de 300–400 km.



Imag. 4.12. Ejecție de masă coronală



Imag. 4.13. Auroră boreală

asupraobiectelor biologice și asupra sănătății omului. Analizând documente istorice, savantul a ajuns la concluzia că toate catastrofele naturale, revoltele sociale, epidemiile corespund în majoritate cu anii maximumilor activității solare. În baza acestor date, savantul a încercat să prezică unele epidemii pe 35 ani înainte. Prognozele lui s-au împlinit în șapte cazuri din opt.

Pentru a studia multilateral fenomenele ce au loc pe Soare, savanții efectuează observări permanente asupra Soarelui. Așa s-a format **Serviciul Soarelui**, care activează în diferite observatoare astronomice ale lumii pentru o studiere sistematică a activității solare.

În timpul furtunii magnetice se schimbă câmpii electrice deasupra suprafeței terestre.

Aceasta duce la supraîncărcarea rețelelor electrice (până la câteva sute de amperi) și la deconectarea lor, la apariția curenților puternici în conductele de gaze și petrol și la defectarea sistemelor lor de conducere.

Furtunile magnetice sunt cauza schimbării presiunii în troposferă (stratul inferior al atmosferei Pământului), fapt ce duce la dezvoltarea cicloanelor.

Încă în 1915 Oleksandr Cijevskii (1887–1964) a observat că Soarele influențează



ȘTIAȚI OARE CĂ ...

- Cijevskii este unul dintre întemeietorii geobiologiei. Această știință, apărută din colaborarea fizicii și biologiei, studiază influența activității ciclice a Soarelui asupra obiectelor biologice, sănătății omului și asupra cataclismelor sociale.
- La variațiile activității solare e foarte sensibil sistemul nervos al omului. S-a determinat că numărul de bolnavi crește în zilele cu activitate solară mare. Activitatea solară influențează asupra omului prin câmpul magnetic al Pământului. Furtuna magnetică afectează producerea de melatonină în organism, în glandele corticosuprarenale se stimulează producerea unei cantități mari de cortizol, ce cauzează stresul. Acest fenomen provoacă slăbiciunea generală a organismului, neliniște, tahicardie și creșterea tensiunii arteriale.
- Dacă furtuna magnetică durează o perioadă îndelungată, pot apărea tulburări ale bioritmurilor, nevroze, tulburări ale fondului hormonal.
- Chiar furtunile mici pot provoca boli serioase. Medicii menționează că anume în perioada furtunilor magnetice crește numărul de infarcte, atacuri cerebrale și crize hipertensive. Cele mai răspândite reacții la furtunile magnetice sunt durerile de cap, intensificarea ritmului cardiac, apar amețeli, insomnii.



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Ce este activitatea solară și care este ciclitatea ei? Ce manifestări ale activității solare se observă în diferite straturi ale atmosferei Soarelui?
2. Ce este vântul solar? Cum apare el?
3. Care sunt cauzele apariției aurorel boreale? De ce nu putem observa aurori boreale pe teritoriul Ucrainei?
4. Cum folosește omul energia solară? Dați exemple. Ce privilegii are energia solară în comparație cu alte tipuri de energie?
5. Care sunt cauzele și consecințele furtunilor magnetice pe Pământ? Care este influența lor asupra organismelor vii?

**LUCRARE PRACTICĂ NR 2****Observările vizual-telescopice ale Soarelui**

Scopul lucrării: de luat cunoștințe despre metodele astronomice de orientare pe teren după Soare; de determinat coordonatele geografice; de studiat aspectul Soarelui și obiectele principale ale atmosferei lui (pete solare, zonele cu facule, erupții); de studiat legile de siguranță în timpul observărilor telescopice ale Soarelui.

Utilare: „Calendar astronomic scurt”, „Calendar astronomic Școlar”, telescop școlar cu diafragmă și filtru de lumină; ecran; spectroscop (rețele difracționale), rețele de observare a Soarelui; ceasornic, creion, hârtie.

Informații teoretice

ATENȚIE! Studiind Soarele, NU se poate de se uitat la discul Soarelui cu ochiul liber și prin telescop fără filtru de lumină special! Nu se pot folosi filtre de lumină confecționate de sine stătător! Dacă lipsește filtrul solar de lumină, trebuie de făcut observări asupra Soarelui doar pe ecran.

În timpul proiectării imaginii solare pe ecran, peste fiecare 5 minute trebuie de făcut o pauză de 2-3 minute, să nu crape lentilele ocularului. Astfel trebuie de procedat și în timpul lucrului cu filtrele de lumină oculare.

Cel mai comod este de folosit filtrul de lumină cu obiectiv combinat cu diafragmă: el mai bine ocrotește telescopul de supraîncălzire și nu se supraîncăleşte singur.

Dacă apare posibilitatea de a face observări dintr-o încăpere întunecoasă (sala de clasă cu perdele întunecate la geamuri etc.), trebuie de folosit această ocazie. Înainte de a începe observările, trebuie de aerisit încăperea, deschizând geamurile pentru 15–20 min, pentru a o elibera definitiv de curenții de aer ce apar din cauza diferenței de temperatură în interiorul și în afara încăperii.

Amintiți-vă metodele și particularitățile observărilor astronomice, telescoapele, natura fizică a Soarelui, orientarea pe teren și determinarea coordonatelor geografice după observările asupra Soarelui.

În dependență de scopurile observărilor, se recomandă să se folosească diferite mărimi. În timpul studierii generale a suprafeței solare trebuie de folosit ocularul, care mărește imaginea de 30–40 ori; în timpul studierii detaliate a fotosferei – de 60–80–120 ori; pentru observările spectrale și fotografierea Soarelui în focarul principal al telescopului nu trebuie oculare.

Sucesiunea efectuării observărilor

1. Diafragmați obiectivul telescopului până la deschizătura relativă 1/30-1/40. Instalați ocularul cu puterea de mărire de 30-40 ori și ecranul solar.

2. Îndreptați telescopul înspre Soare. E bine de făcut acest lucru pe umbra telescopului, care, la o reglare corectă, va avea forma rotundă a țevei telescopului și dimensiuni minimale. Proiectați imaginea obținută pe ecran, pe o foaie de hârtie și concentrați imaginea într-un cerc cu diametrul de 10 cm. Cel mai bine de efectuat această concentrare după marginea discului solar, care trebuie să reprezinte o linie ideal clară.

3. Atrageți atenția asupra petelor solare, zonelor cu facule și, dacă veți avea noroc, asupra erupțiilor cromosferice.

4. Atrageți atenția asupra întunecării discului solar pe margini, fapt ce confirmă natura gazoasă (plasmică) a Soarelui.

5. Determinați direcția paralelei diurne. Pentru aceasta însemnați cu creionul schimbările succesive a poziției oricărei pete față de țeava imobilă a telescopului și trasați prin aceste puncte o dreaptă.

6. Deplasând lent țeava după Soare, încât imaginea lui să nu iasă din limitele de 10 cm ale cercului, însemnați cu creionul poziția grupurilor de pete și a unor pete aparte, a zonelor cu facule și a erupției.

7. Ridicați puterea de mărire a telescopului până la maximă posibilă în asemenea condiții de stare a vremii (60×–80×). Intr-o încăpere întunecoasă se va putea vedea pe ecran granulația solară; petele au un aspect foarte frumos: nucleul de culoare zmeurie, penumbra violetă iar suprafața Soarelui – de un roz pal. Dacă observările se efectuează afară, imaginea va fi mai puțin strălucitoare și mai puțin contrastă.

8. Introduceți în ocular filtru de lumină, scoateți ecranul și continuați observările vizuale direct prin ocular.

9. Ridicați puterea de mărire până la maximum și desenați imaginea exterioară, forma și detaliile structurii câmpilor cu facule, ale petelor și ale grupurilor de pete.

10. Scoateți ocularul și puneți în locul lui spectroscopul școlar. Proiectați imaginea spectrului pe o foaie albă. Colorați benzile principale ale spectrului (ale hidrogenului, heliului și ale calciului ionizat). În loc de spectroscop, pentru observările spectrale educative pot fi folosite rețelele difracționale, ce au dimensiuni și masă mult mai mică, având capacități de separație precum spectroscopul.

Definitivați rezultatele obținute

108

1. Efecuați analiza generală a lucrării.
2. Determinați ecuatorul solar și axele de rotație.
3. Folosind rețeaua, determinați pe ce latitudine se află petele și care sunt dimensiunile lor aproximative.

4. Determinați nivelul activității solare, calculând numărul lui Wolf după formula: $W = 10g + f$, unde g – numărul grupurilor de pete; f – numărul tuturor petelor.

Definitivați rezultatele observărilor, indicând în darea de seamă poziția câmpilor cu facule, a grupurilor de pete și a petelor aparte,

Întrebări de control la lucrare

1. Descrieți structura internă a Soarelui.
2. Din ce fel de învelișuri se compune atmosfera Soarelui?
3. Ce este fotosfera Soarelui? Care obiecte sunt caracteristice pentru fotosfera Soarelui?
4. De ce petele solare sunt mai întunecate decât fotosfera?
5. Ce este granulația?
6. Ce este cromosfera și coroana solară? Ce fenomene se înregistrează în cromosferă și în coroana Soarelui?
7. În ce stare se află substanța Soarelui? Cum v-o închipuiți voi?



REZOLVĂM ÎMPREUNĂ

Sarcina 1. Soarele se rotește în jurul axei sale în aceeași direcție precum Pământul, adică de la vest spre est. Cum vedem această rotație, făcând observări de pe Pământ?

Răspuns. În viziunea observatorilor terestri și în baza datelor punctelor de reper terestre, Soarele se rotește în jurul axei sale de la est spre vest împotriva acului ceasornicului, precum Pământul.

Sarcina 2. Care fenomene sunt caracteristice pentru Pământ și Soare în perioada activității solare?

Răspuns. Pentru Soare: cantitatea mare de pete solare (în fotosferă), erupții (în cromosferă) și pretuberanțe (în coroană). Vânt solar întehit. Pentru Pământ: creșterea numărului și intensității aurorelor boreale și a agitărilor câmpului geomagnetic (a furtunilor magnetice).



EXERCIȚII ȘI SARCINI

4.1. Soarele este numit stea galbenă, deși pentru majoritatea oamenilor el are culoare albă. Cum se explică această contradicție?

4.2*. Cu ajutorul legii a treia generalizată a lui Kepler determinați masa Soarelui.

4.3*. Cu cât se micșorează masa Soarelui timp de 1 an în urma reacțiilor termonucleare?

4.4. Care factor micșorează temperatura în interiorul petelor solare?

4.5. Care fenomen este numit de astronomi activitate solară?

4.6. Care procese de pe Soare pot influența semnificativ asupra stării atmosferei terestre?

4.7. De ce Soarele când răsare și apune la orizont are culoare roșie?

4.8. Când Soarele apune, luminozitatea lui se micșorează și atunci se pot vedea cu ochiul liber petele solare. Calculați diametrul minimal al petei care încă se poate vedea fără dispozitive optice.

4.9. Cum influențează atmosfera terestră asupra trecerii diferitor tipuri de radiații solare spre suprafața Pământului?

4.10. De ce pe Pământ se înregistrează des tulburări în propagarea undelor radio scurte?

4.11. Care este rolul stratului de ozon în atmosfera Pământului? Cum poate influența activitatea solară asupra grosimii stratului de ozon al Pământului?

4.12. Ce este vântul solar? Cum apare el?

4.13. Ce se numește magnetosferă a Pământului? Cum influențează asupra ei vântul solar?

4.14. Care este natura ejecției de masă coronală și care sunt consecințele ei?

4.15. Care sunt cauzele apariției aurorelor boreale? De ce de pe teritoriul Ucrainei nu putem vedea aurore boreale?

4.16. Dați exemple de folosire a energiei solare. Ce privilegii are energia solară în comparație cu alte tipuri de energie?

4.17. În urma căror procese pe Soare apar fluxuri corpusculare și radiații cosmice?

4.18. Care sunt cauzele și consecințele furtunilor magnetice pe Pământ? Cum influențează ele asupra organismelor vii?

109



VERIFICĂ-ȚI COMPETENȚA

Întrebări de control

1. Care este sursa de energie a Soarelui?
2. Descrieți structura Soarelui.
3. Caracterizați condițiile de temperatură ale Soarelui.
4. Care procese de pe Soare pot influența semnificativ asupra atmosferei terestre?

Ce știu și pot să fac

● Eu știu să rezolv exerciții astronomice

1. Unghiul orizontal, măsurat în timpul răsăritului Soarelui, este egal cu 120° . Determinați când a răsărit și a apus Soarele și care este durata zilei.

2. Determinați timpul răsăritului și apusului Soarelui și durata zilei, dacă unghiul orizontal, care a fost măsurat în timpul răsăritului Soarelui, este egal cu 80° .

3. Determinați la ce oră a răsărit și a apus Soarele, dacă durata zilei e de 12 ore 20 min.

● Eu știu să efectuez observări astronomice

4. Calculați numărul total de pete solare și desenați repartizarea lor pe discul Soarelui. Nu uitați că petele apar des în perechi. Peste câteva zile repetați observările și veți vedea rotația Soarelui în jurul axei – petele și-au schimbat

poziția. În acest timp s-ar fi putut schimba și numărul de pete. **Atenție! Studiind Soarele, nu se poate de se uitat la discul Soarelui cu ochiul liber și în telescop fără filtru de lumină special!**



TESTE

1. Constanta solară determină ...
 - A cantitatea de energie emisă de Soare timp de un an
 - B cantitatea de energie emisă de Soare în 1 s
 - C temperatura Soarelui
 - D cantitatea de energie primită de întreaga suprafață terestră într-o unitate de timp
 - E energia pe care o primește 1 m² din suprafața terestră în 1 s, dacă razele soare cad perpendicular pe suprafață
2. Pentru determinarea luminozității Soarelui trebuie să știm ...
 - A raza Soarelui
 - B raza Pământului
 - C distanța de la Pământ până la Soare
 - D temperatura pe suprafața Pământului
 - E temperatura pe suprafața Soarelui
3. Care dintre aceste elemente chimice sunt cele mai răspândite pe Soare?
 - A Oxigen și Fier
 - B Hidrogen și Helium
 - C Hidrogen și Oxigen
 - D Nitrogen și Oxigen
 - E Fier și Nitrogen
4. În rezultatul cărui proces se emite energia în străfundurile Soarelui?
 - A reacția nucleară
 - B comprimare gravitațională
 - C reacție termonucleară
 - D arderea hidrogenului
 - E căderea meteoritilor
5. Granulația se formează în fotosferă în rezultatul ...
 - A coroana e foarte fierbinte
 - B energia se transmite de convecție
 - C petele sunt foarte reci
 - D se iradiază neutrino
 - E pe suprafața Soarelui sunt unde
6. Soarele este numit stea galbenă, însă pentru majoritatea oamenilor el are culoare albă. Cum se explică această contradicție?
7. Ce scade temperatura în interiorul petelor solare?
8. Care fenomen este numit de astronomi activitate solară?
9. Care procese de pe Soare pot influența semnificativ asupra stării atmosferei terestre?
10. Care este sursa energiei Soarelui?
11. Calculați câtă energie solară ar fi putut absorbi acoperișul casei voastre în decurs de o oră la amiază.
12. Ce surse de energie ecologică pot fi propuse pentru folosire în localitatea unde se află școala voastră?

Capitolul 5

STELELE. EVOLUȚIA STELELOR

Sunt stele unice, duble, stele multiple, stele variabile de diferite tipuri, nove, supernove, hipergigante și pitice, stele de diferite dimensiuni, luminozități, temperaturi și densități. Crează ele, oare, haos în caracteristicile fizice? În acest capitol veți afla dacă da, sau nu.

§ 22. CARACTERISTICILE PRINCIPALE ALE STELELOR

1. Magnitudinea aparentă stelară. La prima temă despre cerul înstelat am trecut noțiunea „magnitudine stelară” m . Știți deja, că stelele din magnitudinea stelară 1 creează de 2,5 ori mai multă luminozitate (mai exact, de 2,512 ori) decât stelele magnitudinii a 2-a, care, la rândul lor, dau fluxuri de lumină de 2,5 ori mai mari decât stelele magnitudinii a 3-a ș.a.m.d. Astfel, în intervalul de o magnitudine stelară aparentă (1^m) e primit raportul luminozităților (E) în 2,512 ori. Acest număr a fost ales pentru comoditate astfel, încât logaritmul lui zecimal să fie egal cu 0,4, iar intervalul 5^m să corespundă raportului de 100 ori. În formă de formulă aceste rapoarte au fost scrise de **Norman Pogson** (1829–1891): $\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{m_2 - m_1}$.

111

Măsurând cu ajutorul fotometrului raportul luciului stelelor, se poate determina diferența magnitudinilor stelare după formula lui Pogson. Valoarea zero se alege condiționat. Încă s-a convenit ca steaua standard din magnitudinea stelară 1 (medie dintre 20 cele mai strălucitoare stele) să emită de 100 de ori mai multă lumină decât steaua din magnitudinea stelară 6 pe care încă o poate vedea ochiul omului.

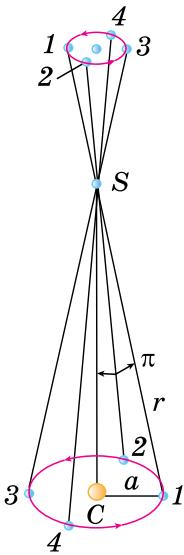
Magnitudinea stelară aparentă a Lunii Pline este egală cu $-12,7^m$, iar în faza ultimului pătrar este $-9,0^m$. după formula lui Pogson putem afla că luminozitatea Lunii Plină (E_p) e mai mare decât luminozitatea Lunii în primul

pătrar (E_1) de 30 ori: $\frac{E_p}{E_1} = 2,512^{m_1 - m_2} = 2,512^{-9+12,7} = 2,512^{3,7} \cong 30$.

Magnitudinea stelară aparentă a Soarelui a fost determinată de **Vitold Teraski** (1849–1925). Valoarea ei $-26,8^m$. Scara magnitudinilor stelare ajută la exprimarea în magnitudini stelare a luciului astrilor slabi, nevăzuți cu ochiul liber. În prezent, cele mai mari telescoape cu diametrul oglinzilor 8-10 m și cu aparatura de recepție modernă, fac posibilă înregistrarea obiectelor până la a 28-a magnitudine stelară.

2. Determinarea distanțelor până la stele. Încă din vechime savanții au presupus că stelele au aceeași natură fizică precum Soarele. Din cauza distanțelor enorme discurile stelelor nu se văd chiar în cele mai puternice telescoape. Pentru a compara stelele între ele și încă cu Soarele, trebuie de găsit metode de determinare a distanțelor până la ele.

Metoda principală este metoda deplasării paralactice a stelelor, pentru că raza Pământului e prea mică în comparație cu distanța până la stele. Încă



Imag. 5.1. Deplasarea paralactică a stelei pe parcursul anului:
 C – Soare; S – Stea;
 a – semiaxa orbitei terestre; π – paralaxa anuală

Copernic a înțeles că, conform sistemului lui heliocentric, stelele apropiate, pe fondul stelelor îndepărtate, trebuie să descrie elipse în rezultatul mișcării anuale a Pământului în jurul Soarelui. Deplasarea presupusă a stelei apropiate pe fondul stelelor foarte îndepărtate are loc pe elipsă cu perioada de 1 an și reprezintă mișcarea observatorului împreună cu Pământul în jurul Soarelui (imag. 5.1). Poziția Pământului pe orbită și poziția stelei pe cer, văzută de pe Pământ, sunt însemnate în imagine prin aceleași cifre.

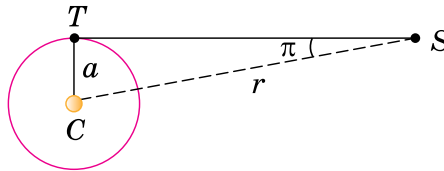
Elipsa mică, descrisă de stea, se numește **elipsă paralactică**. În măsură unghiulară, semiaxa mai mare a acestei elipse este egală cu valoarea unghiului sub care se vede de pe stea semiaxa mai mare a orbitei Pământului, perpendiculară la direcția înspre stea. Acest unghi se numește **paralaxă anuală** (π). Deplasarea paralactică a stelelor este o dovadă incontestabilă că Pământul se rotește în jurul Soarelui.

Distanțele până la stele se determină după deplasarea paralactică anuală a lor, ce este condiționată de deplasarea observatorului (împreună cu Pământul) pe orbita terestră.

Din imag. 5.2 reiese că dacă $CT = a$ este raza medie a orbitei terestre, $SC = r$ – distanța până la steaua S până la Soarele C, iar unghiul π – paralaxa anuală a stelei, atunci

$$r = \frac{a}{\sin \pi}$$

Dacă paralaxele anuale ale stelelor se măsoară în zecimi de secundă, iar 1 radian este egal cu 206 265", atunci distanța până la stea poate fi determinată din interacțiunea $r = \frac{206265''}{\pi''}$ UA



Imag. 5.2. Paralaxa anuală a stelei: C – Soare; S – Stea; T – Pământ

În timpul măsurării distanțelor până la stele, unitatea astronomică e prea mică. De aceea, pentru determinarea distanței până la stele în astronomie se folosește o unitate de lungime specială – parsecul (pc), denumirea căreia provine de la cuvintele „paralaxă” și „secundă”.

Parsec – distanța de la care raza orbitei pământeste (egală cu 1 UA), perpendiculară la raza vizuală, se vede sub unghiul 1" (o secundă unghiulară).

Conform ultimei formule $1 \text{ pc} = 206\,265 \text{ UA} = 3,086 \cdot 10^{13} \text{ km}$. Astfel, distanța până la stele în parseci va fi determinată prin: $r = \frac{1}{\pi''} \text{ pc}$.

În unități astronomice se exprimă, de obicei, distanțele până la corpurile sistemului Solar. Distanțele până la corpurile cerești aflate în afara limitelor

sistemului Solar Se exprimă, de obicei, în parseci, kiloparseci (1 kpc = 10^3 pc) și megaparseci (1 Mpc = 10^6 pc), de asemenea în ani lumină (1 a. l. = $9,46 \cdot 10^{12}$ km = $63\,240$ UA = 0,3067 pc, 1 pc = 3,26 a.l.).

An lumină – distanța parcursă de radiația electromagnetică (lumina) în vid în decurs de 1 an.

Limita inferioară a măsurării paralaxelor nu depășește 0,005", fapt ce ajută să determinăm distanțe nu mai mari decât 200 pc. Distanțele până la obiectele mai îndepărtate se determină mai puțin exact și prin alte metode.

3. Magnitudinea stelară absolută. Luminozitatea stelelor. Luciul vizual al stelelor nu caracterizează radiația lor. Ea se determină prin doi factori: radiația reală a stelei și distanța până la ea. Soarele, de exemplu, e mai aproape de Pământ decât oricare altă stea, de aceea e este cel mai luminos astru de pe cer. Așadar, pentru a compara luciul real al stelelor, trebuie de calculat magnitudinea lor stelară la aceeași distanță anumită. Pentru asemenea distanță standard s-au luat 10 pc. Magnitudinea stelară aparentă, pe care ar fi avut-o seaua dacă s-ar fi aflat de la noi la distanța de 10 pc, se numește **magnitudine stelară absolută**.

Admitem, că magnitudinea stelară aparentă la distanța r este egală cu m , iar luminozitatea creată de această stea este egală cu E . Conform determinărilor, magnitudinea stelară aparentă de la distanța $r_0 = 10$ pc, va fi egală cu magnitudinea stelară absolută M , iar E_0 – luminozitatea (sau radiația) stelei la distanța

10 pc. Atunci, folosind formula lui Pogson, putem scrie: $\frac{E}{E_0} = 2,512^{M-m}$.

Din fizică se știe că luminozitățile create de aceeași sursă de radiație, sunt invers proporționale pătratelor distanțelor până la ele: $\frac{E}{E_0} = \frac{r_0^2}{r^2}$.

Suprapunând această egalitate cu cea precedentă, obținem că $2,512^{M-m} = \frac{100}{r^2}$ prologizând această egalitate și simplificând-o, obținem: $M = m + 5 - 5 \lg r$, luând în considerație că $r = \frac{1}{\pi''}$, această egalitate poate fi scrisă astfel: $M = m + 5 + 5 \lg \pi''$.

