

Л. А. Ісачанкава
А. У. Грамыка
Ю. Д. Ляшчынскі

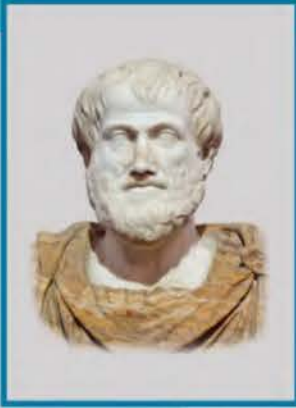


ФІЗІКА



АРЫСТОЦЕЛЬ

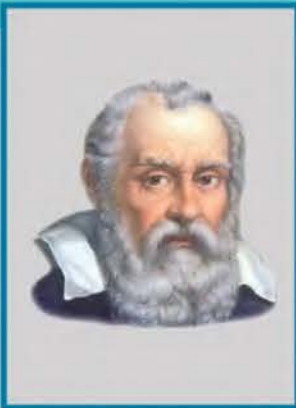
(384—322 да н.э.)



Старажытнагрэчаскі філосаф і вучоны. Лічыў, што першасныя якасці матэрыі — дзве пары процілегласцей: «цёплае — халоднае» і «сухое — вільготнае». Злучэнню «халоднага з сухім» адпавядае зямля, «халоднага з вільготным» — вада, «цёплага з вільготным» — паветра, «цёплага з сухім» — агонь.

ГАЛІЛЕА ГАЛІЛЕЙ

(1564—1642)



Італьянскі фізік і астраном. Ад яго бярэ пачатак фізіка як навука. Даказаў пастаянства паскарэння сілы цяжару. Устанавіў закон інерцыі. У 1609 г. пабудаваў сваю першую падзорную трубу (тэлескоп). Вынайшаў тэрмаскоп (правобраз тэрмометра), сканструяваў гідрастатычныя вагі і інш.

ЭВАНДЖЭЛІСТА ТАРЫЧЭЛІ

(1608—1647)



Італьянскі фізік і матэматык. У 1643 г. адкрыў існаванне атмасфернага ціску. Вынайшаў ртутны барометр. Сфармуляваў закон выцякання вадкасці праз адтуліны сауда і вывёў формулу скорасці выцякання.

БЛЕЗ ПАСКАЛЬ

(1623—1662)

Французскі матэматык, фізік і філосаф. Адкрыў асноўны закон гідрастатыкі (закон Паскаля), пацвердзіў існаванне атмасфернага ціску, яго залежнасць ад вышыні. Даказаў, што паветра мае вагу.



ІСААК НЬЮТАН

(1643—1727)

Англійскі вучоны. Працаваў у галіне фізікі, матэматыкі, астраноміі. Адкрыў закон сусветнага прыцяжэння і сфармуляваў асноўныя законы механікі. Шмат работ прысвяціў вывучэнню трэння. Стварыў фізічную карціну свету. Вядомы сваімі адкрыццямі ў оптыцы.



ДЖЭЙМС УАТ

(1736—1819)

Шатландскі вынаходнік, стваральнік паравога рухавіка. Сканструяваў шэраг прыбораў: ртутны манометр, вакуумметр, індыкатар ціску і інш. Увёў першую адзінку магутнасці — конскую сілу.



АСНОЎНЫЯ, КРАТНЫЯ І ДОЛ

Даўжыня (*l*)

Метр (м)

$$1 \text{ км} = 1000 \text{ м}$$

$$1 \text{ дм} = 0,1 \text{ м}$$

$$1 \text{ см} = 0,01 \text{ м}$$

$$1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}$$

$$1 \text{ мкм} = 0,000\ 001 \text{ м}$$

Маса (*m*)

Кілаграм (кг)

$$1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}$$

$$1 \text{ ц} = 100 \text{ кг}$$

$$1 \text{ г} = 0,001 \text{ кг}$$

$$1 \text{ мг} = 0,000\ 001 \text{ кг}$$

Час (*t*)

Секунда (с)

$$1 \text{ г} = 3600 \text{ с}$$

$$1 \text{ мін} = 60 \text{ с}$$

ЕВЫЯ АДЗІНКІ ВЫМЯРЭННЯ

Плошча ($S = ab$)

Квадратны метр (м^2)

$$1 \text{ км}^2 = 1\,000\,000 \text{ м}^2$$

$$1 \text{ дм}^2 = 0,01 \text{ м}^2$$

$$1 \text{ см}^2 = 0,0001 \text{ м}^2$$

$$1 \text{ мм}^2 = 0,000\,001 \text{ м}^2$$

Аб'ём ($V = Sh$)

Кубічны метр (м^3)

$$1 \text{ км}^3 = 1\,000\,000\,000 \text{ м}^3$$

$$1 \text{ дм}^3 = 0,001 \text{ м}^3$$

$$1 \text{ см}^3 = 0,000\,001 \text{ м}^3$$

$$1 \text{ л} = 1 \text{ дм}^3 = 0,001 \text{ м}^3$$

$$1 \text{ мл} = 0,001 \text{ л} = 1 \text{ см}^3$$

Л. А. Исачанкава А. У. Грамыка Ю. Д. Ляшчынскі

ФІЗІКА

Падручнік для 7 класа
ўстаноў агульнай сярэдняй адукацыі
з беларускай мовай навучання

Пад рэдакцыяй *Л. А. Исачанкавай*

*Зацверджана
Міністэрствам адукацыі
Рэспублікі Беларусь*

2-е выданне,
перагледжанае і дапоўненае

Мінск «Народная асвета» 2022

Праваобладатель Народная асвета

УДК 53(075.3=161.3)
ББК 22.3я721
ИЗО



Пераклад з рускай *Н. М. Алганавай*


Рэцэнзент

кафедра фізікі і методыкі выкладання фізікі ўстанова адукацыі
«Беларускі дзяржаўны педагагічны ўніверсітэт імя Максіма Танка»
(кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт *В. М. Белая*)

Рэкамендацыі па счытванні QR-кодаў

QR-коды можна счытваць пры дапамозе гаджэта — смартфона або планшэта. Каб усталяваць сканер для счытвання QR-кодаў на гаджэт, трэба:

1) Адкрыць дадатак Play Market  (для ўстройстваў з АС Android) або дадатак App Store  (для ўстройстваў з iOS). Набраць у радку пошуку: *Сканер QR-кодов*.

2) Выбраць адзін з прапанаваных дадаткаў: напрыклад, *Сканер QR и штрих-кодов* . Націснуць кнопкі *Установить* → *Открыть*.

Праграма гатова да выкарыстання. Навядзіце камеру на QR-код. Сканер счытае яго і прапануе перайсці па спасылцы, якая адкрывецца ў браўзеры пры наяўнасці інтэрнэт-злучэння (падчас загрузкі відэаролікаў скачываецца вялікі аб'ём інфармацыі, таму выходзіць у Інтэрнэт лепей праз Wi-Fi).

ISBN 978-985-03-3805-1

© Ісачанкава Л. А., Ляшчынскі Ю. Д., 2017
© Ісачанкава Л. А., Грамыка А. У.,
Ляшчынскі Ю. Д., 2022, са змяненнямі
© Алганавы Н. М., пераклад на беларускую
мову, 2022
© Афраменне. УП «Народная асвета», 2022

Правообладатель Народная асвета

ЗМЕСТ

Ад аўтараў 4

Глава 1. Фізічныя метады пазнання прыроды

§ 1. Фізіка — навука аб прыродзе. Сувязь фізікі з іншымі навукамі. Фізіка і тэхніка 6
 § 2. Фізічнае цела, фізічная з’ява, фізічная велічыня 8
 § 3. Метады даследавання ў фізіцы 11
 § 4. Роля вымярэнняў у фізіцы. Прамыя і ўскосныя вымярэнні 14
 § 5. Адзінкі вымярэння фізічных велічынь. Міжнародная сістэма адзінак (СИ) 18
 § 6. Дзеянні над фізічнымі велічынямі . . . 21
 § 7. Вымяральныя прыборы. Цана дзялення. Хібнасць вымярэння 24

Глава 2. Будова рэчыва

§ 8. Дыскрэтная будова рэчыва 30
 § 9. Цеплавы рух часціц 34
 § 10. Узаемадзеянне часціц рэчыва 37
 § 11. Газападобны, вадкі і цвёрды стан рэчыва 40
 § 12. Цеплавое расшырэнне 43
 § 13. Тэмпература. Вымярэнне тэмпературы. Тэрмометры 46

Глава 3. Рух і сілы

§ 14. Механічны рух. Адноснасць спакою і руху 50
 § 15. Траекторыя, шлях, час. Адзінкі шляху і часу 52
 § 16. Раўнамерны рух. Скорасць. Адзінкі скорасці 55
 § 17. Графікі шляху і скорасці пры раўнамерным прамалінейным руху 59
 § 18. Нераўнамерны (пераменны) рух. Сярэдняя скорасць 64
 § 19. Чаму змяняецца скорасць руху цела. Інерцыя 68
 § 20. Маса цела. Шчыльнасць рэчыва. Адзінкі шчыльнасці 71
 § 21. Сіла 76
 § 22. З’ява прыцяжэння. Сіла цяжару 79
 § 23. Сіла пругкасці 82
 § 24. Вага цела 85

§ 25. Адзінка сілы. Вымярэнне сілы. Дынамометр 87
 § 26. Складанне сіл. Раўнадзейная сіла . . . 91
 § 27. Трэненне. Сіла трэння 95

Глава 4. Ціск

§ 28. Ціск. Адзінкі ціску 100
 § 29. Ціск газу 105
 § 30. Перадача ціску газамі і вадкасцямі. Закон Паскаля 108
 § 31. Ціск вадкасці, абумоўлены яе вагой 110
 § 32. Сазлучаныя сасуды 114
 § 33. Газы і іх вага 119
 § 34. Атмасферны ціск 121
 § 35. Вымярэнне атмасфернага ціску. Барометры і манометры 126

Глава 5. Работа. Магутнасць. Энергія

§ 36. Механічная работа. Адзінкі работы 132
 § 37. Карысная і выкананая работа. Каэфіцыент карыснага дзеяння 136
 § 38. Магутнасць. Адзінкі магутнасці . . 140
 § 39. Кінетычная энергія 144
 § 40. Патэнцыяльная энергія 147
 § 41. Разлік патэнцыяльнай энергіі 149
 § 42. Закон захавання механічнай энергіі 153

Глава 6. Лабараторны эксперымент


Лабараторная работа № 1. Вызначэнне цаны дзялення шкалы вымяральнага прыбора 158
 Лабараторная работа № 2. Вымярэнне даўжыні 159
 Лабараторная работа № 3. Вымярэнне аб’ёму 160
 Лабараторная работа № 4. Вывучэнне нераўнамернага руху 162
 Лабараторная работа № 5. Вымярэнне шчыльнасці рэчыва 163
 Лабараторная работа № 6. Вывучэнне сілы трэння 165
 Адказы да практыкаванняў 166
 Прадметны паказальнік 167
 Спіс выкарыстанай літаратуры —

Дарагія сямікласнікі!

У гэтым навучальным годзе вам давядзецца ўзысці на першую прыступку навуковай лесвіцы, якая называецца «фізіка». Вывучаючы фізіку, вы пазнаёміцеся з мноствам цікавых з’яў, якія адбываюцца вакол вас. Зможаце растлумачыць, як працуюць розныя машыны і механізмы; чаму тэмпература вады на дне вадаёма ў самы моцны мароз +3—4 градусы; чаму па мабільным устраве можна з любога месца пагаварыць з бацькамі і сябрамі.

Вывучаючы фізіку, вы пазнаёміцеся з рознымі вымяральнымі прыборамі, адзінкамі вымярэння. Навучыцеся самастойна выконваць вымярэнні і ацэньваць іх хібнасць. У далейшым гэтыя ўменні спатрэбяцца вам пры вывучэнні не толькі фізікі, але і іншых прадметаў.

Падручнік складаецца з глаў, а главы — з параграфіў. Кожная глава пачынаецца з ілюстраванай старонкі. На ёй прыведзены пытанні, адказы на якія вы атрымаеце, вывучыўшы дадзеную главу. У тэксце некаторых параграфіў ёсць заданні. Выконвайце іх. Уважліва чытайце апісанні доследаў. Доследы, побач з апісаннем якіх стаіць QR-код, можна «ажывіць». Сур’ёзна стаўцеся да галоўных вывадаў, якія вызначаюць асноўнае ў змесце параграфа. Для праверкі разумення матэрыялу ў канцы параграфіў прадугледжаны кантрольныя пытанні. Старайцеся даць адказ на кожнае з іх. Часам для гэтага спатрэбіцца выкарыстаць дадатковую літаратуру або Інтэрнэт.

Падручнік змяшчае практычную частку — дамашнія заданні і практыкаванні. Найбольш складаныя задачы і кантрольныя пытанні вылучаны знакам .

У канцы кожнай главы прыведзены тэмы праектных заданняў.

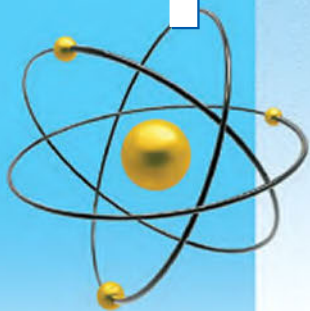
У некаторых параграфіях змяшчаецца матэрыял для дапытлівых. Ён можа быць вывучаны па жаданні.

У стварэнні падручніка прымаў удзел вялікі калектыў спецыялістаў. Шануйце працу і намаганні ўсіх, хто працаваў над кнігай, — беражыце яе!

Жадаем вам творчасці і поспехаў пры вывучэнні фізікі.



1



Фізічныя метады пазнання прыроды

- Для чаго неабходна вывучаць фізіку?
- Які шлях пазнання навакольнага свету?
- Як з меншай хібнасцю вымераць фізічную велічыню?
- Як складаць, аднімаць, памнажаць і дзяліць фізічныя велічыні?





§ 1.

Фізіка — навука аб прыродзе. Сувязь фізікі з іншымі навукамі. Фізіка і тэхніка



Мал. 1



Мал. 2



Мал. 3

Раней людзі ездзілі на тарантасах, запрэжаных коньмі, жалі сярпамі жыта, праводзілі вечары пры святле лучын. А ў казках марылі пра кілім-самалёт, сякеру-самаруб і іншыя цуды. Ці стала казка быллю? Стала. Сёння людзі лятаюць на самалётах (мал. 1). Камбайны жнуць жыта (мал. 2). Электрапілы ў лічаныя мінуцы спілоўваюць дрэвы. Энергазберагальныя лампы асвятляюць памяшканні. Распрацаваны сучасныя радыёлакацыйныя ўстаноўкі (мал. 3). Мабільная сувязь пашырыла магчымасці зносін паміж людзьмі. Ракеты выводзяць на арбіту штучныя спадарожнікі Зямлі. Чалавек дасягнуў космасу. Усё гэта стала магчымым дзякуючы дасягненням розных навук, адной з якіх з'яўляецца фізіка.

Слова «фізіка» ў перакладзе з грэчаскай мовы азначае «прырода». **Фізіка — навука аб прыродзе.** Прырода — гэта вада, зямля, паветра, жывёльны і раслінны свет і ўсё, што існуе вакол нас. Чалавек таксама з'яўляецца часткай прыроды. Але тое, што адбываецца ў прыродзе, вывучаюць і такія навукі, як біялогія, біяфізіка, хімія, астраномія, астрафізіка, геаграфія, геалогія і інш. Ці могуць гэтыя навукі абысціся без фізікі? Не. Напрыклад, на ўроках біялогіі вы працуеце з мікраскопам (мал. 4). Яго будова і прынцып дзеяння заснаваны на законах фізікі.

Але і іншыя навукі дапамагаюць фізіцы. Напрыклад, матэматыка. З яе дапамогай апісваюцца фізічныя з'явы і законы. Матэматыка дазваляе ўстанавіць сувязі паміж фізічнымі велічынямі і падаць іх у выглядзе формул і графікаў.

Фізіка, з'яўляючыся падмуркам тэхнікі, развівае яе. А тэхніка стварае прыборы, якія дазваляюць фізіцы пранікаць у неразгаданыя таямніцы прыроды, адкрываць новыя з'явы.

Якімі б разумнымі ні былі прыборы, галоўнае ў развіцці фізікі — гэта геніяльнасць і ўпартая

праца вучоных. У працэсе вывучэння прадмета вы пазнаёміцеся з імёнамі і ўкладам у фізіку многіх выдатных вучоных, у тым ліку і беларускіх.

Веды, атрыманыя пры вывучэнні фізікі, спатрэбяцца вам у паўсядзённым жыцці, паспрыяюць развіццю вашых інтэлектуальных здольнасцей. Яны сфарміруюць у вас навуковае ўяўленне аб навакольным свеце і дапамогуць пры выбары будучай прафесіі.



Мал. 4

■ Галоўныя вывады

1. Фізіка — навука аб прыродзе.
2. Фізіка развівае тэхніку.
3. Фізіка дапамагае чалавеку жыць у навакольным свеце бяспечна і камфортна.

▼ Для дапытлівых

Да XIX ст. не існавала самастойнай прафесіі «фізік». Фізікай займаліся ўрачы, матэматыкі, інжынеры, філосафы і інш.

Фізіка раскрыла перад чалавекам многія таямніцы навакольнага свету. У цяперашні час інтарэсы вучоных, якія займаюцца гэтай навукай, выходзяць далёка за межы Зямлі. Фізікі імкнуцца вызначыць законы, на аснове якіх будуюцца Сусвет; знайсці планеты, прыгодныя для жыцця.

? Кантрольныя пытанні

1. Што азначае слова «фізіка»?
2. Для чаго неабходна вывучаць фізіку?
3. Як уплываюць адна на адну фізіка і тэхніка? Фізіка і матэматыка?

→ Дамашняе заданне

1. Адкажыце пісьмова на пытанне: імёны якіх выдатных вучоных і з якой вобласці навукі вам ужо вядомыя?
2. Стварыце аўтарскую эмблему фізікі. Лепшая эмблема атрымае права знаходзіцца на вокладцы вашых сшыткаў па фізіцы.



§ 2.

Фізічнае цела, фізічная з'ява, фізічная велічыня



Мал. 5



Мал. 6



Мал. 7



Мал. 8

Агледзьцеся навокал. Вы ўбачыце вялізную разнастайнасць прадметаў. Гэта людзі, жывёлы, расліны. Гэта тэлевізар, аўтамабіль, яблык, камень, лямпачка, аловак і інш. А што ўяўляюць сабой гэтыя прадметы з пункту гледжання фізікі?

У фізіцы **любы прадмет называюць фізічным целам**. Чым адрозніваецца адно фізічнае цела ад другога? Вельмі многім. Напрыклад, яны могуць складацца з розных рэчываў. У іх могуць быць розныя аб'ём і форма. Залатая і сярэбраная лыжка (мал. 5) маюць аднолькавыя аб'ём і форму, але складаюцца з розных рэчываў — золата і серабра. Драўляны кубік і шарык (мал. 6) маюць розныя аб'ём і форму. Гэта розныя фізічныя целы, але выраблены яны з аднаго і таго ж рэчыва — драўніны.

Акрамя фізічных цел, ёсць яшчэ фізічныя палі. Іх не заўсёды можна выявіць з дапамогай органаў пачуццяў чалавека, аднак лёгка — з дапамогай доследаў і прыбораў. Прыклады фізічных палёў — поле вакол магніта (мал. 7), поле вакол наэлектрызаванага цела (мал. 8).

З фізічнымі целама і палямаі могуць адбывацца разнастайныя змяненні. Лыжка, апушчаная ў гарачы чай, награвецца. Вада ў лужыне выпараецца, а ў халодны дзень замярзае. Лямпа (мал. 9) выпраменьвае святло. Дзяўчынка і сабака (мал. 10) бягуць (рухаюцца). Магніт размагнічваецца, і яго магнітнае поле слабее. Награванне, выпарэнне, замярзанне, выпраменьванне, рух, намагнічванне і іншыя змяненні, якія адбываюцца з фізічнымі целамаі і палямаі, называюцца **фізічнымі з'явамаі**.

Вывучаючы фізіку, вы пазнаёміцеся з многіма фізічнымі з'явамаі.

Для апісання ўласцівасцей фізічных цел і з'яў уводзяцца фізічныя велічыні. Напрыклад, апісаць уласцівасці драўляных шарыка і кубіка можна з дапамогай такіх фізічных велічынь, як аб'ём, маса. Рух (дзяўчынкі, аўтамабіля і інш.) як фізічная з'ява апісваецца з выкарыстаннем такіх фізічных велічынь, як шлях, скорасць, час. Звярніце ўвагу на асноўную прымету фізічнай велічыні: яе можна вымераць з дапамогай прыбораў або вылічыць па формуле. Аб'ём цела можна вымераць мензуркай (мернай шклянкай) з вадой (мал. 11, а). А можна, вымераўшы лінейкай даўжыню a (мал. 11, б), шырыню b і вышыню c , вылічыць па формуле

$$V = a \cdot b \cdot c.$$

Усе фізічныя велічыні маюць свае абазначэнні і адзінкі вымярэння. Аб некаторых адзінках вымярэння вы чулі шмат разоў: кілаграм, метр, секунда, кілават і інш. Больш падрабязна з фізічнымі велічынямі вы будзеце знаёміцца ў працэсе вивучэння фізікі.

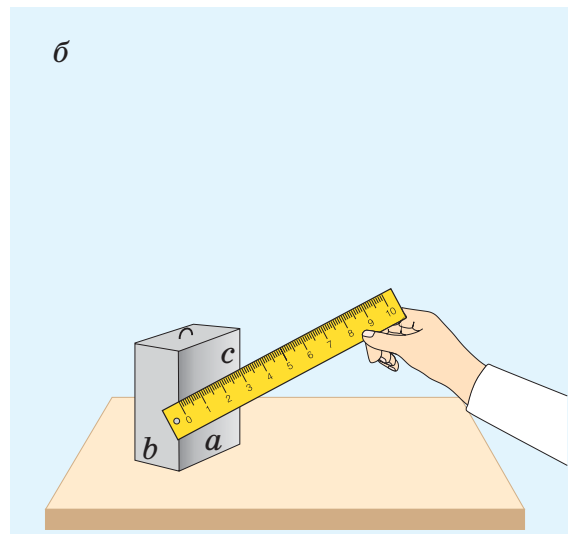
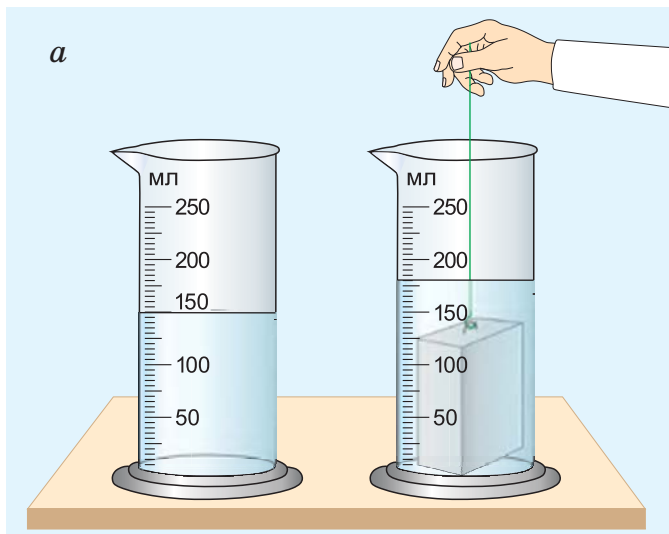
У 7-м класе мы будзем вивучаць у асноўным механічныя з'явы. Яны звязаны з рухам цел і іх узаемадзеяннем.



Мал. 9



Мал. 10



Мал. 11

■ Галоўныя вывады

1. Асноўныя паняцці фізікі — «фізічнае цела», «фізічная з’ява» і «фізічная велічыня».
2. Фізічнае цела — гэта любы прадмет.
3. Фізічная з’ява — змяненне, якое адбываецца з фізічным целам або полем.
4. Фізічная велічыня апісвае ўласцівасць фізічнага цела або з’явы.
5. Фізічную велічыню можна вымераць або вылічыць па формуле.

? Кантрольныя пытанні

1. Што называюць фізічным целам? Фізічнай з’явай?
2. Якая асноўная прымета фізічнай велічыні? Назавіце вядомыя вам фізічныя велічыні.
3. З ніжэйпрыведзеных паняццяў выберыце і назавіце тыя, якія адносяцца да:
 - а) фізічных цел;
 - б) фізічных з’яў;
 - в) фізічных велічынь.
 - 1) Кропля; 2) награванне; 3) даўжыня; 4) навальніца; 5) кубік; 6) аб’ём;
 - 7) вецер; 8) санлівасць; 9) тэмпература; 10) аловак; 11) час; 12) узыход Сонца; 13) скорасць; 14) прыгажосць.

→ Дамашняе заданне

У нашым арганізме ёсць «вымяральная прылада». Гэта сэрца, з дапамогай якога можна ацэньваць час.

Вызначыце па пульсе (колькасці ўдараў сэрца) час, за які шклянка напаўняецца вадой з-пад крана. Лічыце час паміж двума паслядоўнымі ўдарамі сэрца прыкладна роўным адной секундзе. Параўнайце гэты час з паказаннямі гадзінніка. На колькі і чаму адрозніваюцца атрыманыя вынікі?



§ 3.

Метады даследавання ў фізіцы

За многія тысячагоддзі свайго існавання чалавецтва назапасіла вялізную колькасць ведаў аб навакольным свеце. Напрыклад, навукова даказана, што Зямля верціцца вакол сваёй восі. Святло ў большасці выпадкаў распаўсюджваецца прамалінейна. Маланка ёсць электрычны разрад.

Але ў выніку чаго і як з'явіліся гэтыя і іншыя веды? Які існуе метады навуковага пазнання навакольнага свету?

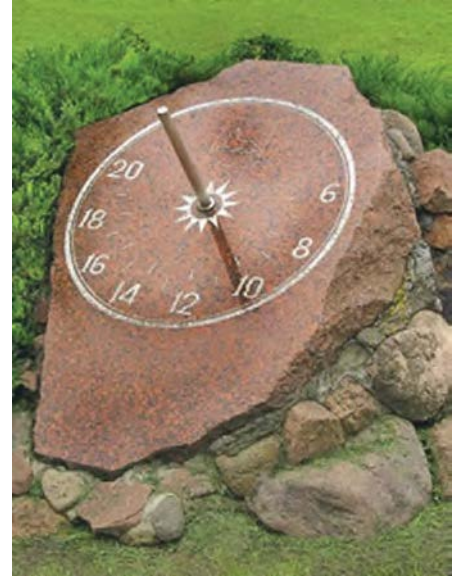
Метады навуковага пазнання навакольнага свету ўключае некалькі этапаў. Першы з іх — гэта **назіранне з'яў.**

Назіранне ажыццяўляецца з дапамогай органаў пачуццяў чалавека, а таксама з дапамогай прыбораў. Напрыклад, у выніку паўсядзённых назіранняў вызначана, што непразрыстыя целы ў сонечны дзень даюць цені (мал. 12).

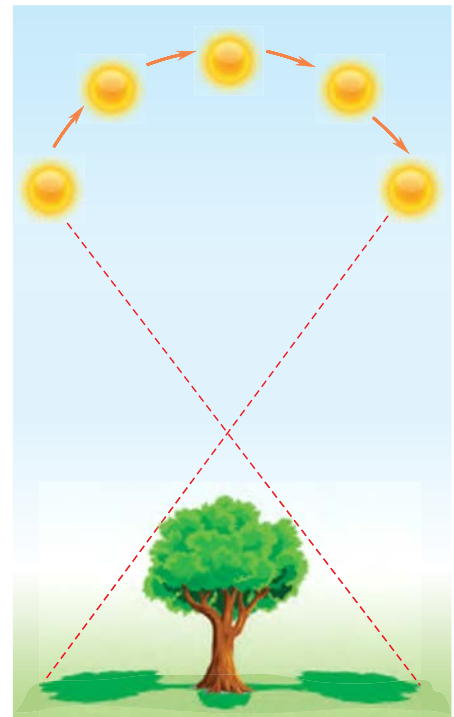
На аснове далейшых назіранняў **назапашваюцца факты** (вынікі назіранняў). Так, у выніку назіранняў было выяўлена, што памеры ценю змяняюцца на працягу дня (мал. 13). Яго даўжыня самая вялікая раніцай і ўвечары, а самая малая — апоўдні. Як растлумачыць дадзеныя факты? Для гэтага **вылучаецца гіпотэза** (меркаванне, здагадка).

Гіпотэз можа быць некалькі. У разгледжаным прыкладзе гіпотэза заключаецца ў тым, што святло распаўсюджваецца прамалінейна. Гіпотэза часам можа быць і памылковай, няправільнай. Тады вылучаецца новая гіпотэза.

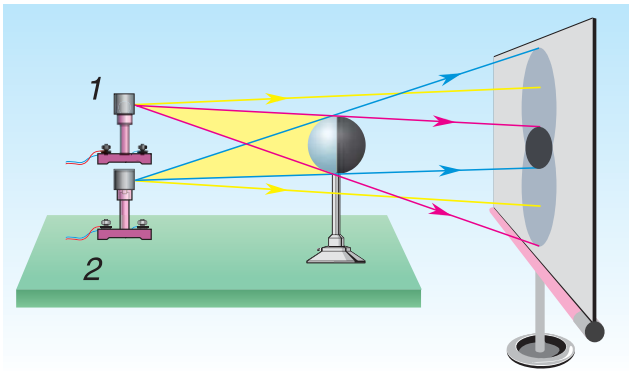
Гіпотэза тлумачыць вядомыя факты і **прадказвае новыя**, яшчэ невядомыя. Напрыклад, што могуць утварацца цені і паўцені, калі крыніца



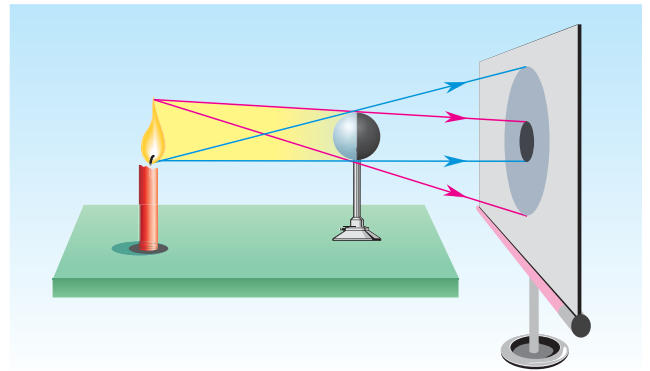
Мал. 12



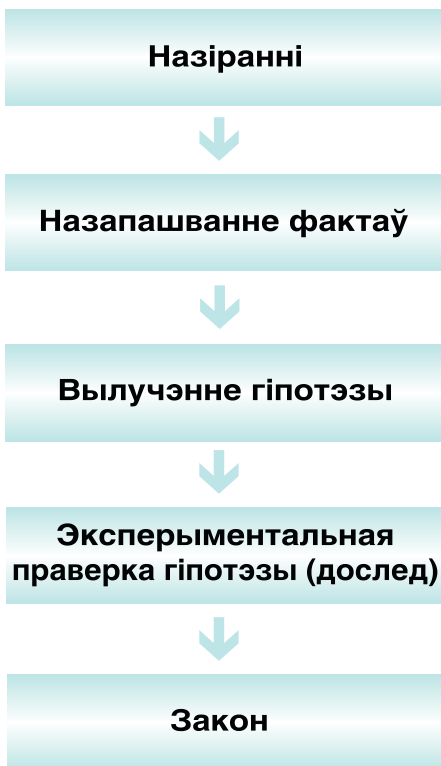
Мал. 13



Мал. 14



Мал. 15



Мал. 16

святла некалькі або крыніца адна, але вялікая. Яе памеры параўнальныя з адлегласцю да непразрыстага прадмета, які дае цень.

Далей надыходзіць заключны этап навуковага пазнання — **дослед**, або **эксперыментальная праверка гіпотэзы**. Доследы ставяцца ў лабараторыі.

Доследы, якія праводзяцца з дзвюма крыніцамі святла (мал. 14) і з адной крыніцай вялікіх памераў (мал. 15), паказалі, што памеры ценю, а таксама наяўнасць ценю і паўценю цалкам пацвярджаюць гіпотэзу аб прамалінейным распаўсюджванні святла.

Калі гіпотэза пацвердзілася, то яна становіцца **законам**.

Гіпотэза існуе да таго часу, пакуль не з'яўляюцца факты, якія ёй супярэчаць.

Схематычна навуковы шлях пазнання можна прадставіць так, як паказана на малюнку 16.

