

**Галоўныя вывады**

1. У адрозненне ад планет зямной групы планеты-гіганты ўяўляюць сабой буйныя масіўныя газападобныя целы з малой шчыльнасцю, аддаленыя ад Сонца на значную адлегласць (ад 5 да 30 а. адз.).
2. Планеты-гіганты вельмі хутка абарачаюцца вакол сваіх восей.
3. Усе планеты-гіганты маюць кольцы.
4. Асноўнымі кампанентамі атмасфер гэтых планет з'яўляюцца вадарод і гелій.

**Кантрольныя пытанні і заданні**

1. Назавіце адрозненні ў асноўных фізічных характарыстыках планет-гігантаў і планет зямной групы.
2. У чым асаблівасць вярчэння планет-гігантаў вакол іх восей?
3. Раскажыце аб асаблівасцях будовы планет-гігантаў.
4. Што ўяўляюць сабой кольцы планет?
5. Чаму часам нават у буйныя тэлескопы не бачны кольцы Сатурна?

§ 15. Месяц. Спадарожнікі планет

1. Фізічныя ўмовы на Месяцы. Месяц — адзіны натуральны спадарожнік Зямлі. Гэта цела шарападобнай формы дыяметрам 3476 км. Маса Месяца ў 81 раз меншая за масу Зямлі. Сярэдняя шчыльнасць Месяца роўна 0,6 шчыльнасці Зямлі, а паскарэнне свабоднага падзення ў 6 разоў меншае за зямное, г. зн. на месяцавай паверхні прадметы важаць у 6 разоў менш, чым на Зямлі. Сонечныя суткі на Месяцы доўжацца сінадычны месяц (29,5 зямных сутак). На Месяцы няма вады ў вадкім стане і практычна няма атмасферы. За месяцавы дзень, які доўжыцца каля 15 зямных сутак, паверхня паспявае нагрэцца да $+127\text{ }^{\circ}\text{C}$, а за ноч ахаладзіцца да $-173\text{ }^{\circ}\text{C}$. Пры высокіх тэмпературах скорасць газавых малекул перавышае другую касмічную скорасць для паверхні Месяца, роўную 2,38 км/с, таму газы, што выдзяляюцца з нетраў спадарожніка Зямлі ці ўтвараюцца пры падзенні метэорных цел, хутка пакідаюць Месяц. Без газавай атмасферы Месяц зведвае ўздзеянні ўсіх відаў электрамагнітнага выпраменьвання Сонца, а таксама ўдары метэорных цел розных памераў.

Простым вокам на месяцавай паверхні можна адрозніць светлыя і цёмныя ўчасткі. Цёмныя, адносна роўныя вобласці паверхні, якія называюць «морамі»,



Рыс. 71. Выгляд месяца ў тэлескоп

займаюць 16,9 % усёй паверхні Месяца. Больш светлыя гарыстыя ўчасткі, якія называюць «мацерыкамі», займаюць астатнюю паверхню і характарызуюцца наяўнасцю горных хрыбтоў, кальцавых гор, кратараў (рыс. 71). Першую падрабязную карту Месяца склаў у 1647 г. польскі астраном Ян Гевелій. З тых часоў да нашых дзён захаваліся назвы мораў — Мора Спакою, Мора Крызісаў і інш. Назвы горных хрыбтоў, якія цягнуцца звычайна ўздоўж узбярэжжаў мораў, сугучныя зямным — Апеніны, Каўказ, Карпаты і інш. Апеніны маюць найбольшую вышыню каля 6 км, а Карпаты — толькі 2 км (рыс. 72).



Рыс. 72. Карта-схема найбуйнейшых дэталей бачнага ў тэлескоп з Зямлі паўшар'я Месяца



Рыс. 73. Частка паверхні Месяца.
Фатаграфія атрымана станцыяй «Зонд»



Рыс. 74. Зямля, бачная
з паверхні Месяца



Самымі шматлікімі ўтварэннямі на месяцавай паверхні з'яўляюцца кратары (рыс. 73). Іх памеры вагаюцца ад мікраскапічных да больш за 100 км у дыяметры. Кратар складаецца з кальцавага вала і ўнутранай раўніны. У большасці «малых» кратараў на дне ўзвышаюцца цэнтральныя горкі.