Prin această formulă vom calcula magnitudinea stelară absolută a Soarelui. Distanța până la Soare $r = 1 \text{ UA} = 1 : 206\,265$ pc; magnitudinea stelară aparentă a Soarelui este egală cu $-26,8^m$. După transformarea acestor noțiuni în formulă, obținem că $M_{\odot} = -26,8^m + 5^m + 26,6^m = 4,8^m$. Aceasta înseamnă că de la distanța standard 10 pc Soarele are înfățișarea unei stele slabe, aproape de a 5-a magnitudine stelară.

Magnitudinile absolute ale stelelor variază de la -9^m până la 19^m , adică diferență de 28^m una de alta sau după luminozitate de 160 mlrd ori.

Știind magnitudinea absolută a stelei, se poate calcula radiația generală reală a stelei sau luminozitatea ei.

Luminozitatea L se numește energia totală iradiată de stea într-o secundă.

Luminozitatea stelelor se exprimă cel mai des în luminozități solare. De asemenea, ea poate fi măsurată în Wt.

Stelele supergigante cu magnitudinea absolută $M = -9^m$ au forța iradiantă de 330 mii de ori mai mare decât a Soarelui, ar cele mai luminoase stele cu magnitudinea absolută $M = 19^m$ iradiază lumină de 480 mii de ori mai slabă decât Soarele.



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Ce este paralaxa anuală a stelelor?
2. Ce este parsecul și anul lumină?
3. Prin ce se deosebește magnitudinea stelară absolută de magnitudinea stelară aparentă?
4. Cum se poate determina magnitudinea stelară absolută a stelei, dacă se știe distanța până la ea sau paralaxa anuală?
5. Ce este luminozitatea stelei? Care este luminozitatea Soarelui?
6. Care este dependența între luminozitatea stelei și magnitudinea absolută a ei?
7. Prin ce metode se poate determina distanța până la stele? Care unități se folosesc pentru determinarea distanței până la stele și care este interacțiunea între ele?

§ 23. TEMPERATURA ȘI DIMENSIUNILE STELELOR. STELELE ȘI CLASIFICAREA LOR. STELELE OBIȘNUITE

1. Temperatura stelelor. Să presupunem, că stelele iradiază precum corpurile absolut negre – corpuri ce absorb totalmente razele (de toate lungimile de undă) ce cad pe ele. Temperatura T a suprafeței (fotosferei) stelelor poate fi determinată folosind legea lui Stefan Boltzmann, după cum am pro-

cedat la determinarea temperaturii Soarelui: $T = \sqrt[4]{\frac{L}{4\pi R^2 \sigma}}$, unde $\sigma = 5,6704 \cdot$

114

$\cdot 10^{-8} \text{ Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ – **constanta lui Stefan Boltzmann.**

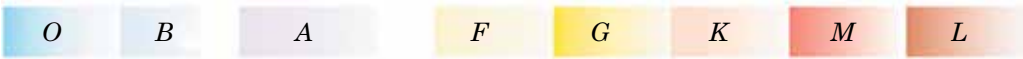
Temperatura determinată prin această metodă se numește **temperatură efectivă**. Însă, această metodă se folosește foarte rar, pentru că valoarea exactă a razei a fost determinată doar pentru câteva zeci de stele gigante luminoase.

Temperaturile stelelor diferă foarte mult. Stelele roșii reci au temperatura de circa 3000 K. Soarele nostru, cu temperatura fotosferei de 6000 K, ține de categoria stelelor pitice galbene. Temperatura stelelor fierbinți ajunge până la 50 000 K. Partea principală a radiației stelelor fierbinți îi revine părții ultraviolete a spectrului și noi le vedem ca stele de culoare albastru deschis. Cele mai fierbinți sunt stelele tinere de tipul Wolf Raiet, temperatura fotosferei cărora este foarte înaltă: de la 60 000 până la 100 000 K.

2. Clasificarea spectrală a stelelor. Stelele se deosebesc prin mare diversitate. Însă, printre ele se pot diferenția grupuri aparte ce au proprietăți comune. La o primă analiză a cerului înstelat se vede că stelele se deosebesc după culoare. În special, aceasta se observă când studiem spectrul lor. Dezaconcordurile principale între spectrele stelelor constau în cantitatea și intensivitatea liniilor spectrale studiate și, de asemenea, în repartizarea energiei în spectrul continuu. Luând în considerare tipurile de linii spectrale și intensivitatea lor, s-a alcătuit clasificarea spectrală a stelelor, care a fost întărită în anii 20 ai sec. al XX-lea.

În observatorul din Harvard (SUA) a fost elaborată clasificarea spectrelor stelelor, în care succesiunea categoriilor spectrale se marchează prin literele mari ale alfabetului latin. Neconcordanțele în interiorul fiecărei categorii le împart în 10 subcategorii – de la 0 până la 9. De exemplu, Soarele aparține la categoria spectrală G_2 .

Această succesiune a categoriilor spectrale reprezintă micșorarea temperaturii atmosferelor (fotosferelor) stelelor de la categoria O până la categoria L . Concomitent, categoria spectrală este și categorie de culori: stelele categoriei O au culoare albastră deschisă, ale categoriei B – albastră-albuie, categoria A – albă etc. (imag. 5.3).



Imag. 5.3. Clasificarea spectrală a stelelor

Compoziția chimică a atmosferelor majorității stelelor este aproape aceeași. Stratul exterior al stelelor se compune din amestecuri de hidrogen și heliu cu un mic adaos de elemente mai grele. De exemplu, precum Soarele, alte stele conțin în atmosferele sale 73% hidrogen, 25% heliu și 2% alte elemente.

Neconcordanțele în spectrele stelelor se determină, în mare parte, prin neconcordanțele temperaturii. În fotosferele stelelor reci pot exista cele mai simple molecule. De aceea, detaliile caracteristice spectrelor stelelor din categoriile *M* și *L* sunt benzile late de absorbție a moleculelor, cum ar fi CrH. La temperaturi mai înalte compușii moleculari se descompun. În astfel de spectre se pierd benzile spectrale ale compușilor moleculari, însă se ivesc liniile ce corespund metalelor neutre. Astfel, clasificarea spectrală a stelelor este clasificarea temperaturii spectrelor solare ce se bazează pe aprecierile intensității relative și a aspectului liniilor spectrale. În prezent s-a făcut clasificarea spectrală la peste 500 mii de stele.

3. Dimensiunile stelelor. Raza liniară *R* a stelei poate fi determinată dacă se știe raza ei unghiulară ρ'' și distanța până la stea *r* sau paralaxa anuală π'' după formula $R = r \sin \rho'$. Dacă $r = \frac{205265''}{\pi''}$ UA, iar pentru raza unghiulară $\sin \rho'' = \frac{\rho''}{205265''}$, atunci $R = \frac{\rho''}{\pi''}$ UA

Razele liniare ale stelelor se exprimă în raze ale Soarelui. În razele Soarelui 1 UA = 149,6 · 10⁶ km : (0,696 · 10⁶) km = 215.

Folosind această interacțiune, obținem formula pentru determinarea razelor liniare ale stelelor în raze ale Soarelui în felul următor: $R = 215 \frac{\rho''}{\pi''}$.

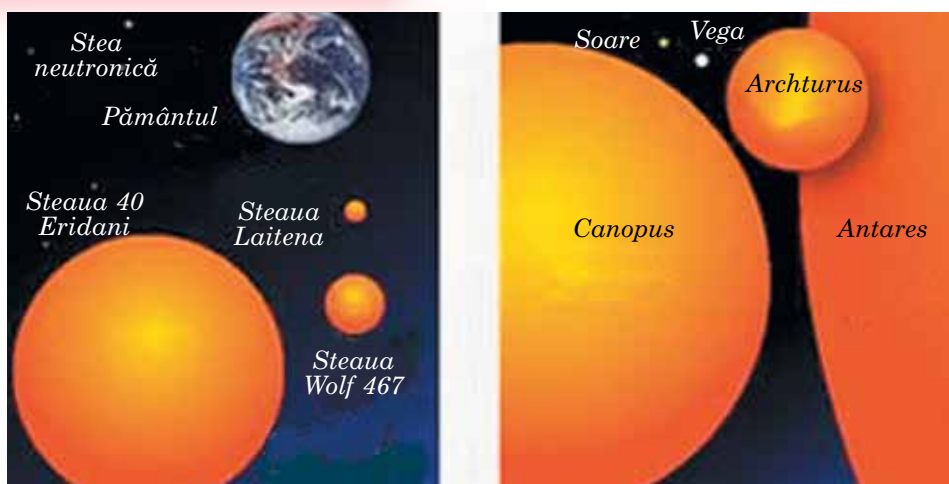
Stelele sunt atât de îndepărtate de noi, încât dimensiunile lor unghiulare sunt mai mici decât capacitatea de separație a celor mai mari telescoape. Pentru stelele apropiate luminoase raza unghiulară se determină după imaginea interferențială care apare în rezultatul acoperirii aspectului stelei cu ajutorul a două telescoape instalate la distanță. De exemplu, cu ajutorul interferometrului optic, ce se compune din două oglinzi sferice cu diametrul de 6,6 m fiecare, situate la distanța maximală de 180 m una de alta, s-a putut măsura diametrul unghiular al ϵ Orion. El s-a adevărit a fi egal cu 0,00072'', iar dacă paralaxa anuală a stelei este egală cu $\pi'' = 0,0024''$, atunci

$$R = 215 \frac{0,00036''}{0,0024''} = 32R_{\odot}$$

Razele stelelor pot fi calculate după forța de radiație (luminozitate) și temperatură. Scriem valoarea forței totale a radiației pentru oricare stea și pentru Soare: $L = 4\rho R^2 \sigma T^4$, $L_{\odot} = 4\pi R_{\odot}^2 \sigma T_{\odot}^4$, unde *L* și *L*_⊙, *R* și *R*_⊙, *T* și *T*_⊙ – conform luminozității, razelor liniare și temperaturii absolute a stelei și a Soarelui.

Admitem că *L*_⊙ = 1 și *R*_⊙ = 1, atunci obținem: $L = R^2 T^4 / T_{\odot}^4$, sau definitiv în raze liniare ale Soarelui: $R = \sqrt{L T_{\odot}^2 / T^2}$.

Dimensiunile stelelor diferă foarte mult: de la diametrele comparate cu diametrul orbitei lui Jupiter (supergigante roșii), până la dimensiunile planetelor sistemului solar (pitice albe) sau chiar până la câțiva kilometri la stelele neutronice (imag. 5.4).



Imag. 5.4. Dimensiunile unor stele în comparație cu Pământul (în stânga) și Soarele (în dreapta)



ȘTIAȚI OARE CĂ ...

116



Cecilia Payn Gaposchkin

- În cartea „Atmosfere stelare” astronomul american Cecilia Payn Gaposchkin (1900-1979) a studiat pentru prima oară condițiile fizice în atmosferele stelelor îndepărtate prin suprapunerea intensităților liniilor observate în spectrele stelelor din diferite categorii spectrale cu intensitățile calculate pentru diferite temperaturi, în baza teoriei ionizării și agitației atomilor. Ea a întocmit prima scară a temperaturilor. A determinat compoziția chimică a atmosferelor stelare. A determinat că conținutul relativ de elemente la diferite stele este același și nu se deosebește de cel observat pe Soare.



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Cum se poate determina temperatura stelei cu ajutorul legilor lui Stefan Boltzmann și Wien?
2. După care principiu se efectuează clasificarea spectrală a stelelor?
3. La ce categorii aparțin numărul principal de stele? La care categorie și subcategorie de clasificare spectrală aparține Soarele nostru?
4. Din care elemente chimice se compun, în mare parte, stelele?
5. De care factor depind culorile stelelor?
6. Care este cauza principală a neconcordanței spectrelor stelelor?
7. Ce dimensiuni pot avea stelele în comparație cu Soarele?

§ 24. STELELE DUBLE. MASA STELELOR. SISTEMELE PLANETARE ALE ALTOR STELE

1. Tipurile de stele duble. Observările au demonstrat că multe stele din Univers formează perechi sau sunt membre ale unor sisteme complicate. **Stele duble** se numesc perechile de stele situate aproape. Se diferențiază stelele duble optice și fizice. **Stelele duble optice** (perechile) se compun din stele situate destul de departe una de alta în spațiul de stele, care se proiectează întâmplător pe sfera cerească după raza vizuală. Stelele duble fizice sunt sisteme de stele situate aproape în spațiul de stele, unite prin forțele de gravitație și care se rotesc lângă centrul comun al maselor.

Stelele perechilor duble fizice au deseori diferite culori. Astfel, Antares – stea foarte strălucitoare din constelația Scorpionului – are un satelit slab verde (în timpul observărilor prin telescop).

Prima pereche de stele, cunoscută încă din vechime, este perechea Mizar (Calul) și Alcor (Călărețul). Mizar este steaua medie a mânerului căușului din constelația Ursa Mare, ce are magnitudine aparentă $2,2^m$. La distanțele unghiulare $12'$ de la ea e situată steaua slabă Alcor, magnitudinea stelară a căreia este $4,0^m$. Perechea stelară Mizar și Alcor este exemplu de stea dublă optică. Chiar în telescopul școlar se vede bine: Mizar se compune din două stele foarte apropiate, care pot fi diferențiate cu ochiul liber.

Componentele perechii stelare Mizar A și Mizar B sunt situate unul de altul la distanța de $14''$ și au magnitudine stelară $2,4^m$ și $4,0^m$. Perechea stelară Mizar este exemplu de stea dublă fizică.

Stelele duble fizice, în dependență de metoda de observare, se împart în **stele duble vizuale** (componentele lor pot fi văzute vizual prin telescop, sau fotografiate), stele duble cu eclipsă (componentele lor se acoperă periodic unul pe altul de observator), **stele duble spectroscopice** (dublitatea se reflectă în deplasările periodice sau dublarea liniilor spectrelor lor), **stele duble astrometrice** (o stea, care influențează asupra mișcării corecte a stelei vecine, nu se vede).

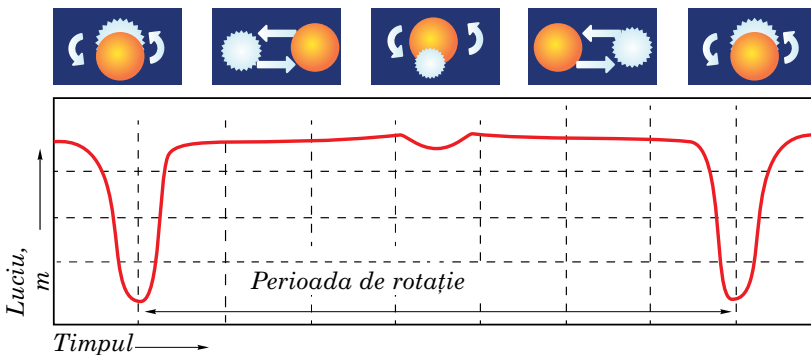
Prima listă de stele duble a fost alcătuită în 1803 de astronomul englez William Herschel. Această listă conține câteva sute de obiecte.

Perioadele de rotație ale componentelor în sistemele duble vizuale sunt de la câțiva ani, până la câteva mii de ani.

Stelele duble sunt un caz aparte al stelelor multiple, ce se compun, uneori, din câteva componente. Există stele triple și cu mai multe componente. Stele multiple sunt numite stelele ce conțin mai puțin de 10 componente. Sistemele cu un număr mai mare de stele se numește cluster de stele. Dublitatea și multiplitatea în lumea stelară e un fenomen foarte răspândit.

2. Stelele duble cu eclipsă. Stelele duble cu eclipsă, sau variabile cu eclipsă, sunt perechi de stele ce se roteșc cu o perioadă de la câteva ore până la câțiva ani pe orbite, semiaxa mare a cărora e comparată cu însuși stelele. Din această cauză nu putem vedea componentele lor aparte, pentru că distanța unghiulară dintre stele e foarte mică. Dublitatea sistemului poate fi determinată doar după variația periodică a luciului.

Dacă în timpul observărilor acestor stele, corespund raza lor vizuală și planele orbitelor lor, atunci la aceste stele apare fenomenul eclipsei, când unul dintre componente trece prin fața sau prin spatele celuilalt în raport cu observatorul. Această situație e explicată în imaginea 5.5, unde e reprezentată curba de schimbare a luciului m a stelei duble cu eclipsă, legate de eclipsele periodice



Imag. 5.5. Schimbarea luciului stelei duble cu eclipsă

ale unui component de către celălalt. Valorile luciului din grafic se referă la anumite poziții ale unuia dintre componentele stelei pe orbită. Diferența magnitudinilor stelare în minimumul și maximumul luciului se numește **amplitudine**, iar intervalul de timp dintre două minimumuri succesive – **perioadă de variabilitate**.

Un exemplu tipic de stea variabilă cu eclipsă este steaua β Perseu (Algol), care se eclipsează în permanență pe 9,6 ore pe o perioadă de 2,867 de zi. Căderea luciului în minimum la această stea este de $2,3^m$.

3. Stelele duble spectroscopice. Stelele, dublitatea cărora se determină doar prin observări spectrale se numesc duble spectroscopice.

Presupunem, că observatorul se află în planul orbitei unui sistem dublu, ce se compune dintr-o stea mult mai masivă și luminoasă A și alta mai mică și nu atât de luminoasă B . Fiecare dintre componentele A și B , rotindu-se în jurul centrului maselor sistemului ba se apropie de observator, ba se îndepărtează de el. Datorită efectului lui Doppler, în primul caz liniile vor fi deplasate în spectrul stelei în partea lui violetă, iar în al doilea caz – în partea roșie. Perioada acestor deplasări corespunde cu perioada de rotație.

Perfecționarea permanentă a metodei de determinare a deplasării liniilor spectrale a ajutat în anul 1995 să se identifice la steaua 51 din constelația Pegas un satelit cu masa cât jumătate din Jupiter. Concomitent, prin metoda vitezelor radiale, la 300 de stele s-au identificat sisteme planetare. Ele au primit denumirea de **exoplanete**.

Exoplaneta (din gr. εξω – „în afara”), sau **planeta extrasolară este planeta ce se rotește în jurul unei alte stele decât Soarele, adică în afara sistemului Solar.**

Planetele sunt extrem de mici față de stele, iar stelele se află foarte departe de Soare (cea mai aproape – la distanța de 4, 22 an lum.). Primul cine a încercat să studieze prin telescop planetele lângă alte stele a fost matematicianul și astronomul olandez Christian Huygens încă în sec. al XVII-lea. Însă, el n-a putut să vadă nimic, deoarece aceste obiecte nu se văd chiar în telescoapele puternice moderne.

În decembrie 1995 astronomii Michelle Major și Didier Kelos de la universitatea din Geneva, efectuând observări în observatorul din regiunea Provence, Franța, au înregistrat pentru prima oară o exoplanetă. Folosind un spectrometru extraexact, ei au identificat că steaua 51 din constelația Pegas se „leagănă” cu o perioadă de puțin mai mult de 4 zile terestre. (Planeta, rotindu-se în jurul stelei, o leagănă prin influența ei gravitațională. Datorită acestui fapt, prin efectul lui Doppler poate fi observată deplasarea spectrului stelei.) În scurt timp, această descoperire a fost confirmată de astronomii americani Jeffrey Marcy și Paul Butler. Descoperirea în 1995 a planetei situată lângă steaua 51 din constelația Pegas a pus bazele unui nou domeniu în astronomie – studiul planetelor extrasolare (exoplanetelor). Până atunci erau cunoscute planetele doar ale unei stele – ale Soarelui. Pentru identificarea planetelor în afara sistemului Solar, astronomii au studiat în ultimul deceniu peste 3000 de stele. Lângă unele stele au fost identificate câte 2, 3 și chiar 4, 5 planete. Majoritatea lor au fost identificate prin metode indirecte, și nu prin observări vizuale de pe suprafața Pământului sau din observatoare spațiale.

4. Stele duble astrometrice. Sunt perechi stelare foarte strâns unite, când una dintre stele sau e foarte mică după dimensiuni, sau are luminositate mică. În acest caz o astfel de stea nu poate fi văzută, însă se poate de-i identifica dublitatea.

Componentul luminos se va abate periodic pe o traiectorie rectilinie ba într-o parte, ba în alta, de parcă se mișcă pe o dreaptă centrul maselor sistemului. Astfel de agitații sunt proporționale cu masa satelitului.

Studierea unei dintre cele mai apropiate de noi stea, Ross 614 (luminozitatea ei $11,4^m$ și paralaxa $0,25''$) a demonstrat că amplitudinea abaterilor stelelor de la direcția inițială ajunge până la $0,36''$. Perioada de rotație a stelei în raport cu centrul maselor este egală cu 16,5 an.

În prezent sunt cunoscute peste 5000 de stele duble cu eclipsă de diferite tipuri.

5. Masa stelelor. Observările îndelungate asupra stelelor duble vizuale i-au convins pe astronomi că mișcarea aparentă relativă a componentelor are loc pe elipsă și coincide cu legile planetelor. De aici reiese, că în sistemele duble rotația stelelor se produce conform legilor lui Kepler și se supun legilor universale de gravitație ale lui Newton.

Conform datelor observărilor asupra stelelor duble au fost obținute aprecieri ale maselor stelelor de diferite tipuri. Analiza acestor date au dus la următoarele rezultate.

1. Masele stelelor – în limitele de la 0,03 până la 60 mase Solare. Cele mai multe stele au de la 0,4 până la 3 mase ale Soarelui.

2. Dependenta existentă între masele stelelor și luminozitatea lor face posibilă aprecierea maselor stelelor de sine stătătoare după luminozitățile lor. În intervalul maselor $0,5M_{\odot} \leq M \leq 10M_{\odot}$ luminozitatea stelelor e proporțională cu puterea a patra a masei ei $L \sim M^4$. Când $M > 10M_{\odot}$ exponentul puterii este egal cu 2, adică $L \sim M^2$.

3. Masa stelei în momentul formării ei este cel mai principal parametru ce determină evoluția ei ulterioară.

4. Razele stelelor au limite destul de largi, de aceea densitatea medie a stelelor variază de la $5 \cdot 10^{-2}$ până la $3 \cdot 10^8$ kg/m³ (comparați cu Soarele – 1400 kg/m³).



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

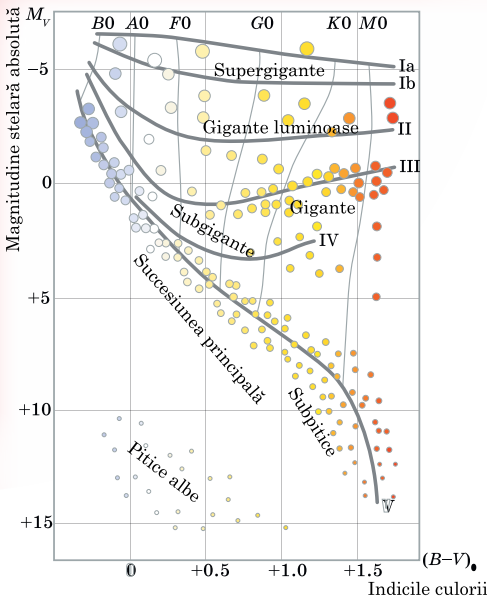
1. Care stele se numesc duble? Cum se clasifică ele?
2. Ce este amplitudinea și perioada de variabilitate a stelelor variabile cu eclipsă?
3. Explicați, de ce are loc deplasarea liniilor în spectrele stelelor variabile spectroscopice.
4. Prin ce se poate explica schimbarea luciului unor stele duble?
5. Cine a determinat pentru prima oară că stelele duble sunt sisteme, componentele cărora sunt legate între ele prin gravitație și se mișcă după legile lui Kepler?
6. Enumerați tipurile de stele duble pe care le cunoașteți.
7. Care stele există mai mult – cele cu masă mică sau cele cu masă mare?
8. De ce în sistemele de două stele una dintre ele luminează uneori cu o culoare neobișnuită pentru stelele singure: verde albastru sau albastru deschis?
9. La care stele duble părțile componentului lor se observă chiar cu ochiul liber?

§ 25. EVOLUȚIA STELELOR. PITICELE ALBE

1. Diagrama „spectru-luminozitate”. Există o dependență între caracteristicile fizice de principale ale stelelor. În baza observărilor se determină categoriile spectrale ale stelelor, iar după distanța cunoscută până la ele – magnitudinile stelare absolute sau luminozitățile stelelor.

La începutul sec. al XX-lea, independent unul de altul, astronomul danez Einar Herzprung (1873–1967) și puțin mai târziu astrofizicianul american Henry Russell (1877–1957) au determinat legătura dintre aceste caracteristici.