Галоўныя вывады

1. Пазнанне прыроды пачынаецца з назіранняў і назапашвання фактаў.
2. Для тлумачэння фактаў вылучаецца гіпотэза.
3. Вынікі эксперыментальнай праверкі гіпотэзы дазваляюць устанавіць закон.
4. З'яўленне новых фактаў, якія супярэчаць дадзенай гіпотэзе, прыводзіць да вылучэння новай гіпотэзы.

? Кантрольныя пытанні

1. Якія крыніцы нашых ведаў аб фізічных з'явах? Прывядзіце прыклады.
2. Што з'яўляецца падставай для вылучэння гіпотэзы?
3. Ці можа гіпотэза быць памылковай? Прывядзіце прыклады, вядомыя вам з іншых навук.
4. Якая роля доследу ў навуковым пазнанні?

▼ Для дапытлівых

У вядомага рускага паэта XIX ст. А. С. Пушкіна ёсць такія радкі:

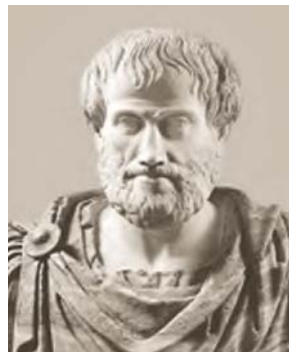
О сколько нам открытий чудных
Готовят просвещения дух,
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений, парадоксов друг,
И случай, бог-изобретатель [1].

Пра што піша Аляксандр Сяргеевіч? Паспрабуйце расшыфраваць яго выказванне. Пры неабходнасці звярніцеся па дапамогу да настаўніка або бацькоў.

→ Дамашняе заданне

У фізіцы вядомыя імёны многіх геніяльных мысліцеляў, сярод якіх такія выдатныя асобы, як Арыстоцель (мал. 17), Ньютан (мал. 18) і інш.

Пазнаёмцеся з біяграфіяй любога з іх (па вашым жаданні) і выпішыце найбольш цікавыя, на ваш погляд, факты з яго навуковай дзейнасці. Інфармацыю можна атрымаць з энцыклапедычнага слоўніка, Інтэрнэту і іншых крыніц.



Мал. 17



Мал. 18



§ 4.

Роля вымярэнняў у фізіцы. Прамыя і ўскосныя вымярэнні



Навука пачынаецца з тых часоў, як пачынаюць вымяраць...

Д. І. Мендзялееў

Удумайцеся ў словы вядомага вучонага. З іх становіцца зразумелай роля вымярэнняў у любой навуцы, асабліва ў фізіцы. Не менш важныя вымярэнні і ў практычным жыцці. Ці можаце вы ўявіць сваё жыццё без вымярэння часу, масы, даўжыні, скорасці руху, расхода электраэнергіі і г. д.?

Як вымераць фізічную велічыню? Для гэтай мэты выкарыстоўваюцца **вымяральныя прыборы**. Некаторыя з іх вам ужо вядомыя. Гэта рознага віду лінейкі, гадзіннікі, тэрмометры, вагі, транспарціры і інш.

Вымяральныя прыборы бываюць **лічбавымі** і **шкальнымі**. У лічбавых прыборах вынік вымярэнняў вызначаецца лічбамі. Гэта электронныя прыборы — гадзіннік, тэрмометр, лічыльнік электраэнергіі (мал. 19) і інш.

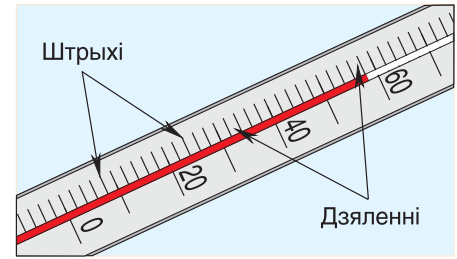
Лінейка, стрэлачны гадзіннік, бытавы тэрмометр, вагі, транспарцір (мал. 20) — гэта шкальныя

Мал. 19



Мал. 20

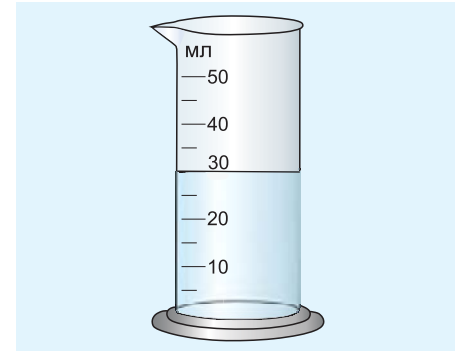
прыборы. Яны маюць шкалу. Па ёй вызначаецца вынік вымярэнняў. Уся шкала расчэрчана штрыхамі на дзяленні (мал. 21). Адно дзяленне — гэта не адзін штрых, як часам памылкова лічаць некаторыя навучэнцы. Гэта прамежак паміж двума найбліжэйшымі штрыхамі. На малюнку 22 на шкале мензуркі ад значэння 10 мл да значэння 20 мл два дзяленні, але тры штрыхі.



Мал. 21

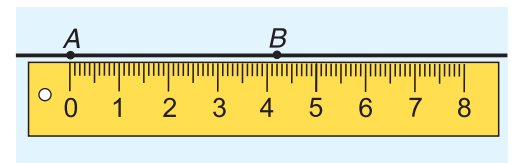
Прыборы, якія мы будзем выкарыстоўваць у лабараторных работах, у асноўным шкальныя.

Што значыць вымераць фізічную велічыню? **Вымераць фізічную велічыню — значыць параўнаць яе з аднароднай велічынёй, прынятай за адзінку.** Напрыклад, каб вымераць даўжыню адрэзка прамой паміж пунктамі A і B , трэба прыкласці лінейку і па яе шкале (мал. 23) вызначыць, колькі міліметраў укладаецца паміж пунктамі A і B . Аднароднай велічынёй, з якой праводзіцца параўнанне даўжыні адрэзка AB , у дадзеным выпадку з'яўляецца даўжыня, роўная 1 мм.



Мал. 22

Калі фізічная велічыня вымяраецца непасрэдна шляхам зняцця даных са шкалы прыбора, то такое вымярэнне называюць **прамым**. Напрыклад, прыклаўшы лінейку да розных кантаў бруска (мал. 24, a), мы вызначым яго даўжыню a , шырыню b і вышыню c (мал. 24, b). Значэнне даўжыні, шырыні і вышыні мы вызначылі непасрэдна, зняўшы даныя са шкалы лінейкі. З малюнка 24, a вынікае: $a = 55$ мм. Гэта прамое вымярэнне.



Мал. 23

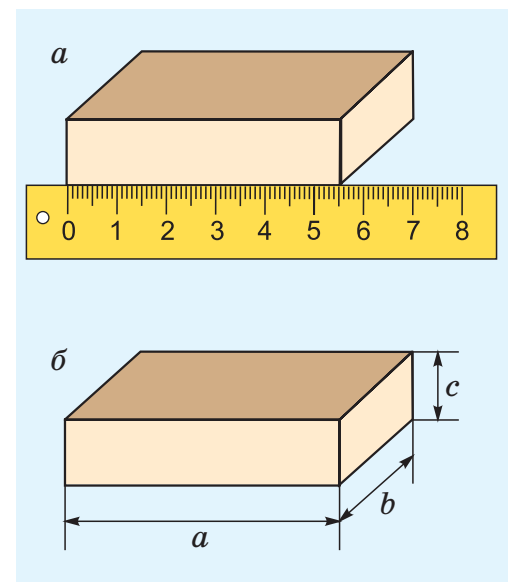
А як вызначыць аб'ём бруска? Трэба правесці прамыя вымярэнні яго даўжыні a , шырыні b і вышыні c , а затым па формуле

$$V = a \cdot b \cdot c$$

вылічыць аб'ём бруска.

У гэтым выпадку мы гаворым, што аб'ём бруска вызначылі **па формуле**, г. зн. **ускосна**. Такое вымярэнне аб'ёму называецца **ўскосным**.

Вымярэнні фізічных велічынь часцей за ўсё ўскосныя. У далейшым вы пераканаецеся ў гэтым самі.



Мал. 24

Галоўныя вывады

1. Вымяральныя прыборы бываюць лічбавымі і шкальнымі.
2. Пры прамых вымярэннях фізічная велічыня вызначаецца непасрэдна па шкале прыбора.
3. Пры ўскосных вымярэннях фізічная велічыня вызначаецца па формуле.

? Кантрольныя пытанні

На малюнку 25 паказана некалькі вымяральных прыбораў.

1. Як называюцца гэтыя вымяральныя прыборы?
2. Якія з іх лічбавыя? Якія шкальныя?
3. Якую фізічную велічыню вымярае кожны прыбор?
4. Што ўяўляе сабой аднародная велічыня, з якой параўноўваюць вымяраемую велічыню, для кожнага прыбора, паказанага на малюнку 25?



Мал. 25

▼ Для дапытлівых

Вывучаючы будову чалавечага цела і работу яго органаў, вучоныя праводзяць мноства вымярэнняў. Аказваецца, у чалавека масай прыкладна 70 кг каля 6 л крыві. Сэрца чалавека ў спакойным стане скарачаецца 60—80 разоў у мінуту. За адно скарачэнне яно выкідвае ў сярэднім 60 см^3 крыві, за мінуту — каля 4 л, за суткі — каля 6—7 т, за год — больш за 2000 т. Такім чынам, наша сэрца — вялікі працаўнік!

За суткі кроў чалавека каля 360 разоў праходзіць праз ныркі і ачышчаецца там ад шкодных рэчываў. Агульная працягласць нырчаных крывяносных сасудаў складае прыблізна 18 км. Ведучы здаровы лад жыцця, мы дапамагаем нашаму арганізму працаваць без збояў!

→ Дамашняе заданне

1. Запішыце ў сшытку вымяральныя прыборы, якія ёсць у вас дома. Размяркуйце іх па групах:

а) лічбавыя; б) шкальныя.

2. Праверце справядлівасць правіла Леанарда да Вінчы (мал. 26) — італьянскага мастака, матэматыка, астранома, інжынера 2-й паловы XV — пачатку XVI ст. Для гэтага:

а) вымерайце свой рост — папрасіце каго-небудзь паставіць на сцяне невялікую рысачку алоўкам (мал. 27); вымерайце адлегласць ад падлогі да адзначанай рысачкі;

б) вымерайце адлегласць па гарызантальнай прамой паміж канцамі пальцаў разведзеных у бакі рук (мал. 28);

в) параўнайце атрыманае ў пункце б) значэнне са сваім ростам. У большасці людзей гэтыя значэнні роўныя, што ўпершыню прыкмеціў Леанарда да Вінчы.



Мал. 26



Мал. 27



Мал. 28



§ 5.

Адзінкі вымярэння фізічных велічынь. Міжнародная сістэма адзінак (СИ)



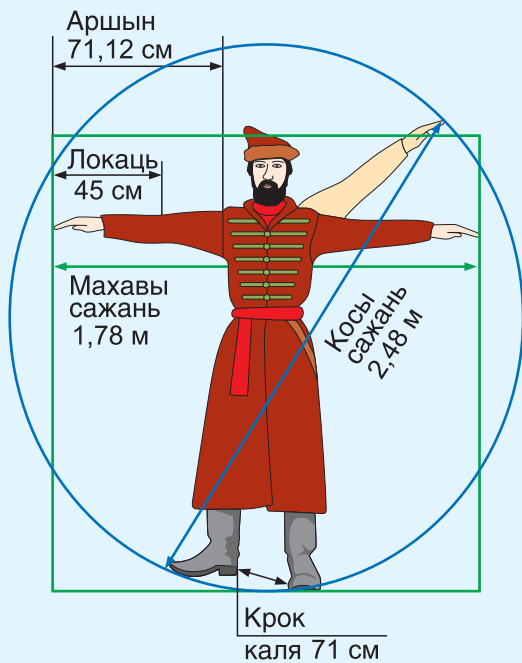
Мал. 29

Каб вырашыць, як хутчэй даехаць да вакзала — на трамваі або на таксі, параўноўваюць скорасці іх руху. Скорасць — фізічная велічыня. Яна колькасна апісвае фізічную з’яву — рух. Калі скорасць аўтамабіля $90 \frac{\text{км}}{\text{г}}$, а трактара (мал. 29) $30 \frac{\text{км}}{\text{г}}$, то зразумела, што аўтамабіль рухаецца ў 3 разы хутчэй за трактар.

Для апісання фізічных з’яў і ўласцівасцей выкарыстоўваецца мноства фізічных велічынь: даўжыня, сіла, ціск і інш. Кожная фізічная велічыня мае **сімвалічнае абазначэнне**, **лікавае значэнне** і **адзінку вымярэння**. Напрыклад, даўжыня вяроўкі $l = 2$ м. Тут даўжыня — фізічная велічыня, l — яе сімвалічнае абазначэнне, 2 — лікавае значэнне, м — скарачанае абазначэнне адзінкі даўжыні (метра). Сімваламі фізічных велічынь звычайна з’яўляюцца літары лацінскага і грэчаскага алфавітаў.

Гістарычна склалася так, што ў розных народаў і дзяржаў адзінкі вымярэння адных і тых жа фізічных велічынь адрозніваліся. Часта гэта былі адзінкі, якія адпавядалі памерам частак цела чалавека, масе насення бобу і г. д. Карыстацца такімі адзінкамі было нязручна, асабліва ў гандлі паміж рознымі дзяржавамі.

Напрыклад, у Англіі для вымярэння даўжыні выкарыстоўваўся фут (1 фут = 30,5 см), а на Русі — аршын (1 аршын = 71,12 см) (мал. 30). Трэба было ўпарадкаваць сістэму адзінак, зрабіць яе зручнай у выкарыстанні ўсімі краінамі. У 1960 г. увялі адзіную *Міжнародную сістэму адзінак* (скарачана СИ — Сістэму Інтэрнацыянальную). Ёй карыстаецца большасць краін. Асноўнымі адзінкамі ў СИ з’яўляюцца: метр (м) — для даўжыні, кілаграм (кг) — для масы, секунда (с) — для часу, кельвін (К) — для тэмпературы.



Мал. 30

Але ці заўсёды зручна вымяраць час у секундах, а даўжыню ў метрах? Аказваецца, не. Напрыклад, час руху цягніка з Мінска ў Маскву вымяраюць у гадзінах (г), а шлях — у кіламетрах (км). Адзінкі 1 г і 1 км — гэта неасноўныя (кратныя) адзінкі СІ. Паміж асноўнымі і неасноўнымі адзінкамі існуе сувязь. Так, $1 \text{ км} = 1000 \text{ м}$, $1 \text{ г} = 3600 \text{ с}$.

Асноўныя адзінкі вымярэння маюць эталоны*. Эталон захоўваецца ў г. Сеўры (Францыя) у Міжнародным бюро мер і вагаў. На малюнку 31 паказаны першы эталон кілаграма — цыліндр з плаціна-ірыдыевага сплаву. Зараз эталон масы — больш складанае ўстройства. Пазней вы пазнаёміцеся з эталонамі розных адзінак вымярэння.



Мал. 31

▼ Для дапытлівых

Эталонная база краіны забяспечвае адзінства вымярэнняў і з'яўляецца часткай нацыянальнага багацця. У Беларусі, як і ў іншых краінах, вядзецца работа па даследаванні і стварэнні эталонных комплексаў. У Беларускай дзяржаўным інстытуце метралогіі створаны эталоны адзінак масы, часу, даўжыні, тэмпературы і інш.



■ Галоўныя вывады

1. Кожная фізічная велічыня мае сімвалічнае абазначэнне, лікавае значэнне і адзінку вымярэння.
2. Асноўнымі адзінкамі СІ з'яўляюцца: метр, кілаграм, секунда, кельвін і інш.
3. Асноўныя адзінкі вымярэння маюць свае эталоны.

? Кантрольныя пытанні

1. Што неабходна ведаць, каб запісаць фізічную велічыню?
2. Запішыце ў сшытак пяць фізічных велічынь, вядомых вам з матэматыкі.
3. Чаму нязручна было карыстацца такімі адзінкамі даўжыні, як фут або аршын?
4. Якія асноўныя адзінкі вымярэння даўжыні, масы, часу ўключае Міжнародная сістэма адзінак (СІ)?

* Слова «эталон» азначае «ідэальны ўзор».

**Прыклад рашэння задачы**

У адной з кніг нямецкага падарожніка XVII ст. ёсць такія радкі: «Шаўковая матэрыя, якую прывозяць з Усходу, называецца рускімі “кітайкай”, і кожны кавалак змяшчае ні больш ні менш як восем з чвэрцю аршынаў». Колькі метраў у кавалку матэрыі?

Дадзена:

$$n = 8,25 \text{ аршына}$$

$$l_0 = 71,1 \text{ см} = 0,711 \text{ м}$$

$$l \text{ (м)} — ?$$

Рашэнне

Паколькі даўжыня аднаго аршына $l_0 = 0,711 \text{ м}$, то даўжыня васьмі з чвэрцю аршынаў у метрах будзе роўна:

$$l \text{ (м)} = nl_0;$$

$$l \text{ (м)} = 8,25 \cdot 0,711 \text{ м} = 5,9 \text{ м}.$$

Адказ: $l = 5,9 \text{ м}$.

Практыкаванне 1

1. Выкарыстаўшы сімвалічныя абазначэнні фізічных велічынь, запішыце коратка:

- спартсмен прабегае дыстанцыю 100 м;
- самалёт даляцеў да пункта прызначэння за час 2,5 г;
- маса яблыкаў 3 кг;
- плошча ўчастка 600 м²;
- у слоік налілі 0,5 л вады.

2. У апавяданні Л. М. Талстога «Чарапахы» [2] ёсць такая фраза: «Чарапахі бываюць маленькія, не больш за сподачак, і вялікія, у тры аршыны даўжынёй і вагою у 20 пудоў». Выразіце даўжыню вялікай чарапахі ў метрах (м) і сантыметрах (см), масу — у кілаграмах (кг). Указанне: 1 пуд = 16,4 кг.

3. Письменніца С. Савіцкая ў гістарычным рамане «Разблытай час» [3] піша: «Дарогі падземных нетраў дасягалі 30 вёрст». Выразіце даўжыню дарог у кіламетрах (км). Указанне: 1 вярста = 1066,8 м.

4. Перавядзіце ў асноўныя адзінкі СІ:

- масу шарыка $m = 200 \text{ г}$;
- даўжыню лінейкі $l = 25 \text{ см}$;
- час руху аўтамабіля $t = 1 \text{ г } 30 \text{ мін}$;
- плошчу засеянага поля $S = 100 \text{ га}$.



§ 6.

Дзеянні над фізічнымі велічынямі

У матэматыцы можна складаць, аднімаць і параўноўваць любыя лікі. А якія дзеянні можна выконваць над фізічнымі велічынямі?

Дзеянні складання, аднімання і параўнання над фізічнымі велічынямі можна выконваць толькі ў тым выпадку, калі яны аднародныя, г. зн. **выражаюць адну і тую ж фізічную велічыню.**

Мы можам складаць даўжыню з даўжынёй, аднімаць ад масы масу, параўноўваць час з часам (прыклад 1). Смешна і недарэчна было б складаць 4 м і 5 кг або аднімаць 30 с ад 9 кг. А вось памнажаць і дзяліць можна як аднародныя, так і разнародныя фізічныя велічыні.

У прыкладзе 2 дзялення не толькі лікавыя значэнні ($10 : 2 = 5$), але і адзінкі фізічных велічынь ($\text{кг} : \text{кг} = 1$). Вынік паказвае, у колькі разоў адна маса большая за другую.

У прыкладзе 3 памнажаюцца лікавыя значэнні ($2 \cdot 4 = 8$) і адзінкі фізічных велічынь ($\text{м} \cdot \text{м} = \text{м}^2$). У выніку множання дзвюх даўжынь $l_1 = 2 \text{ м}$ і $l_2 = 4 \text{ м}$ атрымалася новая фізічная велічыня — плошча $S = 8 \text{ м}^2$.

У прыкладзе 4 у выніку дзялення дзвюх разнародных фізічных велічынь — даўжыні $l = 10 \text{ м}$ на час $t = 2 \text{ с}$ — атрымалася новая фізічная велічыня $5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Яе лікавае значэнне роўна 5, а адзінка новай фізічнай велічыні — $\frac{\text{м}}{\text{с}}$. Гэта фізічная велічыня $v = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ — скорасць. Больш падрабязна вы даведаецеся аб ёй у 3-й главе.

У прыкладзе 5 знак роўнасці адносіцца не толькі да лікавых значэнняў, але і да адзінак.

Знак роўнасці паставіць нельга, калі параўноўваць $\frac{10 \text{ м}}{2 \text{ с}}$ і $\frac{20 \text{ м}}{4 \text{ мін}}$. Тут $\frac{\text{м}}{\text{с}} \neq \frac{\text{м}}{\text{мін}}$.

Прыклад 1

$$4 \text{ м} + 3 \text{ м} = 7 \text{ м}$$

$$9 \text{ кг} - 5 \text{ кг} = 4 \text{ кг}$$

$$30 \text{ с} > 10 \text{ с}$$

Прыклад 2

$$\frac{10 \text{ кг}}{2 \text{ кг}} = 5$$

Прыклад 3

$$2 \text{ м} \cdot 4 \text{ м} = 8 \text{ м}^2$$

Прыклад 4

$$\frac{10 \text{ м}}{2 \text{ с}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Прыклад 5

$$\frac{10 \text{ м}}{2 \text{ с}} = \frac{20 \text{ м}}{4 \text{ с}}$$

Галоўныя вывады

1. Складаць, аднімаць і параўноўваць можна толькі аднародныя фізічныя велічыні.
2. Множанне і дзяленне разнародных велічынь прыводзіць да новай фізічнай велічыні.

Кантрольныя пытанні

1. Што неабходна ўлічваць пры складанні і адніманні фізічных велічынь?
2. Якія фізічныя велічыні можна параўноўваць? Прывядзіце прыклады.
3. Ці можна дзяліць і памнажаць разнародныя фізічныя велічыні?



Прыклады рашэння задач

1. Выберыце значэнні фізічных велічынь, якія можна складаць: 120 г, 40 см², 56 м³, 8 мін, 0,048 кг. Вызначыце значэнне фізічнай велічыні, атрыманай у выніку складання.

Рашэнне

Аднароднымі фізічнымі велічынямі ў дадзеным выпадку з'яўляюцца масы цел: $m_1 = 120$ г і $m_2 = 0,048$ кг.

Для выканання аперацыі складання фізічныя велічыні неабходна выразіць у адных адзінках.

Адно з мас, напрыклад m_2 , выразім у адзінках, у якіх запісана маса m_1 , г. зн. у грамах (г).

Паколькі 1 кг = 1000 г, $m_2 = 0,048$ кг = $0,048 \cdot 1000$ г = 48 г.

Такім чынам, $m = m_1 + m_2 = 120$ г + 48 г = 168 г.

Адказ: вынікам складання з'яўляецца маса $m = 168$ г.

2. Вызначыце фізічныя велічыні, атрыманыя ў выніку выканання наступных дзеянняў: а) 35 г : $5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$; б) 40 см · 0,25 м.

Рашэнне

а) Знойдзем адносіну дзвюх фізічных велічынь, падзяліўшы іх лікавыя значэнні і адзінкі:

$$35 \text{ г} : 5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{35}{5} \text{ см}^3 = 7 \text{ см}^3.$$

Мы атрымалі фізічную велічыню — аб'ём $V = 7 \text{ см}^3$.

б) Каб памножыць дзве аднародныя фізічныя велічыні, неабходна выразіць іх у адных адзінках, напрыклад у сантыметрах (см):

$$40 \text{ см} \cdot 0,25 \text{ м} = 40 \text{ см} \cdot 25 \text{ см} = 1000 \text{ см}^2 = 10 \text{ дм}^2.$$

Мы атрымалі фізічную велічыню — плошчу $S = 10 \text{ дм}^2$.

Адказ: а) у выніку дзялення дзвюх разнародных фізічных велічынь (масы і шчыльнасці) атрымана трэцяя фізічная велічыня — аб'ём $V = 7 \text{ см}^3$; б) у выніку множання дзвюх аднародных фізічных велічынь (даўжынь) атрымана трэцяя фізічная велічыня — плошча $S = 10 \text{ дм}^2$.

Практыкаванне 2

1. Якія з прыведзеных значэнняў велічынь можна склацаць? Выканайце складанне і запішыце вынік:

а) 3,0 мін, 26 см, 5 см², 40 с, 10 кг, 25 см³;

б) 2,0 кг, 15 мм, 10 мм², 60 с, 25 г, 2,5 мл.

2. Якія з прыведзеных значэнняў велічынь можна аднімаць? Выканайце адніманне і запішыце вынік:

а) 16 см, 8,0 кг, 40 с, 64 см³, 90 мм;

б) 2,0 м², 300 кг, 40 см³, 20 мін, 30 км, 12 т.

3. Параўнайце даўжыні адрэзкаў: $l_1 = 4,8 \text{ см}$, $l_2 = 4,8 \text{ мм}$, $l_3 = 48 \text{ мм}$. Ці ёсць сярод іх роўныя? Які адрэзак мае найменшую даўжыню? Пабудуйце адрэзкі ў сшытку.

4. Якая фізічная велічыня атрымаецца ў выніку наступных дзеянняў:

а) $12 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 3,0 \text{ м}^3$; в) $25,0 \text{ см} + 150 \text{ мм}$; д) $\frac{14 \text{ м}^2}{2,0 \text{ м}}$;

б) $40 \text{ см} - 0,15 \text{ м}$; г) $20 \text{ см} \cdot 0,50 \text{ м} \cdot 3,0 \text{ дм}$; е) $\frac{27 \text{ м}^3}{9,0 \text{ м}}$?

5. Устаўце патрэбную фізічную велічыню:

а) $5 \text{ м} - \dots = 1 \text{ м}$;

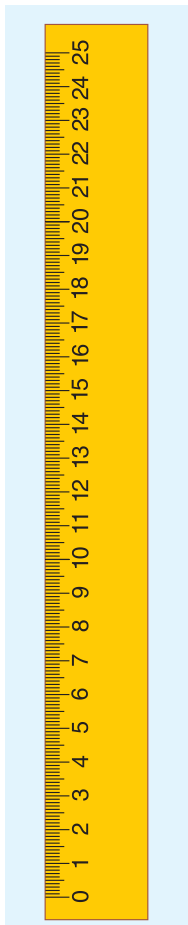
б) $300 \text{ кг} + \dots = 0,5 \text{ т}$;

в) $4 \text{ дм} \cdot \dots = 20 \text{ дм}^2$.

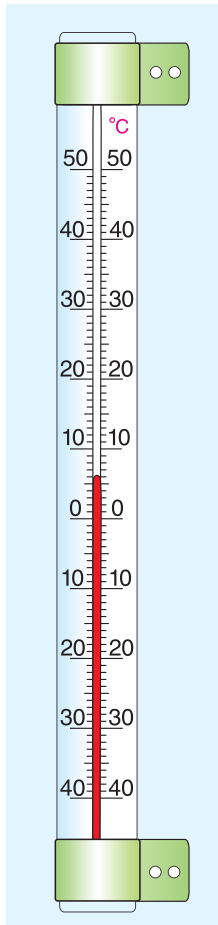


§ 7.

Вымяральныя прыборы. Цана дзялення. Хібнасць вымярэння



Мал. 32



Мал. 33

Распачынаючы вымярэнні, неабходна перш за ўсё падабраць прыборы. Што трэба ведаць аб вымяральных прыборах?

Мінімальнае (ніжняя мяжа) і максімальнае (верхняя мяжа) значэнні шкалы прыбора — гэта **межы вымярэння**. Часцей за ўсё мяжа вымярэння адна, але можа быць і дзве. Напрыклад, лінейка мае адну мяжу — верхнюю. У лінейкі на малюнку 32 яна роўна 25 см. У тэрмометра на малюнку 33 дзве мяжы: верхняя мяжа вымярэння тэмпературы роўна $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$; ніжняя $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На малюнку 34 паказаны тры лінейкі з аднолькавымі верхнімі межамі (25 см). Але гэтыя лінейкі вымяраюць даўжыню з рознай хібнасцю. Найменшую хібнасць вымярэнняў дае лінейка 1, найбольшую — лінейка 3.

Што такое хібнасць вымярэння і ад чаго яна залежыць? Для адказу на гэтыя пытанні разгледзім спачатку паняцце *цаны дзялення шкалы прыбора*.

Цана дзялення — гэта значэнне найменшага дзялення шкалы прыбора.

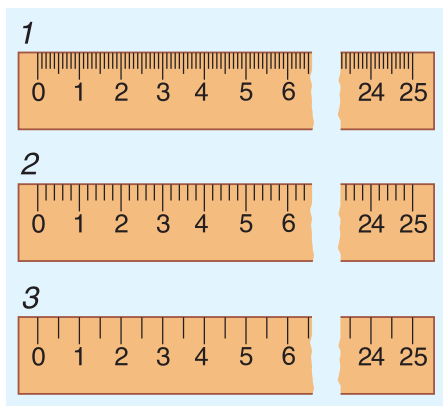
Як вызначыць цану дзялення шкалы? Для гэтага неабходна:

1) выбраць на шкале лінейкі два суседнія значэнні, напрыклад 3 см і 4 см;

2) падлічыць колькасць дзяленняў (не штрыхоў!) паміж гэтымі значэннямі; напрыклад, на лінейцы 1 (мал. 34) колькасць дзяленняў паміж значэннямі 3 см і 4 см роўна 10;

3) адняць ад большага значэння меншае (4 см – 3 см = 1 см) і атрыманы вынік падзяліць на колькасць дзяленняў.

Атрыманае значэнне і будзе цаной дзялення шкалы прыбора. Абзначым яе літарай *C*.



Мал. 34

$$\text{Для лінейкі 1: } C_1 = \frac{1 \text{ см}}{10 \text{ дзял.}} = 0,1 \frac{\text{см}}{\text{дзял.}}$$

$$\text{Для лінейкі 2: } C_2 = \frac{1 \text{ см}}{5 \text{ дзял.}} = 0,2 \frac{\text{см}}{\text{дзял.}}$$

$$\text{Для лінейкі 3: } C_3 = \frac{1 \text{ см}}{2 \text{ дзял.}} = 0,5 \frac{\text{см}}{\text{дзял.}}$$

Дакладна гэтак жа можна вызначыць і цану дзялення шкал мензурак 1 і 2 (мал. 35).

$$\text{Для мензуркі 1: } C_1 = \frac{30 \text{ мл} - 20 \text{ мл}}{2 \text{ дзял.}} = 5 \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}}$$

$$\text{Для мензуркі 2: } C_2 = \frac{30 \text{ мл} - 20 \text{ мл}}{10 \text{ дзял.}} = 1 \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}}$$

А якімі лінейкай і мензуркай можна вымераць больш дакладна, г. зн. з меншай хібнасцю?

Як вынікае з тэорыі, **хібнасць пры вымярэнні роўна палове цаны дзялення шкалы вымяральнага прыбора.**

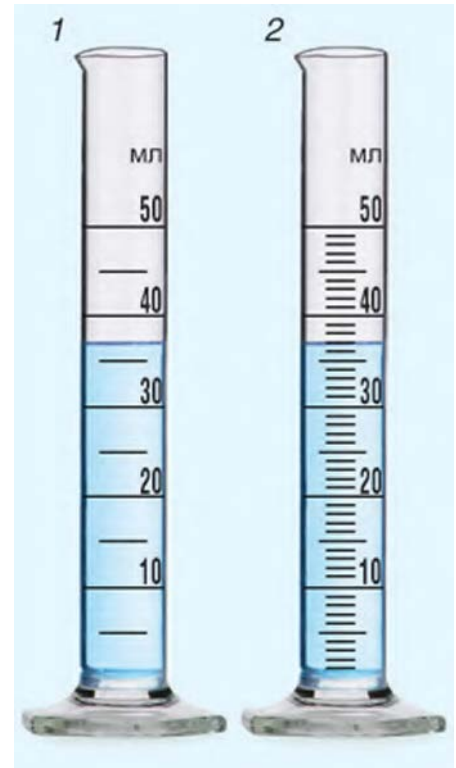
Вымераем адзін і той жа аб'ём мензуркай 1 і мензуркай 2. Па паказаннях шкал у мензурцы 1 аб'ём вады $V = 35$ мл; у мензурцы 2 — $V = 37$ мл.

Зразумела, што больш дакладна (з меншай хібнасцю) вымераны аб'ём вады мензуркай 2, цана дзялення якой меншая $\left(1 \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}} < 5 \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}}\right)$.