У час поўні ў «малых» кратараў, якія маюць метэарытнае паходжанне, можна ўбачыць прамянёвыя сістэмы — светлыя палосы, якія радыяльна адыходзяць ад кратара і цягнуцца на сотні кіламетраў.

Удар буйнога метэарыта ці невялікага астэроіда аб паверхню Месяца суправаджаецца выбухам. Пры гэтым адбываецца выкід месяцавага рэчыва пад рознымі вугламі. Значная яго частка трапляе ў космас, аднак некаторая частка падае назад на паверхню Месяца. Са струменяў здробненага рэчыва і фарміруюцца прамянёвыя сістэмы. Для назіральніка прамені здаюцца больш светлымі, паколькі яны адбіваюць святло лепш, чым шчыльнае рэчыва таго ж складу.

Буйныя і сярэднія кратары названы ў гонар славутых вучоных: Пталамей, Архімед, Платон, Капернік, Ціхаў, Шміт і інш.

Касмічныя даследаванні істотна паглыбілі нашы веды аб Месяцы. У 1959 г. савецкім апаратам «Месяц-3» упершыню быў сфатаграфаваны адваротны, нябачны бок Месяца. У 1965 г. з'явілася першая поўная карта Месяца, складзеная пад навуковым кіраўніцтвам Ю. Н. Ліпскага.

Амерыканскія астранаўты Ніл Армстранг і Эдвін Олдын сталі першымі людзьмі, якія ступілі на паверхню Месяца 20 ліпеня 1969 г. Астранаўты, якія знаходзіліся на Месяцы, маглі бачыць на яго небе Зямлю (рыс. 74). Амерыканскія касмічныя караблі серыі «Апалон» на працягу наступных трох гадоў шэсць разоў



Рыс. 75. Асноўныя тыпы часцінак
месяцавага рэгаліту

дастаўлялі ў розныя месцы Месяца экспедыцыі (12 астранаўтаў займаліся даследаваннямі ў месцах пасадак, яны сабралі больш за 360 кг месяцавых узораў; месяцавыя пароды дастаўлялі і савецкія аўтаматычныя станцыі «Месяц»).

Паверхневы слой натуральнага спада-рожняка Зямлі складаецца з дробнаабломачнага матэрыялу — **рэгаліту** (рыс. 75) і мае таўшчыню каля 10 м. У склад месяцавага рэгаліту ўваходзяць таксама шкляныя сферычныя мікрочасцінкі. Драбненне месяцавых парод адбываецца ў асноўным з-за мікраметэарытнай бамбардзіроўкі і рэзкіх перападаў тэмпературы. Рэгаліт мае малую шчыльнасць (верхні слой — 1200 кг/м^3) і вельмі малую цеплаправоднасць (у 20 разоў меншую за паветра), таму ўжо на глыбіні каля 1 м ваганні тэмпературы практычна не адчувальныя.

Па хімічным складзе месяцавыя пароды вельмі блізкія да базальтавых парод Зямлі. Пароды месяцавых мораў адрозніваюцца высокім утрыманнем аксідаў жалеза і тытану, мацерыковыя пароды — высокім утрыманнем аксідаў алюмінію.

У апошні час касмічныя станцыі выявілі запасы вадзянога лёду ў палярных абласцях Месяца. З-за малога вугла нахілу месяцавага экватара да экліптыкі (усяго $1,5^\circ$) дно нават неглыбокіх кратараў у палярных зонах ніколі не асвятляецца сонечнымі прамянямі. Пры пастаяннай тэмпературы -173°C дно палярных кратараў пакрывае сумесь рэгаліту з лёдам. Крыніцай узнікнення і назапашвання месяцавага палярнага лёду могуць быць каметы, якія ўпалі ў гэтыя зоны і ўяўляюць сабой ледзяныя целы.

Унутраная будова Месяца вывучана на аснове запісаў страсенняў ад удараў метэарытаў, якія зафіксаваны сейсмографамі, дастаўленымі на Месяц. Пад слоём рэгаліту размешчана кара, таўшчыня якой на бачным (павернутым да Зямлі) баку складае 60 км, а на адваротным — 100 км. Пад карой знаходзіцца мантыя таўшчынёй каля 1000 км. Зона, глыбейшая за 1600 км, нагадвае зямную мантыю, мае таўшчыню 430 км і тэмпературу каля 1800 К. Апошнія даследаванні пацвердзілі, што ў цэнтры Месяца знаходзіцца металічнае ядро радыусам каля 300 км, маса якога складае каля 3 % ад агульнай масы Месяца.