Această dependență poate fi redată în formă de diagramă: pe axa orizontală se marchează categoria spectrală (sau temperatura) a stelelor, iar pe verticală – luminozitatea lor (în magnitudini absolute sau în unități de luminozități ale Soarelui). Fiecărei stele îi corespunde un punct pe această diagramă.



120 *Imag. 5.6. Diagrama Hertzsprung-Russell*

mei. Acolo se află stelele din clasa M și L cu masă mică și temperatură relativ joasă. Aceste stele se numesc **pitice roșii**.

La stelele secvenței principale aparțin stelele foarte cunoscute – Sirius (α Câinele Mare), Vega (α Lira), Soarele nostru. Stelele cu temperatura fotosferei relativ joasă ($3\text{--}5 \cdot 10^3$ K) și luminosități de 100-1000 ori mai mare decât luminositatea Soarelui, formează secvența de gigante roșii. La această secvență aparține, de exemplu, Arcturus (α Boarul), Aldebaran (α Taur). În partea de sus a diagramei „spectru-luminosități” se află secvența supergigantelor. Aceste stele au luminosități foarte mare, densitate mică și diametre de zeci și sute de ori mai mari decât al Soarelui. La supergigante aparține steaua Betelgeuse (α Orion).

Pe liniile părții de jos ale diagramei sunt situate stelele fierbinți cu luminosități mică – secvența piticelor albe. Dimensiunile lor sunt apropiate de cele ale Pământului, iar masele asemănătoare cu ale Soarelui. De aceea, densitatea medie a piticelor albe e mai mare decât a rocilor terestre de 100 mii de ori. Pe de altă parte, densitatea medie a stelelor supergigante este foarte mică – de mii de ori mai mică decât densitatea atmosferei terestre. Densitatea substanței în atmosfera stelei influențează asupra lățimii liniilor spectrale. De aceea, de exemplu la piticele roșii liniile spectrale sunt mai late decât la cele gigante sau supergigante. După aspectul liniilor spectrale se determină la care secvență aparține steaua (principală, pitice, gigante). După secvență se apreciază și magnitudinea stelară absolută $M = m + 5 - 5 \lg r$, iar apoi și distanța. Această metodă de determinare a distanțelor se numește **metoda paraxelor spectrale**.

Dintre toate stelele cele mai multe sunt piticele roșii: la 10 mln de pitice roșii revine 1 mln de pitice albe, 1000 de gigante și doar 1 supergigantă. În observatorul din York a fost elaborată o clasificare spectrală bidimensională, în care fiecare spectru al stelei ia în considerare proprietățile liniilor spectrale și luminositățile stelelor. Această clasificare împarte toate stelele în câteva clase de luminosități (de la I până la VII, tab. 5.1).

Această diagramă se numește **diagrama Hertzsprung-Russell, sau diagrama „spectru-luminosități”** (imag. 5.6).

Pe diagramă, stelele nu sunt repartizate întâmplător pe întreaga suprafață a ei, ci alcătuiesc câteva grupuri, ce se numesc **secvențe**. Majoritatea stelelor de pe diagramă sunt situate în limitele unei dungii clare, ce trece din unghiul stâng superior spre unghiul drept inferior. Această dungă se numește **secvență principală**.

În partea stângă superioară a secvenței principale se află stelele masive fierbinți din clasa spectrală O , care de zeci de mii de ori depășesc luminositatea Soarelui. Astfel de stele se numesc **supergigante** fierbinți. Odată cu scăderea temperaturii, scade și luminositatea stelelor. apoi dunga secvenței principale trece prin zona în care se află stelele din clasa G , asemănătoare cu Soarele. Și, în sfârșit, secvența principală coboară în partea dreaptă inferioară a diagramei.

Tabelul 5.1

Clasa	Denumirea	Magnitudinile stelare absolute M_V
O	Hipergigante	
Ia ⁺	Supergigante extraluminoase	-10
Ia	Supergigante luminoase	-7,5
Ib	Supergigante normale	-4,7
II	Gigante luminoase	-2,2
III	Gigante normale	+1,2
IV	Subgigante	+2,7
V	Stelele succesiunii principale	+4
VI	Subpitice	+5...+6
VII	Pitice albe	+13...+15

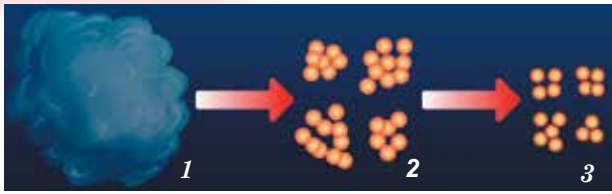
2. Nașterea stelelor. Procesul de formare a stelelor are loc în Galaxie în permanență – din momentul apariției ei. O confirmare că stele se nasc și în prezent este existența stelelor masive fierbinți din clasele O și B, perioada de viață a cărora nu depășește 10 mln ani. Durata vieții stelelor este de la milioane până la zeci de miliarde de ani. Acest timp e prea mare ca să putem urmări viața stelelor sau evoluția lor. De aceea, metoda principală de studiere a evoluției stelelor este alcătuirea **modelelor structurii interne a stelelor**. Alcătuind modelul, se iau pentru început condițiile inițiale ale stării fizice a gazului: compoziția chimică, presiunea (densitatea), temperatura, masa. Apoi, în baza legilor fizice (legilor gazoase, legilor de gravitație) se calculează schimbările acestor parametri odată cu scurgerea timpului.

121

După datele de astăzi, stelele se formează în rezultatul comprimării (condensării gravitaționale) substanței mediului interplanetar (imag. 5.7, 1). Stelele se nasc în grupuri din complexe gazoase gigante cu dimensiuni de 100 pc și masa de zeci, iar uneori de sute de mii de mase solare. În aceste complexe gazele se află în stare moleculară cu temperatura de circa 10 K.

Sub acțiunea forțelor gravitaționale complexul se comprimă, densitatea lui se mărește și el se descompune în cocoloașe aparte sau nori din gaze și praf (imag. 5.7, 2). În norul mixt apar, întâmplător sau sub acțiunea unor cauze externe, fragmente instabile gravitațional care continuă să se comprime. Cauze externe ce stimulează formarea stelelor pot fi ciocnirea norilor moleculari; vântul solar de la stelele tinere fierbinți; undele de șoc, născute de exploziile supernovelor. Dacă masa fragmentului e destul de mare, are loc descompunerea ulterioară în alte fragmente-cocoloașe (imag. 5.7, 3).

Fragmentele masei stelare ce se comprimă sub acțiunea propriei gravitații se numesc **protostele**. În timpul comprimării gravitaționale gazul din protostea se încălzește și ea începe să iradieze în gama infraroșie a spectrului. Substanța ce înconjoară nucleul protostelei cade pe el, măbind masa și temperatura lui. Când presiunea creată de radiația stelei devine foarte mare, căderea substanței se oprește. Presiunea radiației limitează masa viitoarelor stele cu magnitudinea de zeci de mase solare. Durata etapei de comprimare depinde de masa protostelei: dacă masa e mai mică decât a Soarelui – sute de milioane de ani, dacă-i mai mare – sute de mii de ani.



Imag. 5.7. Formarea stelei din norul din gaze și praf

rotația protostelei joacă un rol important în evoluția ei ulterioară. Deseori, în protostea care se rotește, în jurul centrului se formează un disc extins din gaze și praf, din care apoi se formează sistemul planetar. La sfârșitul etapei de comprimare steaua ce se formează are dimensiuni considerabile, având temperatura suprafeței relativ joasă. Comprimarea protostelei se oprește când temperatura în centrul nucleului ajunge până la câteva milioane de grade. Atunci încep să funcționeze sursele termonucleare de energie, reacțiile ciclului proton-protonic. Momentul începutului reacțiilor termonucleare este momentul nașterii stelei. În acest timp temperatura și densitatea stratelor interne devin în așa fel, că elasticitatea lor poate să se opună greutateii stratelor externe. După începutul reacțiilor hidrogenice și instalarea stării de echilibru, steaua nimereste pe secvența principală a digramei „spectru-luminozitate”. Stelele nou-născute apar în secvența principală pe toată lungimea ei (în dependență de masele lor).

122

3. Deplasările evoluționare. De masă depinde, în primul rând, ce temperatură va avea nucleul stelei în momentul instalării echilibrului stabil. Cu cât masa complexului mixt comprimat, apoi a protostelei și în sfârșit a stelei e mai mare, cu atât mai mare greutatea a straturilor superioare trebuie să țină nucleul ei. De aceea, trebuie o temperatură mult mai înaltă, pentru ca presiunea gazoasă să se poată opune acestei greutatei. Observările au demonstrat că luminozitatea stelelor e proporțională masei la puterea a patra.

Cele mai masive stele (cu dimensiunea 30-50 mase solare) nasc cele mai fierbinți stele din clasa O. Temperatura zonelor centrale ale acestor stele e de 30-35 mln grade.

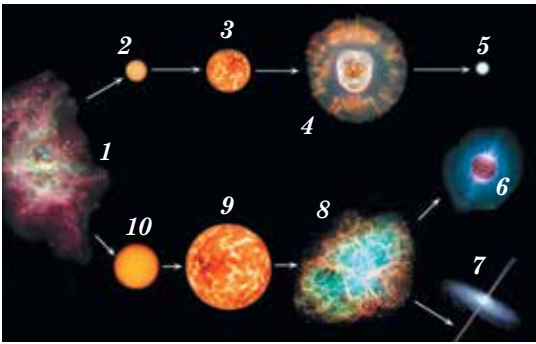
Cel mai mult timp steaua se află în secvența principală, din cauză că rezervele de hidrogen sunt proporționale cu masele, iar consumul de energie (luminozitate) e proporțional cu gradul al patrulea al masei. Hidrogenul arde mai repede în stelele masive. Timpul aflării stelei pe secvența principală se deter-

mină: $t = 10^{10} \frac{1}{M^3}$ (ani), unde M – masa stelei în mase solare. Conform

acestei formule se poate calcula că Soarele își va arde rezervele de hidrogen peste circa 10 mlrd ani (așadar, Soarele, vârsta căruia este de aproximativ 5 mlrd ani, a „trăit” în secvența principală doar jumătate din viața sa). Stelele, masele cărora sunt egale cu 10 mase ale Soarelui, își ard combustibilul doar în timp de 10 mln ani, piticele roșii cu masa de 0,5 mase ale Soarelui – timp de 80 mlrd ani. Stelele gigante tinere și fierbinți se întâlnesc mai puțin din cauza perioadei mici de existență. De aceea, cea mai încărcată este partea dreaptă de jos a secvenței principale din diagrama „spectru-luminozitate”.

După arderea hidrogenului, în adâncurile stelei se formează un nucleu fierbinte din heliu. Evoluția ulterioară a stelei depinde de masa acestui nucleu. Dacă ea e mai mică de 1,4 mase solare, atunci sub acțiunea comprimării gravitaționale nucleul din heliu iarăși se înfierbântă (temperatura crește până la 100 mln grade). Stratele superioare se extind și se răcesc. Steaua parcă se umflă. Luminozitatea ei crește, iar temperatura scade. Steaua iese din secvența principală și, în dependență de masă, devine gigantă roșie (imag. 5.8) sau supergigantă.

Atmosfera stelei care se extinde se îndepărtează treptat de nucleu, formând nebuloasa planetară. Ultima etapă a evoluției acestor stele sunt piticele albe.



Imag. 5.8. Evoluția stelelor cu masă diferită: 1 – nebuloasă stelară; 2 – stea medie; 3 – gigantă roșie; 4 – nebuloasă planetară; 5 – pitică albă; 6 – stea neutronică; 7 – gaură neagră; 8 – stea supernovă; 9 – supergigantă roșie; 10 – stea masivă

Pitică albă – stea compactă cu masa apropiată de cea a Soarelui, raza de circa 100 de ori mai mică decât a Soarelui. Densitatea acestor stele e de peste 100 de mii de ori mai mare decât densitatea apei.

Precum toate stelele, etape de evoluție trece și Soarele. Peste 5-8 mld de ani el se va transforma în gigantă roșie, iar apoi, aruncându-și învelișul, va deveni pitică albă. Stelele care sunt mult mai masive decât Soarele se transformă cu timpul în stele neutronice (dacă au masa de la 1,4 până la 2,5 mase solare) sau găuri negre (dacă au masa mai mare decât 2,5 mase solare).



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. După care principiu se întocmește diagrama „spectru-luminozitate” (diagrama Hertzsprung-Russell)?
2. Cum sunt repartizate stelele de diferite dimensiuni pe diagrama „spectru-luminozitate”?
3. Faceți o caracteristică scurtă a stelelor: supergigante, giganti roșii, pitice albe, pitice roșii.
4. Ce este evoluția stelelor?
5. Descrieți procesul general de formare a stelelor.
6. Ce sunt clasele luminozității?
7. Care stele sunt cele mai fierbinți? Cele mai reci?
8. Care stele au dimensiunile Pământului?

123

§ 26. STELELE VARIABLE FIZICE. STELELE NEUTRONICE. GĂURILE NEGRE

1. Caracteristica generală a stelelor variabile. Multe stele își schimbă caracteristicile fizice într-o perioadă de timp relativ scurtă. Astfel de stele se numesc **nestaționare**. În comparație cu stelele variabile cu eclipsă, ele își schimbă luminozitatea în rezultatul proceselor fizice ce au loc anume în stele. De aceea, ele se numesc **stele variabile fizice**. În dependență de caracterul proceselor ce se petrec în interiorul stelelor, stelele variabile fizice se împart în pulsante și cataclismice.

Stelele variabile pulsante – stele variabile fizice la care se înregistrează variații periodice ale luciului (de exemplu, cefeidele, stele de tip RR Lira, miridele).

Stelele cataclismice sau eruptive – stele variabile fizice care-și manifestă variabilitatea prin explozii ce se explică prin erupții de substanță (de exemplu, novele și supernovele).

Toate stelele variabile au înșemne speciale, dacă în trecut nu li s-au atribuit litere din alfabetul grecesc. În fiecare constelație primele 334 stele variabile se marchează prin succesiunea literelor alfabetului latin *R, S, T, ... , Z, RR, RS, ... , RZ, SS, ST, ... , ZZ, AA, ... , AZ, QQ, ...* cu adăugarea denumirii constelației corespunzătoare. Următoarele variabile, cărora nu le-au ajuns combinațiile acestor litere în constelații, se înșeamă *V 335, V 336* ș.a.m.d.

2. Stelele variabile pulsante. Prima stea pulsantă a fost descoperită de astronomul german David Fabricius (1564-1617) în 1596 în constelația Baleana și a numit-o Mira. Perioada de schimbare a luciului acestei stele este de 331,6 zile.

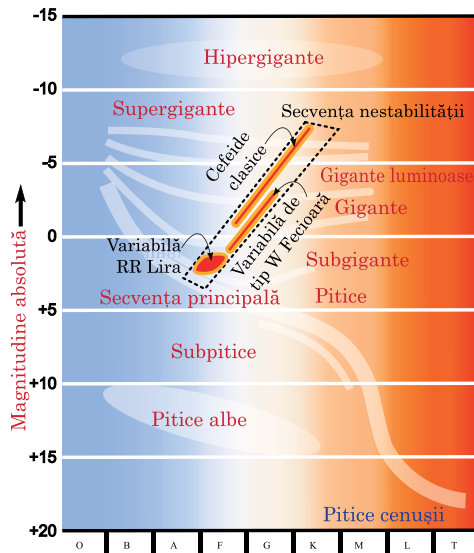
Stelele variabile lungperiodice (cu perioadele de la câteva săptămâni până la un an și mai mult; stele de tip Mira Balenei) se numesc **miride**. Practic, toate stelele de acest tip sunt gigante roșii bătrâne de dimensiuni enorme și cu luminozitate mare. Amplitudinea schimbării luciului acestor stele poate ajunge la zece magnitudini stelare.

În timpul transformării evoluționare a stelei în stea gigantă, are loc creșterea volumului ei și micșorarea densității medii a substanței. În acest timp structura internă a stelei se schimbă cardinal, fapt ce poate fi urmat de încălcarea echilibrului între forțele de gravitație și a presiunii radiale. Aceasta duce la variații periodice ale volumului stelei: învelișul stelei ba se dilată, ba se comprimă (revine la volumul inițial). Astfel de variații periodice ale stelelor variabile se numesc **pulsante**.

Clasa mare a stelelor gigante variabile foarte luminoase și clasele supergigantelor *F* și *G* se numesc **cefeide**. Acestea sunt stele variabile pulsate, luciul crora se schimbă lent și ciclic (de la 0,5 până la 2 magnitudini stelare). Ciclul de schimbare a luciului este de la 1 până la 146 zile. Denumirea provine de la steaua δ Cefeu – una dintre cele mai tipice pentru această clasă stea variabilă. Ele au trecut deja etapa secvenței principale (unde aveau clasa spectrală *B*), în ele a început arderea termonucleară a heliului și se apropie de etapa supergigantelor roșii. Durata acestei perioade este de câteva milioane de ani. În acest timp steaua poate nimeri nu o singură dată în secvența nestabilității pe diagrama Herzprung-Russell.

Conform clasificării contemporane, cefeidele se împart în: **clasice** (sau cefeidele componentei plane a Galaxiei, tipurile de variație după clasificarea *GCVS*: *Dcep*, *DcepS*, *CepB*); **ale componentei sferice a Galaxiei** (sau variabilele de tipul *W* Fecioarei: *Cwa*, *CWb*). Ultimele se deosebesc de cefeidele clasice (cu același ciclu) prin luminozitate mică: aproximativ de patru ori sau cu $1,5^m$ (adică, pentru ele dependența dintre ciclu și luminozitate este alta decât pentru cefeidele clasice).

124



Imag. 5.9. Dependența cefeidelor „ciclu-luminozitate”

Odată cu magnitudinea stelară aparentă, la cefeide se schimbă și spectrul. Conform deplasării intensității lui, s-a aflat că la cefeide se schimbă ciclic (cu ciclul schimbării luciului) temperatura, în mediu cu 1500 grade.

Calculările teoretice și observările practice demonstrează că doar stelele gigante și supergigante trec prin etapa cefeidelor. Perioada pulsării stelei depinde de densitatea medie a substanței ei și se supune următoarei legi:

$$P = \frac{\text{const}}{\sqrt{\rho}} = \frac{0,12}{\sqrt{\rho}}, \text{ unde } P - \text{perioada}$$

de pulsare în zile; ρ – densitatea medie (în unitățile densității medii a Soarelui). Densitatea medie a substanței cefeidei este de circa 10^{-2} kg/m^3 .

Cefeidele cu masă mai mare au luminozitate mai mare, rază mai mare, însă densitate mai mică și, respectiv, perioada de pulsație mai mare. Adică,

cefeidele au dependența „ciclu-luminozitate” (imag. 5.9). Această dependență se exprimă astfel: $M = -1,25 - 3,00 \lg P$, unde P – perioada schimbării luciului în zile; M – magnitudinea absolută medie. Astfel, conform perioadei aflată din observări, se poate determina magnitudinea absolută sau luminozitatea stelei. Comparând-o cu magnitudinea stelară aparentă observată, se poate determina distanța până la cefeide. Luminozitatea mare și variația luciului ajută la identificarea cefeidelor până la distanțele de 20 Mpc. Ele sunt observate în cele mai apropiate galaxii, identificând prin această metodă distanțele până la aceste sisteme stelare.

Figurat, cefeidele se mai numesc faruri ale Universului. În prezent în Galaxia noastră sunt cunoscute peste 800 de cefeide, iar numărul lor adevărat ar fi peste 6000. De asemenea, au fost identificate câteva mii în Norii lui Magellan și alte galaxii. Telescopul „Hubble” a identificat câteva zeci de cefeide clasice în galaxia NGC 4603, distanța până la care este de 100 mln ani lumină.

3. Novele. Stele, luciul cărora se mărește spontan de mii și milioane de ori în câteva zile, după care luciul scade până la cel inițial pe parcursul anului se numesc **stele nove**. Acest termen nu înseamnă că steaua s-a născut. Așa se numesc stelele care în trecut au fost slabe, iar apoi luciul lor s-a mărit brusc. De exemplu, una dintre nove, ce a explodat în iunie 1918, și-a mărit luciul în patru zile de la a 11-a până la a 0,5-a magnitudine stelară (adică de 40 mii de ori), apoi, timp de 1,5 ani a revenit la luciul inițial. Observările au demonstrat că novele ce explodează sunt pitice albe fierbinți din clasele spectrale $O-B$, care au magnitudine absolută $4^m - 5^m$. În timpul erupției, aceste stele își măresc luciul cu $7^m - 16^m$ magnitudini stelare. În acest timp nova iradiază energie de circa 10^{38}J (asemenea energie este iradiată de Soare timp de circa 100 mii de ani!).

Cauza erupției novelor este schimbul de substanțe dintre componentele perechilor duble apropiate, de care dețin toate fostele nove studiate detaliat. Deseori novele se erup nu o singură dată. Dacă erupția se repetă, o astfel de stea se numește **novă recurentă**.

4. Supernovele. Stelele supernove sunt unul dintre cele mai grandioase și încântătoare fenomene cosmice. Supernovele sunt stelele ce explodează precum novele și ating maximumul magnitudinii absolute de la -18^m până la -19^m . Unele supernove în maximumul strălucirii depășește luminozitatea Soarelui de zeci de miliarde de ori, atingând magnitudinea absolută $M = -20^m - 21^m$.

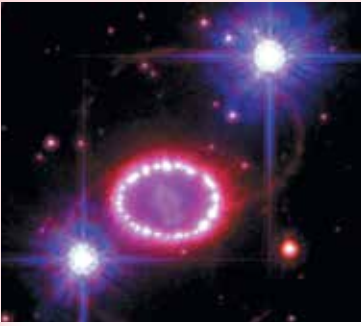
În litopisețele chinezești se amintește despre apariția spontană în a. 1054 în constelația Taur a „stelei-oaspete”, care a fost observată de către astronomii chinezi și japonezi. Ea era mai strălucitoare decât Venus. se vedea chiar și ziua. peste două luni această stea a început să se stingă, iar peste alte câteva luni a dispărut.

În prezent, cu ajutorul telescoapelor destul de puternice, în această constelație a fost identificată o nebuloasă cu formă neobișnuită, ce amintește de un crab ce plutește pe apă. Nebuloasa așa și s-a numit – nebuloasa Crabului (imag. 5.10). Observările au demonstrat că ea se extinde. După viteza de răspândire se poate constata că nebuloasa Crabului sunt rămășițele exploziei supernovei în 1054.

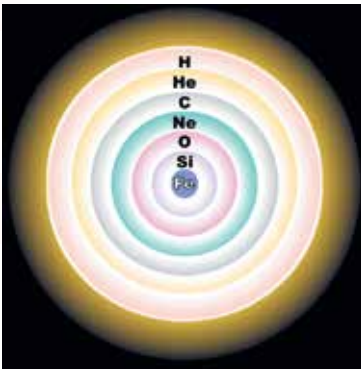
Pentru prima oară termenul de „stea nouă” a fost folosit de către **Tycho Brahe** (1546–1601) în 1572, descriind o stea strălucitoare apărută în constelația Casiopeea.



Imag. 5.10. Nebuloasa Crabului – rămășițele exploziei supernovei



Imag. 5.11. Supernova SN 1987A stea în Marele Nor al lui Magellen (transmis de „Hubble” peste 20 ani după explozia steii)



Imag. 5.12. Stratificarea stelelor masive

126

Cu toate că în viziunea modernă această denumire este incorectă (explozia înseamnă distrugere, nu naștere), ea se folosește și acum în astronomie. Cele mai puternice explozii ale stelelor ce mor au început să se numească supernove.

În ultimul mileniu, în Galaxia noastră au fost înregistrate câteva cazuri de explozii a supernovelor. Cea mai strălucitoare supernovă, ce a fost observată cu ajutorul tehnicii moderne, a apărut în 1987 în una dintre cele mai apropiate galaxii – Norul Mare al lui Magellan (imag. 5.11).

Steaua explodează datorită colapsului nucleului său masiv. Se întâmplă în felul următor. La diferite etape ale vieții steii masive, în nucleul ei au loc reacții termonucleare, în urma cărora hidrogenul se transformă în heliu, heliul în carbon ș.a.m.d. până la formarea elementelor grupului feros (Fe, Ni, Co). Treptat, steaua încă mai tare se „stratifică” (imag. 5.12).