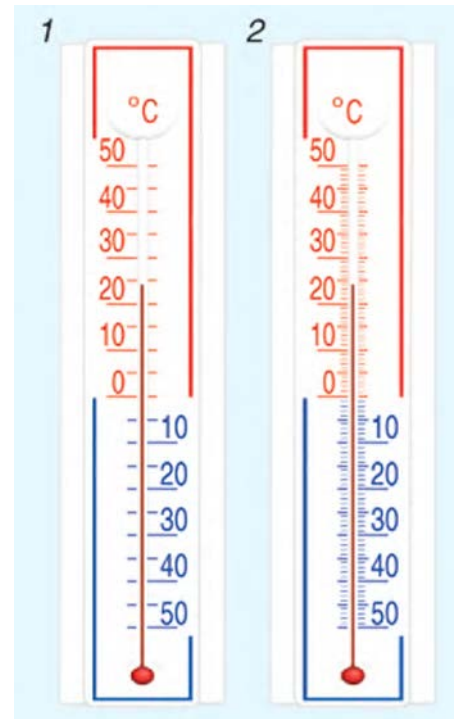
Значыць, **чым меншая цана дзялення шкалы, тым з меншай хібнасцю можна вымераць дадзеным прыборам.** Гавораць: мензуркай 1 мы вымералі аб'ём з хібнасцю да 2,5 мл (параўнайце з цаной дзялення шкалы $C_1 = 5 \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}}$), мензуркай 2 — з хібнасцю да 0,5 мл (параўнайце з цаной дзялення шкалы $C_2 = 1 \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}}$). *Хібнасць вымярэння тэмпературы тэрмометрамі 1 і 2 (мал. 36) вызначыце самастойна.*

Такім чынам, любым прыборам, які мае шкалу, вымераць фізічную велічыню можна з хібнасцю, роўнай палове цаны дзялення шкалы.

Лінейкай 1 (мал. 34) можна вымераць даўжыню з хібнасцю да 0,5 мм. *Хібнасць вымярэння даўжыні лінейкамі 2 і 3 вызначыце самастойна.*



Мал. 35



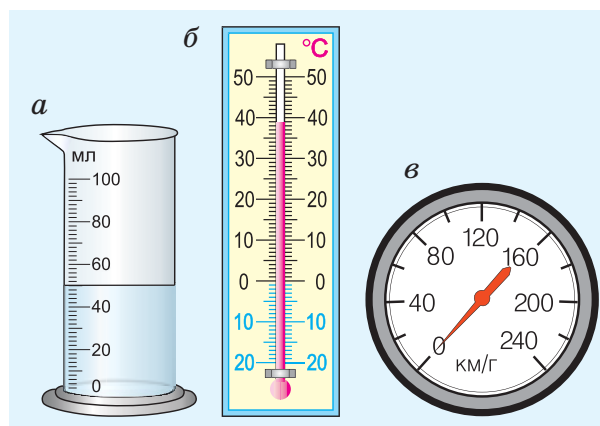
Мал. 36

Галоўныя вывады

1. Верхняя і ніжняя межы вымярэння — гэта максімальнае і мінімальнае значэнні шкалы прыбора.
2. Цана дзялення шкалы роўна значэнню найменшага дзялення шкалы.
3. Чым меншая цана дзялення шкалы, тым з меншай хібнасцю будучь праведзены вымярэнні дадзеным прыборам.

? Кантрольныя пытанні

1. Што называюць цаной дзялення?
2. Як вызначыць цану дзялення шкалы прыбора?
3. Ад чаго залежыць хібнасць вымярэння дадзеным прыборам?
4. На малюнку 37 паказаны вымяральныя прыборы. Як яны называюцца? Якія фізічныя велічыні яны вымяраюць? Якая цана дзялення шкалы кожнага з іх?
5. Якія значэнні верхняй і ніжняй меж вымярэння прыбораў, паказаных на малюнку 37?
6. Ці можна выкарыстоўваць тэрмометр, паказаны на малюнку 37, б, на Поўначы? Чаму?
7. На якіх відах транспарту можна выкарыстоўваць паказаны на малюнку 37, в спідометр: на самалёце, аўтамабілі, веласіпедзе? Чаму?



Мал. 37

▼ Для дапытлівых

У гісторыі навукі ёсць нямала выпадкаў, калі памяншэнне хібнасці вымярэнняў давала штуршок да новых адкрыццяў. Больш дакладныя вымярэнні шчыльнасці азоту, вылучанага з паветра, дазволілі ў 1894 г. адкрыць новы інертны газ — аргон. Памяншэнне хібнасці вымярэнняў шчыльнасці вады прывяло да адкрыцця ў 1932 г. адной з разнавіднасцей цяжкіх атамаў вадароду — дэйтэрыю. Пазней дэйтэрыў увайшоў у склад ядзернага паліва. Ацаніць адлегласці да зорак і стварыць іх дакладныя каталогі вучоныя змаглі дзякуючы памяншэнню хібнасці пры вымярэнні месцазнаходжання яркіх зорак на небе.

→ Дамашняе заданне

1. Вазьміце пластыкавую бутэльку і мерную шклянку, вырабіце мензурку. Вызначыце цану дзялення і хібнасць вымярэння вырабленай вамі мензуркі. Для вырабу шкалы выкарыстайце вузкі лейкапластыр.

2. Зрабіце «гадзіннік Галілея». У дне пластыкавай бутэльні пракліце цвіком адтуліну. Вертыкальна на ўсю вышыню бутэльні наклейте вузкую палоску лейкапластыра. Напоўніце бутэльку вадой на $\frac{2}{3}$ вышыні. Штрыхамі адзначце на лейкапластыры пачатковы ўзровень вады, а затым узроўні вады ў адкрытай бутэльцы праз 10 с, 20 с, 30 с і г. д. Адлегласці паміж штрыхамі падзяліце на 10 роўных частак. Карыстаючыся гэтым «гадзіннікам», вымераўце час паказу аднаго рэкламнага роліка па тэлевізары.

Прыклад рашэння задачы

Для вымярэння велічыні вугла выкарыстоўваюць транспарцір. Вызначыце: а) цану дзялення верхняй і ніжняй шкал транспарціра, паказанага на малюнку 38; б) значэнне вугла BAC , выкарыстаўшы кожную шкалу; пазначце хібнасць вымярэння вугла BAC у кожным выпадку.

Рашэнне

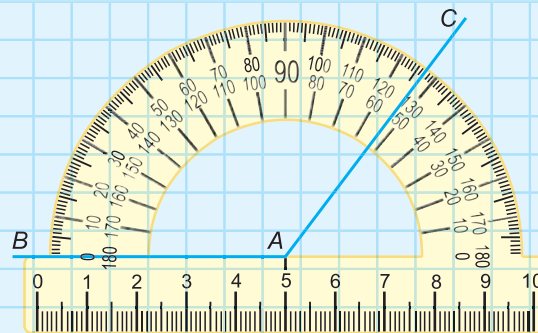
а) Цана дзялення ніжняй шкалы:

$$C_n = \frac{130^\circ - 120^\circ}{1 \text{ дзял.}} = \frac{10^\circ}{\text{дзял.}}$$

Цана дзялення верхняй шкалы:

$$C_v = \frac{130^\circ - 120^\circ}{10 \text{ дзял.}} = \frac{1^\circ}{\text{дзял.}}$$

б) Вызначаны па ніжняй шкале з хібнасцю да $5^\circ \angle BAC = 125^\circ$; вызначаны па верхняй шкале з хібнасцю да $0,5^\circ \angle BAC = 127,0^\circ$.



Мал. 38

Практыкаванне 3

1. Вызначыце цану дзялення шкалы гадзінніка, калі паміж штрыхамі, якія адпавядаюць значэнням 15 мін і 30 мін, ёсць 3 дзяленні.

2. Тэмпература паветра ў пакоі $t_0 = 16^\circ\text{C}$. Пасля таго як уключылі абагравальнік, узровень вадкасці ў пакаёвым тэрмометры падняўся на 4 дзяленні. Вызначыце, якая тэмпература паветра ўсталявалася ў пакоі, калі цана дзялення тэрмометра $C = 2,0 \frac{^\circ\text{C}}{\text{дзял.}}$.

3. Цана дзялення шкалы спідометра $C = 10 \frac{\text{км}}{\text{дзял.}}$. На колькі дзяленняў перамясцілася стрэлка спідометра пры выездзе аўтамабіля з населенага пункта на трасу, калі яго скорасць змянілася ад $v_1 = 60 \frac{\text{км}}{\text{г}}$ да $v_2 = 90 \frac{\text{км}}{\text{г}}$?

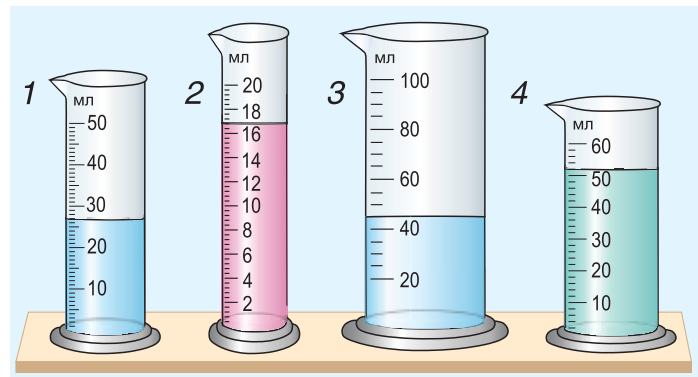
4. Якую тэмпературу паказвае тэрмометр на малюнку 39? З якой хібнасцю можна вымераць тэмпературу дадзеным тэрмометрам?

5. На малюнку 40 паказаны чатыры мензуркі. Вызначыце цану дзялення шкалы кожнай мензуркі і аб'ёмы вадкасцей, налітых у іх.

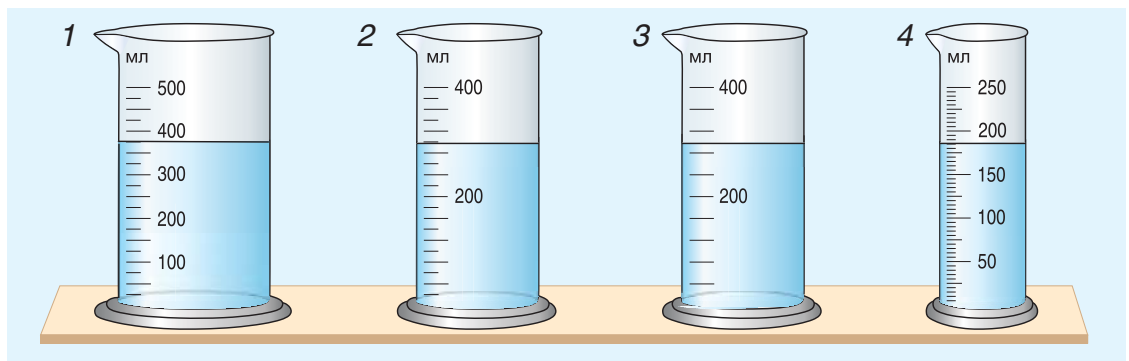
6. Вызначыце аб'ёмы вадкасцей, налітых у мензуркі (мал. 41). Ці ёсць сярод іх роўныя? Якая з мензурак дазваляе вызначыць аб'ём вадкасці з меншай хібнасцю?



Мал. 39



Мал. 40



Мал. 41



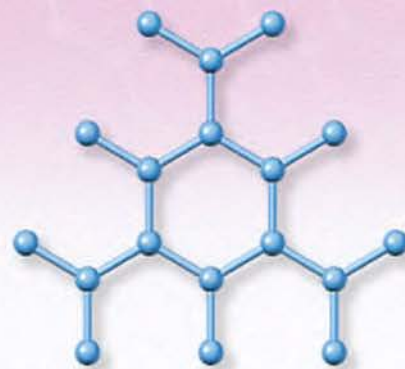
Тэмы праектных заданняў

1. Роля эксперымента пры адкрыцці закону.
2. Ад аршына да метра.
3. Чаму шкала тэрмометра мае дзве мяжы вымярэння, а шкалы лінейкі, спідометра — толькі адну?

2



Будова рэчыва

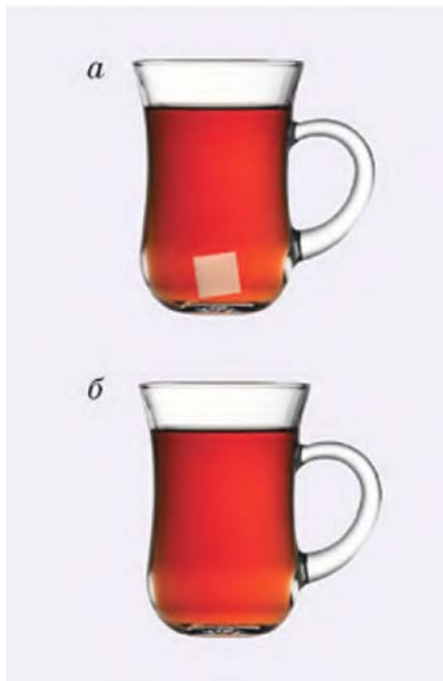


- Чаму алмаз цвёрды, а графіт мяккі?
- Кавалкі пластыліну лёгка злучыць у адзін, а асколкі разбітага кубка — не. Чаму?
- Ці магчыма ўбачыць атамы і малекулы?

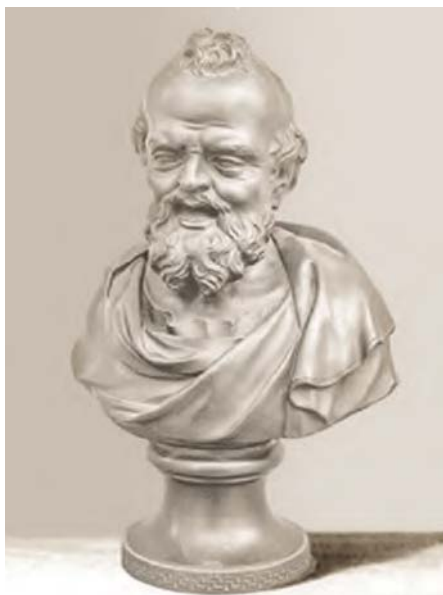




§ 8.

Дыскрэтная будова
рэчыва

Мал. 42



Мал. 43

Другого нічога в прыродзе нет.
Ни здесь, ни там, в космических глубинах:
Все — от песчинок малых до планет —
Из элементов состоит единых.

С. Шчыпачоў [5]

Аб якіх элементах ідзе гаворка ў змешчаных
вышэй радках верша?

Усе целы складаюцца з якіх-небудзь рэчываў.
Напрыклад, ручка складаецца з пластыку, ало-
вак — з драўніны і графіту. Рэчывы валодаюць
рознымі, толькі для іх характэрнымі ўласцівас-
цямі: колерам, пахам, шчыльнасцю, цяжучасцю
і інш. А што агульнае маюць усе рэчывы?

Правядзём дослед. У кубак з чаем пакладзём
кавалачак цукру (мал. 42, а) і размяшаем. Кры-
шталікі цукру сталі нябачнымі (мал. 42, б), а
чай — салодкім. Значыць, цукар не знік. Ён
застаўся ў чай. Але чаму мы не бачым крышта-
лікі? Яны распаліся на найдрабнейшыя часціцы,
нябачныя вокам.

Найдрабнейшыя часціцы рэчыва, здольныя
існаваць самастойна і захоўваць асноўныя ўла-
сцівасці рэчыва, называюцца малекуламі.

Не толькі цукар, але і ўсе іншыя рэчывы
складаюцца з найдрабнейшых часціц, г. зн. ма-
юць дыскрэтную (перарывістую) будову. Розныя
рэчывы складаюцца з розных малекул.

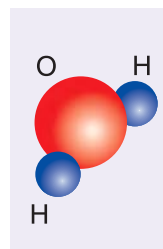
Гіпотэза аб дыскрэтнай будове рэчыва была
прапанавана грэчаскім філосафам Дэмакрытам
(мал. 43) каля 25 стагоддзяў назад. Легенда ра-
сказвае, што аднойчы Дэмакрыт сядзеў на ка-
мені ля мора, трымаў у руцэ яблык і разважаў:
*«Калі я зараз разрэжу гэты яблык папалам, у
мяне застанеца палова яблыка; калі я затым
гэтую палову зноў разрэжу на дзве часткі —
зстанеца чвэрць яблыка; але калі я і далей*

буду працягваць такі падзел, то ці не прывядзе гэта да таго, што частка яблыка, якая застанеца, ужо не будзе валодаць уласцівасцямі яблыка?» Дэмакрыт прыйшоў да высновы, што канец дзяленню існуе, і назваў гэту апошнюю, ужо неразразаемую, **непадзельную часціцу атамам** (ад грэч. *atomos* — непадзельны).

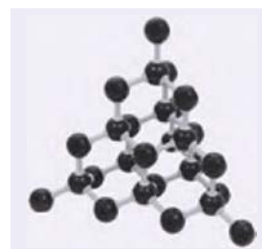
З атамаў складаюцца малекулы. Некаторыя рэчывы складаюцца толькі з атамаў. На малюнку 44 паказана мадэль малекулы вады (H_2O). Яна складаецца з аднаго атама кіслароду O і двух атамаў вадароду H. А вось алмаз (мал. 45) складаецца толькі з атамаў вугляроду. Усяго ў прыродзе сустракаецца 92 віды розных атамаў. Акрамя таго, у навуковых лабараторыях атрымана 26 відаў атамаў. Як з 32 літар алфавіта ўтвараецца мноства розных слоў, так з атамаў утвараецца мноства розных малекул — ад самых простых да вельмі складаных (мал. 46). З гэтых малекул складаецца большасць рэчываў.

Малекулы рэчыва можна падзяліць на атамы. Атамы, злучаючыся з іншымі атамамі, утвараюць новыя рэчывы з новымі ўласцівасцямі. Напрыклад, вада пад дзеяннем электрычнага току можа ператварыцца ў газы: вадарод і кісларод (мал. 47). Іх уласцівасці адрозніваюцца ад уласцівасцей вады.

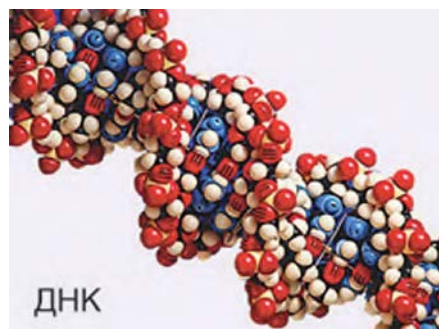
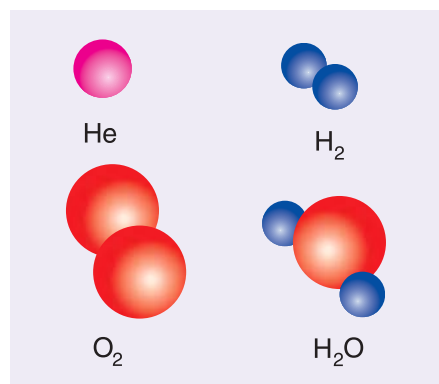
Пры награванні вада ператвараецца ў газ (пару), пры ахаладжэнні — у лёд. І пара, і вада, і лёд складаюцца з аднолькавых малекул (мал. 48).



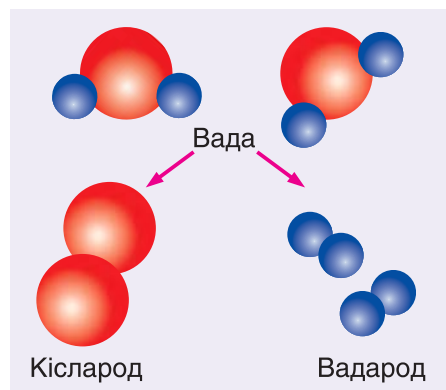
Мал. 44



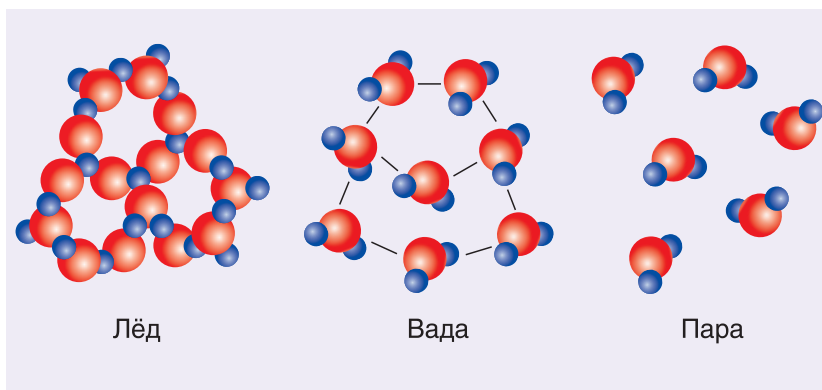
Мал. 45



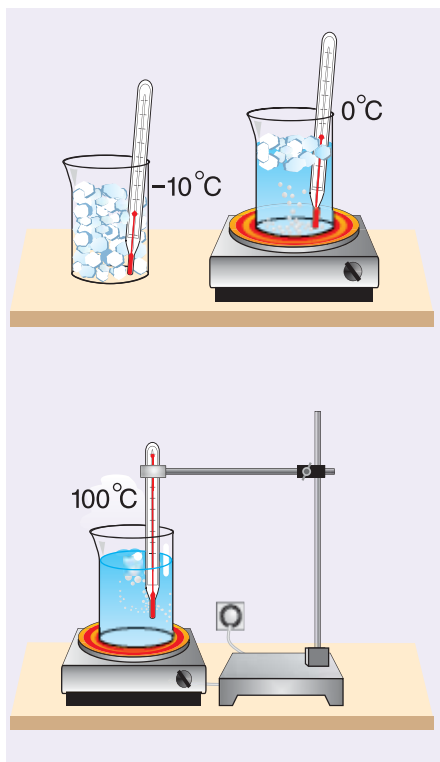
Мал. 46



Мал. 47



Мал. 48



Мал. 49

Аднак малекулы па-рознаму ўзаемадзейнічаюць адна з адной, таму ўласцівасці лёду, вады і пары розныя.

Дыскрэтную будову рэчыва пацвярджаюць многія з'явы, якія мы назіраем у паўсядзённым жыцці. Да іх адносіцца магчымасць існавання рэчыва (напрыклад, H_2O) у трох станах — цвёрдым, вадкім і газападобным (мал. 49). Таксама сведчаннем дыскрэтнай будовы рэчыва з'яўляецца змешванне і афарбоўванне вадкасцей (мал. 50). Яшчэ адзін наглядны прыклад з жыцця — гэта расцяканне алею па паверхні вады і ўтварэнне плямы пэўнай плошчы (мал. 51).

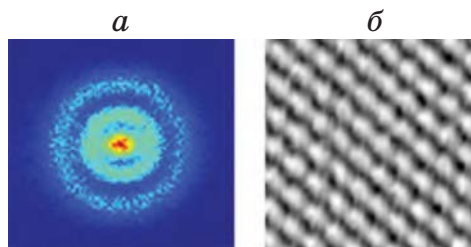
Назіраць дыскрэтную будову рэчыва стала магчымым пасля таго, як вучоныя стварылі мікраскопы з высокай ступенню павелічэння. На малюнку 52, а паказаны фотаздымак атама вадароду, а на малюнку 52, б — структуры паверхні графіту. Дадзеныя фатаграфіі былі атрыманы пры дапамозе самых сучасных мікраскопаў з вельмі вялікім павелічэннем.



Мал. 50



Мал. 51



Мал. 52

▼ Для дапытлівых

Дапусцім, што мы нанізалі на ўяўную нітку ўсе малекулы, якія знаходзяцца ў 1 см^3 паветра, так, каб яны дакраналіся адна да адной. Атрыманай ніткай можна было б 200 разоў абматаць па экватары зямны шар. Такая вялікая колькасць малекул у 1 см^3 паветра!

Ёсць рэчывы, малекулы якіх у шмат разоў большыя па масе і колькасці атамаў, чым, напрыклад, малекула вады. Маса малекулы некаторых бялковых рэчываў прыкладна ў 1 000 000 разоў большая за масу малекулы вады.

Малекула гемаглабіну (рэчыва крыві, якое пераносіць кісларод) складаецца з 1400 атамаў, што прыкладна ў 467 разоў больш за колькасць атамаў у малекуле вады.

▣ Галоўныя вывады

1. Усе рэчывы маюць дыскрэтную (перарывістую) будову.
2. Малекулы — найдрабнейшыя часціцы рэчыва, здольныя існаваць самастойна і захоўваць асноўныя ўласцівасці рэчыва.
3. Малекулы складаюцца з атамаў.

? Кантрольныя пытанні

1. Да якіх меж можна падзяляць рэчыва?
2. Што азначае слова «дыскрэтны»?
3. Якія доследы і назіранні пацвярджаюць дыскрэтную будову рэчыва?
4. Якія часціцы называюцца малекуламі?
5. З чаго складаюцца малекулы?
6. Якую найменшую таўшчыню можа мець плёнка з алею (мал. 51)?

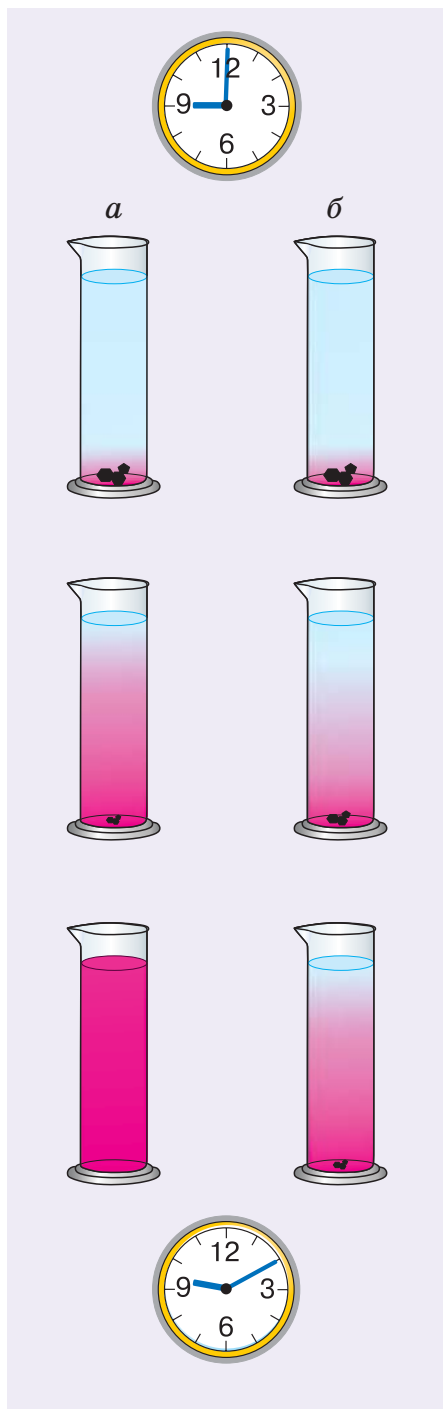
➔ Дамашняе заданне

Наліце ў таз вады і капніце па магчымасці малую кроплю алею (лепш машыннага масла). Апішыце з'яву, якую будзеце назіраць.



§ 9.

Цеплавы рух часціц



Мал. 53

Мы ўжо ведаем, што ўсе рэчывы складаюцца з найдрабнейшых часціц — атамаў, малекул. Як паводзяць сябе часціцы рэчыва?

Для атрымання адказу правядзём дослед. У шклянкі з цёплай і халоднай вадой кінем аднолькавую колькасць крышталікаў марганцоўкі (перманганату калію) (мал. 53). Ужо праз некалькі мінут мы ўбачым, як вада паступова афарбоўваецца ў ружовы колер. Прычым у цёплай вадзе афарбоўванне ідзе хутчэй, чым у халоднай. Аб чым сведчаць вынікі доследу?

1. Ружовы колер вады паказвае на тое, што марганцоўка раствараецца ў вадзе.

2. Афарбоўванне ідзе па ўсіх напрамках. Значыць, часціцы марганцоўкі і вады сутыкаюцца паміж сабой і рухаюцца беспарадачна (хаатычна).

3. Афарбоўванне вады ў шклянцы з цёплай вадой ідзе хутчэй. Значыць, у цёплай вадзе хаатычны рух і сутыкненні часціц больш інтэнсіўныя, чым у халоднай.

4. Перамешванне рэчываў, пранікненне іх адно ў адно паказвае на тое, што паміж часціцамі ёсць прамежкі.

Беспарадачны рух часціц рэчыва, які залежыць ад ступені нагрэтасці рэчыва, называюць **цеплавым**.

З'яву ўзаемнага пранікнення рэчываў адно ў адно называюць **дыфузіяй**.

Хаатычна рухаюцца малекулы ў газах. Рух малекул у вадкасцях і цвёрдых целах адрозніваецца ад іх руху ў газах, але таксама хаатычны. Доказ таму — дыфузія. Седзячы ў сваім пакоі, мы вельмі хутка па паху ежы вызначаем, што гатуе мама на кухні. Распаўсюджванне пахаў — гэта прыклад дыфузіі. У газах яна ідзе хутчэй,

чым у вадкасцях. Напрыклад, калі ўсыпаць у шклянку з вадой лыжку солі, то праз некаторы час соль растворуцца, і вада стане салёнай. Але на гэта спатрэбіцца час (20—30 мін). Вельмі павольна ідзе дыфузія ў цвёрдых целах. Патрэбны гады, каб часціцы аднаго цвёрдага цела праніклі ў другое.

▼ Для дапытлівых

Варта адзначыць выключную ролю дыфузіі ў прыродзе і тэхніцы.

У прыродзе гэта бесперапыннае перамешванне газаў у зямной атмасферы, якое не дазваляе больш цяжкім газам збірацца ў нізінах. Гэта мінералізацыя вады, г. зн. растварэнне ў ёй розных неарганічных (мінеральных) рэчываў. Чыстая, без гэтых рэчываў (дыстыляваная) вада зусім не мае смаку і малакарысная. Важная дыфузія пры пераносе пажыўных рэчываў і кіслароду ў раслінах і іншых арганізмах. Шляхам дыфузіі ажыццяўляецца газаабмен у лёгкіх і тканках жывёл. Кісларод, які змяшчаецца ў паветры, паступае ў кроў, якая дастаўляе яго да клетак. Вуглякіслы газ з клетак вылучаецца ў кроў, а затым у навакольнае асяроддзе.

У тэхніцы дыфузія выкарыстоўваецца для атрымання металаў з задазенымі ўласцівасцямі. У першую чаргу гэта сталі і сплавы алюмінію, якія шырока выкарыстоўваюцца ў авіяцыі. На дыфузіі заснаваны працэсы пайкі, зваркі (гл. мал.), склейвання матэрыялаў і інш. З іншымі доказамі хаатычнага руху часціц вы пазнаёміцеся ў 8-м і 10-м класах.



▣ Галоўныя вывады

1. Часціцы рэчыва знаходзяцца ў бесперапынным хаатычным руху.
2. Інтэнсіўнасць цеплавога руху часціц рэчыва тым большая, чым вышэйшая тэмпература.
3. З'явай дыфузіі пацвярджаецца хаатычны рух часціц і наяўнасць прамежкаў паміж імі.

? Кантрольныя пытанні

1. Якія з'явы даказваюць, што часціцы рэчыва хаатычна рухаюцца?
2. Што называюць цеплавым рухам малекул (атамаў)?
3. Як эксперыментальна даказаць, што хаатычны рух малекул (атамаў) залежыць ад тэмпературы?
4. Згодна з тэарэтычнымі разлікамі вучоных, малекулы газаў рухаюцца, як правіла, са скорасцю некалькі соцень метраў у секунду. Чаму ж у паветры пахі духоў або кветак распаўсюджваюцца са значна меншай скорасцю?

▼ Для дапытлівых

Разглядаючы пад мікраскопам пылок раслін у вадзе, англійскі батанік Роберт Броўн (1773—1858) выявіў беспарадачны і бесперапынны рух яго часціц. Не ведаючы, як растлумачыць убачанае, вучоны вырашыў, што часціцы пылку жывыя. Броўн правёў дослед, узяўшы замест пылку дробна стоўчаную гліну. Усё паўтарылася, як і ў выпадку з пылком. Больш буйныя часцінкі рухаліся павольна, радзей змяняючы напрамак руху. Дробныя часцінкі рухаліся хутка, беспарадачна змяняючы напрамак руху. Акрамя таго, даследуючы дадзенаю з'яву, Броўн выявіў, што ў гарачай вадзе часцінкі рухаюцца хутчэй, чым у халоднай.

Вучоны так і не змог растлумачыць прычыну фізічнай з'явы, якая пазней атрымала назву броўнаўскага руху. Але, нягледзячы на гэта, батанік Броўн трывала ўвайшоў у гісторыю фізікі.