Існуе некалькі гіпотэз утварэння Месяца. Паводле адной з самых папулярных, Месяц утварыўся разам з Зямлёй з адной планецезіمالі. Выказвалася нават меркаванне, што Зямля падзялілася на дзве часткі і што ўпадзіна

Ціхага акіяна — гэта «яма», якая засталася пасля таго, як Месяц «вырваўся» з Зямлі.

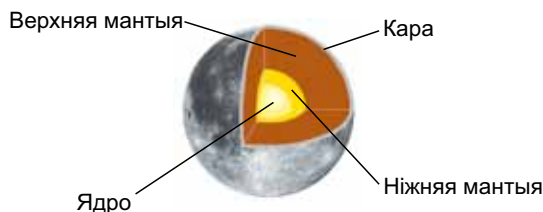
Некаторыя вучоныя мяркуюць, што Месяц утварыўся шляхам аб'яднання дробных каменьчыкаў, якія абарачаліся вакол Зямлі 4,5 млрд гадоў назад. Назапашванне часцінак пад уздзеяннем сіл гравітацыі, якія дзейнічаюць каля Зямлі, стала «паменшаным» варыянтам працэсу, які адбываўся ў першаснай сонечнай туманнасці і прывёў да нараджэння планет.

Разглядаецца і такі механізм утварэння Месяца: Зямля, якая прайшла асноўныя стадыі дыферэнцыяцыі рэчыва, сутыкнулася з буйным нябесным целам (памерамі з Марс). Косы ўдар разбурыў толькі верхнія слаі зямных нетраў. На калязямную арбіту было выкінута рэчыва зямной кары і мантыі, з якога шляхам зліцця сфарміраваўся спадарожнік Зямлі.

Параметры Месяца глядзіце ў табліцы 10.

Табліца 10. Параметры Месяца

Зорная велічыня (максімальная)	-12,7	Дыяметр па экватары	3476 км
Сярэдняя адлегласць да Зямлі	384,4 тыс. км	Маса (Зямля = 1)	0,0123
	60,3 радыуса Зямлі	Сярэдняя шчыльнасць	$3,346 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
Перыяд абарачэння вакол Зямлі	27,32 зямных сутак	Сіла прыцяжэння на экватары (Зямля = 1)	0,17
Перыяд вярчэння вакол восі	27,32 зямных сутак	Тэмпература паверхні	Ад $-173 \text{ }^\circ\text{C}$ да $+127 \text{ }^\circ\text{C}$



2. Спадарожнікі планет. У Сонечнай сістэме на пачатак 2021 г. было вядома 205 натуральных спадарожнікаў планет. Сем спадарожнікаў, у тым ліку Месяц, маюць дыяметр, большы за 2500 км, а Ганімед і Тытан (гл. табл. 11 на с. 94) нават перавышаюць па памеры Меркурый.

Табліца 11. Буйныя спадарожнікі планет

Характарыстыкі	Спадарожнікі						
	Ганімед	Тытан	Каліста	Іо	Месяц	Еўропа	Трытон
Планета	Юпітэр	Сатурн	Юпітэр	Юпітэр	Зямля	Юпітэр	Нептун
Дыяметр, км	5268	5152	4820	3642	3476	3130	2700
Маса, $\times 10^{23}$ кг	1,48	1,35	1,08	0,893	0,735	0,485	0,215
Шчыльнасць, $\times 10^3$ кг/м ³	1,9	1,9	1,8	3,5	3,3	3,0	2,1
Тэмпература паверхні, °С	-163	-179	-140	-163	Ад -173 да +127	-140	-235

Невялікія спадарожнікі памерам у дзясяткі кіламетраў уяўляюць сабой каменныя або ледзяныя целы няправільнай формы. Іх паверхні ўсеяны кратарамі і пакрыты дробным пылам. Сярэднія спадарожнікі (у некалькі соцень кіламетраў) у асноўным шарападобныя і маюць малую шчыльнасць. Па знешнім выглядзе іх паверхня нагадвае месяцавую.

Разгледзім асаблівасці 7 найбуйнейшых спадарожнікаў. Па сваёй будове яны больш падобныя да планет зямной групы. Найбуйнейшыя спадарожнікі Юпітэра былі адкрыты яшчэ ў 1610 г. Галілеем. Аднак асноўныя звесткі аб прыродзе буйных спадарожнікаў планет-гігантаў атрыманы ў выніку даследаванняў з дапамогай касмічных апаратаў.