Reacții nucleare, urmate de formarea unor elemente chimice mai grele, au loc odată cu absorbția energiei. De aceea, steaua începe să se răcească și să se contracte. Straturile interioare de parcă se prăbușesc în centrul steii; apare unda de șoc, care se mișcă de la centru înapoi, arncând cu o viteză colosală straturile exterioare. În rezultatul transformării catastrofale a structurii steii se produce explozia supernovei. În momentul exploziei se emite energie de circa 10^{46} J. Soarele nostru poate să emită asemenea energie miliarde de ani. Din steaua enormă rămâne doar învelișul gazos, ce se răspândește

cu o viteză colosală și steaua neutronică (sau pulsarul). **Pulsar** – stea neutronică ce se rotește rapid și pentru care e caracteristică radiația radio, ce pulsează cu perioada ce corespunde perioadei de revoluție a steii. Densitatea **steii neutronice** e destul de mare: ea poate ajunge $10^{17} - 10^{18}$ kg/m³.

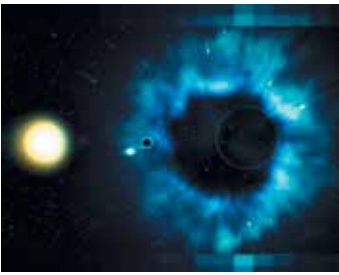
Dacă în străfundurile steii lipsesc forțe ce se opun contractării ei sub influența gravitației, steaua se va contracta mai departe. Densitatea substanței va continua să se crească. În sfârșit, la etapa finală a evoluției sale, steaua se transformă într-un obiect extracomprimat – **gaura neagră** (imag. 5.13). La limitele găurii negre câmpul de gravitație este atât de mare, încât semnalul de la acest obiect nu iese la sprafată (de aici și denumirea ei).

Adică, câmpul gravitațional al găurii negre e atât de puternic, încât nici lumina nu poate să-l străbată.

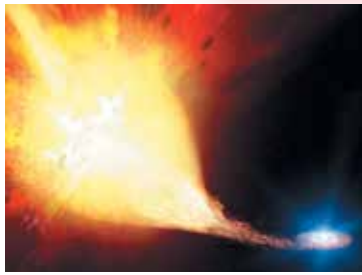
Raza critică până la care trebuie să se comprime steaua ca să se transforme în gaură neagră se numește rază gravitațională (r_g) sau raza lui Shwartzschild. Pentru stelele masive r_g este de câteva zeci de kilometri și el se poate determi-

na după formula: $r_g = \frac{2GM}{c^2}$, unde G – constanta gravitațională; M – masa

steii; c – viteza de răspândire a luminii. Conform teoriei relativității, substanța trebuie să fie comprimată într-un volum microscopic al spațiului din centrul găurii negre. Această stare se numește **singularitate gravitațională**.



Imag. 5.13. Dimensiunile relative ale stelei neutronice și ale găurii negre



Imag. 5.14. Schema găurii negre și a sistemului binar



Imag. 5.15. Gaură neagră gigantă în centrul galaxiei M60-UCD1 (foto NASA)

Limita găurii negre se numește **orizontul evenimentelor**. Dacă găurile negre nu pot fi observate nemijlocit, atunci la identificarea lor apar mari dificultăți. Cel mai des gaura neagră se identifică astfel: 1) dacă gaura s-a format în sistemul binar al stelelor, atunci poziția ei poate fi aflată după rotația celui de-al doilea component în jurul unui „loc gol” (imag. 5.14); 2) în timpul căderii substanței pe gaura neagră trebuie să apară radiație röntgen puternică. Sursele de asemenea radiație (inclusiv Lebăda X-1, Scorpion X-1 etc.) sunt înregistrate ca viitoare găuri negre. Găurile negre pot exista și pot fi observate de asemenea în interacțiunea permanentă cu substanța și în nucleele galaxiilor, și în quasari. Nu demult NASA a fotografiat pentru prima oară o gaură neagră gigantă în centrul unei galaxii îndepărtate (imag. 5.15).

Gaura neagră extramasivă cu masa de 21 de mase ale Soarelui e situată în centrul galaxiei extradense *M60-UCD1*. Deoarece lumina nu poate să iasă din gaura neagră, ea este doar o siluetă pe fondul stelar. Câmpul gravitațional intensiv al găurii negre deformează lumina stelelor, formând imagini circulare chiar lângă marginile orizontului evenimentelor al găurii negre.

127



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Prin ce se deosebesc stelele fizice de stelele variabile cu eclipsă?
2. Ce sunt cefeidele? De ce ele se numesc „faruri ale Universului”?
3. Care este cauza pulsării cefeidelor?
4. Prin ce se deosebește nova de supernovă?
5. Se observă, oare, des stele nove și supernove?
6. Cum s-a format nebuloasa Crabului?
7. Care sunt cauzele exploziei novelor și supernovelor?
8. Care obiect se numește gaură neagră? Ce proprietăți are gaura neagră?
9. Cum se poate identifica gaura neagră?
10. În ce se transformă găurile negre?



REZOLVĂM ÎMPREUNĂ

Sarcina 1. Secvența principală pe diagrama „spectru-luminozitate” este: linia de-a lungul căreia evoluționează stelele, sau locul geometric al punctelor în care se află stelele majoritatea timpului?

Răspuns. În secvența principală sunt repartizate stelele în centrul cărora au loc reacții termonucleare. Această stare a stelei e destul de îndelungată, de aceea, secvența principală este locul geometric al punctelor în planul „luminozitate-temperatură”, în care stelele se află cea mai mare parte a vieții lor.

Sarcina 2. Pitica albă are masa $0,6M_{\odot}$, luminozitatea $0,001L_{\odot}$ și temperatura $2T_{\odot}$. De câte ori densitatea ei e mai mare decât a Soarelui?

Rezolvare. După cum se știe, luminozitatea e proporțională cu $R^2 T^4$. Astfel, densitatea e proporțională cu M / R^3 sau $MT^6 / L^{3/2}$. Densitatea acestei pitice e de $1,2 \cdot 10^6$ ori mai mare decât cea solară.

Sarcina 3. Calculați, câte stele ca Sirius ($m = -1,6^m$) pot să înlocuiască pe boltă lumina Lunii în ultimul pătrar (pentru Luna plină $m = -12,4^m$).

Rezolvare. Conform formulei lui Pogson, luminozitatea creată de Luna Plină, adică luciul ei, depășește strălucirea lui Sirius $\frac{E_M}{E_C} = 2,512^{-1,6 - (-12,4)} = 20\,903,2$ ori.

Luciul Lunii în ultimul pătrar e mai mic decât luciul Lunii pline exact de două ori. De aceea, ar trebui de repartizat pe boltă 10 452 de stele precum Sirius, pentru a înlocui lumina Lunii.

Sarcina 4. Care este magnitudinea absolută a stelei Altair (α Vulturul) care are magnitudinea aparentă $0,77^m$ și e situată la distanța de 16,8 ani lumină?

Rezolvare. Distanța de 16,8 ani lumină este $r = 16,8 : 3,26 = 2,09$ pc.

$$M = m + 5 - 5 \lg r = 0,77 + 5 - 5 \lg 2,09 = 4,17.$$



EXERCIȚII ȘI SARCINI

128

5.1. Care stele au cea mai înaltă temperatură la suprafață și la care clasă spectrală aparțin ele?

5.2. În ce constă diferența dintre magnitudinea stelară aparentă și cea absolută?

5.3. Stelele de care culoare au cea mai înaltă temperatură la suprafață? Care – cea mai josă?

5.4. Există, oare, stele masa cărora e mai mică decât masa Pământului? Raza cărora e mai mică decât raza Pământului?

5.5*. Determinați raza uneia dintre stelele strălucitoare care se vede pe cer seara în ziua voastră de naștere. Cum ar fi arătat această stea pe cerul nostru, dacă ar fi luminat în locul Soarelui?

5.6*. Paralaxa anuală a stelei Vega (α Lira) este egală cu $0,12''$. Care este distanța până la ea în parseci și ani lumină?

5.7*. Determinați, de câte ori steaua Capella (0m) e mai luminoasă decât cea Polară (+2m).

5.8*. Câte stele din magnitudinea stelară 5 au aceeași strălucire precum Vega (0m)?

5.9*. Calculați raza stelei Antares, dacă ea are luminozitatea de 6300 ori mai mare decât a Soarelui și temperatura suprafeței 3000 K.

5.10*. Determinați distanța (în parseci și ani lumină) până la stea, dacă paralaxa ei anuală este $0,5''$.

5.11*. De câte ori steaua Arcturus (α Boarul) e mai mare decât Soarele, dacă luminozitatea ei e mai mare de 100 ori decât cea solară, iar temperatura suprafeței – 4500 K?

5.12*. Care este temperatura stelei în comparație cu Soarele, dacă dimensiunile ei sunt ca ale Soarelui, iar luminozitatea de 16 ori mai mare?

5.13*. Dacă în loc de Pământ în jurul Soarelui s-ar fi rotit o stea asemănătoare cu Soarele, care ar fi perioada ei de revoluție?

5.14*. Când parametrii stelei rămân constanți?

5.15*. Care stele luminează cel mai mult timp?

5.16*. Cum mor stelele cu masă mare?

5.17*. Poate, oare, pitica roșie să se transforme în pitică albă?

5.18*. De ce pulsarii își schimbă periodic intensivitatea radiației?

5.19**. Determinați densitatea pitice albe, diametrul căreia e de 1000 km, iar masa – 10^{30} kg.

5,20**. Determinați densitatea stelei Betelgeuse, dacă raza ei e de 400 ori mai mare decât raza Soarelui, iar masa este aproximativ egală cu a Soarelui.

5.21**. Care va fi luminozitatea Soarelui, dacă în viitor el se va transforma în gigantă roșie cu raza de 10 ori mai mare decât cea actuală și cu temperatura de 5000 K?

5.22**. În centrul Soarelui temperatura ajunge până la 15 000 000 K, iar în nucleul piticelor albe temperatura e peste 30 000 000 K. De ce pe Soare au loc reacții termnucleare, iar în străfundurile piticelor albe – nu?

5.23**. Care ar fi perioada de pulsare a Soarelui, dacă el s-ar fi transformat în cefeidă?



VERIFICĂ-ȚI COMPETENȚA

Întrebări de control

1. În ce constă diferența dintre magnitudinea aparentă și cea absolută?
2. Cum astronomii măsoară temperatura stelelor?
3. Poate, oare, pitica roșie să se transforme în pitică albă?
4. De ce pulsarii își schimbă periodic intensivitatea radiației?

Ce știu și pot să fac

● Eu pot să rezolv exerciții astronomice

1. Explicați, cum se poate determina temperatura aproximativă a stelei după culoarea ei.

2. Paralaxa lui Sirius este 0,37", iar paralaxa stelei Vega – 0,12". Exprimați distanța până la aceste stele în parseci, ani lumină, unități astronomice și în kilometri.

3. Magnitudinea aparentă a stelei este $+5^m$. Care va fi magnitudinea aparentă a aceleiași stele, dacă distanța până la ea se va mări de 10 ori?

● Eu știu să mă folosesc de harta cerului înstelat

4. Găsiți de sine stătător pe cer stelele care sunt însemnate pe harta cerului înstelat. Desenați stelele luminoase de pe boltă în raport cu punctele de reper de pe suprafața terestră – copaci sau case. Comparați desenele voastre cu harta cerului înstelat. Din ce constelații fac parte aceste stele?

5. Găsiți pe harta cerului înstelat o stea luminoasă. Cu ajutorul cercului suprapus pe hartă măsurați momentele când răsare, apune și culminează această stea.

6. Folosind harta cerului înstelat, găsiți stele din diferite clase spectrale: O, B, A, F, G, K, M. Comparați culorile acestor stele după temperatura pe suprafața lor.

129



TESTE

1. Ce fel de unități de distanță până la stele folosesc astronomii?

- A kilometru
- B unitate astronomică
- C paralaxă
- D an lumină
- E parsec

2. Magnitudinea stelară absolută determină ...

- A luminozitatea stelei
- B raza stelei
- C stelele luminoase
- D iluminarea creată de stea pe Pământ
- E temperatura stelei

3. La ce distanță magnitudinile absolută și aparentă au aceeași valoare?
A 1UA **B** 10 UA **C** 1 an lumină
D 10 ani lumină **E** 1 pc **F** 10 pc
4. Care dintre stelele claselor spectrale indicate au pe suprafață cea mai înaltă temperatură?
A A **B** B **C** F **D** G **E** K **F** M **G** O
5. Indicați temperatura pe suprafața stelei și clasa spectrală la care aparține Soarele.
A A; +10 000 °C **B** B; +10 000 °C **C** C; +6000 °C
D G; +6000 °C **E** M; +3000 °C **F** O; +3000 °C
6. Care dintre aceste stele luminează mai mult timp?
A gigantele clasei spectrale O
B stelele albe din clasa spectrală A
C Soarele
D gigantele roșii din clasa spectrală M
E piticele roșii din clasa spectrală M
7. Stelele cărui clase spectrale au cea mai scurtă viață?
A A **B** B **C** F **D** G **E** K **F** M
8. Care obiect cosmic se numește pulsar?
A steaua dublă, când o stea o acoperă pe cealaltă
B steaua neutronică
C pitica albă
D steaua pulsară
E giganta
9. Termenul „stea novă” înseamnă ...
A în spațiu s-a format o stea tânără
B a explodat o stea veche
C crește periodic luminozitatea stelei
D are loc ciocnirea stelelor
E cataclisme cosmice cu sursă de energie necunoscută
10. În viitor Soarele se poate transforma în ...
A gaură neagră
B stea neutronică
C pulsar
D gigantă roșie
E pitică roșie
F pitică albă
11. De ce pulsarii își schimbă periodic intensivitatea radiației?
 12. Va putea, oare, supraviețui civilizația noastră în sistemul Solar, dacă Soarele se va transforma în gigantă roșie?

Capitolul 6

GALAXIA NOASTRĂ

Încă din vechime rațiunea umană a încercat să pătrundă în tainele acestui enorm Univers fără margini. Savanții indieni, greci și romani cu mult înainte de era noastră au presupus existența a numeroase spații asemănătoare cu al nostru. Încă de pe atunci s-a înrădăcinat noțiunea de Univers sau cosmos. El este colosal de mare, iar Pământul nostru minuscul și chiar stelele pe care le vedem sunt o părticică neînsemnată a cosmosului. Universul se compune dintr-un număr extrem de mare de lumi stelare – galaxii. Una dintre ele este și Galaxia noastră, din care face parte sistemul nostru Solar. Sistemul Solar e situat la marginea Galaxiei, de aceea partea principală a Galaxiei noastre o putem vedea, parcă, dintr-o parte – o dungă luminoasă ce trece peste tot cerul. Aceasta este Calea Lactee. Poporul ucrainean o numea încă din vechime Calea Ciumacilor sau a Cărăușilor.

În acest capitol veți afla multe lucruri interesante despre galaxii.

Ș 27. GALAXIA NOASTRĂ. CALEA LACTEE. LOCUL SISTEMULUI SOLAR ÎN GALAXIE

131

1. Structura galaxiei. Încă din vechime oamenii observau pe cerul senin nocturn fără lună că de la vest spre est prin zenit se întinde o dungă albicioasă – **Calea Lactee (Calea Ciumacilor, Cărăușilor)**. Ea le amintea lor de laptele vărsat. După legendă, acest lucru l-a făcut Hera, care a coborât pe Pământ.

De-a lungul istoriei, ucrainenii au numit galaxia noastră diferit. Calea Ciumacilor este cea mai răspândită denumire. Conform legendei, ciumacii călătoreau în Crimeea după sare, orientându-se noaptea după dunga albicioasă de pe cer. **Drumul lui Dumnezeu** este denumirea veche ucraineană a Căii Lactee. Se spune că pe acest drum umblă într-un car din aur Prorocul Ilie (urmașul creștin al lui Perun) și, bubuind, auncă săgeți din aur în demoni.

Grecii antici numeau Calea Lactee **Galaxie** (din gr. γάλα – „lapte”). În 1609 Galilei a observat prin telescop că în Calea Lactee sunt o mulțime de stele slabe. Atunci a apărut ipoteza că Soarele, toate stelele vizibile, inclusiv și stelele Căii Lactee, aparțin unui sistem colosal. Acest sistem a fost numit **Galaxie**.

Galaxia noastră este o insulă stelară uriașă, în componența căreia intră Soarele și sistemul Solar. Majoritatea stelelor din Galaxie, dar după calculele actuale ele sunt peste 200 mlrd, sunt concentrate într-un disc plat, pe care-l vedem pe cer în formă de dungă a Căii Lactee și ca ramificație spiralică. În centrul Galaxiei se află o condensare compactă a substanței – nucleul, natura fizică a căruia și procesele fizice ce au loc în el sunt obiect de studiu detaliat.

Calea Lactee trece prin ambele emisfere pe cercul mare al sferei cerești (imag. 6.1). Linia ce trece de-a lungul mijlocului Căii Lactee se numește **ecuator galactic**, iar planul ce-l formează – **plan galactic**. Planul galactic e înclinat în raport cu planul ecuatorului sub unghiul de 63°. E bine de știut că termenul „galaxie” se refră la sistemul stelar, iar „Calea Lactee” – la proiecția ei luminoasă pe sfera cerească.



Imag. 6.1. Calea Lactee

bilit că ea este galaxie spirală în formă de disc. Diametrul Galaxiei este de aproximativ 30 mii parseci (circa 100 000 ani lumină, 1 cvintilion km), iar grosimea medie – aproximativ 1000 ani lumină. Galaxia conține circa 200 mlrd stele (după datele actuale de la 200 până la 400 mlrd). Partea principală a stelelor e repartizată în formă de disc plat. După ultimile date masa Galaxiei este de $3 \cdot 10^{12}$ mase solare, sau $6 \cdot 10^{42}$ kg. Marea parte a masei nu se conține în stele și gazul interplanetar, ci în haloul întunecat din materie întunecată.

Sistemul Solar se află în Galaxie departe de centru, la distanța de 10 kpc (30 000 ani lumină) și e situat aproape pe planul galactic. Centrul galaxiei se află în constelația Săgetătorul în direcția $\alpha = 17^h 46,1^m$, $\delta = -28^\circ 51'$.

132

2. Subsistemele Galaxiei și structura spiralică. Gaura neagră extramasivă în centrul Galaxiei. O parte a stelelor Galaxiei noastre nu intră în componența discului, ci formează o componentă sferică – **halo stelar**, raza căruia nu e mai mică de 20 kpc. Haloul este înconjurat de partea exterioară a Galaxiei, foarte rarefiată și enormă după dimensiuni (50–60 kpc), numită **coroană**. Galaxia are structură spiralată complicată, în formă de brațe spirale. Acumularea sferică din mijlocul discului a primit denumirea de **bulb** (din engl. bulge – „umflătură”). Cea mai densă și compactă parte a centrului Galaxiei, situată în constelația Săgetător, se numește **nucleu**.

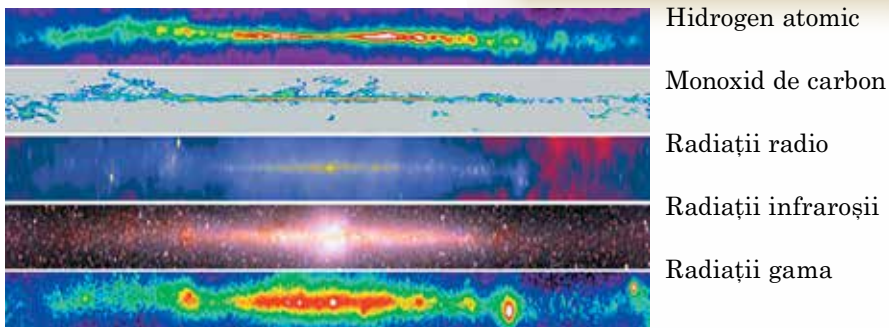
Studierea proceselor ce au loc în centrul Galaxiei ne face să presupunem că în nucleul ei se află o gaură neagră supermasivă. Nucleul Galaxiei e puțin studiat, fiindcă e ascuns de noi de nori din gaze și praf și de stele. Această parte a sistemului nostru stelar are o intensivitate mare și iradiază în gama lungimilor de unde radio, infraroșii, și X (röntgen). Masa nucleului este zeci de milioane de mase solare.

Dacă ne oprim la masa substanței vizibile a Galaxiei noastre, atunci 95% o constituie stelele, iar 5% – gazul și praful interstelar. Spațiul Galaxiei e impregnat de fluxuri de particule încărcate cu energii colosale, iar asupra gazului interstelar acționează câmpul magnetic.

În timpul studierii Galaxiei, cel mai mare obstacol este poziția noastră internă în acest sistem stelar; absorbția radiației obiectelor galactice de materia interstelară. Aceste greutăți pot fi depășite dacă am studia Galaxia în toate gamele de unde electromagnetice. Dacă nu putem studia ceva direct, trebuie să ne folosim de aprecierile teoretice și de modelele computerizate (imag. 6.2), care ne ajută să restabilim unele fragmente de fenomene și procese ce lipsesc.

Calcularea numerică a stelelor în toate direcțiile de la ecuatorul galactic a început-o încă Herschel în anii 70 ai sec. al XVIII-lea. Calculările au demonstrat că numărul stelelor se micșorează pe ambele părți de la planul galactic. Cercetările ulterioare au determinat că toate stelele cerului formează un sistem stelar unic. În Calea Lactee e concentrată partea principală a stelelor Galaxiei – sistem stelar enorm ce are forma unui disc lenticular.

Foarte îndelungate au fost discuțiile despre dimensiunile, masa ei, structura repartizării stelelor. Abia în sec. al XX-lea s-a sta-



Imag. 6.2. Calea Lactee în diferite lungimi de undă

În afara Galaxiei noastre există o sumedenie de sisteme stelare pe care le putem observa dintr-o parte sub diferite unghiuri și la diferite etape de dezvoltare. Comparându-le unul cu altul și cu Galaxia noastră, identificându-le asemănările, diferențele și cauzele lor, noi aflăm legi generale ale structurii și evoluției acestor sisteme stelare și, bineînțeles, a „insulei noastre stelare”.

3. Roiuri și asociații de stele. Nebuloasele. Componentele structurale ale Galaxiei sunt roiurile stelare. Roiurile stelare sunt grupurile de stele, legate gravitațional, ce au origine comună. Roiurile stelare se mișcă în planul gravitațional ca un tot întreg. După aspectul exterior, ele se împart în **dispersate** sau **deschise** și **globulare**.

Roiurile stelare dispersate n-au o formă corectă, în comparație cu grupurile de stele ce conțin de la câteva sute până la câteva mii de stele. Dimensiunile acestor roiuri – de la 6 până la 14 pc. Cele mai apropiate de noi roiuri stelare dispersate sunt roiurile Pleiade și Hyade din constelația Taurul. Cu ochiul liber se pot vedea în Pleiade 5–7 stele slabe, repartizate în formă de un căuș mic (imag. 6.3).

Roiul Hyade nu este destul de compact, însă conține multe stele strălucitoare. În prezent sunt cunoscute peste 1500 de roiuri stelare dispersate. Toate sunt concentrate în planul galactic și, precum alte obiecte ale componentei plate a Galaxiei, participă la rotația în jurul centrului ei. Numărul total de roiuri dispersate în Galaxie – $2 \cdot 10^4$ obiecte.

Roiurile stelare globulare au formă sferică sau elipsoidală și conțin de la zeci de mii până la milioane de stele. Diametrul acestor roiuri – de la 20 până la 100 pc. Concentrarea spațială a stelelor crește brusc înspre centrul roiului, ajungând până la zeci de mii în parsec cub (la marginile Soarelui – $0,13 \text{ pc}^{-3}$). Roiurile globulare formează haloul extins în jurul centrului Galaxiei, concentrându-se puternic înspre el. Până acum în Galaxie au fost descoperite circa 200 de roiuri globulare, iar numărul lor total – circa 500 (imag. 6.4). „Populația” stelară a roiurilor globulare se compune din stele foarte vechi – gigante roșii și supergigante. Roiurile globulare sunt cele mai vechi în Galaxia noastră. Vârsta lor este 10–15 mlrd ani.

Asociațiile stelare sunt grupări de stele tinere ce nu sunt supuse, sau puțin supuse forței gravitaționale, de origine comună (vârsta până la câteva milioane de ani).



Imag. 6.3. Roiul stelar dispersat Pleiade din constelația Taurul (Cloșca cu pui, foto de „Hubble”)



Imag. 6.4. Roiul stelar globular M5 (NGC5904) în constelația Șerpele

Nebuloasa – nor interstelar din gaze rarefiate și praf. După tipul de „populație” stelară asociațiile se împart în: **asociații OB**, care se compun în majoritate din stele fierbinți ale claselor spectrale *O* și *B*; **asociații T**, pentru care sunt caracteristice stelele de tip *T* Taurul.