Пазней прычына броўнаўскага руху была дакладна вызначана. Малекулы вадкасці, рухаючыся хаатычна, удараюцца з усіх бакоў аб броўнаўскую часціцу. Розная колькасць удараў з розных бакоў прымушае часціцы бесперапынна і беспарадачна рухацца.

Броўнаўскі рух эксперыментальна пацвярджае рэальнасць існавання малекул і іх цеплавы рух.

→ Дамашняе заданне

У дзве аднолькавыя шклянкі да паловы наліце падфарбаваны сокам буракоў водны раствор солі. Зверху па сценцы асцярожна даліце чыстай вады. Пастаўце адну шклянку ў халадзільнік, другую — на стол у пакоі. Перыядычна назіраючы за колерам вадкасці ў шклянках, зрабіце выснову, як скорасць дыфузіі ў вадкасці залежыць ад тэмпературы.



§ 10.

Узаемадзеянне часціц рэчыва

Чаму многія цвёрдыя целы маюць такую вялікую трываласць? На стальным тросе, дыяметр якога складае ўсяго 25 мм, можна падняць цэлы цепаваз. Вельмі цяжка падзяліць на кавалкі камень. Растлумачыць пералічаныя факты можна ўзаемным прыцяжэннем часціц, з якіх складаюцца цвёрдыя целы.



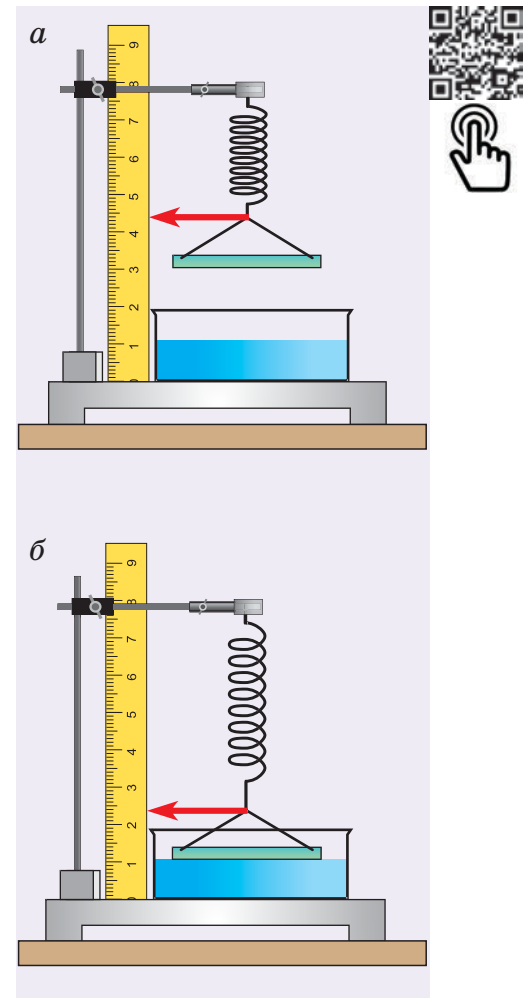
Мал. 54

Малекулы (атамы) у цвёрдых рэчывах прыцягваюцца адна да адной.

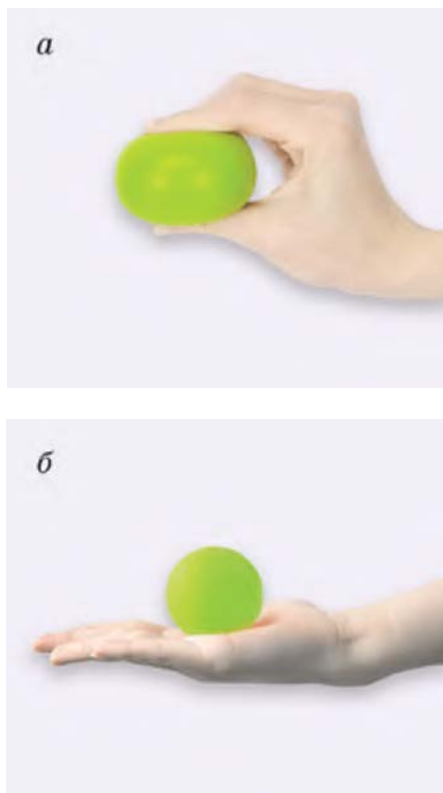
Але чаму тады часткі разбітай шклянкі нельга без клею злучыць у адно цэлае? У той жа час кавалкі пластыліну лёгка злучаюцца ў адзін кавалак. *Выканайце дослед з пластылінам самастойна.*

Растлумачыць гэтыя факты можна, выказаўшы здагадку, што прыцяжэнне малекул (атамаў) праяўляецца толькі на малых адлегласцях паміж імі. Сапраўды, калі моцна нагрэць шкляныя кавалкі (мал. 54) і прыціснуць іх адзін да аднаго, яны зліпнуцца ў адно цэлае. Гэты факт знаходзіць шырокае прымяненне ў шкляной прамысловасці. З мяккага шкла робяць шкляную тару і іншыя гаспадарчыя вырабы.

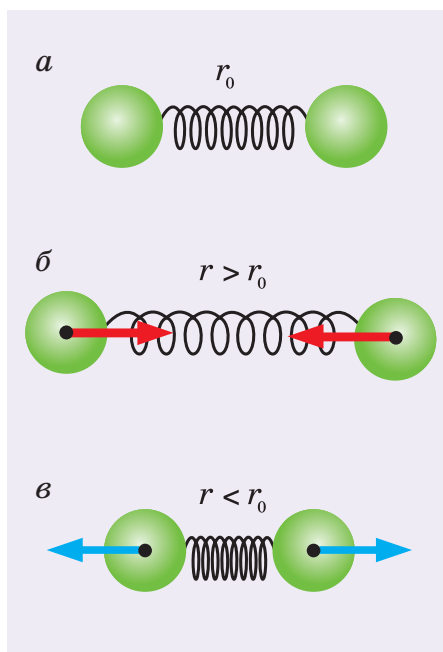
Прыцягваюцца адна да адной і часціцы ў вадкасцях. Каб даказаць гэта сцверджанне, правядзём наступны дослед. Падвесім на спружыне чыстую шкляную пласцінку. Адзначым становішча ніжняга канца спружыны паказальнікам (мал. 55, а). Паднясём да пласцінкі пасудзіну з вадой да судакранання яе з паверхняй вады. Будзем апускаць пасудзіну. Расцяжэнне спружыны павялічыцца (мал. 55, б). Гэта сведчыць аб наяўнасці сіл прыцяжэння часціц вадкасці (вады) у пасудзіне і на паверхні шкляной пласцінкі.



Мал. 55



Мал. 56



Мал. 57

А вось малекулы (атамы) газу практычна не прыцягваюцца адна да адной. Справа ў тым, што ў газах часціцы знаходзяцца на большых адлегласцях, чым у вадкасцях і цвёрдых целах. Прыцяжэнне на гэтых адлегласцях вельмі малое. Таму малекулы газу разлітаюцца па ўсім дадзеным газу аб'ёме. Напрыклад, пах духоў з адкрытага флакона распаўсюджваецца па ўсім пакоі.

А ці ёсць паміж малекуламі адштурхванне? Правядзіце наступны дослед. Вазьміце суцэльны гумавы мячык і паспрабуйце яго сціснуць (мал. 56, а). Ці лёгка гэта зрабіць? Варта толькі перастаць сціскаць мячык, як ён тут жа аднаўляе сваю форму (мал. 56, б). Значыць, паміж часціцамі гумы існуе адштурхванне. Менавіта адштурхванне часціц рабіла цяжкім сцісканне мячыка. Яно ж аднавіла яго першапачатковую форму.

Вельмі важна зразумець, што прыцяжэнне і адштурхванне часціц рэчыва праяўляюцца толькі на малых адлегласцях паміж часціцамі, г. зн. у цвёрдых целах і вадкасцях.

Узаемадзеянне дзвюх малекул умоўна можна параўнаць з узаемадзеяннем двух шарыкаў, змацаваных спружынай (мал. 57, а). Пры адлегласці $r > r_0$ (спружына расцягнута) шарыкі прыцягваюцца адзін да аднаго (мал. 57, б), а пры адлегласці $r < r_0$ (спружына сціснута) — адштурхваюцца (мал. 57, в).

Хоць гэта мадэль наглядная, тым не менш яна мае недахоп: на вялікіх адлегласцях прыцяжэнне, якое ствараецца спружынай, становіцца ўсё мацнейшым. У малекул жа, як мы адзначалі раней, яно практычна знікае.

Такім чынам, на адных адлегласцях (пры аддаленні часціц) пераважае прыцяжэнне, а на другіх (пры збліжэнні часціц) — адштурхванне.

■ Галоўныя вывады

1. Малекулы (атамы) цвёрдых рэчываў і вадкасцей зведваюць узаемнае прыцяжэнне і ўзаемнае адштурхванне.
2. Пры збліжэнні малекул (атамаў) цвёрдых рэчываў і вадкасцей пераважае ўзаемнае адштурхванне, пры аддаленні на невялікую адлегласць — узаемнае прыцяжэнне.
3. У газаў узаемадзеянне малекул (атамаў) можна не ўлічваць.

? Кантрольныя пытанні

1. Якія вядомыя вам факты тлумачацца ўзаемным прыцяжэннем часціц рэчыва? Узаемным адштурхваннем?
2. Чаму газ заўсёды займае ўвесь дадзены яму аб'ём?
3. Чаму металічны трос расцягнуць значна цяжэй, чым гумавы такіх самых памераў?
4. Вазьміце медыцынскі шпрыц (без іголки) і набярыце ў яго ваду. Закрыйце пальцам адтуліну і сціскайце поршнем ваду. Чаму вада практычна не сціскаецца?
5. Сцісніце гумку, а затым адпусціце. Што прымусіла гумку вярнуцца да першапачатковай формы і памераў?
6. Чаму на школьнай дошцы пішуць крэйдай, а не кавалкам металу?
7. Прадэманструйце з дапамогай доследу, што сухія аркушы паперы не прыліпаюць адзін да аднаго, а змочаныя вадой — прыліпаюць. Растлумачце эфект, які назіраецца ў гэтым доследзе.

→ Дамашняе заданне

Прывядзіце ў судакрананне два кавалкі парафінавай свечкі. Ці злучыліся яны? Чаму?

Нагрэйце канец аднаго кавалка свечкі на полымі спіртоўкі да мяккага стану. Злучыце кавалкі. Што атрымалася ў выніку? Чаму?



§ 11.

Газападобны, вадкі і цвёрды стан рэчыва



Прыцяжэнне і адштурхванне часціц вызначаюць іх узаемнае размяшчэнне ў рэчыве. А ад размяшчэння часціц істотна залежаць уласцівасці рэчываў.

На малюнках 58, *a*, *б* паказаны празрысты вельмі цвёрды алмаз (брыльянт) і мяккі чорны графіт (з яго вырабляюць стрыжні алоўкаў). Мы не здагадваемся, што абодва рэчывы складаюцца з зусім аднолькавых атамаў вугляроду. Проста ў графіце гэтыя атамы размешчаны інакш, чым у алмазе.

Заўважым, што на малюнках паказаны не самі атамы, а іх мадэлі — шарыкі. У рэчаіснасці ніякіх злучальных стрыжняў або дроцікаў паміж часціцамі няма. Гэта ўмоўны відарыс размяшчэння атамаў у рэчыве.

Узаемадзеянне часціц рэчыва прыводзіць да таго, што яно можа знаходзіцца ў трох станах: цвёрдым, вадкім і газападобным. Напрыклад, лёд, вада, пара (гл. мал. 48 на с. 31). У трох станах можа знаходзіцца любое рэчыва, але для гэтага патрэбны пэўныя ўмовы: неабходныя ціск, тэмпература. Напрыклад, кісларод у паветры — газ, але пры ахаладжэнні да тэмпературы ніжэй за $-193\text{ }^{\circ}\text{C}$ ён ператвараецца ў вадкасць. Пры тэмпературы $-219\text{ }^{\circ}\text{C}$ кісларод — цвёрдае рэчыва. Жалеза пры нармальным ціску і пакаёвай тэмпературы знаходзіцца ў цвёрдым стане. Пры тэмпературы вышэй за $1539\text{ }^{\circ}\text{C}$ яно становіцца вадкім, а пры тэмпературы вышэй за $3050\text{ }^{\circ}\text{C}$ — газападобным. Вадкая ртуць, якая выкарыстоўваецца ў медыцынскіх тэрмометрах, пры ахаладжэнні да тэмпературы ніжэй за $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$ становіцца цвёрдай. Пры тэмпературы вышэй за $357\text{ }^{\circ}\text{C}$ ртуць ператвараецца ў пару (газ).

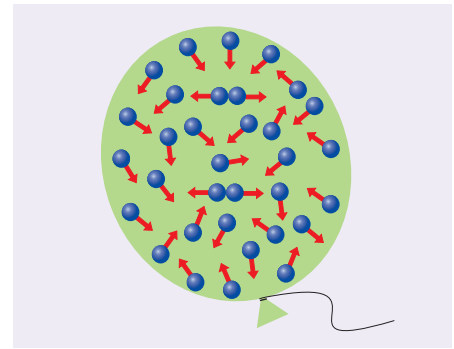
Мал. 58

Якімі ўласцівасцямі валодаюць рэчывы ў розных станах? Пачнём з газаў, у якіх паводзіны малекул (мал. 59) нагадваюць рух пчол у роі. Аднак пчолы ў роі самастойна змяняюць напрамак руху і практычна не сутыкаюцца адна з адной. А для малекул у газе такія сутыкненні не толькі непазбежныя, але і адбываюцца практычна бесперапынна. У выніку гэтых сутыкненняў напрамкі і значэнні скорасці руху малекул змяняюцца.

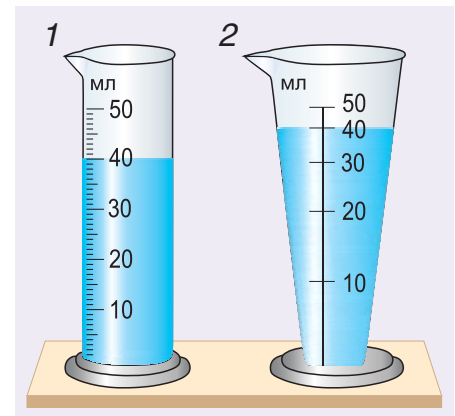
Вынікам такога руху і адсутнасці ўзаемадзеяння часціц пры руху з'яўляецца тое, што газ не захоўвае ні аб'ёму, ні формы, а займае ўвесь дадзены яму аб'ём. Кожны з вас палічыць сапраўднай недарэчнасцю сцверджанні накшталт «Паветра займае палову аб'ёму пакоя» або «Я напампаваў паветра ў дзве трэці аб'ёму мяча». Паветра, як і любы газ, займае ўвесь аб'ём пакоя і ўвесь аб'ём мяча.

А якія ўласцівасці маюць вадкасці? Для адказу на пытанне правядзём дослед. Перальём ваду з мензуркі 1 у мензурку 2 (мал. 60). **Форма вадкасці змянілася, але аб'ём застаўся тым жа.** Малекулы не разляцеліся па ўсім аб'ёме, як гэта было б у выпадку з газам. Значыць, узаемае прыцяжэнне малекул вадкасці існуе, але яно жорстка не ўтрымлівае суседнія малекулы. Яны вагаюцца і перамяшчаюцца з аднаго месца ў другое (мал. 61), чым і тлумачыцца цяжучасць вадкасцей.

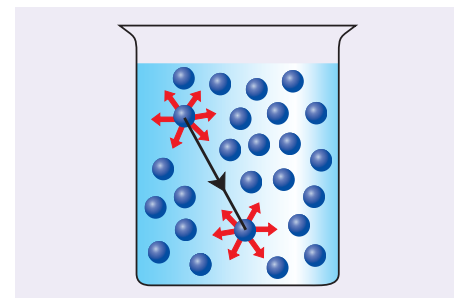
Найбольш моцным з'яўляецца ўзаемадзеянне часціц у цвёрдым целе. Яно не дае магчымасці часціцам разысціся. Часціцы толькі выконваюць хаатычныя вагальныя рухі каля пэўных становішчаў (мал. 62). Таму **цвёрдыя целы захоўваюць і аб'ём, і форму.** Суцэльны гумавы мяч будзе захоўваць форму шара і аб'ём, куды б яго ні змясцілі: у слоік, на стол і г. д.



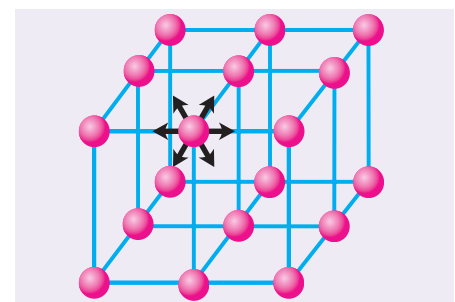
Мал. 59



Мал. 60



Мал. 61



Мал. 62

■ Галоўныя вывады

1. Хаатычнасць руху і адсутнасць узаемадзеяння часціц пры руху прыводзяць да таго, што газы не захоўваюць ні аб'ёму, ні формы.
2. Захаванне аб'ёму вадкасцямі і незахаванне формы гавораць аб наяўнасці сіл прыцяжэння паміж іх часціцамі, якія дзейнічаюць толькі на малых адлегласцях.
3. Захаванне формы і аб'ёму цвёрдымі цэламі паказвае на тое, што прыцяжэнне іх часціц мацнейшае, чым прыцяжэнне часціц вадкасці.

? Кантрольныя пытанні

1. Якімі асноўнымі ўласцівасцямі валодае газ?
2. Чаму вадкасць не захоўвае форму?
3. Чым адрозніваецца цвёрды стан рэчыва ад вадкага і газападобнага?
4. Ці адрозніваюцца малекулы вады ад малекул лёду і пары?
5. Якія з пералічаных рэчываў у звычайных умовах (пры пакаёвай тэмпературы і нармальным ціску) знаходзяцца ў газападобным стане, а якія — у вадкім або цвёрдым: волава, бензін, кісларод, жалеза, ртуць, паветра, шкло, пластмаса?
6. Ці можа ртуць знаходзіцца ў цвёрдым стане, а паветра — у вадкім? Пры якіх умовах?

➔ Дамашняе заданне

У пластыкавую бутэльку аб'ёмам 0,5 л наліце да краёў ваду і закрыйце герметычна накрыўкай. Паспрабуйце сціснуць ваду ў бутэльцы. Затым выліце ваду і зноў закрыйце бутэльку. Што знаходзіцца ў бутэльцы? Зразумела, паветра. Цяпер сцісніце бутэльку. На падставе вынікаў доследу выкажыце гіпотэзу аб будове газаў і вадкасцей.



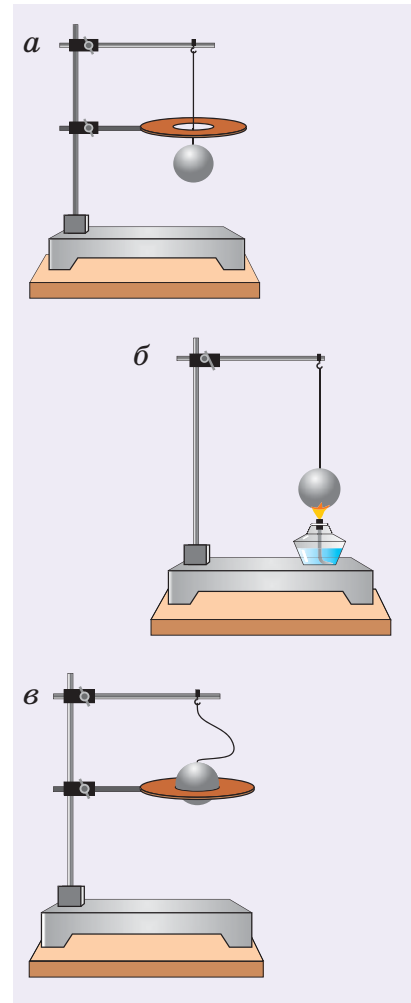
§ 12.

Цеплавое расшырэнне

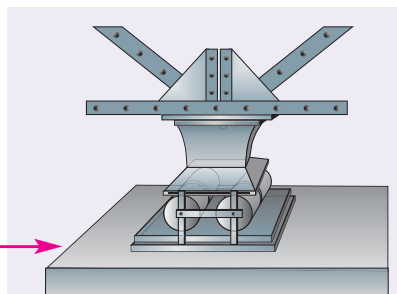
З папярэдніх параграфў вам вядома, што ўсе рэчывы складаюцца з часціц (атамаў, малекул і інш.). Гэтыя часціцы бесперапынна хаатычна рухаюцца. Пры награванні рэчыва рух яго часціц становіцца больш хуткім. Павялічваюцца адлегласці паміж часціцамі, што прыводзіць да павелічэння памераў цела.

Змяненне памераў цела пры яго награванні называецца цеплавым расшырэннем. Цеплавое расшырэнне цвёрдых цел лёгка пацвердзіць доследам. Стальны шарык свабодна праходзіць праз кольца (мал. 63, а). Пасля награвання на спіртоўцы (мал. 63, б) шарык расшыраецца і захрасае ў кольца (мал. 63, в). Пасля ахаладжэння шарык зноў свабодна праходзіць праз кольца. З доследу вынікае, што памеры цвёрдага цела пры награванні павялічваюцца, а пры ахаладжэнні — памяншаюцца.

Цеплавое расшырэнне розных цвёрдых цел неаднолькавае. З прычыны цеплавога расшырэння цвёрдых цел могуць разбурацца масты, выгінацца чыгуначныя рэйкі, разрывацца правады. Каб гэтага не здарылася, пры канструяванні таго ці іншага збудавання ўлічваюцца цеплавое расшырэнне. Апорныя дэталі мастоў ставяць на каткі (мал. 64), здольныя перасоўвацца пры змяненні даўжыні моста зімой і летам. Рэйкі на стыках маюць зазор (мал. 65). Правады ліній



Мал. 63



Мал. 64



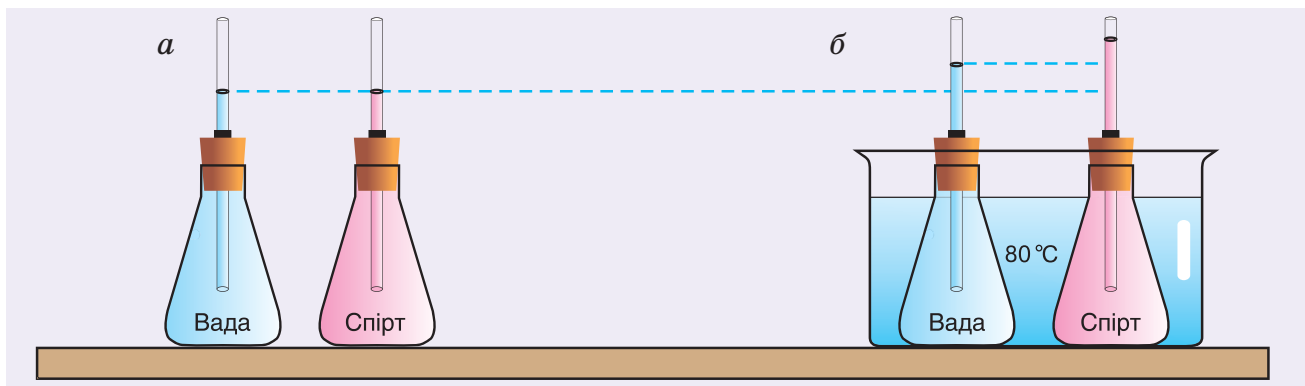
Мал. 65



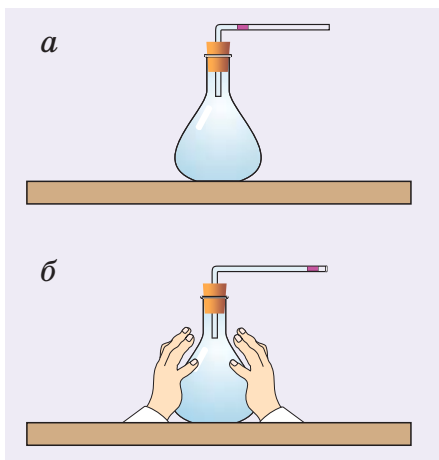
Мал. 66

электраперадачы не нацягваюць моцна (мал. 66), каб зімой, скарачаючыся, яны не разарваліся.

А ці расшыраюцца пры награванні вадкасці? Цеплавое расшырэнне вадкасцей таксама можна пацвердзіць доследам. У аднолькавыя колбы нальём: у адну — ваду, а ў другую — такі ж аб'ём спірту. Колбы закроем коркамі з трубкамі. Пачатковыя ўзроўні вады і спірту ў трубках адзначым гумавымі кольцамі (мал. 67, а). Паставім колбы ў пасудзіну з гарачай вадой. Узроўні вадкасцей у трубках стануць вышэйшымі (мал. 67, б). Вадкасці пры награванні расшыраюцца. Але ўзровень у трубцы колбы са спірта вышэйшы, чым у трубцы колбы з вадой. Значыць, спірт расшыраецца больш. Такім чынам, **цеплавое расшырэнне розных вадкасцей, як і цвёрдых рэчываў, неаднолькавае.**



Мал. 67



Мал. 68

А ці зведваюць цеплавое расшырэнне газы? Адкажам на дадзенае пытанне з дапамогай наступнага доследу. Закроем колбу з паветрам коркам з выгнутай трубкай. У трубцы (мал. 68, а) знаходзіцца кропля вадкасці. Дастаткова наблізіць рукі да колбы, як кропля пачынае перамяшчацца направа (мал. 68, б). Гэта пацвярджае цеплавое расшырэнне паветра пры яго нават нязначным награванні. Прычым, што вельмі важна, **усе газы, у адрозненне ад цвёрдых рэчываў і вадкасцей, пры награванні расшыраюцца аднолькава.**

▼ Для дапытлівых

Нельга пасля гарачага чаю адразу піць халодную ваду або есці марожанае. Рэзкае змяненне тэмпературы прыводзіць да з'яўлення расколін на эмали зубоў. Гэта тлумачыцца тым, што асноўнае рэчыва зуба — дэнцін — і эмаль, якая пакрывае зуб, пры аднолькавым змяненні тэмпературы расшыраюцца неаднолькава.

▣ Галоўныя вывады

1. Газы, вадкасці і цвёрдыя целы пры награванні расшыраюцца.
2. Цеплавое расшырэнне розных вадкасцей і розных цвёрдых цел неаднолькавае.
3. Цеплавое расшырэнне ўсіх газаў аднолькавае.

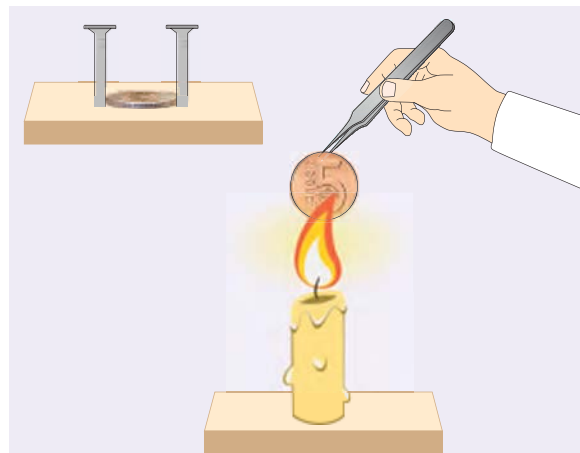
? Кантрольныя пытанні

1. Што называюць цеплавым расшырэннем?
2. Прывядзіце прыклады цеплага расшырэння (сціскання) цвёрдых цел, вадкасцей, газаў.
3. Чым адрозніваецца цеплавое расшырэнне газаў ад цеплага расшырэння цвёрдых цел і вадкасцей?

➔ Дамашняе заданне

1. Выкарыстаўшы пластыкавую бутэлку і трубачку для соку, прывядзіце дома дослед па цеплавым расшырэнні паветра і вады. Вынікі доследу апішыце ў сшытку.

2. Вазьміце 5-капеечную манету, 2 цвікі, дошку, свечку і пінцэт. Цвікі ўбіце ў дошку (мал. 69) так, каб манета ледзь праходзіла паміж імі. Трымаючы манету пінцэтам, нагрэйце яе на полымі свечкі. Ці праходзіць нагрэтая манета паміж цвікамі? Раствучце вынікі доследу.

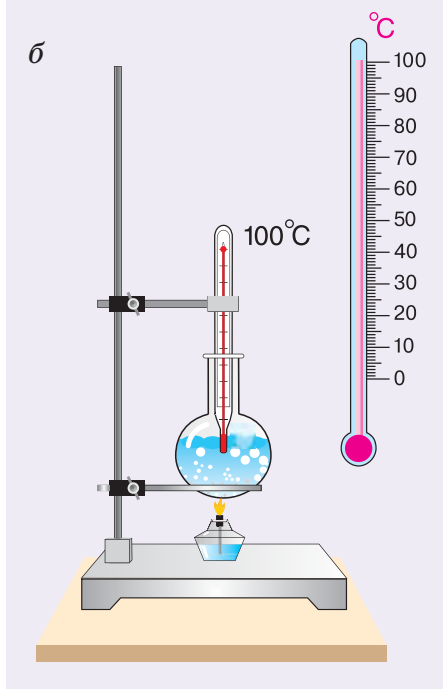
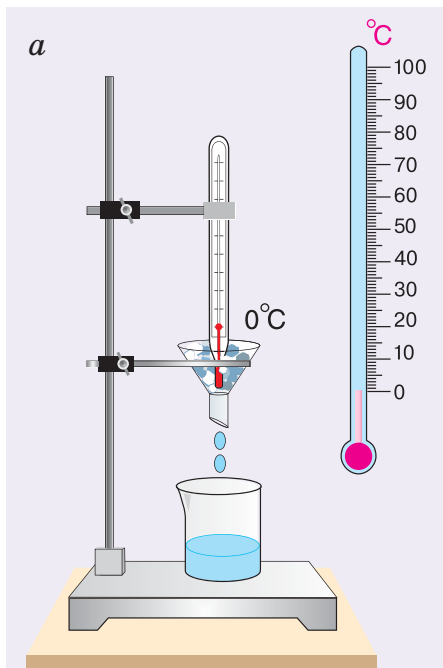


Мал. 69



§ 13.

Тэмпература. Вымярэнне тэмпературы. Тэрмометры



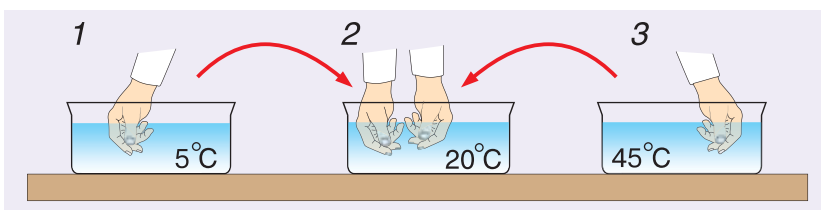
Мал. 71

Кожную раніцу, збіраючыся на працу або ў школу, мы пытаемся: «Якая на вуліцы тэмпература?», разумеючы пад гэтым, наколькі цёплае або халоднае паветра звонку.

Што такое тэмпература? Як яе вымераць? Ці дастаткова для гэтага нашых адчуванняў цяпла і холаду?

Тэмпература вызначае ступень нагрэтасці цела.

Праведзем дослед. Нальём у тры пасудзіны ваду рознай тэмпературы (мал. 70). Апусцім правую руку ў пасудзіну 1 з халоднай вадой, а левую — у пасудзіну 3 з гарачай вадой. Праз 2—3 мін абедзве рукі апусцім у пасудзіну 2. Па адчуван-



Мал. 70

нях правай рукі вада ў пасудзіне 2 — цёплая, а па адчуваннях левай — халодная. Гэта сведчыць аб тым, што нашы адчуванні суб'ектыўныя. Для аб'ектыўнай ацэнкі ступені нагрэтасці цела, г. зн. яго тэмпературы (абазначаецца літарай t), служыць вымяральны прыбор **тэрмометр**.

Будова і прынцып дзеяння самага простага тэрмометра былі заснаваны на цеплавым расшырэнні рэчыва. Тэрмометр уяўляў сабой шкляны балончык, злучаны з тонкай трубкай (капілярам). Балончык запаўняўся ртутцю або падфарбаваным спіртам. Для вырабу шкалы вызначаліся становішчы ўзроўняў вадкасці ў трубцы

пры апусканні балончыка ў лёд, які растае (мал. 71, а), і дыстыляваную ваду, што кіпіць (мал. 71, б). Становішча ўзроўню вадкасці ў трубцы, калі балончык быў у лёдзе, што раставаў, прымалася за нулявое, а тэмпература гэтага лёду — за нуль градусаў.