Мадэль унутранай будовы буйных спадарожнікаў прадугледжвае наяўнасць у іх трох абалонак: кары, манты і ядра. Ядры, якія ўтрымліваюць злучэнні жалеза і займаюць ад 0,3 да 0,6 радыуса спадарожніка, маюць Іо (рыс. 76), Еўропа (рыс. 77) і Ганімед. У Трытона і Каліста (рыс. 78) камяністыя ядры такога ж ці нават большага памеру.



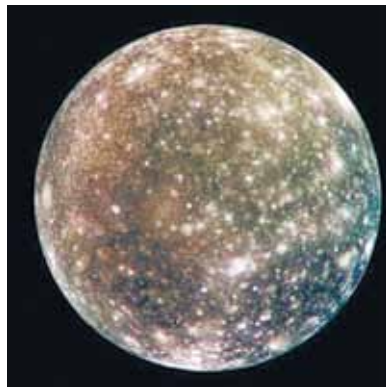
Рыс. 76. Іо — спадарожнік Юпітэра. Вывяржэнне вулкана. Фатаграфія зроблена міжпланетным апаратам «Галілео»

Сілікатная (камяністая) кара Іо мае таўшчыню 30 км. Пад ёй на глыбіні 100 км знаходзіцца вадкая магма, тэмпература якой дасягае 1600 К. Магма жывіць шматлікія вулканы Іо.

Астатнія спадарожнікі пакрыты ледзяной абалонкай рознай таўшчыні, пад якой размешчана камяністая мантыя.



Рыс. 77. Еўропа — спадарожнік Юпітэра



Рыс. 78. Каліста — спадарожнік Юпітэра

На паверхні Трытона і Ганімеда бачны сляды тэктанічнай дзейнасці: разломы, сцісканні, расколіны, дробныя хрыбты. Каліста адрозніваецца ад іх наяўнасцю шматлікіх кратараў ударнага паходжання.

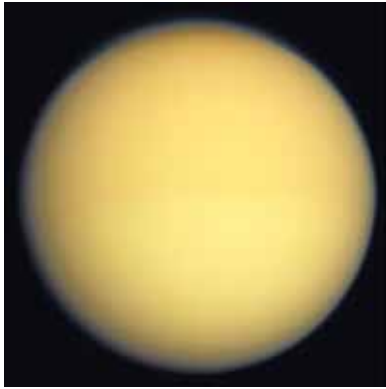
Ледзяную абалонку Еўропы перасякае сетка светлых і цёмных вузкіх палос. Гэта расколіны ў тоўстай ледзяной кары, якія выкліканы прыліўнымі ўздзеяннямі Юпітэра. Шматгадовыя назіранні за рысункам, які ўтвараюць расколіны, паказалі, што ледзяныя масы крыху зрушваюцца адны адносна іншых. Гэта азначае, што пад лёдам ёсць вада. У некаторых месцах ледзянога панцыра Еўропы касмічны апарат «Галілео» сфатаграфавалі дзіўныя хаатычныя награвашчванні старых ільдзін, умарожаных у свежы лёд. Гэтыя структуры называюцца «хаосы» (рыс. 79). Яны сведчаць аб тым, што час ад часу лёд падтае, а потым зноў застывае. Ільдзіны, якія не паспелі растаць, аказваюцца ўмарожанымі ў новы лёд. Аб тым, што ледзяная паверхня Еўропы маладая, сведчыць і амаль поўная адсутнасць на ёй ударных кратараў.

На Іо няма прымет існавання значнай колькасці вады ні ўнутры спадарожніка, ні тым больш на яго паверхні. Затое там адкрыты шматлікія вулканы. Злучэнні серы, якія выкідваюцца вулканамі і асядаюць на паверхні, надаюць спадарожніку афарбоўку ад белай да ярка-чырвонай і чорнай (гл. рыс. 76). Пры гэтым колер залежыць ад тэмпературы рэчыва. З жарала вулкана газы выкідваюцца на вышыню каля 500 км са скорасцю прыкладна 1 км/с. Газавыя гейзеры заўважаны над палярнай шапкай Трытона.