Repartiția în asociații *OB* și *T* este relativă, deoarece stele de tip *T* Taurul au fost descoperite în toate asociațiile *OB* din apropierea Soarelui. Însă, multe dintre asociațiile *T* n-au stele din clasa *O* sau *B*. Mai târziu, Sidney Van den Berg (1929) a propus semnul *R* pentru asociațiile ce iluminează nebuloasele de reflexie.

Asociațiile stelare au fost identificate de Victor Ambarțumean (1908-1996) în 1948 și a prezis dezintegrarea lor. Mai târziu, cercetările astronomilor au confirmat extinderea asociațiilor

lor stelare. Cu timpul, s-a adevărit că concentrările mari și dispersările mici ale vitezelor stelelor din asociațiile *T* demonstrează stabilitatea lor.

Spre deosebire de roiurile deschise tinere, asociațiile stelare au dimensiuni mai mari – zeci de parseci (nucleele roiurilor deschise – unități de parseci) și densitatea „populației” stelare mai mică: numărul stelelor în asociație constituie de la câteva zeci până la sute, masa – 10^2 – $10^4 M_{\odot}$, pe când roiurile dispersate au sute de mii și chiar mai multe stele.

Originea asociațiilor stelare se datorează zonelor în care se nasc stelele cu un complex masiv de nori moleculari.

134

ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Care este structura Galaxiei noastre? Ce fel de obiecte intră în componența Galaxiei noastre?
2. Care este poziția sistemului Solar în Galaxie?
3. Prin ce se deosebesc stelele din discul Galaxiei de stelele haloului?
4. Cum sunt repartizate roiurile globulare în Galaxie? Prin ce se deosebesc ele de roiurile deschise (dispersate)?

REZOLVĂM ÎMPREUNĂ

Sarcina 1. De ce în substanța celor mai vechi stele din Galaxie sunt puține elemente grele, iar în substanța stelelor tinere dimpotrivă, conținutul lor e mare?

Răspuns. Stelele vechi s-au format din elementele grele ale norului gazos protogalactic. Evoluționând rapid, stelele masive explodau și îmbogățeau protogalaxiile cu elemente grele ce s-au format în ele. Generațiile ulterioare de stele s-au format din substanțe cu un conținut mai mare de metale.

Sarcina 2. Ce este anul galactic și care este vârsta Soarelui în ani galactici?

Răspuns. Anul galactic este perioada de revoluție a Soarelui în jurul centrului Galaxiei. El durează 230 mln ani. Vârsta Soarelui este de circa 20 ani galactici.

Sarcina 3. În ce constă diferența de repartizare a roiurilor stelare globulare și dispersate în Galaxie?

Răspuns. Diferența constă în faptul că roiurile dispersate se află în zona Căii Lactee sau în apropiere de ea, iar majoritatea roiurilor globulare sunt concentrate într-o singură parte a cerului în constelația Săgetătorul. Astronomul american H. Shepley a lansat ipoteza că ele sunt grupate în jurul centrului Galaxiei.



EXERCIȚII ȘI SARCINI

- 6.1. Găsiți pe harta stelară constelațiile prin care trece Calea Lactee.
- 6.2. De ce observatorul ce se află pe Pământ vede Calea Lactee întreruptă și neregulată?
- 6.3. De ce nu putem vedea centrul Galaxiei cu ajutorul telescoapelor optice?
- 6.4. În ce constă diferența dintre constelații și roiurile stelare?
- 6.5*. Aduceți argumente că Soarele se află în apropierea planului galactic.



VERIFICĂ-ȚI COMPETENȚA

Întrebări de control

1. Ce structură are Galaxia noastră?
2. Care an e mai mare: cel galactic, sau cel tropic?
3. La ce tip de roi stelar aparțin Pleiadele?

Ce știu și pot să fac

● Eu pot să rezolv exerciții astronomice

1. Pe cerul înstelat observăm nebuloase întunecate. De ce le putem vedea, doar asemenea nebuloase nu iradiază lumină vizibilă?
2. Dacă comparăm fotografiile cerului în raze albastre și roșii, se va observa că componenta plată a Galaxiei în raze albastre e mai strălucitoare decât cea în raze roșii, iar componenta sferică – invers. Despre care calități ale Galaxiei ne vorbește acest fapt?

● Eu știu pentru ce se folosește telescopul

3. Descrieți locul ideal pe suprafața Pământului pentru efectuarea observărilor astronomice optice asupra Căii Lactee.
4. Avem, oare, posibilitate să studiem nucleul Galaxiei noastre? Dacă da, atunci prin ce metodă? Dacă nu, atunci de ce?

Capitolul 7

STRUCTURA ȘI EVOLUȚIA UNIVERSULUI

Universul e atât de mare, încât dimensiunile lui sunt greu de imaginat. Doar o parte a acestei lumi materiale este accesibilă pentru studiere prin metode astronomice ce corespund nivelului de dezvoltare a științei. Deseori această parte a universului este numită metagalaxie. Ea se întinde pe $1,6 \cdot 10^{24}$ km. Despre această parte a Galaxiei veți afla parțial în acest capitol.

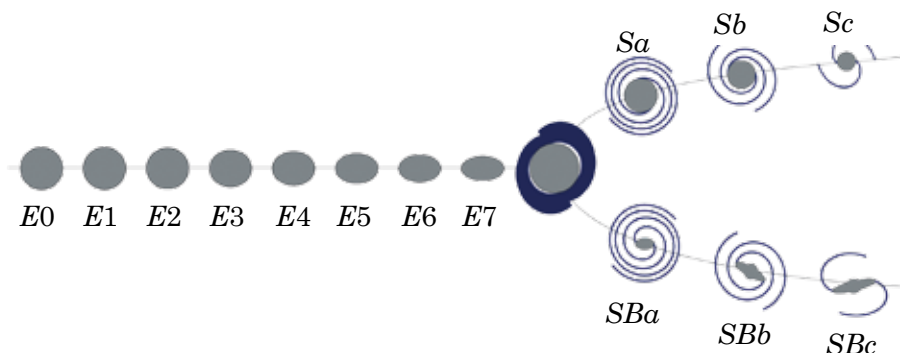
§ 28. SISTEMELE STELARE – GALAXIILE. LUMEA GALAXIILOR

136

1. Tipuri de galaxii. În 1924, cu ajutorul celui mai mare pentru acel timp telescop (observatorul Maunt Vileon, SUA) Edwin Hubble a determinat că Nebuloasa Andromeda e formată dintr-un număr colosal de stele, care se contopesc într-o pată cețoasă integră din cauza depărtării mari. Majoritatea celorlalte nebuloase cunoscute s-au adeverit a fi sisteme la fel de gigante cu milioane și miliarde de stele. Sistemele stelare gigante, unite gravitațional și substanța interstelară, situate în afara Galaxiei noastre, au început să se numească **galaxii**. Telescoapele puternice moderne au făcut posibilă înregistrarea a sute de miliarde de galaxii.

Fotografiile au demonstrat că galaxiile se deosebesc după aspect și structură. Hubble a propus clasificarea galaxiilor după formă. Clasificarea lui a stat la baza schemei de clasificare (imag. 7.1). Conform clasificării actuale se diferențiază galaxiile următoarelor tipuri de bază: eliptice (*E*), spirale (*S*), neregulate (*I*) și lenticulare (*S₀*).

Galaxiile eliptice în proiecție pe cer au aspect circular sau eliptic (imag. 7.2). Numărul de stele se micșorează de la centru spre margini. Stelele se rotesc în astfel de sisteme pe diferite plane.



Imag. 7.1. Clasificarea galaxiilor (după Hubble)

Anume galaxiile eliptice se rotesc foarte lent. Ele conțin doar stele galbene și roșii, practic n-au gaz, praf și stele tinere cu luminozitate mare. Caracteristicile fizice ale acestor galaxii au o gamă destul de largă: diametre – de la 5 până la 50 kpc, mase – de la 10^6 până la 10^{13} mase ale Soarelui. Circa 25% dintre galaxiile studiate sunt de tipul galaxiilor eliptice.

Aproape jumătate dintre galaxiile studiate sunt spirale.

Galaxiile spirale sunt sisteme foarte turtite condensare centrală (unde se află nucleul galaxiei) cu structură expresiv spiralată. Dimensiunile acestor galaxii ajung până la 40 kpc, iar luminozitățile – 10^{11} luminozități solare. În jurul discului condensat sunt două sau mai multe brațe spirale (imag. 7.3). Astfel, la galaxiile spirale ale lui Hubble aparține galaxia *M81* de tipul *Sa* – sistem cu marginile spiralate bine răsucite, partea globulară a căreia este strălucitoare și extinsă (imag. 7.3, *a*). Galaxia *M51* aparține la tipul *Sb* și are spirale clare și puternice. Partea centrală se evidențiază mai puțin (imag. 7.3, *b*). Galaxia *M101* aparține la tipul *Sc* – sistem cu structură spirală dezvoltată, partea globulară a căreia se evidențiază slab pe fondul general (imag. 7.3, *c*).



Imag. 7.2. Galaxia eliptică tânără NGC2865 (foto telescopului „Hubble”)



Imag. 7.3. Galaxii spirale

Circa jumătate dintre galaxiile spirale au în partea centrală o bară stelară dreaptă, de la care își încep răsucirea brațele spirale (imag. 7.4). Asemenea galaxii se numesc **galaxii spirale barate**.

În brațele spirale ale galaxiilor sunt concentrate cele mai strălucitoare și tinere stele, cele mai strălucitoare nebuloase din gaze și praf, roiuri stelare tinere și complexe stelare. De aceea, aspectul spiralat se vede clar chiar la galaxiile îndepărtate, deși părțile brațelor spirale îi revin doar câteva procente din masa întregii galaxii. Galaxia noastră este spirală. Cel mai apropiat sistem stelar, asemănător după structură și tip cu Galaxia noastră, este Nebuloasa Andromeda (imag. 7.5). Lumina acestei galaxii ajunge până la noi timp de 2 mln ani.

La galaxiile neregulate aparțin galaxiile cu masă mică și structură neregulată. Ele n-au un nucleu clar evidențiat și o simetrie în rotație. Strălucirea vizibilă a acestor galaxii este creată de stelele tinere cu luminozitate mare și de zonele cu hidrogen ionizat. Masele galaxiilor neregulate – de la 10^8 până la 10^{10} mase ale Soarelui, dimensiunile lor – până la 10 kpc iar luminozitățile nu depășesc 10^{10} luminozități solare. În asemenea galaxii sunt multe gaze – până la 5-% din masa lor totală. Cele mai apropiate de noi galaxii neregulate sunt Norii lui Magellan (Mare și Mic).



Imag. 7.4. Galaxia spirală Sombroero cu bară NGC1300



Imag. 7.5. Nebuloasa Andromeda



Imag. 7.6. Norii lui Magellan – unele dintre cele mai apropiate de noi Galaxii



Imag. 7.7. Galaxia lenticulară NGC5866 în constelația Dragonul

Ele se aseamănă cu doi nurași ce strălucesc argintiu pe cerul nocturn senin. Sunt situate în emisfera de Sud și de aceea nu se văd din Ucraina.

Norul Mare al lui Magellan (imag. 7.6), ce are diametrul de 7 kpc, e situat de la noi la distanța de 52 kpc. După părerea unor astronomi a Norii lui Magellan se observă începuturile structurilor spiralate.

Galaxiile lenticulare sunt foarte asemănătoare la exterior cu cele eliptice (dacă se văd în plan), însă au disc stelar turtit. După structură se aseamănă cu glaxiile spirale, însă n-au componentele plate și spiralate. Galaxiile lenticulare se mai deosebesc de cele spirale prin lipsa benzii de materie întunecată (imag. 7.7).

Astronomul german Karl Schwarzschild (1863–1916) a lansat teoria, conform căreia galaxiile lenticulare se pot forma din cele spirale în procesul de „măturare” a materiei din gaze și praf.

2. Distanțele până la galaxii. Legea lui Hubble.

Distanțele până la cele mai apropiate galaxii se determină după valorile magnitudinilor stelare aparente ale cefeidelor. Pentru cefeidele lungperiodice aceasta e perioada variației-luminozitate. Cu ajutorul acestei dependențe se determină magnitudinea stelară absolută după durata variației luciului: cu cât această durată e mai scurtă, cu atât cefeida e mai slabă conform magnitudinii absolute. Distanța r se calculează după formula: $\lg r = 0,2(m - M) + 1$, unde m și M – magnitudinile aparentă și absolută.

Pentru galaxiile în care nu s-au identificat cefeide sau ele nu pot fi văzute, ca indicatori ai distanțelor se folosesc cele mai luminoase stele – supergigantele, novele și supernovele, roiurile stelare globulare. Distanțele se determină de asemenea și după formula dată. Magnitudinea aparentă se află după observări, iar cea absolută e considerată cunoscută (medie) pentru obiectele din această categorie. De exemplu, supernovele, după cum reiese din observări, au aproximativ aceeași magnitudine absolută în strălucirea maximă.

Distanțele până la galaxiile îndepărtate se determină și după dimensiunile lor unghiulare sau conform magnitudinii aparentă, iar până la galaxiile foarte îndepărtate – doar după deplasarea spre roșu în spectrul lor.

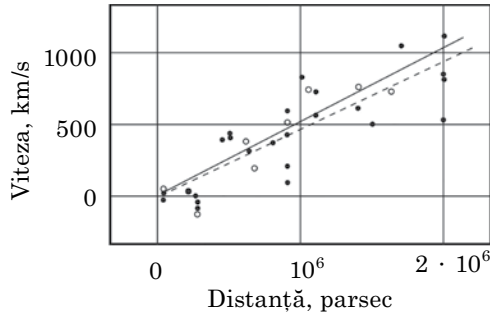
Deplasarea spre roșu (z) se măsoară în raport cu schimbarea lungimii de undă a liniilor spectrale: $z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$.

Încă în anii 1912–1914 astronomul american **Vesto Sliper** (1875–1969) a determinat că liniile în spectrele galaxiilor îndepărtate sunt deplasate, în raport cu poziția lor normală, înspre partea zonei în roșu a spectrului.

Aceasta înseamnă că galaxiile se îndepărtează de noi cu viteze de sute de kilometri pe secundă. Mai târziu, Hubble a determinat distanțele până la

unele galaxii și vitezele lor. Conform observărilor, rezultă că cu cât galaxia se află mai departe de noi, cu atât mai mare este viteza de îndepărtare (grafic această dependență e reprezentată în imag. 7.8). Legea, conform căreia viteza de îndepărtare a galaxiei e proporțională cu distanța până la ea, a primit denumirea de **legea lui Hubble**:

mărirea relativă a lungimilor de unde ale liniilor în spectrele galaxiilor e proporțională cu distanțele r până la ele, adică $r \sim (\lambda - \lambda_0) : \lambda_0$.



Imag. 7.8. Dependența vitezei de îndepărtare a galaxiilor de distanțele până la ele

Dacă admitem, că fenomenul deplasării spre roșu e condiționat de mișcarea galaxiilor cu viteza v , conform razei vizuale în direcția de la observator, putem determina viteza galaxiei după deplasarea relativă a lungimii de undă a liniilor spectrale măsurate: $v_r = c(\lambda - \lambda_0) : \lambda_0$. Luând în considerare legea lui Hubble, această egalitate poate fi scrisă astfel: $v_r = Hr$, unde H – coeficientul proporționalității – constanta lui Hubble, care demonstrează cu câți kilometri pe secundă crește viteza galaxiilor odată cu creșterea distanței până la ele cu 1 Mpc. Valoarea H se precizează în permanență, după unele aprecieri – de la 50 până la 80 km/(s · Mpc). În timpul calculărilor se admite $H = 75$ km/(s · Mpc). Legea lui Hubble se îndeplinește doar pentru galaxiile îndepărtate, distanța până la care depășește 5–10 Mpc.

139

3. Masele galaxiilor. Masele galaxiilor pot fi determinate în baza vitezelor liniare de rotație a părților lor exterioare. Vitezele de rotație v se determină prin comparația deplasărilor liniilor spectrale în diferite părți ale galaxiei.

Să presupunem, că toată masa M a galaxiei e concentrată în centrul ei și rotațiile se produc după legile lui Kepler. Astfel, din legea a doua a lui Newton $F = ma$, unde $a = \frac{v^2}{R}$ este accelerația centripetă, luând în considerare mișcarea corpurilor în câmpul forțelor de gravitație $F = \frac{GMm}{R^2}$, obținem: $\frac{GM}{R^2} = \frac{v^2}{R}$, unde R – raza galaxiei. După transformări obținem formula pentru aflarea masei galaxiei: $M = \frac{Rv^2}{G}$.

Pentru galaxii, precum pentru stele, există o anumită dependență între masă și luminozitate. Această dependență se folosește pentru calcularea maseilor galaxiilor. Însă, valorile maseilor galaxiilor, conform luminozităților, ieșeau mult mai mici decât conform rotațiilor galaxiilor. Acest fenomen a fost numit **paradoxul masei ascunse**. Pentru a-l explica, trebuie să admitem că undeva în galaxie există materia întunecată.

În anii 70 ai sec. al XX-lea cu ajutorul metodelor astronomiei röntgen a fost descoperit gazul intergalactic. După temperatura gazului se poate afla masa acumulărilor lui. Primele rezultate ale observărilor röntgen asupra gazelor fierbinți în grupurile galaxiilor au confirmat existența în ele a masei ascunse, care nu intră în componența unor galaxii. În prezent, astronomii declară destul de ferm: Universul e umplut în majoritate cu substanță invizibilă. Ea formează halouri extinse ale galaxiilor și umple spațiul intergalactic, concentrându-se în condensările galaxiilor.

Observările spectrale efectuate de telescopul spațial „Hubble” și de telescoapele actuale terestre, au confirmat existența maselor mari (circa 50 mln de mase ale Soarelui) de substanță întunecată în nucleele unor galaxii.

4. Galaxiile cu nuclee active. La majoritatea galaxiilor se evidențiază partea ei centrală strălucitoare – nucleul (imag. 7.9). Această zonă se deosebește prin densitate stelară mare, ce ajunge până la $10^6 - 10^8 \text{ pc}^3$. Însă, cu toate acestea, în această zonă nu se întâmplă ciocniri ale nucleelor cu stelele.

Cercetările ultimilor ani au demonstrat că nucleul nu este doar un loc mare și dens în galaxie: în centrul lui poate fi identificat încă un corpuscul – **nucleolul**. Astfel, în timpul observărilor asupra nucleului Nebuloasei Andromeda dimensiunile lui circa 100 pc s-a putut diferenția nucleolul strălucitor cu diametrul 1–14 pc. El se rotește precum un corp solid (perioada de rotație 500 mii ani).

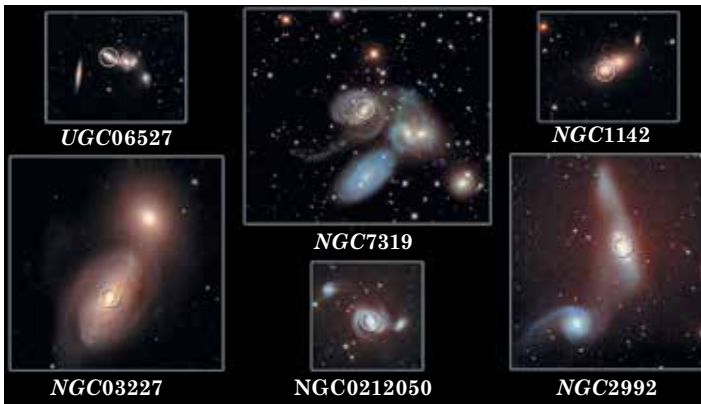
Masa nucleolului e de aproximativ 13 mln mase solare. Densitatea – circa 1500 mase solare pe 1 pc^3 , ceea ce-i de 20 mii de ori mai mult decât lângă Soare. Nucleolul se comportă de parcă ar fi o creatură de sine stătătoare, „introdusă” în galaxie.

140

Cercetările radio a galaxiei noastre au demonstrat că în centrul ei se află de asemenea un nucleol cu dimensiunea de circa 6 pc.

În nucleele unor galaxii se produce o degajare colosală de energie, care nu se poate explica prin radiație sau exploziile planetelor simple. Asemenea galaxii au primit denumirea de **galaxii cu nuclee active** sau **galaxii seyfertiene** (în cinstea astronomului american Carl Seyfert (1911–1960), care le-a descris pentru prima oară în 1943).

Formele de manifestare a activității nucleelor galaxiilor seyfertiene, sau mai simplu, a seyfertilor, sunt diferite. Aceasta poate fi o forță enormă de radiație în zona infraroșie, optică sau röntgen a spectrului, deși variabilă într-o durată de timp comparativ mică (în câțiva ani, luni sau chiar zile). În unele cazuri se înregistrează o accelerare rapidă a gazului din nucleu (cu viteze apropiate de 1000 km/s).



Imag. 7.9. Nucleele galaxiilor conțin găuri negre masive



Imag. 7.10. Nucleul galaxiei erupe curenți de gaze – jeturi

Uneori gazul formează curenți lungi rectilinii de gaze numiți **jeturi** (imag. 7.10). Cea mai probabilă ipoteză ce explică activitatea nucleelor presupune existența găurii negre în centrul galaxiei.

5. Galaxii peculiare. Galaxiile situate aproape una de alta uneori sunt unite între ele printr-o bandă de materie care luminează. Deseori, aceste benzi luminoase de culoare albastru-deschis sunt o continuare a zonelor spirale. Ele se compun din stele tinere fierbinți. Foarte des galaxiile sunt înecate în propria „ceată stelară”. Atunci ele se numesc **galaxii peculiare (în interacțiune)**.

Mulți cercetători consideră că aceste galaxii se apropie una de alta, iar observările cu telescoapele mari moderne demonstrează că între ele sunt foarte multe care se ciocnesc. Galaxia noastră este peculiară.

O fotografie unicată, făcută de telescopul „Hubble” ne-a apropiat de taina apariției Universului. Ceea ce a fost fixat, arăta catastrofal: ciocnirea a două galaxii enorme NGC4490 și NGC4485, situate la distanța de 24 mln ani lumină în constelația Câinii de Vânătoare (imag. 7.11). Timp de multe milioane de ani ele se apropiau una de alta și, în sfârșit, aceasta s-a întâmplat. Însă, noi vedem acum întâmplările trecutului îndepărtat: lumina ce a părăsit galaxiile 24 mln ani în urmă, doar acum a nimerit în obiectivul telescopului. Această catastrofă universală a fost însoțită de o lumină de culoare roz, fapt ce confirmă acumularea hidrogenului ionizat. Savanții agenției spațiale Europene declară că anume după acest scenariu se nasc stelele.

Galaxiile se ciocnesc sub influența comprimării gravitaționale. Ca rezultat, poate să apară colapsul gravitațional – comprimări rapide catastrofale a corpurilor masive sub acțiunea gravitației.

Sub influența forțelor de gravitație la galaxii au apărut „antene” lungi, ce se compun din gaze și stele. De aceea, ele sunt numite galaxii cu antene. Aceste creaturi au apărut în rezultatul ciocnirii sistemelor stelare. Astronomii au descoperit la galaxiile antene peste o mie de roiuri stelare, formate nu demult. În fiecare dintre ele se conțin până la un milion de stele. Vârsta acestor roiuri nu depășește 100 mln ani. Ele s-au format sub acțiunea forțelor fluxurilor agitate de apropierea a două sisteme.

Norii micști ce cad pe găurile negre din nucleele galaxiilor luminează în culori roșii, stelele tinere fierbinți – în albastru-deschis. Ele se nasc datorită perturbațiilor maselor de gaze și praf.



Imag. 7.11. Ciocnirea a două galaxii enorme NGC4490 și NGC4485, situate la distanța de 24 mln ani lumină în constelația Câinii de Vânătoare

6. Quasarii. La începutul anilor 60 ai sec. al XX-lea, datorită radiațiilor radio, au fost identificate obiecte asemănătoare nucleelor active ale galaxiilor – **quasarii**. Cuvântul quasar a apărut din îmbinarea de cuvinte „sursă radio cvasi-stelară”, adică asemănătoare stelelor cu radiație radio.

Spectrele quasariilor au linii de emisei luminoase, mult deplasate înspre roșu, precum la galaxiile îndepărtate. Distanțele determinate după deplasarea spre roșu, sunt de peste 5 mlrd ani lumină. În fotografii, quasarii au aspect foarte luminos, în comparație cu galaxiile îndepărtate și emit radiații radio atât de intens, precum sursele radio apropiate.