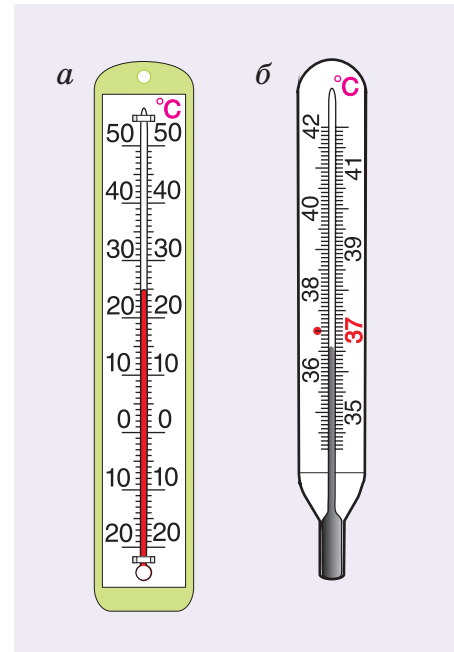
Другому становішчу ўзроўню адпавядала тэмпература кіпячай вады, прынятая за 100 градусаў. Даўжыня слупка паміж 0 і 100 градусаўмі дзялілася на 100 роўных частак (мал. 71, б). Адно дзяленне азначала адзін градус. Такая шкала ўпершыню была прапанавана шведскім вучоным Андэрсам Цэльсіем у 1742 г. Таму яна называецца шкалай Цэльсія, а адзінка шкалы — градусам Цэльсія ($^{\circ}\text{C}$).

Менавіта такую шкалу маюць бытавыя тэрмометры (мал. 72, а). Асаблівасці ў будове мае медыцынскі тэрмометр (мал. 72, б). Паколькі ім вымяраюць тэмпературу цела чалавека, то цана дзялення яго шкалы $C = 0,1 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{дзял.}}$. Такім чынам, хібнасць вымярэння медыцынскім тэрмометрам у 10 разоў меншая, чым бытавым тэрмометрам, у якога цана дзялення $C = 1 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{дзял.}}$.

Шкала медыцынскага тэрмометра мае ніжнюю і верхнюю межы: 34°C і 42°C . Нармальнай для здаровага чалавека лічыцца тэмпература $36,6^{\circ}\text{C}$.

Балончык медыцынскага тэрмометра запаўняецца ртутцю. Паблізу ад балончыка трубка мае звужэнне, што не дазваляе ртутці пасля таго, як вымярэнне скончана і тэрмометр астыў, вярнуцца назад у балончык. Гэтага можна дасягнуць толькі рэзкім устрэсаннем тэрмометра.

У цяперашні час усё часцей выкарыстоўваюцца лічбавыя тэрмометры (мал. 73). Яны больш зручныя і бяспечныя, чым ртутныя.



Мал. 72



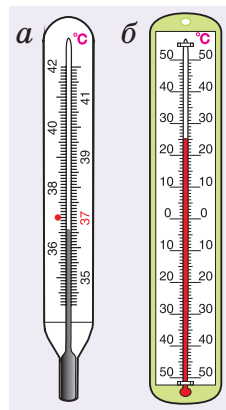
Мал. 73

Галоўныя вывады

1. Тэмпература вызначае ступень нагрэтасці цела.
2. Для вымярэння тэмпературы служыць тэрмометр.
3. Прынцып дзеяння тэрмометра заснаваны на цеплавым расшырэнні рэчыва.
4. Бытавыя тэрмометры ў нашай рэспубліцы маюць шкалу Цэльсія.

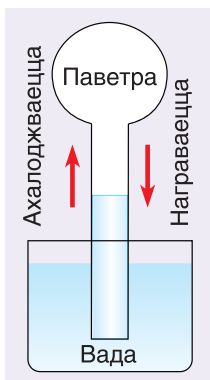
Кантрольныя пытанні

1. Якая з'ява ляжыць у аснове будовы і дзеяння тэрмометра?
2. Што прынята за 0 і 100 градусаў па шкале Цэльсія?
3. Па малюнку 74 вызначыце:
 - а) кану дзялення шкалы кожнага тэрмометра;
 - б) верхнюю і ніжнюю межы вымярэнняў;
 - в) паказанні тэрмометраў.
4. Ці можна бытавым тэрмометрам вымераць тэмпературу адной кроплі вады? Чаму?



Мал. 74

Дамашняе заданне



У 1592 г. вучоны Галілеа Галілей (гл. форзац 1) стварыў прыбор, які можна лічыць роданачальнікам тэрмометра. Ён называўся тэрмаскопам. Схема тэрмаскопа прадстаўлена на малюнку 75. Узровень вады ў трубцы залежаў ад тэмпературы паветра ў шарыку.

Выкарыстаўшы пластыкавую бутэльку (замест шарыка) і трубачку для соку, самастойна вырабіце тэрмаскоп. Назірайце, як узровень вады ў трубачцы залежыць ад тэмпературы паветра ў пакоі, на вуліцы. Чым, на ваш погляд, нязручны дадзены прыбор? Што агульнае ў яго і бытавога тэрмометра?

Мал. 75



Тэмы праектных заданняў

1. Як вырасціць крышталі солі ў дамашніх умовах?
2. З'явы дыфузіі, якія адбываюцца на кухні.
3. Прынцып дзеяння тэрмометра. Шкалы тэрмометраў. Ртутны тэрмометр.

З



Рух і сілы

- Чаму гром мы чуем пазней, чым бачым выбліск маланкі?
- Чаму нельга імгненна спыніць аўтамабіль?
- З якой сілай нас прыцягвае Зямля?
- Як перамясціць дом?





§ 14.

Механічны рух. Адноснасць спакою і руху



Мал. 76



Мал. 77



Мал. 78

Вы ўжо ведаеце, якім складаным з'яўляецца хаатычны рух малекул. У паўсядзённым жыцці мы сустракаемся з больш простымі відамі руху. Рухаюцца людзі, аўтамабілі (мал. 76), самалёты, Сонца, Месяц і іншыя целы. Навакольны свет немагчымы без руху. Характарыстыкі многіх рухаў можна лёгка вызначыць і апісаць з дапамогай нескладаных матэматычных формул.

Як вызначыць, ці рухаецца дадзенае фізічнае цела? Разгледзім прыклад. Вы стаіце на прыпынку і ўдалечыні бачыце аўтобус (мал. 77). Ці рухаецца ён? Нягледзячы на тое што кручэння колаў не відаць, вы ўпэўнена вызначаеце, што аўтобус рухаецца. Змяняецца з цягам часу яго месцазнаходжанне адносна кіёска, дрэў, дамоў, нерухомых адносна паверхні зямлі. Такім жа чынам мы мяркуем аб руху аблокаў, птушак у небе, рыб у акварыуме, футбалістаў на полі, цягнікоў і любых іншых цел.

Змяненне становішча цела ў прасторы адносна іншых цел з цягам часу называецца механічным рухам. Такім чынам, рух адбываецца ў прасторы і ў часе.

Разгледзім яшчэ адзін прыклад. Вы едзеце ў электрычцы (мал. 78). Ці можна сказаць, што, седзячы ў ёй, вы знаходзіцеся ў стане спакою? І так, і не. Можна — таму, што вы не рухаецеся па электрычцы. З цягам часу ваша становішча адносна электрычкі не змяняецца. Не — таму, што разам з электрычкай вы рухаецеся адносна паверхні зямлі. А калі электрычка спынілася? Цяпер вы знаходзіцеся ў стане спакою адносна электрычкі і паверхні зямлі, але рухаецеся разам з Зямлёй вакол Сонца (мал. 79), перамяшчаючыся за кожную секунду прыкладна на 30 км адносна зорак.

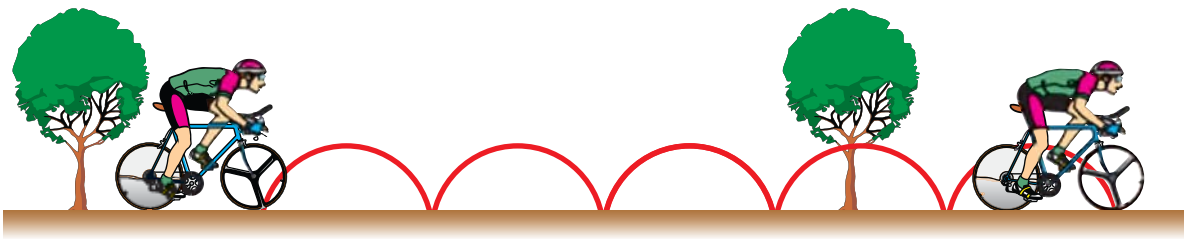
Такім чынам, спакой і рух адносныя.

Адносныя і характарыстыкі руху. Гэта лёгка ўбачыць на доследзе. Умацуйце святлодбівальнік (флікер) на вобадзе кола вашага веласіпеда. Якая будзе крывая (яе называюць *траекторыяй*), якую апіша флікер пры руху кола? Адносна вас ці вашага сябра, які едзе побач з вамі, флікер будзе рухацца па акружнасці. А чалавек, што стаіць, міма якога вы праязджаеце, убачыць, што флікер апісвае не акружнасць, а складаную крывую (мал. 80). Такім чынам, траекторыя таксама адносная.

У далейшым мы ў асноўным будзем разглядаць механічны рух цел адносна паверхні зямлі.



Мал. 79



Мал. 80

Галоўныя вывады

1. Механічны рух — гэта змяненне становішча цела ў прасторы адносна іншага цела або цел з цягам часу.
2. Механічны рух і спакой адносныя.

? Кантрольныя пытанні

1. Што такое механічны рух?
2. Чаму нельга вызначыць, ці рухаецца цела, не называючы целы, адносна якіх разглядаецца рух?
3. Ці рухаецца чалавек, які стаіць на тратуары, адносна аўтобуса, што праязджае міма?
4. Плыт плыве па рацэ. Адносна якіх цел чалавек, які стаіць на пляце: а) рухаецца; б) знаходзіцца ў стане спакою?
5. Што можна сказаць аб руху аўтамабіля адносна камбайна, з бункера якога ідзе перагрузка збожжа ў кузаў аўтамабіля без спынення камбайна?



§ 15.

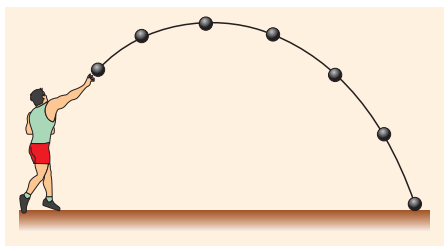
Траекторыя, шлях, час. Адзінкі шляху і часу



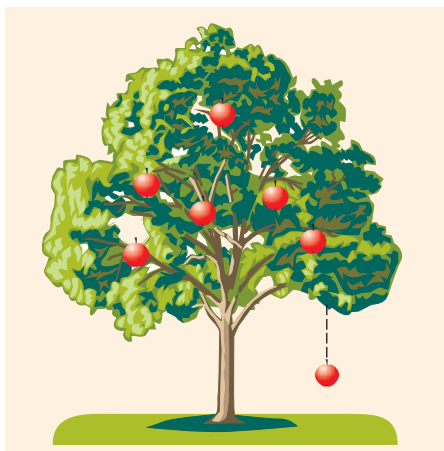
Мал. 81



Мал. 82



Мал. 83



Мал. 84

Для рашэння навуковых і практычных задач неабходна ўмець апісваць механічны рух цела або яго частак, вызначаць характарыстыкі руху і выяўляць сувязі паміж імі.

Якімі фізічнымі велічынямі апісваецца механічны рух?

Правядзіце крэйдай па класнай дошцы. Крэйда пры руху апісвае лінію, якая добра бачна на дошцы.

У блакітным небе часта выразна бачны белыя палосы за самалётамі, што ляцяць (мал. 81). Катар, які хутка імчыцца, пакідае на паверхні вады пеністую дарожку (мал. 82).

Лінія, якую апісвае цела пры сваім руху, называецца траекторыяй.

Мы прывялі прыклады руху, калі траекторыя — бачная лінія. Але часцей за ўсё яна нябачная. Аднак траекторыю заўсёды можна намалюваць. Для гэтага трэба адзначыць пунктамі становішчы цела, якое рухаецца, у розныя моманты часу, а затым злучыць гэтыя пункты. Нескладана, напрыклад, атрымаць траекторыю ядра, якое ляціць (мал. 83).

Калі траекторыя руху — прамая лінія, рух называецца прамалінейным. Напрыклад, такая траекторыя яблыка, якое падае з дрэва (мал. 84). Калі ж траекторыя — крывая лінія, то рух называецца крывалінейным (мал. 83).

Даўжыня той часткі траекторыі, якую апісвае цела за дадзены час, называецца шляхам, пройдзеным целам за гэты час.

Абазначаецца шлях звычайна лацінскай літарай s .

Шлях — гэта фізічная велічыня. Яго можна вымераць або вылічыць па формуле. Асноўнай адзінкай шляху ў СІ з’яўляецца 1 метр (1 м). На практыцы шлях часта вымяраюць у кратных адзінках — кіламетрах — або ў долевых — дэцыметрах, сантыметрах і інш.

А што такое час руху? Дапусцім, вы адпраўляецеся ў падарожжа на цягніку «Мінск — Масква». Паставім пытанне: за які час цягнік пройдзе шлях $s = 212$ км ад Мінска да Оршы? Адказаць на гэта пытанне вельмі лёгка. Па-першае, трэба ведаць момант часу, калі цягнік адпраўляецца з Мінска. Абазначым яго літарай t з індэксам 1, г. зн. t_1 . Па-другое, трэба ведаць момант часу, калі цягнік прыбывае ў Оршу. Абазначым яго t_2 . Час, за які цягнік праходзіць шлях ад Мінска да Оршы, роўны:

$$t = t_2 - t_1.$$

Так, калі ў нашым прыкладзе $t_1 = 20$ г 10 мін, $t_2 = 23$ г 15 мін, то $t = 3$ г 5 мін.

Асноўнай адзінкай часу ў СІ з’яўляецца 1 секунда (1 с).

Часам больш зручна выкарыстоўваць кратныя адзінкі часу: мінуту (мін) і гадзіну (г). Існуюць і такія адзінкі часу, як суткі (сут), год (г.). Вы, канечне, ведаеце, што адны суткі роўны 24 гадзінам, адзін год роўны 365 (366) суткам.

Для вымярэння часу выкарыстоўваюцца розныя прыборы, напрыклад метраном (мал. 85), гадзіннік (мал. 86), секундамер (мал. 87).

Для практычных мэт карысна навучыцца адлічваць пра сябе секунды, вымаўляючы лікі праз роўныя інтэрвалы часу.

Пры праходжанні лячэбных працэдур часам неабходна фіксаваць час іх працякання, напрыклад 1 мін або 5 мін. У такіх выпадках зручна выкарыстоўваць пясочны гадзіннік (мал. 88).



Мал. 85



Мал. 86



Мал. 87



Мал. 88

▼ Для дапытлівых

Для вымярэння пройдзенага шляху ў аўтамабілях ёсць спецыяльны прыбор — адометр (ад грэч. *odos* — дарога і *metron* — мера) (гл. мал.). Адометр уключае:

- датчык, які фіксуе абароты кола;
- лічылнік, які падлічвае абароты;
- індыкатар, які фіксуе шлях, пройдзены аўтамабілем.



Адометр

▣ Галоўныя вывады

1. Траекторыя — лінія, якую апісвае цела пры сваім руху.
2. Калі траекторыя — прамая лінія, то рух называецца прамалінейным, калі траекторыя — крывая лінія, то рух называецца крывалінейным.
3. Шлях — даўжыня той часткі траекторыі, якую апісвае цела за дадзены час.

? Кантрольныя пытанні

1. Чым шлях адрозніваецца ад траекторыі?
2. У якіх адзінках вымяраецца шлях?
3. У якіх адзінках вымяраецца час?
4. Як зразумець наступны запіс: $t = 150$ с? Выразіце гэты час у мінутах.
5. Калі (зімой або летам) паляўнічому, як правіла, прасцей адшукаць зверу? Чаму?
6. Якая траекторыя канца лопасці прапелера спартыўнага самалёта:
 - а) адносна ўзлётнай пляцоўкі;
 - б) адносна пілота самалёта?



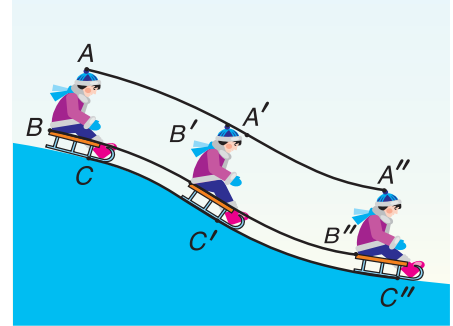


§ 16.

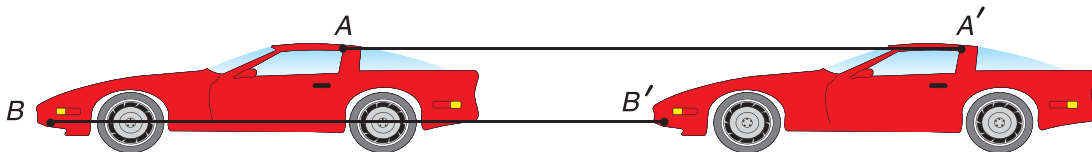
Раўнамерны рух. Скорасць. Адзінкі скорасці

Сярод усёй разнастайнасці рухаў цел найбольш проста апісваецца раўнамерны прамалінейны рух. Што ўяўляе сабой гэты рух? Як яго ахарактарызаваць?

Разгледзім прыклад. Дзяўчынка на санках спускаецца з горкі. Будзем назіраць за рухам некалькіх пунктаў, напрыклад A , B , C (мал. 89). Гэтыя пункты рухаюцца зусім аднолькава, апісваючы роўныя траекторыі. Рух, пры якім усе пункты цела апісваюць аднолькавыя па форме і роўныя па даўжыні траекторыі, называецца **паступальным**. А калі цела рухаецца паступальна, ці трэба нам вывучаць рух усяго цела або досыць вывучыць рух толькі аднаго яго пункта? Не, не трэба, бо ўсе пункты (мал. 89, 90) рухаюцца зусім аднолькава.



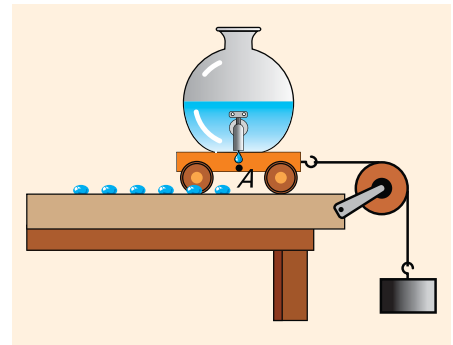
Мал. 89



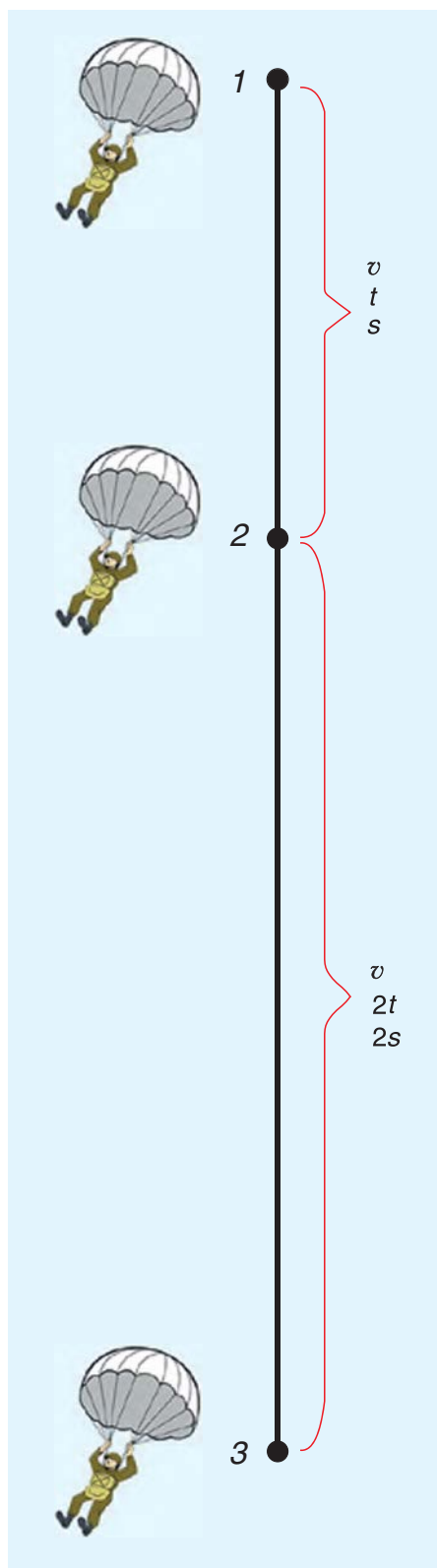
Мал. 90

У 7-м класе мы будзем вывучаць рух цела, не разглядаючы яго форму, памеры, г. зн. будзем мадэляваць цела пунктам.

Як вызначыць, які шлях пройдзе цела пры руху за дадзены час? Няхай цялежка (мал. 91) рухаецца прамалінейна. Будзем адзначаць яе становішчы, дакладней становішчы пункта A , праз роўны час. Гэта можна зрабіць, усталяваўшы на цялежцы кропельніцу, з якой праз роўныя прамежкі часу, напрыклад праз 2 с, выцякаюць кроплі. Вызначым шлях, які праходзіць цялежка за $t = 2$ с на першым, другім, трэцім і наступных участках руху.



Мал. 91



Мал. 92

Падабраўшы груз, можна дасягнуць таго, што шляхі, пройдзеныя цялежкай за роўны час $t_1 = t_2 = t_3 = \dots = 2 \text{ с}$, акажуцца роўнымі $s_1 = s_2 = s_3 = \dots = 0,4 \text{ м}$. Калі паменшыць час, то ў столькі ж разоў паменшацца і пройдзеныя шляхі.

Рух, пры якім цела за любы роўны час прыходзіць роўны шлях, называецца раўнамерным.

Знойдзем адносіны шляху да адпаведнага часу:

$$\frac{s_1}{t_1} = \frac{0,4 \text{ м}}{2 \text{ с}} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad \frac{s_2}{t_2} = \frac{0,4 \text{ м}}{2 \text{ с}} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$\frac{s_3}{t_3} = \frac{0,4 \text{ м}}{2 \text{ с}} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Велічыня $\frac{s}{t}$ — новая фізічная велічыня, якая называецца *скорасцю*. Абазначаецца скорасць літарай v .

Тады для раўнамернага прамалінейнага руху можна запісаць формулу:

$$\text{скорасць} = \frac{\text{шлях}}{\text{час}}, \quad \text{або} \quad v = \frac{s}{t}. \quad (1)$$

З формулы (1) вынікае, што **скорасць раўнамернага прамалінейнага руху ёсць фізічная велічыня, роўная адносіне шляху да часу, за які гэты шлях пройдзены.**

З формулы (1) лёгка знайсці шлях, пройдзены за любы час, і час:

$$s = vt; \quad (2)$$

$$t = \frac{s}{v}. \quad (3)$$

На прыкладзе з кропельніцай вы пераканаліся, што пры раўнамерным прамалінейным руху скорасць з'яўляецца пастаяннай велічынёй.

Пры раўнамерным прамалінейным руху з павелічэннем часу руху павялічваецца пройдзены шлях (мал. 92), але скорасць застаецца пастаяннай.

Значыць, скорасць з'яўляецца характарыстыкай руху. Цяпер можна даць яшчэ адно азначэнне раўнамернага прамалінейнага руху, выкарыстаўшы скорасць. **Раўнамерны прамалінейны рух** — гэта рух па прамой з пастаяннай скорасцю.

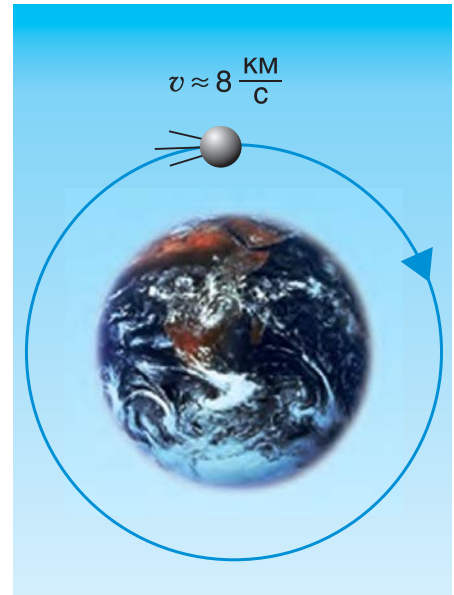
Асноўнай адзінкай скорасці ў СІ з'яўляецца **1 метр у секунду** ($1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$). На практыцы часта выкарыстоўваюць іншыя адзінкі. Напрыклад, скорасць руху звычайных транспартных сродкаў (аўтобуса, цягніка, самалёта і інш.) зручна выражаць у кіламетрах у гадзіну ($\frac{\text{км}}{\text{г}}$). Скорасць палёту касмічных ракет, спадарожнікаў (мал. 93) выражаюць у кіламетрах у секунду ($\frac{\text{км}}{\text{с}}$). Пры рашэнні задач, як правіла, усе фізічныя велічыні выражаюць у асноўных адзінках СІ. Пакажам гэта на прыкладзе.

Няхай аўтамабіль рухаецца па шашы са скорасцю $v = 72 \frac{\text{км}}{\text{г}}$. Выразім гэту скорасць у метрах у секунду ($\frac{\text{м}}{\text{с}}$):

$$v = 72 \frac{\text{км}}{\text{г}} = 72 \cdot \frac{1 \text{ км}}{1 \text{ г}} = 72 \cdot \frac{1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = \frac{72 \text{ м}}{3,6 \text{ с}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Скорасць руху пешахода $v = 5,4 \frac{\text{км}}{\text{г}}$. *Выразіце яе самастойна ў метрах у секунду ($\frac{\text{м}}{\text{с}}$).*

Максімальная скорасць руху ў прыродзе — гэта скорасць распаўсюджвання святла ў паветры (мал. 94). Яна роўна $299\,792\,458 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 300\,000\,000 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 300\,000 \frac{\text{км}}{\text{с}}$. Вас не здзівіла вялізнае значэнне гэтай скорасці? Параўнайце яе са скорасцю гуку ў паветры — $v_{\text{г}} \approx 332 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Цяпер лёгка растлумачыць, чаму гром вы чуеце пазней, чым бачыце маланку, хоць маланка і гром узнікаюць практычна адначасова.



Мал. 93



Мал. 94



Мал. 95

З формулы $v = \frac{s}{t}$ вынікае, што для знаходжаньня скорасці руху трэба ведаць шлях і час, за які гэты шлях пройдзены. Але людзі вынайшлі і шырока выкарыстоўваюць прыборы, якія непасрэдна паказваюць скорасць, напрыклад, стрэлкай на цыферблаце. Такія прыборы называюцца *спідометрамі* (мал. 95).

Калі скорасць руху аўтамабіля роўна $v_1 = 90 \frac{\text{км}}{\text{г}}$, а самалёта — $v_2 = 900 \frac{\text{км}}{\text{г}}$, то за адзін і той жа час самалёт пераадолее ў 10 разоў большы шлях, а гэта значыць, што самалёт рухаецца ў 10 разоў хутчэй за аўтамабіль.

Такім чынам, скорасць характарызуе хуткасць руху, г. зн. паказвае, як хутка змяняе цела сваё становішча ў прасторы адносна іншых цел.

■ Галоўныя вывады

1. Скорасць — колькасная характарыстыка хуткасці руху.
2. Вызначыць скорасць руху можна, падзяліўшы пройдзены шлях на затрачаны час.
3. Калі скорасць руху пастаянная, то рух раўнамерны.

? Кантрольныя пытанні

1. Які рух называюць паступальным?
2. У якім выпадку механічны рух можна назваць раўнамерным?
3. Што паказвае скорасць руху?
4. Ці можна ў азначэнні раўнамернага руху ў спалучэнні слоў «за любы роўны час» выдаліць слова «любы»? Чаму?
5. Ці залежыць скорасць цела, якое раўнамерна рухаецца, ад часу? Чаму?



§ 17.

Графікі шляху і скорасці пры раўнамерным прамалінейным руху

Ці можна выразіць сувязь шляху s і часу t не праз формулы, а якім-небудзь іншым спосабам? Можна. Для гэтага выкарыстоўваюцца графікі.

Растлумачым сутнасць графічнага метаду на канкрэтным прыкладзе. Няхай самалёт (мал. 96) рухаецца раўнамерна і прамалінейна са скорасцю $v = 900 \frac{\text{км}}{\text{г}}$. Апішам рух самалёта графічна, г. зн. пабудуем графікі залежнасці шляху і скорасці руху самалёта ад часу руху.

Шлях s , які пралятае самалёт ад пачатковага моманту часу t_0 да моманту часу t , роўны $v(t - t_0)$. Пачатковы момант часу t_0 прымем за нуль ($t_0 = 0$). Тады формулай шляху будзе: $s = vt$.

Знойдзем значэнні шляху s для розных значэнняў часу t і запішам іх у табліцу 1.

Напрыклад, калі $t = 3$ г, то

$$s = 900 \frac{\text{км}}{\text{г}} \cdot 3 \text{ г} = 2700 \text{ км.}$$

Цяпер пабудуем графік залежнасці шляху ад часу. Па гарызантальнай восі (мал. 97) у пэўным маштабе (напрыклад, 1 см — 1 г) будзем адкладаць дваць час руху, а па вертыкальнай восі (у маштабе 1 см — 900 км) — адпаведны шлях.

Прамая I выражае графічную залежнасць шляху ад часу раўнамернага руху самалёта. Гэту прамую называюць *графікам шляху*. Графік шляху нагадвае вядомы вам з матэматыкі графік функцыі $y = kx$, якая выражае прамую прапарцыянальную залежнасць y ад x .

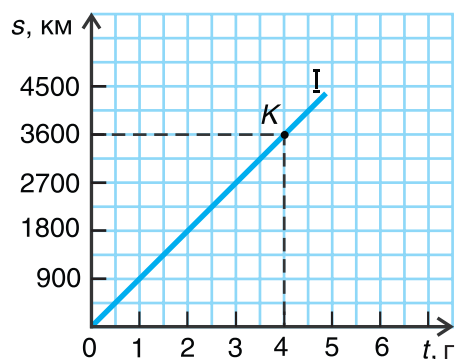
Каштоўнасць графіка шляху ў тым, што ён, як і суадносіна $s = vt$, дазваляе рашыць галоўную задачу — знайсці шлях s , пройдзены цэлам за адвольны час t .



Мал. 96

Табліца 1

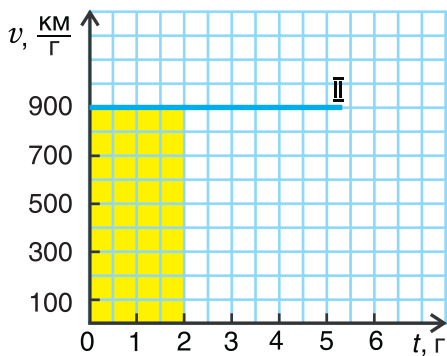
Час t , г	0	1	2	3	4	5
Шлях s , км	0	900	1800	2700	3600	4500



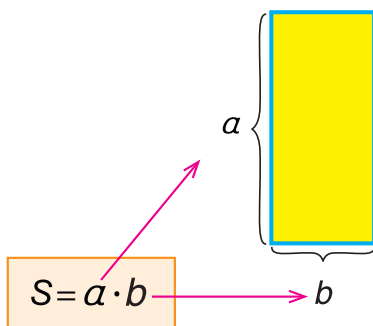
Мал. 97

Табліца 2

$t, \text{г}$	0	1	2	3	4	5
$v, \frac{\text{км}}{\text{г}}$	900	900	900	900	900	900



Мал. 98



Мал. 99

Напрыклад, знойдзем шлях, які самалёт праляцеў за час $t = 4$ г. Для гэтага з пункта на гарызантальнай восі, які адпавядае часу $t = 4$ г (гл. мал. 97), узвядзём перпендыкуляр да перасячэння з графікам (пункт K). Са знойдзенага пункта K правядзём перпендыкуляр да вертыкальнай восі і атрымаем адказ без вылічэнняў. Шлях $s = 3600$ км.