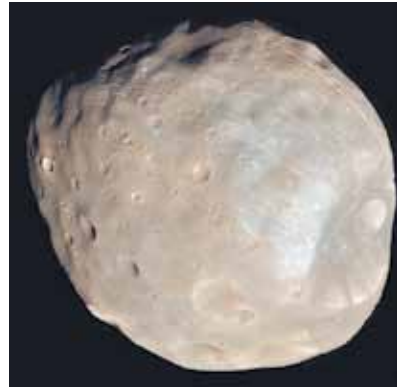


Рыс. 79. Хаосы на спадарожніку Юпітэра Еўропе





Рыс. 80. Тытан — спадарожнік Сатурна.
Мае вельмі шчыльную атмасферу



Рыс. 81. Фобас — спадарожнік Марса.
Справа ўнізе кратар Стыкні



Струмені цёмнага рэчыва вырываюцца ўверх з яго паверхні і дасягаюць вышыні 8 км.

Найбольш магутную атмасферу мае Тытан (рыс. 80). Яна на 60 % больш шчыльная, чым зямная, і прыкладна на 95 % складаецца з азоту. Ціск каля паверхні ў 1,5 раза перавышае зямны. Касмічны апарат «Гюйгенс» у 2005 г. выявіў на Тытане горныя хрыбты, рэчышчы рэк, азёры вадкага метану і этану.

Разрэджаную атмасферу з азоту і метану мае Трытон (10^{-5} зямной). Слабая атмасфера з малекулярнага кіслароду ахутвае Ганімед і Еўропу (10^{-9} і 10^{-11} зямной). Утвараецца яна так: сонечнае святло, касмічныя прамені і мікраметэарыты выбіваюць з ледзяной паверхні малекулы вады, якія пад дзеяннем ультрафіялетавага выпраменьвання распадаюцца на атамы вадароду і кіслароду. Атамы вадароду адразу ж пакідаюць атмасферу, а атамы кіслароду аб'ядноўваюцца ў малекулы.



Рыс. 82. Міранда —
спадарожнік Урана

Разрэджаную атмасферу з вуглякіслага газу мае Каліста, такую ж разрэджаную атмасферу з аксідаў серы і вулканічных газаў мае Іо (10^{-9} зямной).

У некалькіх буйных спадарожнікаў выяўлены ўласныя магнітныя палі.

З планет зямной групы, акрамя Зямлі, толькі Марс мае два спадарожнікі, адкрытыя ў 1877 г. амерыканскім астраномам Асафам Холам. Гэта невялікія камяністыя целы няправільнай формы памерамі $27 \times 22 \times 19$ км — Фобас (рыс. 81) і $16 \times 12 \times 10$ км — Дэймас.

Відарысы некаторых іншых спадарожнікаў планет Сонечнай сістэмы паказаны на рысунках 82—84.



Рыс. 83. Мімас — спадарожнік Сатурна. Вялікі кратар мае дыяметр звыш 100 км



Рыс. 84. Энцэлад — спадарожнік Сатурна



Галоўныя вывады

1. Месяц — спадарожнік Зямлі і найбліжэйшае да Зямлі нябеснае цела.
2. Па сваёй прыродзе Месяц, а таксама іншыя буйныя спадарожнікі планет блізкія да планет зямной групы.
3. Невялікія спадарожнікі планет (памерамі ў дзясяткі кіламетраў) уяўляюць сабой камяністыя або ледзяныя целы няправільнай формы.



Кантрольныя пытанні і заданні

1. Ахарактарызуйце фізічныя ўмовы на Месяцы. Чым яны адрозніваюцца ад умоў на Зямлі?
2. Якія дэталі на Месяцы бачныя простым вокам, а якія — у тэлескоп?
3. Прывядзіце прыклады назваў некаторых месяцавых кратараў, мораў і горных хрыбтоў.
4. Чаму адваротны бок Месяца ўдалося сфатаграфавать толькі пры яго аблёце на касмічным апарце?
5. Што ўяўляе сабой месяцавая глеба? Ці адрозніваецца яна ад зямной?
6. Апішыце ўнутраную будову Месяца. Якім чынам яе даследавалі?
7. Якія гіпотэзы ўтварэння Месяца вы ведаеце?
8. Назавіце найбуйнейшыя спадарожнікі планет Сонечнай сістэмы. Раскажыце аб некаторых характэрных асаблівасцях кожнага з іх.