Natura activității radiației radio a quasariilor nu e determinată concret, însă se poate afirma: 1) quasarii – cele mai îndepărtate obiecte observate în Univers; 2) majoritatea quasariilor sunt nucleee ale galaxiilor îndepărtate în stare de activitate extrem de mare; 3) quasarii – cele mai puternice surse de radiații vizibile și infraroșie cunoscute în natură. Adică, ele sunt obiecte spațiale cu o strălucire a radiației colosal de mare.

Studiind un număr mare de quasari în telescopul spațial „Hubble”, în 1995 savanții au ajuns la concluzia că quasarii mai apropiați (cu deplasarea spre roșu $z = 0,5$) sunt legați cu galaxiile eliptice în interacțiune. Mulți quasari sunt situați în centrele unor asemenea sisteme. Acest fapt confirmă presupunerea că quasarii sunt găuri negre masive în centrele galaxiilor, ce înghit substanța.



ȘTIAȚI OARE CĂ ...

142

Galaxia noastră a apărut circa 14 mlrd ani în urmă, ceea ce corespunde aproximativ cu vârsta Universului. Însă partea ei vizibilă, dunga albicioasă pe cerul întunecat, este doar o mică parte a Galaxiei. Ea conține peste 300 mlrd de stele și doar 0,0001% dintre ele sunt trecute în cataloage. Centrul Galaxiei – o gaură neagră supermasivă, în jurul căreia se rotește o gaură neagră mai mică. Conform legilor fizicii, Calea Lactee s-a format în timpul ciocnirii și fuziunii a unor galaxii mai mici. În viziunea astronomilor, confirmări ale acestui fapt sunt stelele „primare” apărute la etapa inițială a existenței Universului. Savanții identifică asemenea stele la marginile Căii Lactee ce se află în afara părții ei vizibile.

Conducându-se de legile fizicii, savanții au obținut modelul computerizat al procesului de formare a galaxiilor în Univers pe parcursul a 13 mlrd ani, luând ca punct de pornire etapa după Big Bang. Modelarea a arătat că stelele din haloul Căii Lactee au „căzut” acolo din galaxiile pitice sub acțiunea forțelor ce apar în urma ciocnirii lor. Aceste rezultate corespund cu teoria despre nașterea Căii Lactee.

Apare întrebarea: *oare nu va fi în primejdie Galaxia noastră în viitor dacă se va ciocni cu galaxiile vecine?* Nu demult, în baza modelării computerizate, astrofizicienii au ajuns la concluzia: Galaxia noastră și galaxia Andromeda, care se apropie în permanență una de alta, cândva numaidecât se vor ciocni. Atunci va începe procesul de formare a unei noi galaxii, iar stelele și planetele ce există acum vor dispărea.

În prezent, Galaxia noastră înghite o galaxie pitică, ce se află în partea opusă nouă a discului galactic. Peste câteva miliarde de ani Galaxia noastră va „înghite” Norii lui Magellan, iar peste 5 miliarde de ani se va ciocni cu Nebuloasa Andromeda (M31). Însă, e puțin probabil ca să se ciocnească anumite stele, deoarece ele sunt îndepărtate una de alta la o distanță ce depășește de sute de milioane de ori diametrul lor.



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Caracterizați tipurile de galaxii după clasificarea lui Hubble. Prin ce se deosebesc galaxiile eliptice și neregulate de cele spirale? La care tip aparține Galaxia noastră?
2. Cum se determină distanța până la galaxii? Explicați metoda deplasării înspre roșu, ce se folosește pentru determinarea distanțelor până la galaxii.
3. Formulați și explicați legea lui Hubble.
4. Cum se află masele galaxiilor?
5. Există, oare, galaxii duble? Ce este roiul de galaxii?
6. Prin ce se manifestă activitatea galaxiilor? Prin ce se explică deplasarea înspre roșu în spectrele galaxiilor?
7. Cum se pot diferenția stelele de quasari, folosind observările?
8. Ce caracteristici au quasarii? Care quasari sunt cei mai aproape de Pământ?

§ 29. UNIVERSUL. ORIGINEA ȘI EVOLUȚIA UNIVERSULUI. ISTORIA DEZVOLTĂRII CONCEPȚIILOR DESPRE UNIVERS. BAZELE OBSERVAȚIONALE ALE COSMOLOGIEI

1. Sistemele de galaxii. Galaxiile, precum stelele, formează grupuri și roiuri. Se știe că numărul total de galaxii în întreg Universul vizibil este de 100-200 mlrd galaxii. Circa 50 sunt cele mai apropiate galaxii, dintre ele cele mai masive – Galaxia noastră și nebuloasa Andromeda, formează sistemul de galaxii cu dimensiunile de câteva sute de kiloparseci, ce a primit denumirea de **grupul Local de galaxii**.

143

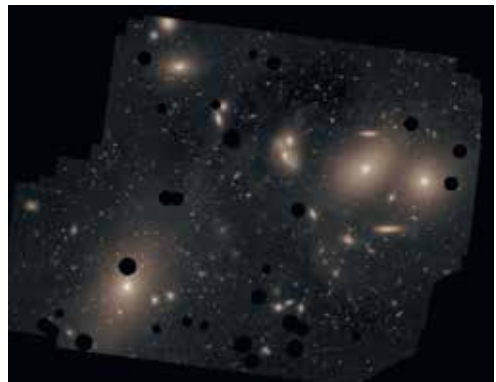
Roiurile mari de galaxii se grupează în sisteme de galaxii. Ele conțin până la o mie de galaxii și dimensiunea lor este de câțiva megaparseci. Cel mai apropiat roi mare de galaxii cu diametrul de circa 5 Mpc se află în direcția spre constelația Fecioara. Distanța până la el este de aproximativ 20 Mpc. Pe cerul studiat roiul are dimensiunea unghiulară cu centrul în constelația Fecioara, de unde se trage și denumirea lui (imag. 7.12).

În acest roi intră galaxii eliptice și spirale gigante, cum ar fi radiogalaxia Fecioara A, galaxia spirală Sombrero (imag. 7.13) ș.a.

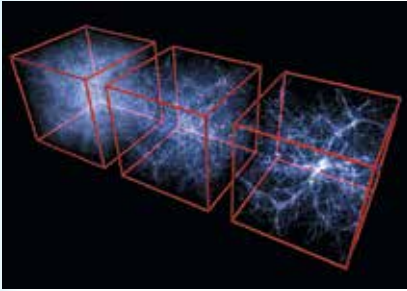
Cel mai îndepărtat roi de galaxii, până la care a fost determinată distanța (5200 Mpc), e situat în constelația Părul sau Cosița Veronicăi. Doar cu ajutorul celor mai mari telescoape pot fi diferențiate cele mai luminoase galaxii ale lui. Complexele de roiuri galactice cu dimensiunile 30–60 Mpc, ce conțin zeci de roiuri, se numesc **super-roiuri de galaxii**.



Imag. 7.12. Roi de galaxii în constelația Fecioara



Imag. 7.13. Roi de galaxii în constelația Fecioara, foto de „Hubble”



Imag. 7.14. Repartiția galaxiilor în spațiu

„fibre” – circa 10^{-24} kg/m³. Structura colosală a Universului are aspect de fagure. Densitatea medie a substanței albe la scară de peste 300 Mpc este egală cu $3 \cdot 10^{-28}$ kg/m³. Aceasta este valoarea medie a densității substanței albe în partea studiată a Universului. Adică, la scară mare Universul este, în mediu, omogen.

2. Expansiunea Universului. Totalitatea galaxiilor studiate și roiurile lor, quasarii, spațiile intergalactice formează Universul. Una dintre cele mai importante caracteristici ale Universului este expansiunea lui permanentă, „împrăștierea” roiurilor de galaxii, fapt despre care ne mărturisește deplasarea spre roșu în spectrele galaxiilor. Universul se află într-o stare de expansiune aproape uniformă și izotropă. Uniformitatea înseamnă identitatea tuturor caracteristicilor materiei peste tot în spațiu, iar izotropia – identitatea acestor caracteristici în orice direcție. Uniformitatea mărturisește despre lipsa de zone separate în spațiu, iar izotropia – despre lipsa unei direcții separate. Presupunerea despre uniformitatea și izotropia Universului se numește **principiu cosmologic**.

Ipoteza despre extinderea Universului în baza teoriei generale a relativității generale a lui Einstein și a unor calcule exacte a fost lansată în 1922 de fizicianul și matematicianul rus Alexandr Friedmann (1888-1925).

Primele rezultate nestaționare ale comparațiilor lui Einstein pe care le-a obținut savantul studiind modelele relativiste ale Universului, au stat la baza dezvoltării teoriei Universului nestaționar. Savantul a studiat modelele nestaționare omogene izotropice cu spațiul curburei pozitive, umplut de materia repartizată uniform (cu presiune 0). Nestaționarismul modelelor studiate se descrie prin dependența razei curburei și a densității de timp. Densitatea se schimbă invers proporțional la cubul razei curburei. Friedmann a determinat tipurile de comportament ale acestor modele, admise de ecuațiile gravitației. Modelul Universului staționar al lui Einstein a fost un caz aparte. El a respins ideea că teoria relativității generale necesită admiterea unui spațiu finit. Rezultatele lui Friedmann au demonstrat că ecuațiile lui Einstein nu duc la modelul unic al Universului, oricare ar fi constanta cosmologică. Din modelul omogen izotropic al Universului reiese că în timpul expansiunii lui se observă deplasarea spre roșu, proporțională distanței. Acest fapt l-a confirmat în 1929 Hubble în baza observărilor: liniile spectrale ale spectrelor galaxiilor s-au adevărit a fi deplasate în capătul roșu al spectrului, ceea ce demonstrează despre deosebirea între galaxii.

Din calculele lui Friedmann se evidențiază trei consecințe posibile: Universul și spațiul lui se extind cu timpul; după o anumită perioadă de timp

Universul va începe să se comprime; peste intervale colosale de timp ciclurile de comprimare și expansiune în Univers se repetă.

Apare întrebarea: *care dintre aceste variante se realizează în Universul nostru?* Răspuns trebuie să dea astronomia, care trebuie să determine densitatea medie a substanței în Univers și să concretizeze valoarea constantei lui Hubble. *De ce e important să precizăm aceste două magnitudini constante?*

După datele actuale, densitatea substanței Universului e apropiată de valoarea critică: ea e sau puțin mai mare, sau puțin mai mică (nu s-a hotărât definitiv problema evidenței gazului intergalactic și a „masei ascunse”). Dacă densitatea medie reală a substanței în Univers e mai mare decât cea critică, atunci extinderea Universului trebuie să se schimbe în contractare. Dacă densitatea medie a substanței e mai mică decât cea critică – expansiunea continuă.

Constanta lui Hubble ne ajută să aflăm timpul în decursul căruia durează procesul de expansiune a Universului. S-a determinat, că el durează nu mai puțin de 10 mlrd și nu mai mult de 19 mlrd ani. Cea mai posibilă valoare a vârstei medii a Universului – circa 15 mlrd ani. Această valoare corespunde cu vârsta celor mai bătrâne stele.

3. Modelul Universului fierbinte. La baza imaginii astronomice actuale a lumii despre evoluția Universului stă modelul Universului fierbinte. Conform lui, la primele etape ale expansiunii, Universul se caracteriza nu doar prin densitatea mare a substanței, ci și prin temperatura înaltă. Ipoteza „Univers fierbinte” a fost lansată de preotul, astronomul și matematicianul belgian **Georges Lemeter** (1894–1966) și fizicianul-teoretic, cosmologul american de origine ucraineană **Gheorghe Gamov** (1904–1968). Ea a primit denumirea de **Marea Explozie**.

145

Conform acestei teorii, se presupune că Universul a apărut spontan în rezultatul unei explozii a unei materii cu densitate extrem de mare și cu energie colosală. Această stare inițială a materiei se numește **singularitate** – volum cu densitate infinită. Expansiunea Universului nu poate fi analizată ca expansiune a materiei superdense în mediul ambiant, deoarece ea n-a existat. Universul e tot ce există. Substanța Universului a umplut de la început întreg spațiul infinit. Cauzele începutului extinderii Universului încă nu sunt cunoscute până la capăt. În măsura extinderii lui, temperatura scădea de la foarte înaltă la foarte joasă, creând condiții favorabile pentru formarea stelelor și galaxiilor.

În baza modelelor lui Friedmann a fost creată imaginea fizică, pe etape, a evoluției substanței, începând cu momentul exploziei. Peste trei minute după Marea Explozie procesul de formare a Universului primar s-a încheiat și a început procesul de contopire a protonilor și neutronilor în componentele nucleului. Apoi, circa 500 mii de ani a avut loc răcirea lentă. Când temperatura Universului a scăzut până la 3 mii de grade, nucleele de Hidrogen și Helium au putut să atragă electronii liberi și să se transforme în atomi neutri.

Peste un milion de ani după începutul expansiunii, a venit era substanței, când din plasma fierbinte din hidrogen și heliu cu mici adaosuri de alte nuclee, a început să se dezvolte diversitatea lumii actuale.

Neuniformitățile Universului, din care au apărut ulterior toate creaturile structurale, s-au născut în formă de deviații întâmplătoare neînsemnate (fluctuații). Apoi, au început să se intensifice în epoca când gazul ionizat a început să se transforme în neutru, adică, când radiația s-a „rupt” de substanță.

După ce substanța a devenit „transparentă” pentru radiațiile electromagnetice, au început să acționeze forțele de gravitație. Ele prevalau între toate interacțiunile dintre masele substanței, practic neutre, ce alcătuiau partea principală

a materiei Universului. Forțele de gravitație au creat galaxiile, roiurile de stele și planetele.

Care este soarta Universului? Există două modele teoretice despre viitorul Universului – închis și deschis. Modelul închis presupune că Universul poate fi prezentat ca un sistem grandios închis ce încearcă o mulțime de cicluri evoluționare. Ciclul expansiunii se schimbă cu ciclul contractării următoare, până la revenirea la starea singulară. Apoi are loc altă explozie etc. Ciclul întreg de expansiune și contractare a Universului durează aproximativ 100 mlrd ani. Întorcându-se la singularitate, Universul pierde de fiecare dată „memoria” despre starea trecută și se poate „naște” din nou cu un alt grup de constante fizice.

În modelele deschise ale Universului se dezvoltă diferite variante ale „morții termice” a lui. Se presupune, că peste 10^{14} ani multe stele se vor răci, fapt ce va fi urmat de ruperea planetelor de la stelele sale, care, la rândul lor, vor părăsi galaxiile. Apoi, datorită colapsului, zonele centrale ale galaxiilor vor forma găuri negre, fapt ce va duce la dispariția lor.



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. Descrieți repartitia spațială a galaxiilor în Univers. Care este vârsta galaxiilor și stelelor?
2. În ce constă esența teoriei expansiunii Universului?
3. La ce concluzii despre staționarismul Universului a ajuns Friedmann?
4. Ce este densitatea critică a Universului? Cum densitatea critică este legată reciproc cu expansiunea și contractarea Universului?
5. Descrieți modelul Universului fierbinte.
6. Descrieți erele principale în istoria Universului.
7. Ce sunt modelele închis și deschis ale Universului?

146



REZOLVĂM ÎMPREUNĂ

Exercițiul 1. Unele teorii despre modelele cosmologice prevăd că Universul întreg este cu mult mai mare decât cel studiat. Ce concluzii se pot face?

Rezolvare. Teoretic, limita Universului studiat ajunge până la singularitatea cosmologică, însă, în practică limita observărilor este radiația de fond (radiație radiomagnetică cosmică cu un nivel mare de izotropie și spectru). Anume ea (mai precis suprafața ultimei dispersii) este cel mai îndepărtat obiect din Univers dintre cele studiate de știința actuală. În prezent, suprafața ultimei dispersii crește în dimensiuni în așa fel, încât limita Metagalaxiei se mărește, odată cu ea crește și masa substanței observată în Univers.

Universul observat poate fi imaginat ca o sferă cu observatorul în centru. Dimensiunea Universului observat, exprimată în ani lumină, corespunde vârstei răspândirii uniforme a spațiului și este egală cu raza de la 13 până la 18 mlrd ani lumină. Ultimile rezultate recunoscute corespund valorii 13,4–15 mlrd ani lumină.

Exercițiul 2. Numiți trei variante posibile ale dezvoltării Universului, conform teoriei lui Friedmann.

Răspuns. După deoria lui Friedman sunt posibile trei variante de dezvoltare a Universului: Univers deschis, închis și pulsant. Comun la ele este faptul că într-un moment al trecutului (10 sau 20 mlrd ani în urmă) distanța între obiectele vecine ale Universului trebuie să fie egală cu zero. În acest moment, numit Big Bang, densitatea universului și curbura spațiului trebuiau să fie infinit de mari, adică Universul trebuia să fie un punct, pe care matematicienii îl numesc punct singular. În acest punct toate legile actuale ale fizicii își pierd acțiunea. De aceea, acest punct poate fi considerat ca formă nouă a realității fizice. Procesul de trecere a materiei spațiale din starea de „punct” la etapa expansiunii este anume Big Bang-ul. De la această limită de timp începe istoria Universului nostru.

Exercițiul 3. Explicați existența metodei de determinare a distanțelor până la galaxii conform observărilor spectrale.

Rezolvare. Hubble a aflat că liniile în spectrele galaxiilor cunoscute sunt deplasate spre roșu în comparație cu aceleași linii în spectrul obiectului imobil. Datorită observărilor s-a determinat că viteza de îndepărtare a galaxiilor e proporțională cu distanța până la ele: $v = Hr$, unde $H = 75 \text{ km} / (\text{s} \cdot \text{Mpc})$ – constanta lui Hubble. Cu toate acestea $v = \frac{c \cdot \Delta\lambda}{\lambda}$, unde $\Delta\lambda$ – eplasarea lungimii de undă a luminii λ în spectru; c – viteza luminii în vid. Atunci $r = \frac{v}{H} = \frac{c\Delta\lambda}{H\lambda}$.



EXERCIȚII ȘI SARCINI

7.1. De câte ori s-a rotit Soarele în jurul centrului Galaxiei în timpul existenței lui?

7.2. Determinați viteza spațială a mișcării stelei, dacă modulurile componentelor radiale și tangențiale sunt egale cu 30 și 25 km/s. Schițați acest fapt.

7.3. Care stele intră în componența plată a Galaxiei?

7.4. Ce structură au galaxiile?

7.5. Cum se pot determina distanțele până la galaxii cu ajutorul legii lui Hubble?

7.6. Pot avea, oare, loc ciocniri ale galaxiilor?

7.7. Ce este anul galactic și ce vârstă are Soarele în ani galactici?

7.8. Pe cerul înstelat se observă galaxii întunecate. Datorită cărui fapt noi le vedem, doar asemenea nebuloase nu emit lumină vizibilă?

7.9. Cum se pot determina distanțele până la quasari cu ajutorul spectrelor?

7.10. Cum se pot determina distanțele până la galaxii cu ajutorul exploziilor supernovelor?

7.11. Ce este radiația de fond?

7.12. Care raze din spațiul cosmic pot fi văzute cu ochii închiși?

7.13. Care radiații spațiale mărturisesc despre Marea Explozie (Big Bang)?

7.14. Care este soarta Universului închis?

7.15. Care este viitorul Universului deschis?

7.16. De la care eveniment a început expansiunea Universului?

7.17. Despre ce ne mărturisește radiația de fond a Universului?

7.18*. Galaxia se află la distanța de 100 mln pc. Calculați de câți ani are nevoie lumina să ajungă de pe Pământ până la ea.

7.19*. De ce formarea elementelor chimice grele nu se produce la începutul Universului tânăr, dar în prezent în străfundurile stelelor?

7.20*. Cu ce viteză se îndepărează de noi galaxia, dacă se află la distanța de 10^9 ani lumină de Pământ?

147



VERIFICĂ-ȚI COMPETENȚA

Întrebări de control

1. Care elemente chimice sunt mai răspândite în Univers și când s-au format ele?
2. Este, oare, Universul omogen?
3. Universul este finit sau infinit?
4. Care este vârsta Universului?
5. Care substanțe organice au fost identificate în spațiul cosmic?

Ce știu și pot să fac

● Eu pot să rezolv exerciții astronomice

1. În prezent, în urma Big Bang-ului, se observă un fapt – împrăștierea galaxiilor. De ce, oare, nu se împrăște stelele în limitele unei galaxii concrete?

2. În spectrul unei galaxii foarte îndepărtate se observă linii luminoase în gama albastră a spectrului electromagnetic, care în laboratoarele terestre nu se observă în aceste lungimi de undă. Explicați, ce ne demonstrează acest fapt.

● **Eu știu ce se întâmplă în Univers**

3. Cărui „venetic spațial” i s-a înălțat unicul în lume monument și care trimis cosmic este însăși un monument?

4. Când în Univers nu vor fi galaxii?

5. Este, oare, invers procesul evoluției substanței în Univers?



TESTE

1. În traducere din greacă cuvântul „galaxie” înseamnă ...

A Calea Cărașilor

B calea argintie

C calea neagră

D drumul mare

E Calea Lactee

2. Ce se conține în centrul Galaxiei?

A roi de stele

B gaură neagră

C gigantă roșie

D pitică albă

E nor negru

3. Anul galactic determină ...

A perioada de revoluție a Galaxiei în jurul axei

B perioada de revoluție a Soarelui în jurul centrului Galaxiei

C distanța parcursă de lumină până la galaxia în Andromeda

D perioada de revoluție a Galaxiei în jurul centrului lumii

E perioada de revoluție a stelelor componente sferice în jurul centrului Galaxiei

4. Termenul „Peretele Mare” în Galaxie înseamnă ...

A nașterea stelelor noi și a sistemelor planetare

B marele roi de galaxii în direcția constelațiilor Fecioara și Părul lui Veronica

C fortificații construite de civilizații galactice

D acumulare de gaze și praf în spațiul intergalactic

E acumulare de substanță întunecată necunoscută ce înghite lumina galaxiilor îndepărtate

5. Conform legii lui Hubble, toate galaxiile se împrăștie în diferite părți. Ce se află în centrul acestei expansiuni?

A Pământul

B Galaxia noastră

C Galaxia M31 din constelația Andromeda

D roiul de galaxii în constelația Fecioara

E centrul nu există, fiindcă în Universul infinit lipsesc centrele și periferiile

6. Ce înseamnă în astronomie termenul „Big Bang” sau Marea Explozie?

A explozia novei

B explozia nucleului galaxiei

C ciocnirea galaxiilor

D momentul când a început expansiunea spațiului cosmic

E momentul când s-au format galaxiile

7. Când a avut loc Big Bang-ul?

- A 10 ani în urmă
- B 2003 ani în urmă
- C 100 000 de ani p.e.n.
- D 1 mlrd ani p.e.n.
- E 15 000 000 000 ani p.e.n.

8. Când s-a format sistemul Solar?

- A 6000 ani p.e.n.
- B 100 000 ani p.e.n.
- C 1000 000 ani p.e.n.
- D 5 mlrd ani p.e.n.
- E 15 mlrd ani p.e.n.

9. În ce loc din spațiul cosmic a avut loc Big Bang-ul?

- A în centrul Universului
- B în nucleul Galaxiei noastre
- C în roiul de galaxii din constelația Fecioara
- D peste tot, deoarece galaxiile nu se deplasează în raport cu Universul
- E în altă dimensiune în afara Universului nostru

10. Numiți temperatura medie a Universului.

- A 0 °C B 0 K C -270 °C D 2,7 K E -300 °C F 300 K



Capitolul 8

VIAȚA ÎN UNIVERS

Nu-i nimic mai interesant decât căutarea vieții și a rațiunii în Univers. Omul nu se va liniști până când nu-și va afla originea sa. Pentru aceasta trebuie de determinat tainele apariției Universului, de rezolvat problema originii vieții și de înțeles natura rațiunii. Astronomii și fizicienii studiază Universul, cercetează originea și evoluția lui. Biologii și psihologii studiază ființele vii și rațiunea. Originea vieții, însă, îi interesează pe toți: pe astronomi, fizicieni, biologi și chimiști. Spre regret, noi cunoaștem doar o singură formă de viață – cea proteică și doar un singur loc în Univers unde există această viață – planeta Pământ. Dacă se vor identifica alte planete populate, atunci enigma vieții va fi descifrată mult mai repede. Iar dacă pe aceste planete vor fi ființe cu rațiune ... E ceva nemaipomenit când îți imaginezi primul dialog cu frații de rațiune.