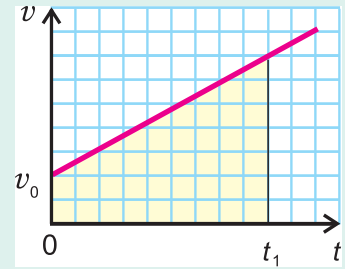
А што ўяўляе сабой *графік скорасці*? Ён выражае залежнасць скорасці ад часу. Паколькі скорасць з цягам часу не змяняецца, то розным момантам часу t адпавядае адно і тое ж значэнне скорасці v . Складзём табліцу 2 і пабудуем прамую, якая выражае залежнасць скорасці ад часу, адкладваючы па гарызантальнай восі час, а па вертыкальнай восі — скорасць (мал. 98).

Графік скорасці раўнамернага прамалінейнага руху ўяўляе сабой прамую, паралельную восі часу.

Прамая Π з'яўляецца графікам скорасці руху самалёта. Што дае графік скорасці? Ён не толькі паказвае значэнне скорасці, але і дазваляе знайсці пройдзены шлях. Разлічым шлях самалёта за час $t = 2$ г. Згодна з формулай $s = vt$ гэты шлях $s = 900 \frac{\text{км}}{\text{г}} \cdot 2 \text{ г} = 1800$ км. Паглядзім на гэты здабытак з пункту гледжання геаметрыі. Першы множнік $\left(900 \frac{\text{км}}{\text{г}}\right)$ выражае адну старану зафарбаванага прамавугольніка (мал. 98), другі (2 г) — другую. З матэматыкі вы ўжо ведаеце, што перамяжэннем даўжынь старон a і b знаходзяць плошчу S прамавугольніка (мал. 99). Вядома, плошча не з'яўляецца шляхам, тут гаворка ідзе толькі аб лікавай роўнасці. **Пройдзены шлях лікава роўны плошчы фігуры пад графікам скорасці.**

Для дапытлівых

Плошча фігуры пад графікам скорасці вызначае шлях не толькі пры раўнамерным прамалінейным, але і пры любым іншым руху. Напрыклад, шлях за час t_1 (гл. мал.) лікава роўны плошчы зафарбаванай фігуры: $s = S_{\text{трапецыі}}$.

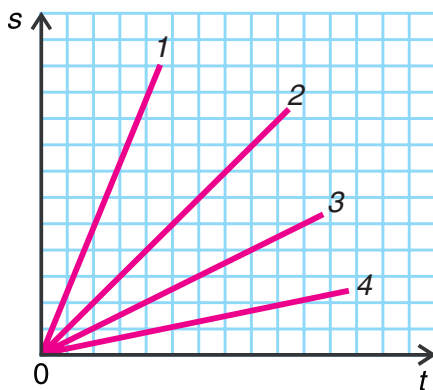


Галоўныя вывады

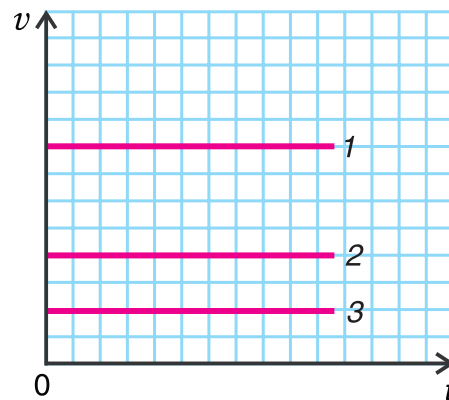
1. Графік шляху выражае залежнасць пройдзенага шляху ад часу руху цела.
2. Шлях пры раўнамерным прамалінейным руху можна вызначыць па формуле $s = vt$, па графіку шляху або пры дапамозе графіка скорасці.

? Кантрольныя пытанні

1. Што выражае графік шляху?
2. Для якога руху графік шляху ўяўляе сабой прамую?
3. Як па графіку скорасці вызначыць пройдзены шлях?
4. У якім з рухаў, графікі шляху якіх прадстаўлены на малюнку 100, цела мела большую скорасць?
5. У якім з рухаў (мал. 100) на праходжанне аднаго і таго ж шляху затрачана больш часу?
6. У якім з рухаў, графікі скорасці якіх прадстаўлены на малюнку 101, пройдзены большы шлях за адзін і той жа час?



Мал. 100



Мал. 101



Прыклады рашэння задач

1. Легкавы і грузаваы аўтамабілі раўнамерна рухаюцца ў адным напрамку па паралельных палосах прамалінейнага ўчастка шашы. Скорасць руху легкаваго аўтамабіля $v_1 = 90 \frac{\text{км}}{\text{г}}$, грузаваго — $v_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Якой будзе адлегласць паміж аўтамабілямі праз час $t = 3,0$ мін, калі ў пачатковы момант аўтамабілі знаходзіліся побач?

Запішам умову і выразім велічыні праз асноўныя адзінкі СІ.

Дадзена:

$$v_1 = 90 \frac{\text{км}}{\text{г}} = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t = 3,0 \text{ мін} = 180 \text{ с}$$

$$l = ?$$

Рашэнне

Знойдзем шлях, пераадолены кожным з аўтамабіляў за час t :

$$s_1 = v_1 t; \quad s_2 = v_2 t.$$

Адлегласць паміж аўтамабілямі:

$$l = s_1 - s_2 = (v_1 - v_2)t.$$

Падставім значэнні і вылічым:

$$l = \left(25 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right) \cdot 180 \text{ с} = 5,0 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 180 \text{ с} = 900 \text{ м} = 0,90 \text{ км}.$$

Адказ: $l = 0,90$ км.

2. Графікі залежнасці шляху ад часу раўнамерных прамалінейных рухаў пешахода Дзімы (1) і веласіпедыста Пеці (2) прадстаўлены на малюнку 102. У колькі разоў адрозніваюцца скорасці руху хлопчыкаў?

Рашэнне

З графікаў вынікае, што за час $t = 1$ мін Дзіма прайшоў шлях $s_1 = 100$ м, а Пеця праехаў шлях $s_2 = 200$ м.



$$\text{Скорасць руху Дзімы: } v_1 = \frac{s_1}{t} = \frac{100 \text{ м}}{1 \text{ мін}} = 100 \frac{\text{м}}{\text{мін}}.$$

Мал. 102

$$\text{Скорасць руху Пеці: } v_2 = \frac{s_2}{t} = \frac{200 \text{ м}}{1 \text{ мін}} = 200 \frac{\text{м}}{\text{мін}}.$$

Адносіна:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{200 \frac{\text{м}}{\text{мін}}}{100 \frac{\text{м}}{\text{мін}}} = 2.$$

Гэты ж адказ можна было атрымаць больш проста:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{s_2}{t} : \frac{s_1}{t} = \frac{s_2}{s_1}.$$

З графіка для аднаго і таго ж моманту часу, напрыклад $t = 1$ мін (або 2 мін і г. д.), вызначаем шляхі s_2 і s_1 . Тады

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{200 \text{ м}}{100 \text{ м}} = 2.$$

Адказ: скорасць руху Пеці на веласіпедзе ў 2 разы большая за скорасць руху Дзімы пешшу.

Практыкаванне 4

1. Якая са скарасцей большая:

а) $v_1 = 20 \frac{\text{км}}{\text{мін}}$ ці $v_2 = 900 \frac{\text{км}}{\text{г}}$; б) $v_3 = 200 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ ці $v_4 = 7,2 \frac{\text{км}}{\text{г}}$?

2. Аўтобус праехаў раўнамерна шлях $s = 14,0$ км за час $t = 0,20$ г. З якой скорасцю ехаў аўтобус?

3. Чалавек пачуў гром на $t = 13$ с пазней, чым убачыў маланку. На якой адлегласці ад чалавека выбліснула маланка?

4. Турысты на байдарцы са скорасцю $v_1 = 18 \frac{\text{км}}{\text{г}}$ і рыбак на гумавай лодцы са скорасцю $v_2 = 2,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ раўнамерна пераплываюць возера шырынёй $l = 400$ м. У колькі разоў адрозніваецца час, затрачаны на пераправу турыстаў, ад часу, затрачанага на пераправу рыбака? Расшыце задачу двума спосабамі. Якая велічыня ва ўмове задачы неістотная? Чаму?

5. Аўтамабіль, які рухаецца па прамалінейнай трасе з пастаяннай скорасцю $v_1 = 90 \frac{\text{км}}{\text{г}}$, абганяе матацыкл, які мае скорасць $v_2 = 60 \frac{\text{км}}{\text{г}}$. Праз які час пасля абгону адлегласць паміж імі складзе $s = 3$ км?

6. Двое сяброў адправіліся на возера пакупацца. Адзін едзе на веласіпедзе са скорасцю $v_1 = 5,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, другі — на скутары са скорасцю $v_2 = 36 \frac{\text{км}}{\text{г}}$. На колькі часу адзін з сяброў прыедзе на возера раней, калі шлях да возера $s = 5,0$ км?



§ 18.

Нераўнамерны (пераменны) рух. Сярэдняя скорасць



Мал. 103



Мал. 104



Мал. 105

Прааналізуем рух аўтобуса. Ён памяншае скорасць руху перад прыпынкам. Затым на працягу нейкага часу стаіць на прыпынку, г. зн. скорасць яго руху роўна нулю, пасля чаго скорасць павялічваецца. Значыць, скорасць руху аўтобуса змяняецца, г. зн. з'яўляецца зменнай велічынёй.

Рух, пры якім скорасць змяняецца, называецца нераўнамерным (пераменным).

Практычна ўсе рухі, якія можна назіраць у прыродзе і тэхніцы, — нераўнамерныя. Са скорасцю, якая змяняецца, рухаюцца, напрыклад, людзі, птушкі (мал. 103), дэльфіны (мал. 104), цягнікі, падаюць яблыкі (мал. 105). Але як жа тады характарызаваць гэты рух?

Нераўнамерны рух характарызуецца *сярэдняй скорасцю*. Як вызначыць сярэдняю скорасць? Разгледзім прыклад. Вы едзеце на экскурсію ў Брэст цягніком. Цягнік праходзіць ад Мінска да Брэста шлях $s = 330$ км. На праходжанне гэтага шляху затрачваецца час $t = 4,5$ г. На працягу дадзенага часу цягнік стаіць на станцыях, рухаецца са скорасцю, якая то павялічваецца, то памяншаецца.

Сярэдняю скорасць знаходзяць дзяленнем усяго шляху на ўвесь час, за які гэты шлях пройдзены. Абазначым сярэдняю скорасць $\langle v \rangle$ і запішам формулу:

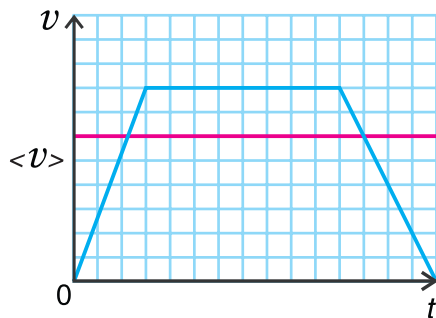
$$\langle v \rangle = \frac{s}{t}.$$

Тады цягнік «Мінск — Брэст» рухаецца з сярэдняй скорасцю

$$\langle v \rangle = \frac{330 \text{ км}}{4,5 \text{ г}} \approx 73 \frac{\text{км}}{\text{г}}.$$

Вас не здзівіла, што мы выкарысталі формулу раўнамернага руху? Так, сапраўды, фармаль-

на мы знайшлі сярэдняю скорасць такім чынам, быццам цягнік увесь шлях $s = 330$ км рухаўся раўнамерна з пастаяннай скорасцю $v = 73 \frac{\text{км}}{\text{г}}$. Гэта, вядома ж, не азначае, што ён на самай справе рухаўся раўнамерна. На асобных участках шляху скорасць руху цягніка была як значна большай ($120 \frac{\text{км}}{\text{г}}$), так і меншай, чым $73 \frac{\text{км}}{\text{г}}$, і нават роўнай нулю (мал. 106).



Мал. 106

▼ Для дапытлівых

Сярэдняя скорасць дае толькі прыблізнае ўяўленне аб хуткасці руху цела. Апісанне пераменнага руху больш складанае ў параўнанні з апісаннем раўнамернага.

Напрыклад, калі скорасць цягніка на ўчастку разгону нарастае ад 0 да $90 \frac{\text{км}}{\text{г}}$, то ў розных пунктах траекторыі яна прымае розныя значэнні з гэтага прамежку. Такім чынам, можна гаварыць не толькі аб сярэдняй скорасці на дадзеным участку траекторыі, але і аб скорасці ў дадзеным пункце траекторыі або ў дадзены момант часу. Такую скорасць называюць у фізіцы *імгненнай скорасцю*.

▣ Галоўныя вывады

1. Характарыстыкай нераўнамернага руху з'яўляецца сярэдняя скорасць.
2. Для вылічэння сярэдняй скорасці трэба шлях падзяліць на ўвесь час, затрачаны на праходжанне гэтага шляху.

? Кантрольныя пытанні

1. Чым адрозніваецца нераўнамерны рух цела ад раўнамернага?
2. Як знайсці сярэдняю скорасць нераўнамернага руху?
3. Ці можна выкарыстоўваць паняцце «сярэдня скорасць» для раўнамернага руху?
4. Ці залежыць сярэдняя скорасць нераўнамернага руху ад велічыні абранага часу? Прывядзіце прыклад.
5. Камень упаў з вышыні $h = 2$ м. Ці аднолькавая яго сярэдняя скорасць на першым, другім метрах падзення і на ўсім шляху?





Прыклады рашэння задач

1. Каця прайшла шлях $s_1 = 1,20$ км за час $t_1 = 25$ мін. Затым спынілася і на працягу часу $t_2 = 20$ мін размаўляла з сяброўкай, пасля чаго прайшла шлях $s_2 = 0,80$ км за час $t_3 = 15$ мін. Вызначыце сярэдняю скорасць руху Каці.

Дадзена:

$$s_1 = 1,20 \text{ км}$$

$$s_2 = 0,80 \text{ км}$$

$$t_1 = 25 \text{ мін}$$

$$t_2 = 20 \text{ мін}$$

$$t_3 = 15 \text{ мін}$$

$$\langle v \rangle = ?$$

Рашэнне

Увесь шлях, які прайшла Каця:

$$s = s_1 + s_2.$$

Увесь затрачаны час:

$$t = t_1 + t_2 + t_3.$$

Сярэдняя скорасць руху Каці:

$$\langle v \rangle = \frac{s}{t} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2 + t_3}.$$

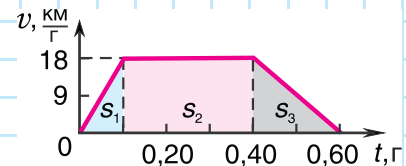
Вылічым $\langle v \rangle$:

$$\langle v \rangle = \frac{1,20 \text{ км} + 0,80 \text{ км}}{25 \text{ мін} + 20 \text{ мін} + 15 \text{ мін}} = \frac{2,0 \text{ км}}{60 \text{ мін}} = \frac{2,0 \text{ км}}{1,0 \text{ г}} = 2,0 \frac{\text{км}}{\text{г}}.$$

Адказ: $\langle v \rangle = 2,0 \frac{\text{км}}{\text{г}}$.



2. Па графіку скорасці (мал. 107) вызначыце шлях і сярэднюю скорасць руху веласіпедыста за час $t = 0,60$ г.



Рашэнне

Мал. 107

Шуканы шлях лікава роўны плошчы фігуры пад графікам скорасці. Шлях s_1 веласіпедыст праехаў за час $t_1 = 0,10$ г. Ён лікава роўны плошчы прамавугольнага трохвугольніка, зафарбаванага ў блакітны колер:

$$s_1 = S_{\text{трохвуг}} = \frac{1}{2} v_1 t_1 = \frac{1}{2} \cdot 18 \frac{\text{км}}{\text{г}} \cdot 0,10 \text{ г} = 0,90 \text{ км}.$$

Аналагічна можна знайсці шляхі s_2 і s_3 :

$$s_2 = S_{\text{прамавуг}} = 18 \frac{\text{км}}{\text{г}} \cdot 0,30 \text{ г} = 5,4 \text{ км}; \quad s_3 = S_{\text{трохвуг}} = \frac{1}{2} \cdot 18 \frac{\text{км}}{\text{г}} \cdot 0,20 \text{ г} = 1,8 \text{ км}.$$

Увесь шлях: $s = s_1 + s_2 + s_3 = 0,90 \text{ км} + 5,4 \text{ км} + 1,8 \text{ км} = 8,1 \text{ км}$.

Сярэдняя скорасць руху веласіпедыста:

$$\langle v \rangle = \frac{s}{t} = \frac{8,1 \text{ км}}{0,60 \text{ г}} = 13,5 \frac{\text{км}}{\text{г}} \approx 14 \frac{\text{км}}{\text{г}}.$$

Адказ: $\langle v \rangle = 14 \frac{\text{км}}{\text{г}}$.

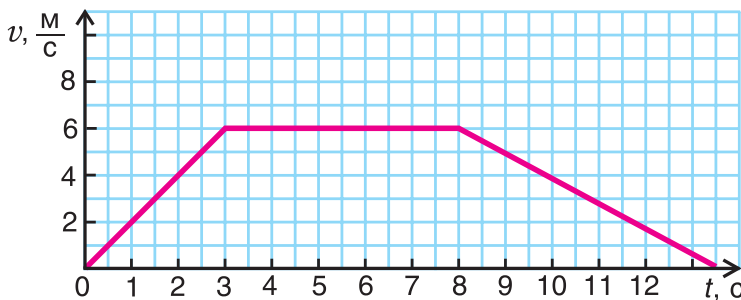
Практыкаванне 5

1. Яблык падаў з вышыні $h = 2,2$ м на працягу часу $t = 0,67$ с. Ці была скорасць падзення пастаяннай? Знайдзіце яе сярэдняе значэнне.

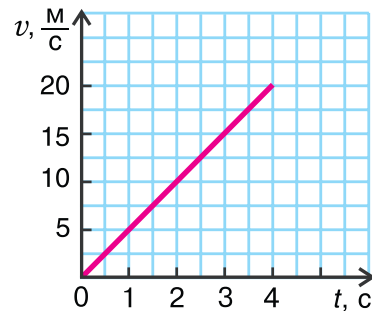
2. Па даным графіку (мал. 108) апішыце рух мухі.

3. Група турыстаў прайшла шлях $s_1 = 4$ км за час $t_1 = 0,8$ г, затым на працягу часу $t_2 = 0,7$ г адпачывала. Шлях $s_2 = 2$ км, што застаўся, яна прайшла за час $t_3 = 0,5$ г. Вызначыце сярэднюю скорасць руху групы.

4. Графік скорасці руху шарыка па нахіленым жолабе прадстаўлены на малюнку 109. Знайдзіце сярэднюю скорасць руху шарыка за час $t = 4$ с.



Мал. 108



Мал. 109

5. Турыст набліжаецца да Нацыянальнай бібліятэкі на адлегласць $s = 120$ м за час $t = 2,0$ мін. З якой сярэдняй скорасцю адносна турыста і ў якім напрамку «рухаецца» будынак бібліятэкі?

6. Шлях $s = 1,8$ км ад дома да парку спартсмен прабега са скорасцю $v_1 = 4,0$ $\frac{\text{м}}{\text{с}}$, а зваротны шлях прайшоў хуткім крокам са скорасцю $v_2 = 2,0$ $\frac{\text{м}}{\text{с}}$. Якая сярэдняя скорасць руху спартсмена? Знайдзіце другое рашэнне, у якім не спатрэбілася б данае $s = 1,8$ км.

7. Па графіку скорасці (мал. 108) вызначыце шлях і сярэднюю скорасць руху мухі.

8. Шлях ад Мінска да гарадоў Рэспублікі Беларусь адлічваюць ад спецыяльнага знака (мал. 110), які знаходзіцца на Кастрычніцкай плошчы ў горадзе Мінску. Вызначыце, а якой гадзіне турыст прыбудзе ў горад Гродна, калі ён выехаў з Кастрычніцкай плошчы горада Мінска ў 12.00 г і едзе з сярэдняй скорасцю $\langle v \rangle = 60$ $\frac{\text{км}}{\text{г}}$. Шлях да горада Гродна $s = 270$ км.

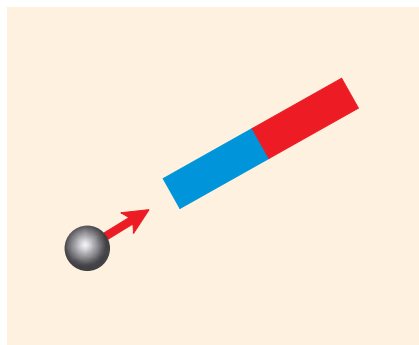


Мал. 110

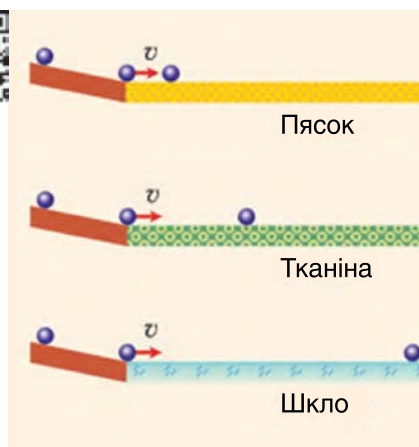


§ 19.

Чаму змяняецца скорасць руху цела. Інерцыя



Мал. 111



Мал. 112



Мал. 113

Раўнамерны прамалінейны рух, г. зн. рух з пастаяннай скорасцю, — гэта толькі мадэль рэальнага руху. У жыцці ўсялякі рух (ад руху велізарных планет да руху малекул) часцей за ўсё адбываецца са скорасцю, якая змяняецца. Што з'яўляецца прычынай змянення скорасці?

Разгледзім доследы. На сталю ляжыць сталеы шарык. Ён знаходзіцца ў стане спакою адносна стала. Каб прымусіць шарык рухацца, можна штурхнуць яго рукой або наблізіць да яго магніт (мал. 111). У абодвух выпадках на шарык дзейнічаюць іншыя целы (рука, магніт), што і з'яўляецца прычынай змянення скорасці руху шарыка. Але як доўга шарык будзе рухацца пасля штуршка? Дослед паказвае, што скорасць руху шарыка памяншаецца, а праз некаторы час яго рух спыняецца. Чаму?

Для атрымання адказу правядзём іншы дослед. Тры аднолькавыя шарыкі адначасова скочваюцца з аднолькавай вышыні (мал. 112). Дарожкі, па якіх затым рухаюцца шарыкі, адрозніваюцца: першая пасыпана пяском, другая пакрыта тканінай, а трэцяя — шклом. Рух па трэцяй дарожцы працягваецца даўжэй, паколькі трэнне тут найменшае. Значыць, прычыны спынення руху шарыка — трэнне паміж паверхнямі шарыка і стала і, вядома, супраціўленне паветра. А калі б мы змаглі ліквідаваць гэтыя прычыны, то шарык рухаўся б з пастаяннай скорасцю як заўгодна доўга.

Рух цела без дзеяння на яго іншых цел, як і спакой, — яго натуральны стан.

Тое, што цела застаецца ў спакоі, калі няма дзеяння іншых цел, цалкам зразумела. Але як жа цела можа само па сабе рухацца, калі ў паўсядзённым жыцці мы бачым, што цела рухаецца толькі тады, калі на яго дзейнічае іншае

цела? Санкі (мал. 113) трэба цягнуць за вяроўку, лодка плыве пад дзеяннем вёсел (мал. 114). А ці былі б патрэбны вяроўка і вёслы, калі б не было супраціўлення руху? Калі б вада не аказвала супраціўлення руху, лодка пасля штуршка рухалася б бясконца доўга з пастаяннай скорасцю.

Такім чынам, калі цела знаходзіцца ў стане спакою або ў стане руху, то яно імкнецца захоўваць гэты стан (не змяняць скорасць), пакуль на яго не падзейнічаюць іншыя целы.

Уласцівасць цела захоўваць стан спакою або раўнамернага прамалінейнага руху (захоўваць сваю скорасць нязменнай) пры адсутнасці дзеяння на яго іншых цел называецца інерцыяй.

З інерцыяй нам даводзіцца сустракацца пастаянна. Пры рэзкім тармажэнні аўтобуса пасажыры нахіляюцца наперад, паколькі працягваюць рухацца па інерцыі. Пры рэзкім разгоне аўтобуса яны адхіляюцца назад. Чаму? А ці можа аўтамабіль спыніцца імгненна? Не. Якімі б моцнымі ні былі тармазы, інерцыя перашкаджае імгненнаму тармажэнню. Менавіта з-за інерцыі тармажны шлях аўтамабіля тым большы, чым большая скорасць яго руху. *Мы ўпэўнены, што, памятаючы пра інерцыю, вы не будзеце перабягаць вуліцу перад транспартам, які рухаецца, і навучыце не рабіць гэтак сваіх малодшых братоў і сяцёр. А колькі непрыемнасцей з-за інерцыі здараецца, пакуль мы вучымся катацца на каньках!*

Інерцыя можа прыносіць чалавеку не толькі непрыемнасці, але і велізарную карысць. У вадзяных і паравых турбінах, а таксама ў ветраных рухавіках (мал. 115) выкарыстоўваецца інерцыя руху вады, пары, ветру. Інерцыя адыгрывае важную ролю пры прымяненні ўдару: ад выбівання пылу да насаджвання на ручку малатка. Касманаўт дзякуючы інерцыі можа выйсці ў адкрыты космас (мал. 116) і не адстаць ад карабля.



Мал. 114



Мал. 115



Мал. 116

▼ Для дапытлівых

Старажытнагрэчаскі філосаф Арыстоцель (IV ст. да н. э.) лічыў, што толькі спакой — натуральны стан цела, а рух — насільны стан. Цела імкнецца да свайго натуральнага стану, таму, калі не падтрымліваць рух, ён спыняецца.

Памылка Арыстоцеля заключалася ў тым, што ён верыў у інерцыю спакою, але не разумеў, што целама у той жа ступені ўласціва інерцыя руху.

Праз прыблізна 2000 гадоў пасля Арыстоцеля італьянскі вучоны Галілеа Галілей змог уявіць ідэалізаваны свет — свет без трэння. У выніку ён прыйшоў да высновы аб тым, што рух цела без дзеяння на яго іншых цел, як і спакой, з'яўляецца яго натуральным станам.

▣ Галоўныя вывады

1. Калі на цела не дзейнічаюць іншыя целы, то яно або знаходзіцца ў стане спакою, або рухаецца раўнамерна і прамалінейна (па інерцыі).
2. Змяніць стан спакою або руху цела можна толькі ўздзеяннем на яго іншага цела або цел.

? Кантрольныя пытанні

1. Што з'яўляецца прычынай змянення скорасці цела?
2. Што называецца інерцыяй?
3. Пры аўтамабільных аварыях рамяні бяспекі істотна зніжаюць траўматызм. Як тут улічваецца з'ява інерцыі?
4. Чаму чалавек, які бяжыць, спатыкнуўшыся, падае тварам наперад, а чалавек, які павольна ідзе ў галалёд, паслізнуўшыся, падае на спіну?

→ Дамашняе заданне

Пакладзіце на стол адзін на адзін 5 пачкаў запалак. Лінейкай рэзка стукніце па ніжнім пачку. Што адбылося? Правядзіце аналагічны дослед, стукнуўшы лінейкай па ніжнім пачку плаўна. Раствлумачце вынікі доследаў.



§ 20.

Маса цела. Шчыльнасць рэчыва. Адзінкі шчыльнасці

Ці аднолькава лёгка змяніць скорасці руху розных цел? Міма нас пралятае камар. Ці цяжка змяніць скорасць яго руху? Дастаткова проста дунуць (мал. 117, *а*). А калі праязджае грузаны аўтамабіль МАЗ (мал. 117, *б*)?

Інерцыя ёсць ва ўсіх цел, але гэта ўласцівасць праяўляецца ў розных цел у рознай ступені. Яна амаль не заўважаецца ў камара, але вельмі прыкметная ў аўтамабіля, для змянення скорасці руху якога патрабуюцца вялікія і працяглыя ўздзеянні.

Для характарыстыкі інерцыі цела ў фізіцы выкарыстоўваецца фізічная велічыня, якая называецца *масай*. Чым больш масіўнае цела, тым цяжэй змяніць скорасць яго руху, тым больш яно супрацьстаіць такім змяненням. **Маса цела — мера яго інерцыі.** Маса абазначаецца літарай *m*.

Асноўнай адзінкай масы ў СІ з'яўляецца 1 кілаграм (1 кг). Карысна ведаць, што 1 л вады пры пакаёвай тэмпературы мае масу, практычна роўную 1 кг. Адпаведна, маса 1 мл вады роўна 1 г. Звярніце ўвагу! У кілаграмах вымяраецца адзіная фізічная велічыня — маса.

Ад чаго залежыць маса цела? Параўнайце разгон і тармажэнне грузанага і парожняга аўтамабіляў. Зразумела, што маса цела залежыць ад колькасці рэчыва ў целе (ад колькасці малекул). Справа ў тым, што масу (г. зн. інерцыю) мае кожная малекула, таму масу ўсяго цела можна разглядаць як суму мас усіх яго малекул. Ці будуць аднолькавымі масы цел, калі яны ўтрымліваюць аднолькавую колькасць малекул? Будуць, калі целы складаюцца з аднаго і таго ж рэчыва. Не, калі целы складаюцца з розных рэчываў (напрыклад, алюмініевая і залатая лыжкі). А цяпер параўнаем масы розных рэчываў, якія маюць аднолькавы аб'ём.

Задумайцеся над пытаннем: якую каляску лягчэй зрушыць з месца — нагружаную сухімі дрывамі

а



б



Мал. 117



Мал. 118

(мал. 118, а) або нагужаную камянямі (мал. 118, б), якія маюць роўны з дровамі аб'ём? Вядома, каляску з дровамі. Яе маса меншая. Значыць, маса адзінкі аб'ёму дрoў і адзінкі аб'ёму камянёў розная.

Маса рэчыва, якое змяшчаецца ў адзінцы аб'ёму, называецца шчыльнасцю рэчыва.

Каб знайсці шчыльнасць, неабходна масу рэчыва падзяліць на яго аб'ём. Шчыльнасць абазначаецца грэчаскай літарай ρ (ро). Тады

$$\text{шчыльнасць} = \frac{\text{маса}}{\text{аб'ём}}, \quad \text{або} \quad \rho = \frac{m}{V}.$$

Асноўнай адзінкай вымярэння шчыльнасці ў СІ з'яўляецца $1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Шчыльнасці розных рэчываў вызначаны на доследзе і прыведзены ў табліцы 3.

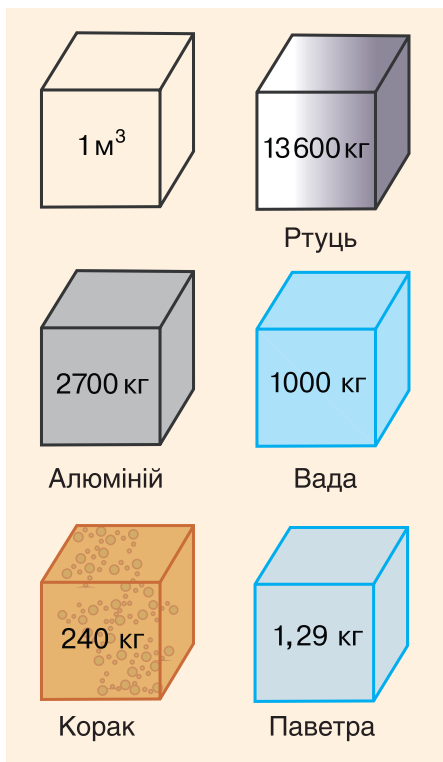
На малюнку 119 паказаны масы вядомых вам рэчываў у аб'ёме $V = 1 \text{ м}^3$.

У большасці рэчываў шчыльнасць у цвёрдым стане большая за шчыльнасць у вадкім. Напрыклад, шчыльнасць волава ў цвёрдым стане $\rho_{\text{цв}} = 7300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, а ў вадкім (пры тэмпературы $400 \text{ }^\circ\text{C}$) $\rho_{\text{в}} = 6800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Шчыльнасць рэчыва ў вадкім стане большая, чым у газападобным. Чым гэта можна растлумачыць? Успомніце аб адрозненні ў прамежках паміж малекуламі. Самыя вялікія прамежкі паміж малекуламі газу. Таму шчыльнасць вадкага паветра (пры $-194 \text{ }^\circ\text{C}$) роўна $860 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, а ў газападобным стане (пры $0 \text{ }^\circ\text{C}$) — $1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Ведаючы шчыльнасць і аб'ём цела, лёгка знайсці яго масу: $m = \rho V$.