150

§ 30. OMUL ÎN UNIVERS.

CĂUTAREA FORMELOR DE VIAȚĂ ÎN AFARA PĂMÂNTULUI

1. Principiul antropic. Probabilitatea existenței vieții pe alte planete. Viața este una dintre cele mai mari taine ale Universului. Pe Pământ există diverse organisme vii, însă noi nu știm nimic despre alte forme de viață pe alte planete. Toate ființele vii nasc copii iar apoi, mai de vreme sau mai târziu, mor. Adică, corpurile lor se transformă în materie moartă. Însă, pe Pământ încă nimeni n-a observat apariția directă a țesuturilor biologice vii din compuși chimici lipsiți de viață. În acest context biologul englez **Francis Crick** (1916–2004) s-a exprimat în felul următor: „noi nu vedem calea de la bulionul inițial până la selecția naturală. Se poate ajunge la concluzia că originea vieții e o minune, însă aceasta demonstrează doar incompetența noastră”.

Principiul antropic: noi observăm Universul în felul în care îl vedem, deoarece noi existăm. Sistemul deschis se schimbă cu mediul ambiant cu energia și informația.

Volumul de informație ce-l păstrează un țesut al organismului viu – 1022-1023 biți. Volumul de informație ce-l păstrează discul calculatorului modern e de miliarde de ori mai mic. Datorită calculatoarelor, la etapa actuală de dezvoltare a civilizației noastre se observă creșterea cantității de informație pe care o posedă omenirea. Cu ajutorul stațiilor interplanetare automate (SIA) a început acumularea de informații despre planete îndepărtate și căutarea formelor de viață extraterestră. Probabilitatea existenței unor forme de viață pe alte planete ale sistemului Solar e foarte mică, de aceea, identificarea noilor civilizații se produce în apropierea altor stele. Nu demult au fost identificați zeci de sateliți întunecați ai stelelor, fapt ce confirmă existența altor sisteme planetare, unde pot exista civilizații necunoscute.

Contactele dintre civilizații înseamnă, mai întâi de toate, schimbul de informații. Dacă în Univers există alte civilizații și ele dispun de o anumită cantitate de informații despre partea lor de Galaxie, atunci schimbul de informații

dintre ele poate duce la creșterea comună a volumului de informații. De aceea, acest proces, conform teoriei evoluției biologice, poate fi considerat progresiv.

Esența principiului antropocentric constă în faptul că apariția vieții, a rațiunii este o parte integrantă a Universului, consecință naturală a evoluției ei. Universul nostru e acomodat la apariția și dezvoltarea în el a vieții. Astfel, din diversitatea infinită a condițiilor inițiale și a valorilor constantelor fizice care, probabil, au apărut în Universul tânăr, s-au realizat doar acele care sunt favorabile pentru existența vieții inteligente. Iată câteva exemple: 1. Noi trăim într-un spațiu cu tridimensional. Însă, doar în această dimensiune pot avea loc mișcări stabile (interacțiune gravitațională). 2. Dacă constanta gravitațională ar fi fost mai mare, atunci și viața Soarelui ca sferă fierbinte stabilă în formă de plasmă s-ar fi măsurat în câteva zeci de milioane de ani. 3. Dacă masa electronului ar fi de trei ori mai mare decât cea actuală, atunci și perioada de viață a protonului ar fi fost mai scurtă. În timpul interacțiunii protonului cu electronul, protonul s-ar fi descompus în neutron și neutrino. Atunci stelele și galaxiile s-ar fi compus din neutroni iar alte forme mai complicate n-ar fi putut exista. 4. Dacă densitatea medie a substanței în Univers ar fi fost mult mai mică, atunci forța inerției ar fi prevalat asupra forțelor de gravitație. N-ar fi reușit să se formeze stelele și galaxiile. Această listă poate fi continuată. Așadar, concluzia e una: Universul nostru este un sistem coordonat în care are loc și existența vieții.

2. Căutarea formelor de viață în sistemul Solar. Viața este un sistem complicat de compuși chimici și biologici cu un nivel înalt de reglementare, care păstrează un volum colosal de informații despre ea și mediul ambiant. Datorită creșterii instabilității în mediu, crește volumul de informații în interiorul organismului viu. Apoi, această informație se transmite la urmași în viitor. După mulți parametri, Pământul este un sistem închis. De aceea, problema supraviețuirii omenirii e legată de asimilarea spațiului cosmic. Civilizația noastră a făcut primii pași în această direcție – am început studiarea sistemului Solar. Însă, în procesul pătrunderii omenirii în spațiul cosmic apar probleme de contact cu alte civilizații.

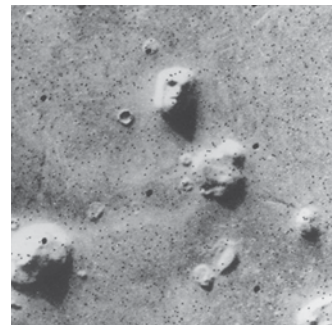
151

Omenirea a fost interesată de alte forme de viață încă din vechime, când oamenii considerau populate toate planetele, chiar și Luna. Însă, cu cât cercetătorii aflau mai multe despre planete, cu atât mai puțin optimiste deveneau prognozele. Treptat, savanții au ajuns la concluzia că poate exista viață pe Venus și Marte. Însă, studiarea suprafeței lui Venus a demonstrat că nicio viață nu poate supraviețui pe această planetă. Cea mai convenabilă pentru viața savanții consideră planeta Marte – cea mai misterioasă planetă.

Scopul principal al zborurilor stațiunii orbitale automate „Viking” spre Marte a fost identificarea vieții pe această planetă. Au fost efectuate câteva experimente biologice complicate. În timpul analizei solului marțian n-au fost identificați compuși organici – produse ale activității vitale a microorganismelor. Același dispozitiv a identificat în șolul antarctic o cantitate mare de compuși fosili. În 1976 stația „Viking” a transmis pe Pământ fotografia unui obiect misterios (din zona Sidonia) cu dimensiunea de 1,5 km, care a fost denumit „cap de Sfinx” (imag. 8.1).

A fost lansată ipoteza că aceasta este o construcție arhitecturală a unei civilizații vechi. Însă, în 2001 aparatul spațial *Mars Global Surveyor* a transmis pe Pământ o imagine mai detaliată a acestui obiect (imag. 8.2).

Pe imaginea nouă se vede bine că „Sfinxul” este structură naturală. În timp ce căutările vieții pe Marte au avut eșec, aparatul spațial „Galileo”, care studia sistemul lui Jupiter, a transmis informația că pe



Imag. 8.1. Fotografia „capului de Sfinx” pe Marte (1976)



Imag. 8.2. Fotografia „capului de Sfinx”, obținută cu o rezoluție mărită (2002)

unul dintre sateliții lui Jupiter – Europa – a fost identificat un ocean cu apă caldă, care se află sub un înveliș de gheață. Suprafața Europei e acoperită cu gheață de apă cu crăpături și haose.

Analiza imaginilor obținute în diferite perioade, au demonstrat că gheața se deplasează puțin (asemenea fenomen poate fi urmărit pe mările polare terestre în timpul topirii gheții primăvara). Reieșind din dimensiunile și geometria crăpăturilor gheții, savanții au presupus că pe satelitul Europa este un strat de gheață care acoperă apa sau gheața topită. Cauza probabilă a apariției acestor structuri poate fi acțiunea surselor hidrotermale (a gheizerelor). Astfel, dacă pe Europa este apă caldă, atunci pot să existe și unele forme de viață. Inșă, pentru identificarea lor trebuie de „aterizat” pe suprafață.

3. Căutarea formelor de viață în Galaxie. Ecuția lui Drake. Știința actuală definește civilizațiile extraterestre ca societate ipotetică de ființe raționale care pot să apară și să existe în afara Pământului. Pentru a afla numărul de civilizații

152 extraterestre în Galaxie, radioastronomul american Frank Drake a propus următoarea ecuație: $N = RfnkdqL$, unde N – numărul de civilizații extraterestre în Galaxie; R – viteza de formare a stelelor în Galaxie (circa 10 stele pe an); f – partea de stele ce au sisteme planetare; n – numărul mediu de planete ce fac parte din sisteme planetare favorabile pentru viață; k – partea de planete pe care a apărut într-adevăr viață; d – partea de planete pe care după apariția vieții s-au dezvoltat formele ei raționale; q – partea de planete pe care viața rațională, inteligentă a ajuns la etapa ce asigură relația cu alte lumi, civilizații; L – durata medie de existență a acestor civilizații (spațiale, tehnice).

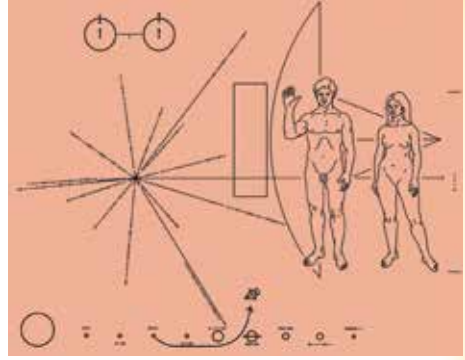
În această ecuație toate magnitudinile, în afară de prima, au un caracter foarte nedeterminat și se determină în baza aprecierilor savanților. De aceea, aprecierea magnitudinii generale N e nedeterminată. Unele calcule demonstrează că în prezent doar câteva civilizații galactice (care au 10^{11} stele) sunt gata să contacteze cu noi. Conform altor calcule, mult mai optimiste, asemenea civilizații pot fi mult mai multe. Ca argument că civilizațiile extraterestre sunt un fenomen foarte rar este lipsa manifestărilor aparente ale activității lor.

Primele lucrări în privința identificării semnalelor civilizațiilor extraterestre au fost efectuate de Drake în 1960. El a studiat radiațiile radio ale celor mai apropiate stele (τ Balena și ϵ Eridan) pe unda de 21 cm. Semnale artificiale nu s-au identificat, însă era căutării semnalelor civilizațiilor extraterestre a fost deschisă. În prezent spațiul cosmic este ascultat concomitent pe diferite frecvențe. Semnalele primite de radiotelescop sunt prelucrate de calculatoare. În 1967 au fost înregistrate pentru prima oară semnale periodice ce veneau din spațiul interstelar. Ele au fost numite pulsari. Analiza semnalelor a arătat că pulsarii n-au nicio legătură cu civilizațiile extraterestre, fiindcă semnale periodice emit stelele neutronice.

Paralel, se efectuează lucrări pentru a transmite informația despre civilizația noastră civilizațiilor extraterestre.

În 1974 din observatorul radioastronomic din Arecibo a fost îndreptat înspre roiul sferic M31 (constelația Hercule), ce se află la distanța 24 mii de ani lumină de Pământ, un mesaj ce conține un text codificat despre viața și civilizația de pe Pământ. Mesajele informaționale despre civilizația terestră au fost îndreptate în spațiu de pe 4 stații automate: „Pioner-10” (3.03.1972), „Pioner-11” (06.04.1973), „Voyager-2” (20.08.1977) și „Voyager-1” (05.09.1977). La bordul

„Pionierilor” au fost montate plăci spoite cu aur cu datele despre pământeni (coordonatele privind pulsarii, planetele, exteriorul bărbaților, femeilor, copiilor etc.). Pe lângă acestea, „Voyagerii” aveau plăstine cu sute de imagini colorate și albe-negre ale Pământului, animalelor, oamenilor, orașelor, tehnicii, cu înregistrările salutărilor în diferite limbi ale planetei, cu cântece, voci ale animalelor etc. (imag. 8.3). Bineînțeles, informația despre noi nu e completă, însă o imagine generală se poate obține. Spre regret, aceste aparate vor zbura milioane de ani și nu se știe dacă veodată vor fi întâlnite de către reprezentanții altor civilizații. A fost creată o organizație care a elaborat un program desfășurat pentru căutarea vieții în Univers. Ea a fost numită SETI (în engl. *Serch of Extra Terrestrial Intelligence* – identificarea inteligenței extraterestre).



Imag. 8.3. Tabel cu mesaje adresate reprezentanților civilizațiilor extraterestre

Dacă altă civilizație a depășit cu mult pământeni, atunci ea poate efectua deja călătorii interplanetare. Contactele între civilizații pot duce la conflicte interstelare și noi trebuie să ne pregătim de aceasta.

Ultima vreme între savanți și filozofi tot mai des apare ideea că omenirea e singură, dacă nu în tot Universul, atunci în Galaxia noastră. De aici reiese cea mai importantă concluzie despre însemnătatea, prețul și unicitatea civilizației noastre. Prin urmare, omenirea e responsabilă nu doar de planeta noastră, ci și de Universul întreg.

Însă, în ce pericol se află planeta și civilizația noastră? Catastrofa ecologică care poate apărea datorită poluării mediului ambiant cu deșeurile industriale de la întreprinderile noastre. Schimbarea climei din cauza creșterii cantității de dioxid de carbon în atmosferă, creșterea efectului de seră și a temperaturii. Mărirea găurilor de ozon în atmosferă poate cauza creșterea nivelului de radiații infraroșii ale Soarelui. Prin urmare, poate muri toată flora și fauna planetei noastre.

Ciocnirea catastrofală cu vreun asteroid sau cometă poate duce la scăderea bruscă a temperaturii și stabilirea unei noi perioade glaciare. Civilizația chiar se poate sinucide printr-un război nuclear. Evenimentele ultimilor ani ne demonstrează că există un asemenea pericol, până când arma nucleară se răspândește între statele ce nu pot s-o controleze la nivelul convenit.

Astfel, Pământul, unde există nu doar o simplă viață, ci o viață rațională, inteligentă, este o creatură unică a naturii și poate unicul purtător al coincidenței extraordinare a circumstanțelor spațiale care au asigurat apariția vieții și a rațiunii. Și chiar dacă Calea Lactee e lipsită de existența altor reprezentanți ai vieții inteligente, important este să păstrăm această viață măcar pe Pământ.

4. Chestiunea existenței altor universuri. Multiuniversul. Universul – toată lumea materială existentă, fără margini în timp și spațiu. El e mereu schimbător și se extinde în permanență.

În sens mai restrâns, Universul este lumea corpurilor cerești cu legile lor de mișcare, dezvoltare și repartitie în timp și spațiu. Materia e repartizată în spațiu foarte neuniform. Marea parte a ei e concentrată în corpuri spațiale mai mult sau mai puțin dense: galaxii, stele și nebuloase. Distanțele între unele obiecte aparte se măsoară în ani lumină, adică distanțe pe care lumina le parcurge timp de un an (de la Soare până la cea mai apropiată stea de noi ea zboară 4 ani).

Limitele comparativ înguste ale schimbărilor posibile ale constantelor fizice, când încă e posibilă existența vieții, ne spun despre valorile lor în Universul nostru. Anume această exclusivitate a lor asigură posibilitatea existenței vieții. Din punct de vedere al principiului antropic, Universul nostru a trecut printr-o nesfârșită succesiune de cicluri de extindere și contractare. La începutul fiecăruia dintre ele se alcătuia o serie de constante fizice, ce se schimbau de la ciclul la ciclul. Noi trăim în ciclul în care a avut loc unirea constantelor fizice și a altor proprietăți favorabile pentru apariția structurilor complicate și a sistemelor vii. Nu-i exclus, că în spațiul material există un număr colosal de diferite universuri, iar în fiecare – complexul său de constante fizice și proprietăți.

În Universul nostru cu complexul nostru de fenomene fizice, relații și constante fizice fundamentale, stabilitatea lui este asigurată de anume acele legi ale naturii ce s-au realizat în lumea înconjurătoare. Însă pot exista și alte complexe de fenomene, neobișnuite pentru noi, stabilitatea cărora e asigurată de alte legi. Pot exista alte universuri cu alte legi, alte proprietăți de timp-spațiu și constante, tot atât de organizate precum al nostru, chiar din acele care asigură existența unor forme de viață și rațiune neumanoide. Așadar, noi existăm într-un Univers, proprietățile căruia favorizează formarea organismelor vii. Pot exista alte universuri, unde funcționează alte legi fundamentale și e posibilă existența altor forme de viață.

„Multiunivers”, „Marele Univers”, „Multivers”, „Hiperunivers”, „Superunivers” – diferite traduceri ale termenului englez *multiverse*. Zonele Universului se află la distanțe colosale, mult mai mari decât dimensiunea orizontului evenimentelor și evoluează independent una de alta. Oricare observator vede doar acele procese ce au loc în domeniu egal după volum cu sfera, raza căreia este distanța până la orizontul evenimentelor. Aceste domenii pot fi studiate ca universuri aparte, asemănătoare cu al nostru: ele de asemenea sunt omogene și izotrope la scări mari. Combinarea acestor formațiuni se numește **multiunivers**. Teoria haotică presupune o diversitate colosală a Universurilor, fiecare având constante fizice diferite de ale altor Universuri. Conform altei teorii, universurile se deosebesc prin dimensiunea cuantică. Însă, aceste presupuneri nu pot fi verificate experimental.

Versiunea despre un număr infinit de multiuniversuri posibile întâlnește obstacole în fizică și cosmologie. Dacă alte multiuniversuri există, atunci existența lor se supune principial altor legi decât existența Universului nostru. Aceasta înseamnă că nu putem obține de la ele informații. Deoarece legătura fizică între diferite obiecte este posibilă doar atunci când ele trăiesc după legi asemănătoare.

Cum să avem relații cu aceea ce principial nu se aseamănă cu lumea noastră? Unii savanți presupun că forme de legătură pot fi găurile negre. E posibil că barierele spațiu-timp, care diferențiază Universul nostru de alte universuri, nu sunt chiar atât de inaccesibile. E posibil, ca în viitor știința să treacă aceste obstacole și să ridice concepția noastră despre spațiul cosmic la un cu totul alt nivel.

154



ÎNTREBĂRI LA TEMA ÎNSUȘITĂ

1. În ce constă esența principiului antropic?
2. Pe care planete ale sistemului Solar savanții presupun că există viață?
3. Cum poate fi aflat numărul de civilizații extraterestre în Galaxia noastră?
4. De ce ecuația lui Drake dă nesiguranță în estimarea numărului de civilizații în Galaxie, care sunt gata să contacteze cu noi?
5. Cum omenirea se străduie să aibă contact cu civilizații extraterestre?
6. Prin ce se deosebesc noțiunile: Univers, cosmos, Matagalaxie?
7. Ce este Multiuniversul?



REZOLVĂM ÎMPREUNĂ

Problema 1. Există, oare, viață în Univers?

Răspuns. Civilizațiile extraterestre aparțin la obiectele ipotetice, identificarea cărora are un mare interes. Continuă divergențele despre realitatea civilizațiilor extraterestre, însă doar observările și experimentele ne pot ajuta să aflăm dacă există undeva lumi populate, sau noi suntem singuri, cel puțin în Galaxia noastră. În prezent se poate ajunge la concluzia că savanții până acum n-au dovedit dacă suntem singuri în Univers și dacă există viață inteligentă pe alte planete. Noi punem întrebări comune ce se referă la existența și proprietățile Universului în general. Însă, dacă întrebarea e pusă, încă nu înseamnă că la ea se poate obține răspuns. Este, oare, corect de pus întrebarea: de ce lumea în care noi trăim a anume așa, și nu altfel? Pentru a primi răspuns la asemenea întrebare, trebuie să ieșim din limitele Universului observat și să cuprindem spațiul în toată diversitatea lui infinită. Acest lucru este, însă, imposibil. Totul în această lume poate fi studiat. În sensul că toate fenomenele au cauze naturale și se supun legiților naturale. Însă, noi putem afla nu chiar totul. Aceasta din cauză că însăși procesul de cunoaștere a Universului divers e infinit în timp și la oricare nivel de dezvoltare a științei rămâne în lumea ce ne înconjoară ceva necunoscut pentru noi. Nu despre toate procesele putem obține informația necesară.

Problema 2. Lângă stelele căror clase spectrale e cel mai posibil să apară și să se dezvolte viață? Explicați răspunsul.

Răspuns. Pentru evoluția vieții de la cele mai simple până la cele mai complicate forme trebuie să avem intervale de timp colosale (3–4 mld ani). De aceea, stelele fierbinți albe și albastre nu pot să existe mai mult de 4 mld ani. Chiar dacă au sisteme planetare, viitor nu au. Stelele cu masa mult mai mică decât a Soarelui sunt de asemenea răi candidați. Pentru a obține căldură de la asemenea stea, planeta trebuie să se afle mult mai aproape de ea decât Pământul de Soare. Ea va fi întoarsă spre Soare cu o singură parte. Acest fapt va frâna procesul de formare al compușilor chimici complicați. Pe lângă toate, trebuie de renunțat și la stelele ce se află în zonele centrale ale sistemului stelar, deoarece nivelul de radiație existent acolo va distruge viața chiar la începuturile ei. De aceea, viața poate apărea și se dezvoltă doar lângă stelele claselor spectrale târzii, adică lângă stelele asemănătoare cu Soarele, fiindcă durata vieții acestor stele este suficientă pentru dezvoltarea vieții.

155



EXERCIȚII ȘI SARCINI

- 8.1. Ce rol au catastrofele cosmice în evoluția vieții pe Pământ?
- 8.2. Există, oare, teme pentru a căuta forme de viață în afara sistemului Solar?
- 8.3. Cât timp le-ar trebui navelor spațiale moderne să zboare până la cea mai apropiată stea?
- 8.4. Se poate, oare, cu ajutorul radiotelescoapelor moderne să facem legătură cu civilizații extraterestre?
- 8.5. Ce înseamnă expresia „viață obișnuită”? Care alte forme de viață ar fi putut exista în Univers?
- 8.6. De ce navele spațiale cu pilot, menite pentru zborurile interplanetare, trebuie construite în spațiul cosmic în afara atmosferei terestre?

8.7*. Cât timp ar zbura o navă spațială pe Marte pe elipsă, cu cel mai mic consum de combustibil?

8.8*. În timpul zborurilor spațiale îndelungate apare problema imponderabilității și a creării gravitației artificiale. Cu ce perioadă trebuie să se rotească în jurul axei sale stația cu diametrul 2 km ca să creeze gravitația terestră?

8.9*. Pe cer a apărut discul OZN care după dimensiunile unghiulare se aseamănă cu Luna. Ce măsurări trebuie efectuate adăugător, pentru a determina înălțimea OZN-ului deasupra suprafeței Pământului și diametrul lui liniar în metri?

8.10*. Pot, oare, exista lumi paralele?



VERIFICĂ-ȚI COMPETENȚA

Întrebări de control

1. Ce este necesar pentru apariția vieții inteligente?
2. Cum a apărut viața pe Pământ?
3. Este, oare, viață în sistemul Solar?
4. Numiți condițiile necesare pentru viața în spațiul cosmic.

Ce știi și pot să fac

● Eu știu și pot să rezolv exerciții astronomice

1. Ce părere aveți despre posibilitatea existenței unei civilizații computerizate?

156

2. Deseori apar informații despre OZN (obiecte zburătoare neidentificate) ca mărturie că Pământul a fost vizitat de corăbii spațiale ale altor civilizații. Dacă ați urmărit vreodată un fenomen ceresc neobișnuit, care nu se aseamănă cu nici un astru cunoscut (stele, planete, comete, bolizi etc.), descrieți-l. Indicați data și timpul apariției lui, strălucirea în comparație cu stelele sau planetele, viteza deplasării pe boltă.