Формулу $\rho = \frac{m}{V}$ можна выкарыстоўваць не толькі для аднародных цел, але і для цел, якія маюць паражніны або якія складаюцца з розных рэчываў. Толькі тады формула выражае сярэдняю шчыльнасць цела (параўнайце з формулай сярэдняй скорасці):

$$\langle \rho \rangle = \frac{m}{V}.$$



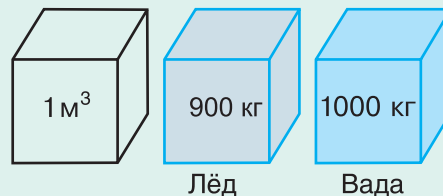
Мал. 119

Табліца 3. Шчыльнасці рэчываў (пры нармальным атмасферным ціску)

Рэчыва	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Рэчыва	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Рэчыва ў цвёрдым стане пры 20 °С					
Осмій	22 600	22,6	Мармур	2700	2,7
Ірыдый	22 400	22,4	Шкло аконнае	2500	2,5
Плаціна	21 500	21,5	Фарфор	2300	2,3
Золата	19 300	19,3	Бетон	2300	2,3
Свінец	11 300	11,3	Соль кухонная	2200	2,2
Серабро	10 500	10,5	Цэгла	1800	1,8
Медзь	8900	8,9	Аргшкло	1200	1,2
Латунь	8500	8,5	Капрон	1100	1,1
Сталь, жалеза	7800	7,8	Поліэтылен	920	0,92
Волава	7300	7,3	Парафін	900	0,90
Цынк	7100	7,1	Лёд	900	0,90
Чыгун	7000	7,0	Дуб (сухі)	700	0,70
Карунд	4000	4,0	Хвоя (сухая)	400	0,40
Алюміній	2700	2,7	Корак	240	0,24
Вадкасць пры 20 °С					
Ртуць	13 600	13,60	Газа	800	0,80
Серная кіслата	1800	1,80	Спінрт	800	0,80
Гліцэрына	1200	1,20	Нафта	800	0,80
Вада (марская)	1030	1,03	Ацэтон	790	0,79
Вада (дыстыляваная)	1000	1,00	Бензін	710	0,71
Алей сланечнікавы	930	0,93	Вадкае волава (пры $t = 400$ °С)	6800	6,80
Масла машыннае	900	0,90	Вадкае паветра (пры $t = -194$ °С)	860	0,86
Газ пры 0 °С					
Хлор	3,210	0,00321	Аксід вугляроду (II) (чадны газ)	1,250	0,00125
Аксід вугляроду (IV) (вуглякіслы газ)	1,980	0,00198	Прыродны газ	0,800	0,0008
Кісларод	1,430	0,00143	Вадзяная пара (пры $t = 100$ °С)	0,590	0,00059
Паветра	1,290	0,00129	Гелій	0,180	0,00018
Азот	1,250	0,00125	Вадарод	0,090	0,00009

▼ Для дапытлівых

Цвёрдае рэчыва, якое складаецца з малекул H_2O (лёд), мае шчыльнасць $\rho = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, вадкае (вада) — $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.



Вы заўважылі асаблівасць? Шчыльнасць лёду меншая за шчыльнасць вады, што паказвае на больш шчыльную ўпакоўку (г. зн. меншыя прамежкі) малекул у вадкім стане рэчыва (вада), чым у цвёрдым (лёд).

З усіх відаў дрэў найменшую шчыльнасць мае драўніна дрэва бальса ($\rho = 100 - 120 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$), якое расце ў тропіках Цэнтральнай і Паўднёвай Амерыкі.

Сярэдняя шчыльнасць Сусвету мізэрна малая ($\approx 10^{-28} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$), а рэчыва нейтронных зорак мае вельмі вялікую шчыльнасць ($2 \cdot 10^{17} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$).

■ Галоўныя вывады

1. Чым большая маса цела, тым цяжэй змяніць скорасць яго руху.
2. Шчыльнасць рэчыва паказвае, якая маса рэчыва змяшчаецца ў адзінцы яго аб'ёму.
3. Шчыльнасць рэчыва ў цвёрдым, вадкім і газападобным станах розная.
4. Целы, якія складаюцца з розных рэчываў, характарызуюцца сярэдняй шчыльнасцю.

? Кантрольныя пытанні

1. Як залежыць змяненне скорасці руху цела ад яго масы?
2. Самыя вялікія караблі (супертанкеры) на тое, каб развярнуцца, трацяць не менш за паўгадзіны. Чаму?
3. Што называюць шчыльнасцю рэчыва?
4. Ці залежыць шчыльнасць дадзенага рэчыва ад аб'ёму цела?
5. Цягліну раскалолі на дзве роўныя часткі. Як змяніліся характарыстыкі (m , V , ρ) частак цела?
6. Вада ў пластыкавай бутэльні замерзла. Якія з характарыстык (m , V , ρ) цела змяніліся і як?



Прыклад рашэння задачы

Сярэдняя шчыльнасць цела чалавека прыкладна роўна шчыльнасці вады. Ведаючы сваю масу, вылічыце аб'ём свайго цела.

Дадзена:

$$\langle \rho \rangle \approx \rho_{\text{в}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$V = ?$$

Адказ: $V = 50 \text{ дм}^3$.

Рашэнне

Вызначым пры дапамозе вагаў сваю масу m .
Напрыклад, $m = 50$ кг. Тады аб'ём цела

$$V = \frac{50 \text{ кг}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 = 50 \text{ дм}^3.$$

Практыкаванне 6

1. Вызначыце шчыльнасць цела масай $m = 0,234$ кг, якое мае аб'ём $V = 30 \text{ см}^3$.

2. Параўнайце шчыльнасці двух рэчываў: $\rho_1 = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ і $\rho_2 = 900 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$.

3. Вызначыце масу жалезабетоннай пліты плошчай $S = 9,0 \text{ м}^2$ і таўшчынёй $a = 15$ см. Шчыльнасць жалезабетону $\rho = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

4. Пасудзіна якога аб'ёму спатрэбіцца для перавозкі:

а) $m_1 = 50$ кг бензіну; б) $m_2 = 50$ кг ртуці?

Адказ дайце ў літрах.

5. Алавая статуэтка аб'ёмам $V = 0,80 \text{ дм}^3$ мае масу $m = 3,2$ кг. Суцэльная яна ці полая?

6. Медны дрот у скрутку мае дыяметр $d = 1,0$ мм. Якая даўжыня дроту, калі маса скруткі $m = 280$ г?

7. Выкарыстаўшы адны і тыя ж каардынатыны восі, пабудуйце графікі залежнасці масы ад аб'ёму для шароў, вырабленых з сухой хвоі і шкла. Параўнайце гэтыя графікі, зрабіце высновы.

8. Пабудуйце графік залежнасці шчыльнасці рэчыва цела ад яго аб'ёму. Як з дапамогай графіка знайсці масу цела дадзенага аб'ёму?

9. Дзве пліты аднолькавага аб'ёму маюць масы $m_1 = 1350$ кг, $m_2 = 200$ кг. Шчыльнасць пліты масай m_1 роўна $\rho_1 = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Вызначыце шчыльнасць другой пліты. З якога матэрыялу выраблены пліты?

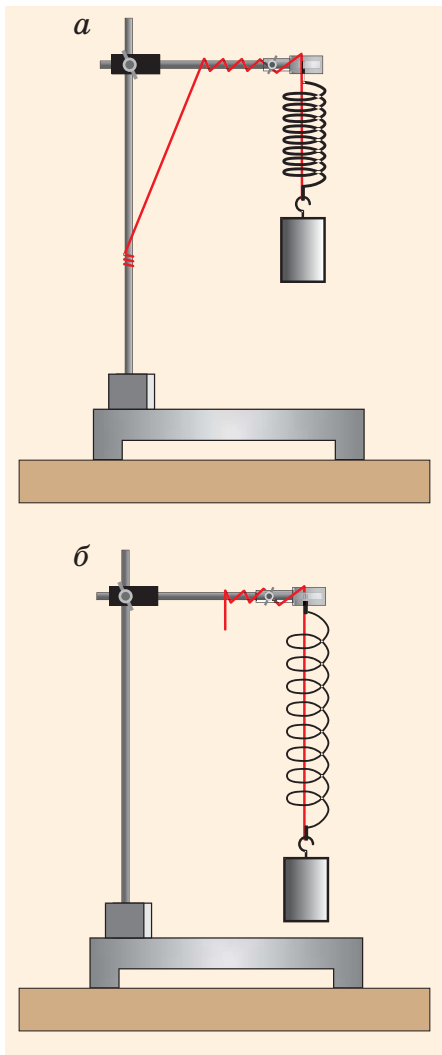


10. Чаму гіркі разнавагі масай ад 1 г і больш вырабляюць са сталі, а масай ад 500 мг і менш — з алюмінію?

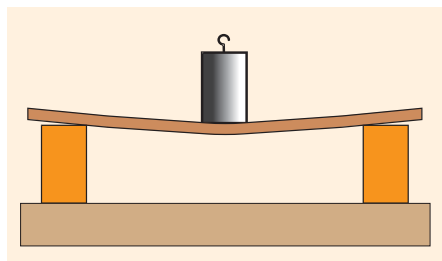


§ 21.

Сіла



Мал. 120



Мал. 121

Змяніць скорасць руху цела можна дзеяннем на яго іншага цела. Чым большае гэта дзеянне, тым мацней змяняецца скорасць. Напружваючы мышцы рук, вы павялічваеце скорасць каляскі. Ваш старэйшы брат або бацька можа мацней падзейнічаць на каляску і павялічыць скорасць яе руху яшчэ больш.

З дапамогай якой фізічнай велічыні можна колькасна вызначыць, наколькі моцна адно цела дзейнічае на другое, напрыклад чалавек на каляску? Такой велічынёй з'яўляецца сіла.

Сіла — колькасная мера дзеяння аднаго цела на другое.

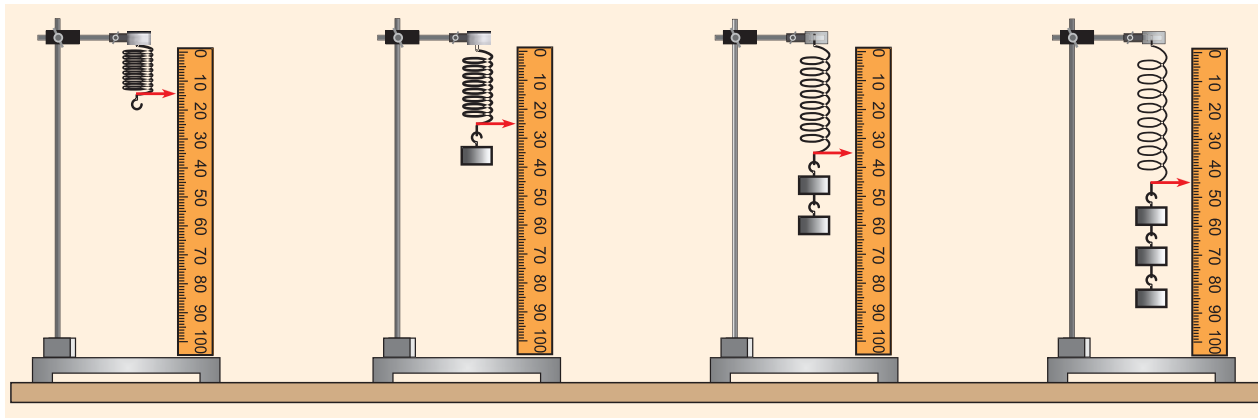
У прыведзеным прыкладзе вынікам дзеяння з'яўляецца змяненне скорасці, значыць, **сіла — прычына змянення скорасці руху цела.**

Дзеянне аднаго цела на другое прыводзіць не толькі да змянення скорасці. Злучым зафіксаваную ніткай спружыну (мал. 120, а) з гірай. Перарэжам нітку. Дзеянне гіры на спружыну выклічае падаўжэнне (мал. 120, б). Гіра, што стаіць на тонкай дошцы (мал. 121), прагінае яе. Сціскаючы пальцамі гумку, вы змяняеце яе форму. У гэтых выпадках дзеянне аднаго цела на другое, г. зн. сіла, выклікае змяненне памераў або формы цела.

Змяненне памераў або формы цела называецца дэфармацыяй. Значыць, **сіла з'яўляецца прычынай** не толькі змянення скорасці руху, але і **дэфармацыі цела.** Чым большая сіла, тым большая дэфармацыя. Сапраўды, падзейнічайце на спружыну большай сілай, і расцяжэнне спружыны будзе большым (мал. 122).

Сіла не можа існаваць сама па сабе. **Калі мы гаворым, што на цела дзейнічае сіла, гэта азначае тое, што на цела дзейнічае іншае цела.**

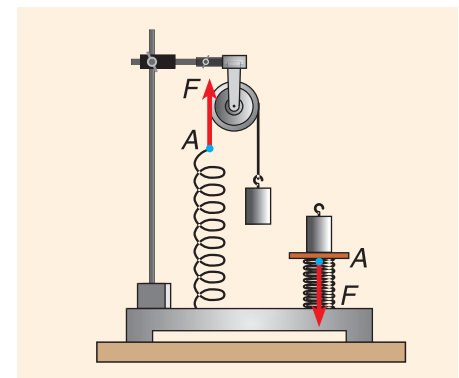
Звычайна сілу абазначаюць літарай F і паказваюць у выглядзе стрэлкі. Напрамак стрэлкі



Мал. 122

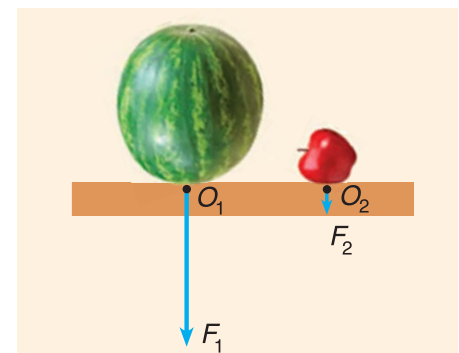
адпавядае напрамку дзеяння сілы. Пачатак стрэлкі супадае з пунктам прыкладання сілы. Абсалютны лік, які выражае даўжыню стрэлкі, называюць модулем сілы.

Такім чынам, сіла характарызуецца модулем, напрамкам і пунктам прыкладання. Няхай на аднолькавыя спружыны дзейнічаюць дзве аднолькавыя гіры (мал. 123). Адна спружына расцягваецца пад дзеяннем гіры, другая сціскаецца. Модулі дзеючых на спружыны сіл аднолькавыя, але напрамкі ў сіл розныя.



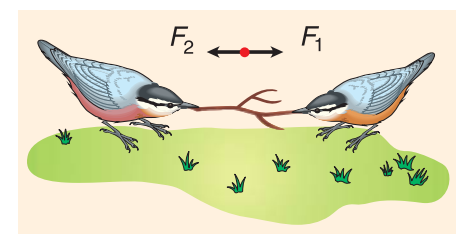
Мал. 123

На малюнку 124 паказаны два целы (кавун і яблык), якія дзейнічаюць на стол з аднолькава накіраванымі, але рознымі па модулі сіламі. Гэтыя сілы прыкладзены да сталёўніцы ў пунктах O_1 і O_2 і накіраваны вертыкальна ўніз. Модуль сілы F_1 большы за модуль сілы F_2 .



Мал. 124

Часцей за ўсё цела зведае не адно, а адразу два ці больш дзеянняў, прычым часам процілеглых напрамкаў. Як зменіцца скорасць руху цела ў гэтым выпадку? Калі модулі процілеглых накіраваных сіл роўныя, то, як і ў матэматыцы пры складанні роўных па модулі, але процілеглых па знаку лікаў, мы атрымаем у выніку нуль. Такія сілы мы будзем называць *кампенсуючымі* адна адну. У гэтым выпадку, як і пры адсутнасці сіл, скорасць руху цела змяняцца не будзе. На малюнку 125 сілы, прыкладзеныя да аднаго і таго ж цела (галінкі), кампенсуюць адна адну. Цела (галінка) знаходзіцца ў стане спакою.



Мал. 125

▼ Для дапытлівых

У штодзённым жыцці слова «сіла» часта ўжываецца ў словазлучэннях «сіла агню», «сіла духу», «сіла волі» і г. д. У фізіцы слова «сіла» ўжываецца толькі ў сэнсе колькаснай меры такога дзеяння, якое або змяняе скорасць руху цела, або дэфармуе яго, або выклікае тое і другое адначасова. Дзеянне нават самай малой сілы абавязкова прыводзіць да таго або іншага выніку. Ад націскання на стол пальцам сталёніца непазбежна прагнецца, хоць гэта не заўсёды можна заўважыць.

▣ Галоўныя вывады

1. Сіла з'яўляецца колькаснай мерай дзеяння аднаго цела на другое.
2. Сіла з'яўляецца прычынай змянення скорасці руху цела і яго дэфармацыі.
3. Сіла характарызуецца модулем, напрамкам і пунктам прыкладання.

? Кантрольныя пытанні

1. Да якіх вынікаў можа прывесці дзеянне на цела іншых цел?
2. Як колькасна выразіць дзеянне аднаго цела на другое?
3. Чым характарызуецца сіла?
4. Футбаліст б'е па мячы. Якія вынікі дзеяння сілы ўдару нагі футбаліста?

→ Дамашняе заданне

Прывяжыце да перакладзіны гумавы жгут. Адзначце становішча канца жгута. Падвесьце да жгута яблык і вызначыце падаўжэнне жгута. Паўтарыце дослед з яблыкам іншай масы. Па выніках доследаў вызначыце, у колькі разоў адрозніваюцца масы яблыкаў.



§ 22.

З'ява прыцяжэння. Сіла цяжару

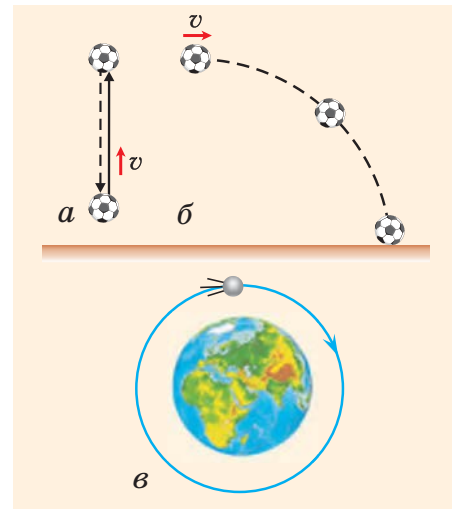
Паглядзіце на глобус. Гэта мадэль Зямлі. Зямля мае форму, блізкую да формы шара. Нам гэта здаецца натуральным. Але як былі здзіўлены людзі, упершыню пачуўшы пра гэта! Яны ніяк не маглі паверыць, што людзі, якія жывуць на процілеглым баку Зямлі (мал. 126), не падаюць у бездань.



Мал. 126

Чаму людзі аднолькава ўстойлівыя ў любым месцы Зямлі? Зямля прыцягвае да сябе ўсе целы.

Калі б Зямля не валодала прыцяжэннем, кінутыя гарызантальна або ўверх целы, рухаючыся па інерцыі, ніколі не вярнуліся б на Зямлю. Тым не менш мяч, кінуты вертыкальна ўверх, вяртаецца назад (мал. 127, а). Траекторыя мяча, кінутага гарызантальна, па меры руху скрыўляецца (мал. 127, б). Спадарожнік рухаецца вакол Зямлі па кругавой арбіце (мал. 127, в). Скрыўленне траекторыі мяча, спадарожніка ёсць таксама вынік прыцяжэння гэтых цел да Зямлі.



Мал. 127

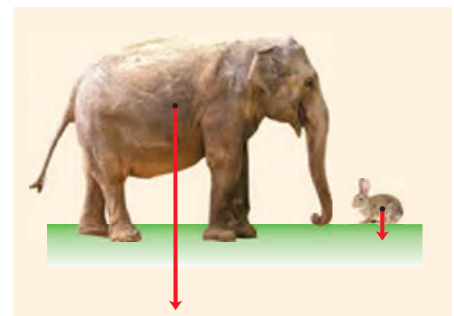
Сіла, з якой Зямля прыцягвае да сябе цела, называецца сілай цяжару.

Ці залежыць сіла цяжару ад масы цела? Вядома, залежыць. З жыццёвага вопыту мы добра ведаем, што, чым большая маса налітай у вядро вады, тым цяжэй яго ўтрымліваць. Слана Зямля прыцягвае значна мацней, чым зайца (мал. 128).

У колькі разоў павялічваецца маса цела, у столькі разоў узрастае сіла цяжару $F_{ц}$. Інакш кажучы, сіла цяжару, якая дзейнічае на цела, прама прапарцыянальна масе цела:

$$F_{ц} = gm,$$

дзе g — каэфіцыент прапарцыянальнасці (аб яго лікавым значэнні вы даведаецеся з § 25).



Мал. 128

**Прыклад рашэння задачы**

Шчыльнасць жалезнага бруска ў k разоў большая за шчыльнасць драўлянага. Аб'ём жалезнага бруска ў n разоў меншы за аб'ём драўлянага. У колькі разоў адрозніваюцца сілы цяжару, якія дзейнічаюць на брускі?

Дадзена:

$$\frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{д}}} = k$$

$$\frac{V_{\text{д}}}{V_{\text{ж}}} = n$$

$$\frac{F_{\text{ж}}}{F_{\text{д}}} = ?$$

$$\frac{F_{\text{ж}}}{F_{\text{д}}} = ?$$

Адказ:
$$\frac{F_{\text{ж}}}{F_{\text{д}}} = \frac{k}{n}$$

Рашэнне

Сілы цяжару, якія дзейнічаюць на брускі, роўны:

$$F_{\text{ж}} = gm_{\text{ж}}; F_{\text{д}} = gm_{\text{д}}$$

Масы брускаў роўны: $m_{\text{ж}} = \rho_{\text{ж}}V_{\text{ж}}; m_{\text{д}} = \rho_{\text{д}}V_{\text{д}}$.

Адносіна сіл:

$$\frac{F_{\text{ж}}}{F_{\text{д}}} = \frac{g\rho_{\text{ж}}V_{\text{ж}}}{g\rho_{\text{д}}V_{\text{д}}} = \frac{k}{n}$$

Практыкаванне 7

1. Ці паралельныя траекторыі двух цел, адно з якіх падае на Паўночным полюсе, а другое — на экватары?

2. У колькі разоў адрозніваюцца сілы цяжару, якія дзейнічаюць на камяні масамі $m_1 = 2$ кг і $m_2 = 4$ кг, што ляжаць на зямлі?


3. У колькі разоў сіла цяжару, якая дзейнічае на 1 л вады, адрозніваецца ад сілы цяжару, якая дзейнічае на 1 л ртуці?

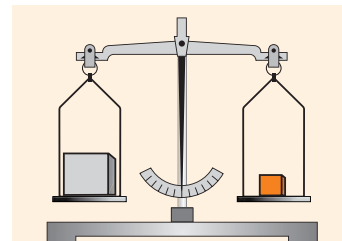
4. На вагах (мал. 130) ураўнаважаны два аднародныя кубікі. Параўнайце:

- сілы цяжару, якія дзейнічаюць на кубікі;
- шчыльнасці рэчываў, з якіх выраблены кубікі.

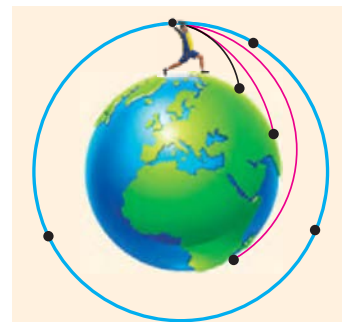
5. Сілы цяжару, што дзейнічаюць на дзве чыгунныя дэталі, адрозніваюцца ў 4 разы. У колькі разоў адрозніваюцца іх аб'ёмы? Масы?

6. Шчыльнасць рэчыва і аб'ём адной дэталі ў k разоў большыя, чым шчыльнасць рэчыва і аб'ём другой. У колькі разоў адрозніваюцца сілы цяжару, што дзейнічаюць на іх?

 7. У адной з работ І. Ньютана прыведзены разважанні аб руху кідаемых цел. Сутнасць гэтых разважанняў адлюстравана на малюнку 131. Самастойна ўзнавіце сэнс разважанняў Ньютана.



Мал. 130

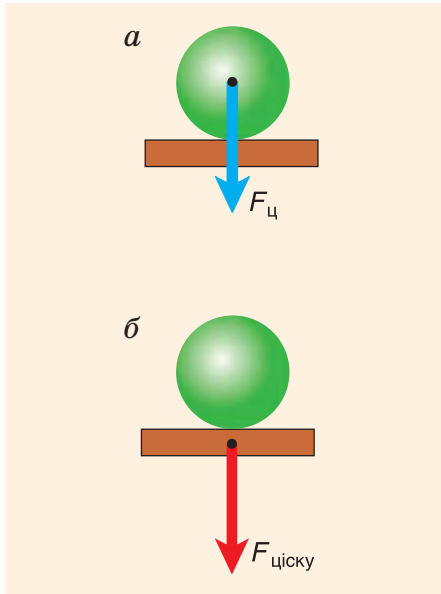


Мал. 131

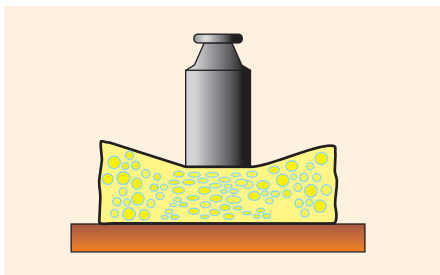


§ 23.

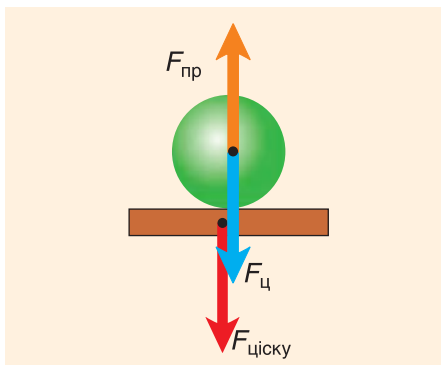
Сіла пругкасці



Мал. 132



Мал. 133



Мал. 134

На гарызантальным сталю ляжыць шар. Як і на ўсякае цела, на яго дзейнічае сіла цяжару $F_{ц}$ (мал. 132, *a*). Але чаму ён не падае ўніз? Гэтаму перашкаджае апора (сталёўніца). У чым выяўляецца дзейне апоры на цела, якое на ёй ляжыць?

З § 21 вядома, што прыкладзеная да цела сіла (нават вельмі вялікая) не выклікае змяненне скорасці руху цела, калі яна скампенсавана (ураўнаважана) прыкладзенай да яго процілегла накіраванай іншай сілай. Як узнікае гэтая іншая сіла? У прыведзеным прыкладзе шар, прыцягваючыся Зямлёй, цісне на сталёўніцу. Сіла ціску $F_{ціску}$ прыкладзена да сталёўніцы і накіравана ўніз (мал. 132, *б*). Дзейнічаючы на сталёўніцу, гэта сіла прагінае яе, г. зн. дэфармуе, хаця дадзеная дэфармацыя і непрыкметная для вока.

Вас не павінна здзіўляць сцверджанне, што любая, нават нязначная, сіла ціску (напрыклад, сіла ціску мухі, якая села на стол) выклікае дэфармацыю. Дэфармацыі паверхні стала, на якую цісне гіра, не відаць. Але паспрабуйце пакласці пад гіру паралон (мал. 133), і вы заўважыце яго прагін, г. зн. дэфармацыя стане відавочнай.

Вернемся да прыкладу з шарам. Дэфармаваная апора, імкнучыся распраміцца, дзейнічае на шар з сілай, накіраванай уверх (мал. 134), — сілай **пругкасці**. Менавіта сіла пругкасці $F_{пр}$ і кампенсуе дзейне сілы цяжару $F_{ц}$.

Правядзём яшчэ адзін дослед. Падвесім шар да спружыны, замацаванай на штатыве. Шар, прыцягваючыся да Зямлі (мал. 135, *a*), рухаецца і расцягвае (дэфармуе) спружыну. Дэфармуючая сіла $F_{дэф}$ прыкладзена да спружыны і накіравана

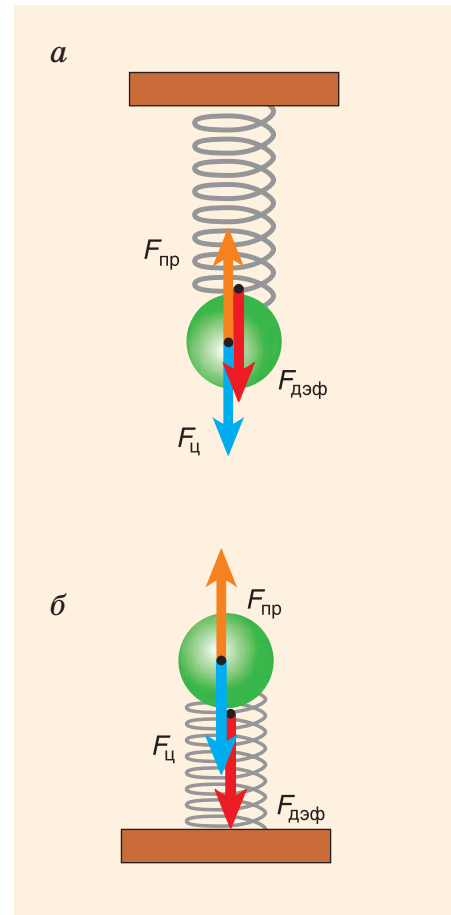
ўніз. Але рух шара не працягваецца неабмежавана. Што ж перашкаджае руху?

Як і ў выпадку з шарам, які ляжаў на сталі, дзейнічае сіла пругкасці $F_{\text{пр}}$. Яна прыкладзена да вісячага шара, накіравана процілегла дэфармуючай сіле і роўна ёй па лікавым значэнні.

А цяпер змесцім шар на спружыну зверху (мал. 135, а). Спружына сціснецца пад дзеяннем сілы ціску $F_{\text{ціску}} = F_{\text{дэф}}$, прыкладзенай да яе. Перашкаджаць руху шара будзе сіла пругкасці $F_{\text{пр}}$, з якой спружына дзейнічае на шар.

Такім чынам, сіла, якая дзейнічае на цела з боку дэфармаванай апоры або падвеса, называецца сілай пругкасці.

Вы заўважылі заканамернасць? Сіла пругкасці $F_{\text{пр}}$ прыкладзена да цела, якое выклікала дэфармацыю апоры або падвеса. Яна процілеглая па напрамку і лікава роўна дэфармуючай сіле $F_{\text{дэф}}$. Дэфармуючая сіла прыкладзена да апоры або падвеса. Але варта зняць дэфармуючую сілу — і расцяжэнне, сцісканне або прагін знікаюць, г. зн. дэфармаванае цела (спружына, сталёніца) аднаўляе свае першапачатковыя памеры і форму. Паколькі сіла пругкасці ўзнікае ў адказ на дзеянне (апора, падвес рэагуюць на дзеянне), то сілу пругкасці часта называюць яшчэ *сілай рэакцыі*.



Мал. 135

Галоўныя вывады

1. Сіла пругкасці (сіла рэакцыі) узнікае ў адказ на дзеянне дэфармуючай сілы.
2. Сіла пругкасці прыкладзена да цела, якое выклікала дэфармацыю апоры або падвеса.
3. Дэфармуючая сіла прыкладзена да апоры або падвеса.
4. Сіла пругкасці процілеглая дэфармуючай сіле. Іх модулі роўныя.

? Кантрольныя пытанні

1. Калі ўзнікае сіла пругкасці?
2. Як накіравана сіла пругкасці?
3. Якой сіле процідзейнічае сіла пругкасці?
4. Да чаго прыкладзены сіла пругкасці і дэфармуючая сіла пры расцяжэнні гарызантальнай спружыны дзвюма рукамі за яе канцы?

Практыкаванне 8



Мал. 136



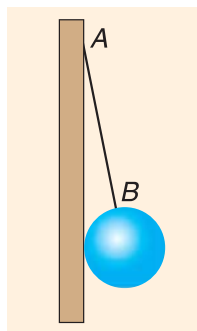
Мал. 137

1. Кніга ляжыць на сталё (мал. 136). Намалюйце ў сшытку ўсе сілы, што дзейнічаюць на кнігу. Якая з іх з'яўляецца сілай пругкасці?

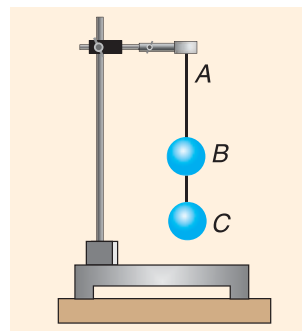
2. Якія сілы дзейнічаюць на пліту, якую раўнамерна падымае пад'ёмны кран (мал. 137)? Намалюйце іх у сшытку і вызначыце, узаемадзеянне якіх цел яны выражаюць.