3. Explicați, de ce a apărut în astronomie ipoteza existenței altor universuri.



TESTE

1. Sinergetica – știință nouă ce studiază ...

- A dreptul cosmic
- B evoluția sistemelor complicate
- C economia internațională
- D ecologia internațională
- E ecologia spațiului cosmic

2. Contactele cu civilizațiile extraterestre determină ...

- A războaie stelare cu alte civilizații
- B schimb de informații
- C întreceri sportive cu extraterestri
- D comerțul cu extraterestrii
- E transmiterea informației extraterestrilor

3. Cum se descifrează prescurtarea OZN?

- A obiecte zburătoare nezburătoare
- B obiecte zero neidentificate
- C obiecte zburătoare neidentificate
- D obiecte zburătoare noi
- E obiecte zburătoare nespălate

4. Ce activitate are organizația internațională SETI?
A căutarea formelor de viață în Univers
B căutarea formelor de viață în afara Universului
C identificarea semnalelor radio de la alte civilizații
D identificarea navelor spațiale extraterestre
E identificarea marțienilor
5. Ce înseamnă termenul „principiu antropic”?
A totul ce este în cosmos e pentru ca oamenii să trăiască pe Pământ
B condiția necesară pentru apariția vieții inteligente sunt anumite proprietăți fizice ale Universului
C în spațiu pot exista ființe raționale care se aseamănă cu oamenii
D dintre toate ființele raționale din Univers cei mai deștepți sunt oamenii
E primele ființe raționale au apărut doar pe Pământ
6. Cum se descifrează prescurtarea NDS?
A nesiguranță demografică spațială
B neștiință demografică spațială
C nucă desprinsă seara
D navă deschisă spațială
E neștiință despre Soare
7. Care substanțe sunt baza tuturor organismelor pe Pământ?
A hidrogenul **B** oxigenul **C** siliciul **D** apa **E** carbonul
8. Ce volum de informații transmite omul urmașilor săi cu ajutorul genelor? 157
A 10 GB **B** 10^{23} B **C** 10^{20} KB **D** 10^{23} MB **E** 10^{23} B
9. Care dintre evenimente pot fi considerate contacte cu civilizații extraterestre de tipul trei?
A schimbul de informații cu civilizații extraterestre cu ajutorul undelor electromagnetice
B întreceri sportive interplanetare cu marțienii
C schimbul de studenți cu extraterestrii pentru a studia în universitatea galactică
D războiul spațial cu civilizații străine
E schimbul de informații cu extraterestrii cu ajutorul roboților
10. La ce distanțe de Pământ s-au răspândit în spațiu „semnalele inteligente” ale stațiilor noastre radio?
A 100 a.l. **B** 1000 a.l. **C** 200 a.l. **D** 50 a.l. **E** 10 a.l.

RĂSPUNSURI LA EXERCITIILE

1.20. Eclipsa de Soare are loc când Luna se află între Soare și Pământ și acoperă lumina solară. Pentru diferite puncte ale suprafeței terestre eclipsa de Soare are aspect diferit. Discul Soarelui va fi acoperit total pentru observatorul care se află în interiorul conului umbrei. Diametrul ei pe suprafața terestră nu depășește 270 km, iar diametrul Lunii este 3482 km. Astfel, dimensiunea umbrei circulare de la Lună pe suprafața Pământului va fi mai mică de circa 13 ori. **1.24.** 29,3 UA. **1.26.** Mișcarea corpului în jurul Soarelui pe orbită circulară nu contrazice prima lege a lui Kepler. Orbita planetelor aproape că nu se deosebește de cerc, deoarece au excentricitate mică ($e = c / a$). **1.28.** Aceasta

reiese din legea a treia a lui Kepler $\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{a_1^3}$. Deoarece semiaxa mare a orbitei

lui Marte e mai mare decât a lui Venus, atunci și perioada de revoluție a lui în jurul Soarelui e mai mare. **1.30.** Conform legii concretizate a lui Kepler

$\frac{T_1(M + m_1)}{T_2(M + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$, cu cât e mai mare masa cu atât e mai mică perioada. Luând în considerație că m_1 și $m_2 \ll M$, schimbarea perioadei va fi neînsemnată. **1.31.**

Perioada de revoluție se determină prin interacțiunea $T = \frac{2\pi R}{v}$, unde R – raza

158

orbitei. Viteza se determină din legea a doua a lui Newton: $\frac{mv^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2}$. De aici: $v = \sqrt{G \frac{M}{R}}$, unde M – masa Soarelui. După cum se vede, perioada de revo-

luție nu depinde de masa Pământului. Adică, perioada de revoluție nu se schimbă.

2.10. La distanța 11 941 549 = 12 000 000 km. **2.11.** La distanța 4 780 882 800 = 4 800 000 000 km. **2.12.** La distanța 1. 349 466 226 = 1 350 000 000 km. **2.13.**

Pentru a minimaliza diferite obstacole atmosferice și poluarea aerului.

2.14. Niprul poate fi văzut, deoarece lățimea lui are unghiul $\alpha = 500^\circ = 8'$.

3.10. Planetele periferice ale sistemului Solar Mercur și Neptun au orbite cu cea mai mare excentricitate. Cea mai circulară este orbita lui Venus, cu excentricitatea 0,007. **3.11.** Planeta Jupiter este turtită din cauza vitezei mari a rota-

ției (perioada de rotație a zonei ecuatoriale 9 ore 50 min). Soarele de asemenea este turtit, însă din cauza rotației comparativ lente (perioada de rotație a zonei ecuatoriale 25,4 zi). Această turtire e foarte mică – 73 km și nu se poate măsura (0,1"). **3.13.** Perioada acestor fenomene este egală cu perioada sinodică a lui Marte ($S = 780^d$).

4.1. Soarele emite unde electromagnetice cu lungimea de la 400 nm (partea violetă a spectrului) până la 700 nm (partea roșie a spectrului), amestecul cărora îl numim lumină albă. Cea mai multă energie Soarele emite în partea galbenă-verde a spectrului pe lungimea de undă circa 500 nm. De aceea,

astronomii au dreptul să numească Soarele stea galbenă. **4.2.** $M_\odot = \frac{4\pi^2 a^3}{GT^2}$, unde

a – semiaxa mare a orbitei terestre; G – constanta gravitațională; T – perioada

de revoluție a Pământului în jurul Soarelui. **4.3.** Așa numitul defect al masei se determină prin formula lui Einstein: $\Delta M = \frac{E_\odot}{c^2}$, unde $E_\odot = 4 \cdot 10^{26}$ W – lumino-

zitatea Soarelui; c – viteza luminii. Într-o secundă masa Soarelui se micșorează

cu $4,44 \cdot 10^9$ kg, iar într-un an – $\Delta M = 1,4 \cdot 10^{17}$ kg. **4.8.** Diametrul unghiular al

petei ce se poate vedea pe Soare trebuie să fie nu mai mic decât capacitatea de

separație a ochiului a > 1 . Diametrul linear al petei trebuie să fie nu mai mic decât 50 000 km. **5.2.** Magnitudinea stelară aparentă determină cantitatea de energie ce nimereste de la stea în ochiul nostru, dacă facem observări de pe Pământ. Magnitudinea stelară absolută determină cantitatea de energie care ar fi ajuns la ochiul nostru, dacă ne-am fi aflat la distanța standard de 10 pc. **5.5.** De exemplu, dacă e Vega, ea va fi de 54 de ori mai strălucitoare decât Soa-

rele. **5.6.** 8,3 pc = 27 a.l. **5.7.** Cu ajutorul formulei lui Pogson determinăm:

$\frac{E_1}{E_2} = 10^{0,4(2-0)} = 6,3$. **5.8.** 100. **5.9.** $R_A = 295R_{\odot}$. **5.19.** Densitatea medie este egală

cu $2,4 \cdot 10^8 \text{ g/cm}^3$. **5.20.** Densitatea medie este egală cu $1,2 \cdot 10^8 \text{ g/cm}^3$. **5.21.**

Luminozitatea Soarelui va crește în viitor de 55 ori. **5.22.** Soarele se compune din 71 % din Hidrogen, care, sub acțiunea reacțiilor termonucleare, din nuclee de Hidrogen se formează nuclee de Helium, pe când piticele albe sunt stele bătrâne, în care lipsește Hidrogenul. **5.23.** Soarele va oscila cu perioada de 2 ore 45 min. **6.5.** Repartiția stelelor în Galaxie are două tendințe: 1) să se concentreze cât mai mult în planul galactic; 2) să se concentreze în centrul galactic. Ultima tendință se crește odată cu apropierea de partea centrală a Galaxiei, ce se numește condensare centrală a Galaxiei, sau nucleu. Determinând distanțele la care se produce scăderea esențială a densității stelare, obținem informații despre dimensiunile Galaxiei și despre locul aproximativ al poziției Soarelui. S-a determinat, că Soarele e îndepărtat de centrul Galaxiei la distanța de circa 10 000 pc iar limita în direcția spre anticentru e situată la distanța de 5000 pc. de la Soare. **7.1.** 20 de rotații. **7.7.** Anul galactic – perioada de revoluție a Soarelui în jurul centrului Galaxiei. El durează 230 mln ani. Vârsta Soarelui e de circa 20 de ani galactici. **7.9.** În spectrele quasrilor liniile de absorbție sunt deplasate spre roșu și cu ajutorul efectului lui Doppler se poate determina viteza cu care quasarii se îndepărtează de noi. De exemplu, dacă quasarul are viteza de 250 000 km/s, atunci prin legea lui Hubble determinăm distanța până

la el: $r = \frac{v}{H} = 3600 \text{ Mpc}$. **7.10.** Supernovele în maximum au magnitudine abso-

lută $M = -21^m$. **7.13.** Radiația termică intergalactică cu $T = 2,7 \text{ K}$, numită relic-tă, este radiație electromagnetică stinsă din epoca Big Bang-ului. Densitatea acestei radiații e de circa 500 fotoni în centimetru cub. **7.20.** 20 000 km/s.

8.4. Radiotelescoapele moderne pot primi unde electromagnetice emise de stațiile radio terestre la distanța de 100 a.l. Astfel, dacă la o așa distanță există vreo civilizație cu nivelul intelectual precum al pământenilor, atunci am putea face schimb de informații. Însă, spre regret, durata acestor tratative vor dura sute de ani. **8.7.** 254 zile. **8.8.** 1 minută.

INDICE DE TERMENI

- Activitate solară** – Сбнячна активність 103
An lumină – Світловий рік 113
An tropic – Тропічний рік 22
Ascensia dreaptă a astrului – Пряме піднесення світла 16
Asociații stelare – Зоряні асоціації 133
Asteroid – Астероїд 78
Astrologie – Астрологія 8
Astronomie – Астрономія 4
Astronomie stelară – Зоряна астрономія 7
Azimutul astrului – Азимут світила 15
- Calea Cărușilor** – Чумацький шлях 131
Calea Lactee – Молочний шлях 131
Calendar – Календар 22
Cefeide – Цефеїди 124
Centura lui Kuiper – Пояс Койпера 77
Clasificarea spectrală a stelelor – Спектральна класифікація зір 114
Comete – Комети 81
Constanta lui Stefan Boltzman – Стала Стефана-Больцмана 114
Constantă solară – Сбнячна планет 97
Constelații – Сузір'я 10
Coordonate cerești – Небесні координати 15
Coroană solară – Сбнячна корона 102
Cosmogonie – Космогонія 7
Cosmologie – Космологія 7
- Declinația astrului** – Схилення світила 16
Deplasări evoluționare – Еволюційні переміщення 122
Detectori neutrino și de unde gravitaționale – Детектори нейтрино та гравітаційних хвиль 52
Diagrama Hertzsprung-Russell – Діаграма Герцшпрунга-Рассела 119
Distanță zenitală – Зенітна відстань 16
- Eclipsă de Lună** – Місячне затемнення 31
Eclipsă de Soare – Сбнячне затемнення 31
Ecliptică – Екліптика 28
Ecuația lui Pogson – Формула Пбгсона 111
Ecuația timpului – Рівняння часу 20
Escuor galactic – Галактичний екватор 131
Efectul lui Doppler – Ефект Дбшлера 56
Exoplanetă – Екзопланета 118
- Facule** – Факели 101
Fază lunară – Місячна фаза 30
Fotosferă – Фотосфера 101
- Galaxie** – Галактика 136
Galaxii antene – Антенні галактики 141
Galaxii cu nuclee active – Галактики з активними ядрами 140
- Galaxii eliptice** – Еліптичні галактики 136
Galaxii lenticulare – Лінзовподібні галактики 138
Galaxii spirale – Спіральні галактики 137
Găuri negre – Чорні діри 126
- Harta cerului instelat** – Карта зоряного неба 39
Hărți stelare – Зоряні карти 17
- Interacțiuni fundamentale** – Фундаментальні взаємодії
- Înălțimea astrului** – Висота світила 15
- Legea lui Wien și Stefan Boltzman** – Закон Віна і Стефана-Больцмана 56
 – atracției universale – всевітнього тяжіння 34
 – Hubble – Габбла 139
 – Kirchhoff – Кірхгофа 55
Legile lui Kepler – Закони Кеплера 32, 33
Luminozitatea steleor – Світність зір 113
Lună sinodică – Синодичний місяць 22
- Magnitudine stelară absolută** – Абсолютна зоряна величина 113
Magnitudine stelară aparentă – Видима зоряна величина 111
Masa stelelor – Маса зір 119
Mărire aparentă – Видиме збільшення 50
Mecanică cerească – Небесна механіка 6
Meteori – Метеорі 83
Meteoriti – Метеорити 80
Metoda paralaxelor interstelare – Метод міжзоряних паралаксів 120
Misiunea spațială «Rosetta» – Космічна місія «Розетта» 88
Modelul structurii stelelor – Модель будови зір 121
 – al Universului fierbinte – гарячого Всесвіту 145
Multiunivers – Мультивсесвіт 154
- Nebulozitate planetară** – Планетарна туманність 122
Norul lui Oort – Хмара Обрта 77
Nove – Нові зорі 125
Numărul lui Wolf – Число Вольфа 103
- Observator astronomic** – Астрономічна обсерваторія 47
 – refracție – рефракція 18
- Paralaxă orizontală** – Горизонтальний паралакс 36
Parsec – Парсек 112
Perioada de revoluție a planetelor – Період обертання планет 27
Pete solare – Сбнячні плями 101
Pitice albe – Білі карлики 120
Pitice roșii – Червоні карлики 120
Plan galactic – Галактична площина 131
Planete pitice – Карликові планети 76
Principii cosmogonic – Космогонічний принцип 144
- Protostea** – Протозоря 121
Protuberanțe – Протуберанці 102
Pulsar – Пульсар 126
Punctele sferei cerești – Точки небесної сфери 13, 14
Punctul vernal – Точка весняного рівнодення 16
 – autumnal – осіннього рівнодення 16
- Quasari** – Квазари 142
- Radiația corpurilor cerești** – Випромінювання небесних тіл 45
Radiant – Радіант 83
Radiointerferometru – Радіоінтерферометр 51
Radiotelescop – Радіотелескоп 51
Receptoare de radiație – Приймачі випромінювання 47
Rezoluție – Роздільна здатність 50
Relații Soare-Pământ – Сбнячно-земні зв'язки 105
Roi de stele – Скупчення
Roiuri de stele deschise – дисперсаті – Розсіяні зоряні скупчення 133
Roiuri sferice de stele – Кульові зоряні скупчення 131
- Satelii planetelor** – Супутники планет 74
Sferă cerească – Сфера 13
Singularitate – Сингулярність 126
Spectrograf – Спектрограф 54
Spectroscoap – Спектроскоп 54
Spectru continuu – Суцільний спектр 54
Spectru de linii – Смугастий спектр 54
Spectru liniar – Лінійчастий спектр 5
Stea neutronică – Нейтронна зоря 126
Stele duble – Подвійні зорі 116
Stele duble astrometriche – Астрометрично-подвійні зорі 118
Stele duble cu eclipsă – Затемнювано-подвійні зорі 117
Stele duble spectrale – Спектрально-подвійні зорі 118
Stele eruptive – Еруптивні зорі 123
Stele variabile fizice – Фізично-змінні зорі 123
Stele variabile pulsante – Пульсуючі змінні зорі 123
Supergigante – Надгіганти 120
Supernove – Наднові зорі 125
Superoi de galaxii – Надскупчення галактик 144
- Telescoape spațiale** – Космічні телескопи 86
Telescop reflector – Телескоп-рефлектор 49
Telescop refractor – Телескоп-рефрактор 48
Timp universal – Всевітній час 21
Triangulație – Триангуляція 35
- Uranus** – Уран 72
- Vânt solar** – Сбнячний вітер 104
- Zi soalară adevărată** – Дійсна сбнячна доба 19
Zonă convectivă – Конвективна зона 99

CUPRINS

INTRODUCERE	3	Capitolul 4. SOARELE – CEA MAI APROPIATĂ STEA	
§ 1. Obiectul astronomiei. Dezvoltarea și însemnătatea ei în viața societății. Scurtă revizuire a obiectelor de studiu în astronomie .	4	§ 19. Caracteristicile fizice ale Soarelui. Structura Soarelui și sursele lui de energie.....	97
Capitolul 1. SFERA CEREASCĂ. MIȘCAREA AȘTRILOR PE SFERA CEREASCĂ		§ 20. Structura atmosferei solare	101
§ 2. Aștrii cerești și sfera cerească. Stelele. Magnitudinile stelare	10	§ 21. Manifestările activității solare și influența lor asupra Pământului	104
§ 3. Coordonatele cerești	15	Lucrare practică nr 2. Observările vizual-telescopice ale Soarelui	107
§ 4. Astronomia și determinarea timpului. Tipurile de calendare	19	Exerciții și sarcini	109
§ 5. Mișcarea aparentă a planetelor	24	Verifică-ți competența	109
§ 6. Mișcarea aparentă a Soarelui și Lunii.....	28	Teste	110
§ 7. Legile lui Kepler.....	32	Capitolul 5. STELELE. EVOLUȚIA STELELOR	
§ 8. Determinarea dimensiunilor, maselor corpurilor cerești și a distanțelor până la ele în sistemul Solar.....	34	§ 22. Caracteristicile principale ale stelelor.....	111
Lucrare practică nr 1. Lucrul cu harta mobilă a cerului înstelat. Determinarea poziției aștrilor pe sfera cerească cu ajutorul hărții cerului înstelat.....	39	§ 23. Temperatura și dimensiunile stelelor. Stelele și clasificarea lor. Stelele obișnuite	114
Exerciții și sarcini.....	42	§ 24. Stelele duble. Masa stelelor. Sistemele planetare ale altor stele.....	116
Verifică-ți competența.....	43	§ 25. Evoluția stelelor. Piticele albe	119
Teste	44	§ 26. Stelele variabile fizice. Stelele neutronice. Găurile negre	123
Capitolul 2. METODELE ȘI MIJLOACEȘE CERCETĂRILOR ASTRONOMICE		Exerciții și sarcini.....	128
§ 9. Studierea radiației electromagnetice a corpurilor cerești.....	45	Verifică-ți competența	129
§ 10. Telescoape terestre moderne. Principiul de acțiune și structura telescoapelor optic și radio, a detectoarelor de unde neutrino și gravitaționale	47	Teste	129
§ 11. Analiza spectrală în astronomie. Metodele cercetărilor astronomice	53	Capitolul 6. GALAXIA NOASTRĂ	
Exerciții și sarcini.....	57	§ 27. Galaxia noastră. Calea Lactee. Locul sistemului Solar în Galaxie.....	131
Verifică-ți competența.....	58	Exerciții și sarcini.....	135
Teste	59	Verifică-ți competența	135
Capitolul 3. SISTEMUL NOSTRU PLANETAR		Capitolul 7. STRUCTURA ȘI EVOLUȚIA UNIVERSULUI	
§ 12. Pământul și Luna	60	§ 28. Sistemele stelare - galaxiile. Lumea galaxiilor	136
§ 13. Planetele grupului terestru	64	§ 29. Universul. Originea și evoluția Universului. Istoria dezvoltării concepțiilor despre Univers. Bazele observaționale ale cosmologiei.....	143
§ 14. Planetele gigante	69	Exerciții și sarcini.....	147
§ 15. Sateliții planetelor.....	73	Verifică-ți competența	147
§ 16. Planetele pitice și corpurile mici ale sistemului Solar	76	Teste	148
§ 17. Studierea corpurilor sistemului Solar și a Universului cu ajutorul aparatelor spațiale.....	84	Capitolul 8. VIAȚA ÎN UNIVERS	
§ 18. Ipotezele și teoriile formării sistemului Solar.....	90	§ 30. Omul în Univers. Căutarea formelor de viață în afara Pământului.....	150
Exerciții și sarcini.....	94	Exerciții și sarcini.....	156
Verifică-ți competența	95	Verifică-ți competența	156
Teste	95	Teste	156
		Răspunsuri la exerciții	158
		Indice de termeni.....	160

Навчальне видання

СИРОТЮК Володимир Дмитрович
МИРОШНІЧЕНКО Юрій Борисович

АСТРОНОМІЯ

(рівень стандарту, за навчальною програмою
авторського колективу під керівництвом Яцківа Я. С.)

Підручник для 11 класу з навчанням румунською/молдовською мовами
закладів загальної середньої освіти

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за державні кошти. Продаж заборонено

Переклад з української мови

Перекладач Унгурян Георгій Іванович

Румунською/молдовською мовами

Редактор *Інна Унгурян*
Обкладинка *Світлани Железняк*
Художній редактор *Світлана Железняк*
Коректор *Юліана Гаврилюк*

Формат 70×100/16.

Ум. друк. арк. 13,0. Обл.-вид. арк. 12,94.

Тираж 1166 пр. Зам. № 86п

Державне підприємство
«Всеукраїнське спеціалізоване видавництво «Світ»
79008 м. Львів, вул. Галицька, 21
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи серія ДК № 4826 від 31.12.2014
www.svit.gov.ua
e-mail: office@svit.gov.ua
svit_vydav@ukr.net

Друк ТДВ «Патент»
88006 м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи серія ДК № 4078 від 31.05.2011

CELE MAI STRĂLUCITOARE STELE

Denumirea stelei	Semnul în constelație	Coordonatele ecuatoriale		Magnitudinea aparentă, m	Culminația aparentă la miezul nopții	Raza, R/R_{\odot}	Masa, M/M_{\odot}	Temperatura, K	Culoarea	Paralaxa anuală, π
		α	δ							
Aldebaran	α Tauri	$4^h 34,5^m$	$+16^{\circ}28'$	0,86	la începutul lui decembrie	45	5	3500	portocaliu	0,048"
Altair	α Vultur	$19^h 49,6^m$	$+8^{\circ}48'$	0,76	la mijlocul lui iulie	1,6	2	8400	alb	0,196"
Antares	α Scorpion	$16^h 27,9^m$	$-26^{\circ}23'$	0,91	la sfârșitul lui mai	750	19	3100	roșu	0,019"
Arcturus	α Boarul	$14^h 14,5^m$	$+19^{\circ}19'$	-0,05	la sfârșitul lui aprilie	26	4	4100	portocaliu	0,09"
Betelgeuse	α Orion	$5^h 53,8^m$	$+7^{\circ}24'$	0,42	în mijlocul lui decembrie	900	20	3100	roșu	0,005"
Vega	α Lira	$18^h 36,1^m$	$+38^{\circ}46'$	0,03	la începutul lui iulie	3	3	10600	alb	0,123"
Deneb	α Lebăda	$20^h 40,6^m$	$+45^{\circ}11'$	1,25	la începutul lui august	50	15	9800	alb	0,004"
Capella	α Vizitiul	$5^h 14,8^m$	$+45^{\circ}58'$	0,08	la mijlocul lui decembrie	16	3	5200	galben	0,073"
Castor	α Gemeni	$7^h 33,0^m$	$+31^{\circ}57'$	$1,99$ } $1,58$ $2,85$ }	la mijlocul lui ianuarie	$2,5$ } $2,3$ }	3 2,8	10000 10400	alb alb	0,072"
Pollux	β Gemeni	$7^h 43,8^m$	$+28^{\circ}05'$	1,14	la mijlocul lui ianuarie	11	3,5	4600	portocaliu	0,072"
Polară	α Ursula Mică	$2^h 07,4^m$	$+89^{\circ}09'$	2,02	la mijlocul lui octombrie	70	10	6200	galben	0,005"
Procyon	α Câinele Mic	$7^h 38,0^m$	$+5^{\circ}17'$	0,37	la mijlocul lui ianuarie	2	1,5	6900	galben	0,286"
Regulus	α Leu	$10^h 07,0^m$	$+12^{\circ}05'$	1,34	la sfârșitul lui februarie	4	5	13200	alb	0,039"
Rigel	β Orion	$5^h 13,3^m$	$-8^{\circ}14'$	0,13	la mijlocul lui decembrie	90	20	12800	alb	0,003"
Sirius	α Câinele Mare	$6^h 44,0^m$	$-16^{\circ}41'$	-1,46	la începutul lui ianuarie	1,7	3	10400	alb	0,375"
Spica	α Fecioară	$13^h 23,9^m$	$-11^{\circ}02'$	0,97	la mijlocul lui aprilie	7	15	16800	alb-albastru	0,021"
Toliman	α Centauri	$14^h 37,9^m$	$-60^{\circ}44'$	$0,33$ } $0,06$ $1,70$ }	la începutul lui mai	1,0 } 1,2 }	1,0 0,6	5900 4200	portocaliu	0,751"
Fomalhaut	α Pește austral	$22^h 56,3^m$	$-29^{\circ}45'$	1,3	la începutul lui august	1,6	2,5	9800	alb	0,144"