3. Шар, падвешаны на нітцы AB (мал. 138), абпіраецца на гладкую вертыкальную сцяну. Намалюйце ў сшытку ўсе сілы, прыкладзеныя да шара.

4. Два аднолькавыя шары падвешаны на нітках AB і BC (мал. 139). Што можна сказаць аб сілах пругкасці, якія ўзнікаюць у нітках? Пакажыце іх на малюнку ў сшытку.



Мал. 138



Мал. 139



§ 24. Вага цела

Пры ўзаемадзеянні цел на кожнае з іх з боку іншага дзейнічае сіла. Разгледзім дзеянне адно на аднаго цела і яго гарызантальнай апоры або цела і яго вертыкальнага падвеса.

На малюнку 140 прадстаўлены розныя целы. Кожнае з гэтых цел, прыцягваючыся да Зямлі, дзейнічае на апору або падвес з сілай, якая вам знаёма (§ 23) як дэфармуючая сіла. Гэта сіла ціску на апору або сіла нацяжэння падвеса. Інакш гэту сілу называюць *вагой цела*.

Чаму цела дзейнічае на апору або падвес? Таму што яго прыцягвае Зямля. Нерухомыя апора або падвес не дазваляюць целу падаць і самі зведваюць дзеянне сілы.

Вага — гэта сіла, з якой цела ў выніку прыцяжэння Зямлі дзейнічае на апору або падвес.

Абазначым вагу літарай P і пакажам вагу кожнага цела на малюнку 140. Вага мяча прыкладзена да апоры (сталыніцы), накіравана ўніз і з'яўляецца ўжо вядомай вам сілай ціску. Вага сабакі прыкладзена да зямлі ў месцах судакранання яго лап з зямлёй і роўна суме чатырох сіл:

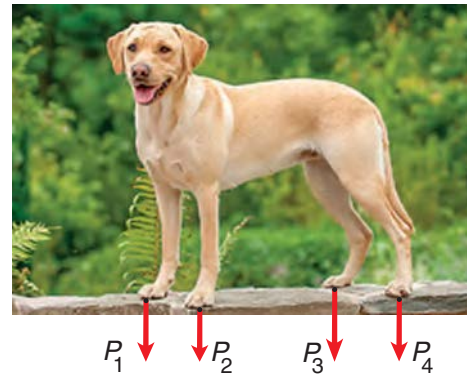
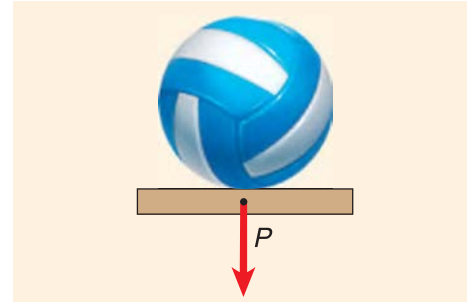
$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4.$$

Вызначыце самі і намалюйце вагу ўсіх астатніх цел, прадстаўленых на малюнку 140.

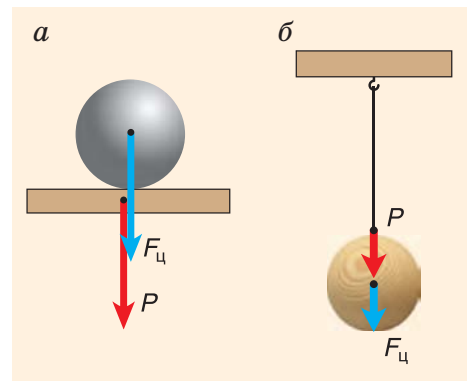
А цяпер яшчэ раз параўнаем сілу цяжару і вагу цела. У гэтых сіл ёсць агульнае: яны выкліканы прыцяжэннем Зямлі. Гэтыя сілы вельмі часта (часта, але не заўсёды) колькасна роўны адна адной. Але ў сілы цяжару і вагі ёсць адрозненні.

Па-першае, яны прыкладзены да розных цел: сіла цяжару — да цела (шара), а вага — да апоры або падвеса (сталыніцы, ніткі) (мал. 141, а, б).

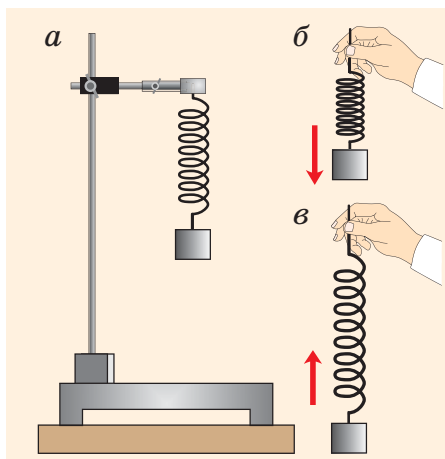
Па-другое, сіла цяжару ў дадзеным месцы Зямлі мае строга вызначанае значэнне $F = gt$,



Мал. 140



Мал. 141



Мал. 142

а вага цела можа быць не толькі роўнай, але большай ці меншай за гэта значэнне.

Дакажам гэта пры дапамозе доследу. Падвесім груз на спружыне (мал. 142, а). Калі мы будзем **раўнамерна** падымаць і апускаць гэты груз, то падаўжэнне спружыны, а значыць, і сіла пругкасці, і вага грузу будуць заставацца такімі самымі, як у выпадку нерухомага грузу. Але калі мы **нераўнамерна** (рэзка) апусцім (мал. 142, б) або падымем (мал. 142, в) груз у вертыкальным напрамку, то будуць назірацца змяненні ў расцяжэнні спружыны. Гэта паказвае на змяненні вагі цела: памяншэнне (мал. 142, б) або павелічэнне (мал. 142, в).

▼ Для дапытлівых

Вам вядома, што дзеючая на цела сіла цяжару на іншых планетах можа быць як большай, так і меншай, чым на Зямлі. Значыць, і вага цела на гэтых планетах будзе іншай.

А ці можа цела наогул страціць вагу? Касманаўты і ўсе целы ў касмічным караблі свабодна лунаюць, не аказваючы дзеяння на апору або падвес, г. зн. іх вага $P = 0$. Гэты стан цела называецца *бязважкасцю*.

Бязважкасць можна стварыць і на Зямлі. Пусцім свабодна падаць груз разам са спружынай. Спружына не расцягваецца, а, значыць, вага грузу роўна нулю. Гэта і ёсць *бязважкасць*.

■ Галоўныя вывады

1. Вага цела — сіла, прыкладзеная да апоры або падвеса.
2. Вага нерухомага цела або цела, якое раўнамерна рухаецца, лікава роўна сіле цяжару.
3. Вага цела, якое рухаецца нераўнамерна, можа змяняцца і быць большай за сілу цяжару, меншай за яе і нават роўнай нулю.

? Кантрольныя пытанні

1. Што называюць вагой цела? Да чаго яна прыкладзена?
2. У чым адрозненне вагі цела ад сілы цяжару?
3. У якім выпадку вага цела лікава роўна дзеючай на яго сіле цяжару?
4. Ці былі вы ў стане безважкасці? Аргументуйце свой адказ.





§ 25.

Адзінка сілы. Вымярэнне сілы. Дынамометр

Сіла характарызуецца лікавым значэннем (модулем), напрамакам і пунктам прыкладання. Каб вызначыць лікавае значэнне сілы, трэба вымераць яе, г. зн. параўнаць з іншай сілай, прынятай у якасці адзінкі сілы. Што прынята за адзінку сілы?

Галоўны вынік дзеяння сілы — змяненне скорасці руху цела, якая сама па сабе ніколі не змяняецца. Зыходзячы з гэтага, была абрана ў **СІ асноўная адзінка сілы — 1 ньютан (1 Н)**, названая ў гонар англійскага вучонага Ісаака Ньютана. Існуюць кратныя і долевыя адзінкі сілы. Напрыклад: $1 \text{ кН} = 1000 \text{ Н}$, $1 \text{ мН} = 0,001 \text{ Н}$.

Сіла, як вы ведаеце, можа не толькі змяніць скорасць, але і выклікаць дэфармацыю цела. Спружына расцягваецца (мал. 143), таму што на яе дзейнічае вага грузу, які прыцягвае Зямля.

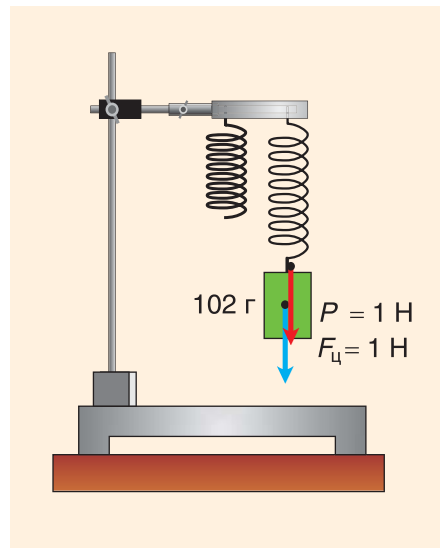
Якую масу павінна мець цела, каб дзеючая на яго сіла цяжару была роўна $1,0 \text{ Н}$? Даследаванні паказалі, што з сілай $F = 1,0 \text{ Н}$ Зямля прыцягвае цела масай $m = 0,102 \text{ кг}$.

Вызначым значэнне каэфіцыента g , які ўваходзіць у формулу сілы цяжару $F = gm$. З формулы бачна, што $g = \frac{F}{m}$. Паколькі на цела масай $0,102 \text{ кг}$ Зямля дзейнічае з сілай $F \approx 1,0 \text{ Н}$, то:

$$g = \frac{1,0 \text{ Н}}{0,102 \text{ кг}} \approx 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

Значыць, калі маса цела роўна $1,0 \text{ кг}$, то дзеючая на яго сіла цяжару $F = gm = 9,8 \text{ Н}$. Такім чынам, і вага гэтага цела (калі яно знаходзіцца ў стане спакою або рухаецца раўнамерна) $P = 9,8 \text{ Н}$.

Ні ў якім разе нельга прыраўноўваць вагу і масу, што, на жаль, часта сустракаецца ў быце. Гэта розныя фізічныя велічыні, і адзінкі ў іх розныя. Маса вымяраецца ў кілаграмах, вага — у ньютанах (мал. 144). Калі ваша маса $m = 50 \text{ кг}$, то ваша вага $P \approx 500 \text{ Н}$.



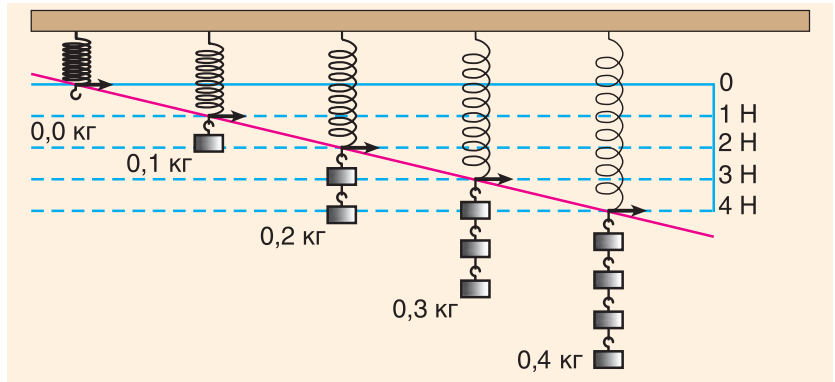
Мал. 143



Мал. 144



Мал. 146



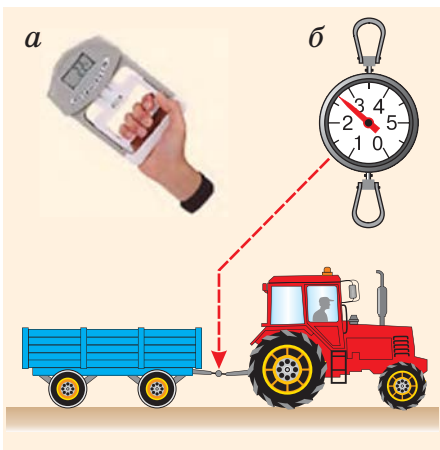
Мал. 145

Як вымераць сілу? Для гэтага трэба стварыць вымяральны прыбор. Будзем падвешваць да спружыны спачатку адну гіру масай $m = 102 \text{ г} = 0,102 \text{ кг}$, затым дзве, тры і г. д. Адзначым штырхамі становішчы паказальніка (мал. 145), насупраць якіх паставім значэнні 1 Н, 2 Н, 3 Н і г. д.

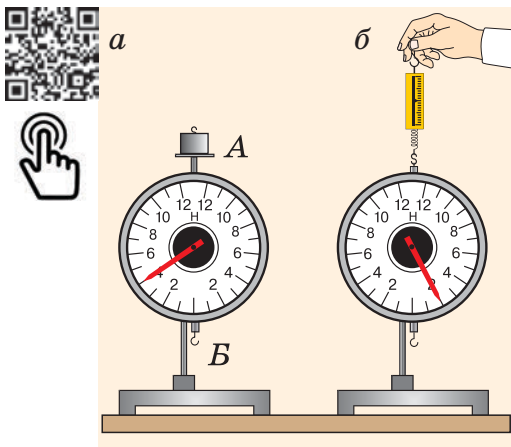
Спружына з паказальнікам і шкалай (мал. 146) уяўляе сабой прыбор для вымярэння сіл — *дынамометр* (ад грэч. *dynamis* — сіла і *metreo* — вымяраю). Дынамометрамі можна вымераць не толькі вагу цела, але і любыя сілы.

Дынамометры бываюць розных тыпаў і памераў. Гэта залежыць ад таго, для вымярэння якіх сіл яны прызначаны. Для вымярэння мускульнай сілы рукі выкарыстоўваюць *дынамометр-сіламер* (мал. 147, а). Вызначыць сілу цягі трактара дазваляе *цягавы дынамометр* (мал. 147, б).

Для правядзення розных даследаванняў зручна карыстацца *дынамометрам з рэччай перадачай* (мал. 148). Ён дазваляе вымераць не толькі сілу, накіраваную ўніз. Напрыклад, сілу, якую стварае цела, што стаіць на століку А (мал. 148, а), або вагу падвешанага да падвеса Б цела. Такім дынамометрам можна вымераць таксама сілу, накіраваную ўверх (мал. 148, б).



Мал. 147



Мал. 148

▼ Для дапытлівых

Значэнне каэфіцыента g , роўнае $9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$, характэрна толькі для Зямлі. Яно некалькі змяняецца ў залежнасці ад геаграфічнай шыраты мясцовасці і ад вышыні пад'ёму цела над паверхняй Зямлі. З павелічэннем вышыні значэнне g памяншаецца.

Для Месяца гэты каэфіцыент у 6 разоў меншы, г. зн. $g_{\text{М}} \approx 1,6 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$, для Юпітэра $g_{\text{Ю}} \approx 23 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$. Для Сонца $g_{\text{С}} \approx 274 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ амаль у 30 разоў больш, чым для Зямлі.

▣ Галоўныя вывады

1. У СІ асноўнай адзінкай сілы з'яўляецца 1 ньютан.
2. З сілай $F = 1 \text{ Н}$ Зямля прыцягвае цела масай $m = 0,102 \text{ кг}$.
3. Сілу вымяраюць з дапамогай дынамометра.
4. У формуле сілы цяжару $F_{\text{ц}} = gm$, з якой Зямля дзейнічае на цела, пастаянны каэфіцыент $g \approx 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

? Кантрольныя пытанні

1. У якіх адзінках у СІ вымяраецца сіла?
2. Якія ўласцівасці сілы выкарыстоўваюцца для яе вымярэння?
3. Якую масу павінна мець цела, каб Зямля прыцягвала яго з сілай $F = 1 \text{ Н}$?
4. З якой сілай вас прыцягвае Зямля?
5. Ці можна вымераць вагу цела з дапамогай спружыннага дынамометра, знаходзячыся на арбіце ў касмічным караблі?



➔ Дамашняе заданне

Выкарыстаўшы прыдатную спружыну або гумавы жгут, вырабіце дынамометр. Градуіроўку шкалы можна правесці ў класе. У далейшым вы зможаце выкарыстоўваць свой дынамометр у быце для вымярэнняў, якія не патрабуюць высокай дакладнасці.



Прыклад рашэння задачы

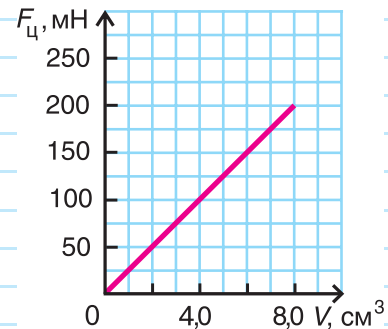
Залежнасць сілы цяжару, якая дзейнічае на пясок у пясочным гадзінніку, ад яго аб'ёму прадстаўлена на малюнку 149. Вызначыце шчыльнасць пяску. Каэфіцыент g прыміце роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Рашэнне

Шчыльнасць пяску $\rho = \frac{m}{V}$. Маса пяску $m = \frac{F_{\text{ц}}}{g}$. Сілу цяжару для дадзенага аб'ёму пяску, напрыклад $V = 4,0 \text{ см}^3 = 4,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$, вызначым па даных графіка: $F_{\text{ц}} = 100 \text{ мН} = 0,10 \text{ Н}$. Тады

$$\rho = \frac{F_{\text{ц}}}{gV} = \frac{0,10 \text{ Н}}{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 4,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3} = 2500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 2,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Адказ: $\rho = 2,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.



Мал. 149

Практыкаванне 9

1. Якія вагу і сілу цяжару маюць яблык, кабачок і кавун, што ляжаць на сталe, калі іх масы адпаведна роўны: $m_1 = 0,10 \text{ кг}$, $m_2 = 0,50 \text{ кг}$, $m_3 = 3,0 \text{ кг}$? У гэтай і наступных задачах лічыце $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

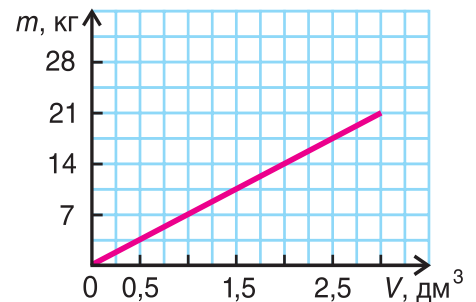
2. Вызначыце вагу і сілу цяжару, якая дзейнічае на цагліну аб'ёмам $V = 0,80 \text{ дм}^3$, што ляжыць на дошцы. Намалюйце гэтыя сілы.

3. Якія з сіл — сіла цяжару, ціску, пругкасці, вага — змяняюцца, калі вы знаходзіцеся ў кабiне ліфта ў момант: а) пачатку пад'ёму; б) раўнамернага руху; в) тармажэння перад спыненнем?

4. У 2008 г. беларускі штангіст Андрэй Арамнаў стаў пераможцам XXIX Алімпійскіх гульняў, устанавіўшы тры сусветныя рэкорды. У штурышку ён падняў штангу масай $m = 236 \text{ кг}$. Вызначыце вагу штангі. Ці была яна ў працэсе пад'ёму і апускання штангі пастаяннай?

5. Кардонная скрыня змяшчае $N = 50$ плітак шакаладу. Вага скрыні $P = 54 \text{ Н}$. Вызначыце масу адной пліткі шакаладу, калі маса пустой скрыні $m_0 = 0,40 \text{ кг}$.

6. Залежнасць масы ад аб'ёму бруска прадстаўлена на графіку (мал. 150). З якога рэчыва выраблены брусок? Чаму роўны вага бруска, які знаходзіцца ў стане спакою, і сіла цяжару, якая дзейнічае на брусок аб'ёмам $V = 1,0 \text{ дм}^3$?



Мал. 150

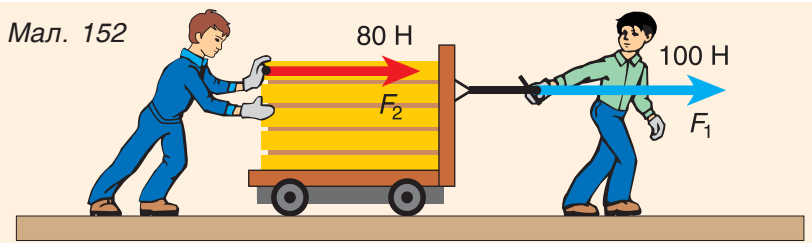


§ 26.

Складанне сіл. Раўнадзейная сіла

На любое цела дзейнічае хоць бы адна сіла — сіла цяжару. Але часцей за ўсё на цела дзейнічае некалькі сіл. Напрыклад, на шарык (мал. 151) дзейнічаюць Зямля і нітка (дзе сілы). Які вынік іх дзеяння?

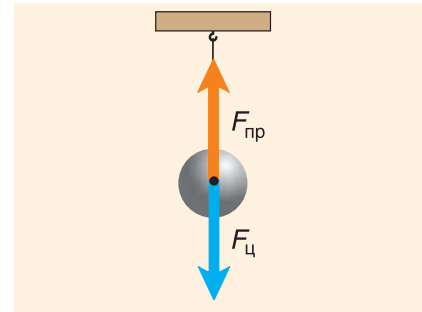
Рэшым такую задачу. Вы з сябрам перавозіце на калясцы груз, прычым адзін з вас цягне каляску, прыкладаючы сілу $F_1 = 100$ Н, другі штурхае яе, дзейнічаючы з сілай $F_2 = 80$ Н (мал. 152). Чаму роўна сіла, якая рухае каляску?



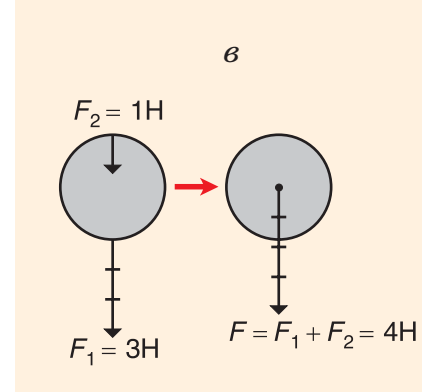
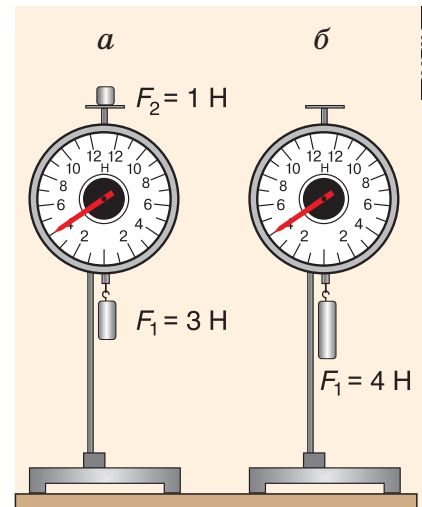
Гэта сіла $F = F_1 + F_2 = 100$ Н + 80 Н = 180 Н. А ці змяніўся б рух каляскі, калі б яе цягнуў адзін чалавек, прыкладаючы сілу $F = 180$ Н? Не, эфект быў бы такі самы. Значыць, адна сіла F аказвае на каляску такое ж дзеянне, як дзве адначасова дзеючыя сілы F_1 і F_2 .

Сіла, якая аказвае на цела такое ж дзеянне, як некалькі сіл, што дзейнічаюць на яго адначасова, называецца раўнадзейнай гэтых сіл.

Як накіравана раўнадзейная? Правядзём дослед. Да ніжняга кручка дынамометра падвесім груз вагой $P_1 = F_1 = 3$ Н, а на столік (мал. 153, а) паставім груз вагой $P_2 = F_2 = 1$ Н. Дынамометр паказвае дзеянне на яго сілы $F = 4$ Н. Сіла F — сума вагі ніжняга і верхняга грузаў. Гэтыя сілы накіраваны вертыкальна ўніз. Заменім два грузы адным вагой 4 Н і падвесім яго да дынамометра (мал. 153, б). Дынамометр паказвае, што адзін груз аказвае такое ж дзеянне, як два грузы вагой $P_1 = 3$ Н і $P_2 = 1$ Н. Значыць, сіла $F = 4$ Н = 3 Н +

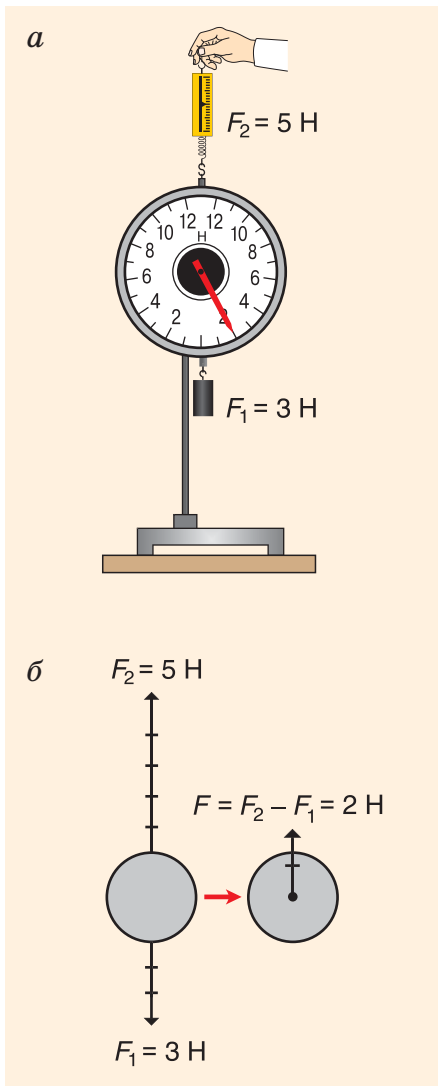


Мал. 151

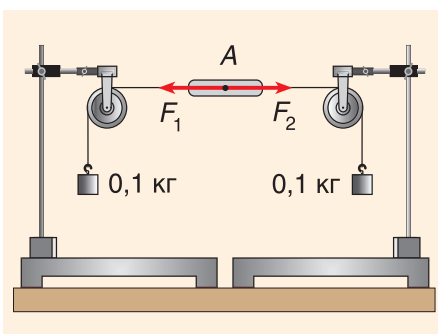


Мал. 153





Мал. 154



Мал. 155

+ 1 Н — раўнадзейная дзвюх сіл, прыкладзеных да дынамометра. Пакажам гэтыя сілы схематычна (гл. мал. 153, в).

Модуль раўнадзейнай сіл, якія дзейнічаюць на цела ў адным напрамку па адной прамой, роўны суме модуляў гэтых сіл. Напрамак раўнадзейнай такі самы, як і асобных сіл.

Відазменім дослед: з дапамогай іншага дынамометра падзейнічаем на дадзены дынамометр уверх сілай $F_2 = 5$ Н (мал. 154, а). Прыкладзеныя да дынамометра сілы накіраваны ў процілеглыя бакі. Дынамометр паказвае сілу $F = 2$ Н = 5 Н – 3 Н. Гэта і ёсць раўнадзейная дзвюх процілегла накіраваных сіл. Яна накіравана ўверх, што пацвярджаецца змяненнем напрамку павароту стрэлкі дынамометра.

Значыць, дзеянне дзвюх процілегла накіраваных сіл можна замяніць адной сілай, модуль якой роўны рознасці модуляў дзвюх прыкладзеных сіл і якая накіравана ў бок большай сілы (мал. 154, б).

А калі сілы F_1 і F_2 маюць роўныя модулі? Тады раўнадзейная сіла роўна нулю. Адбываецца кампенсацыя сіл.

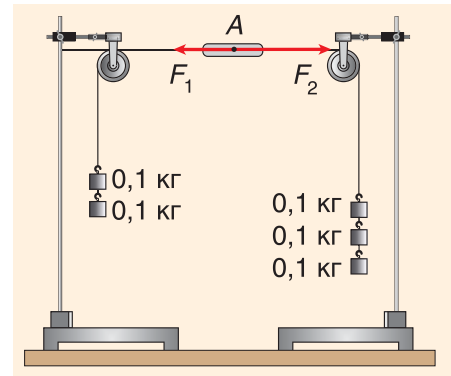
Адкажам яшчэ на адно важнае пытанне: як паводзіць сябе цела пры скампенсаваных сілах, г. зн. пры значэнні раўнадзейнай $F = 0$?

Правядзём дослед. Возьмем пенапластавую пласцінку А вельмі малой масы. Падзейнічаем на пласцінку аднолькавымі па модулі сіламі пругкасці нітак F_1 і F_2 (мал. 155). Іншых сіл няма. Сілу цяжару, якая дзейнічае на пласцінку, можна не ўлічваць. Раўнадзейная сіл F_1 і F_2 роўна нулю. Пласцінка знаходзіцца ў стане спакою. Штурхнём пласцінку. Яна прыйдзе ў рух і, калі трэнне малое, будзе рухацца раўнамерна, г. зн. з пастаяннай скорасцю. Але пасля спынення штуршка на пласцінку па-ранейшаму дзейнічаюць толькі сілы F_1 і F_2 , іх раўнадзейная роўна нулю. Дослед дазваляе зрабіць вельмі важную выснову: калі раўнадзейная сіл, прыкладзеных

да цела, роўна нулю, цела знаходзіцца ў стане спакою або рухаецца раўнамерна і прамалінейна. Прыведзіце самі прыклады, якія пацвярджаюць гэту выснову.

А што будзе, калі працягнуць дослед і падвесіць да адной ніткі два грузы, а да другой — тры (мал. 156)? Раўнадзейная сіл пругкасці нітак F_1 і F_2 , прыкладзеных да пласцінкі, ужо не будзе роўна нулю. Пласцінка пачне рухацца са скорасцю, якая будзе павялічвацца.

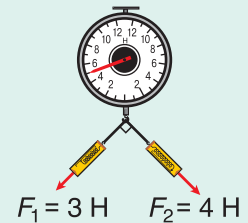
Увага! Знаходзіць раўнадзейную можна толькі для сіл, прыкладзеных да аднаго цела.



Мал. 156

▼ Для дапытлівых

Калі прыкладзеныя да цела сілы дзейнічаюць не ўздоўж адной прамой, то модуль раўнадзейнай сілы не роўны алгебраічнай суме гэтых сіл. У паказаным на малюнку доследзе прыкладзеныя сілы — $F_1 = 3 \text{ Н}$, $F_2 = 4 \text{ Н}$ — перпендыкулярны адна адной, а модуль раўнадзейнай F роўны не 7 Н , а 5 Н , г. зн. меншы за суму $F_1 + F_2$.



▣ Галоўныя вывады

1. Дзеянне некалькіх сіл, прыкладзеных да цела, можна замяніць адной сілай — іх раўнадзейнай.
2. Напрамак раўнадзейнай дзвюх сіл, якія дзейнічаюць уздоўж адной прамой, супадае з напрамкам большай з іх.
3. Калі раўнадзейная сіл, прыкладзеных да цела, роўна нулю, то яно або знаходзіцца ў стане спакою, або рухаецца раўнамерна і прамалінейна.
4. Калі раўнадзейная ўсіх сіл, прыкладзеных да цела, не роўна нулю, скорасць цела змяняецца.

? Кантрольныя пытанні

1. Што называюць раўнадзейнай сілай?
2. Як знаходзяць раўнадзейную дзвюх сіл, калі яны:
 - а) накіраваны ў адзін бок; б) накіраваны ў процілеглыя бакі?
3. Сфармулюйце ўмову руху цела з пастаяннай скорасцю.



Прыклад рашэння задачы

На аўтамабіль масай $m = 2,0$ т, які рухаецца раўнамерна па прамалінейным гарызантальным участку шашы, дзейнічае сіла супраціўлення руху $F_{\text{супр}} = 8,0$ кН. Вызначыце сілу цягі, якую развівае рухавік аўтамабіля. Намалюйце ўсе сілы, якія дзейнічаюць на аўтамабіль (маштаб: 1 см — 8000 Н). Знайдзіце іх раўнадзейную.

Дадзена:

$$m = 2,0 \text{ т} = 2,0 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$F_{\text{супр}} = 8,0 \text{ кН} = 8,0 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$F_{\text{цягі}} \text{ — ?}$$

$$F_{\text{р}} \text{ — ?}$$

Рашэнне

Калі аўтамабіль рухаецца раўнамерна, то раўнадзейная ўсіх сіл, прыкладзеных да яго, роўна нулю. На аўтамабіль дзейнічаюць: сіла цяжару $F_{\text{ц}}$, сіла пругкасці $F_{\text{пр}}$, сіла цягі $F_{\text{цягі}}$, сіла супраціўлення $F_{\text{супр}}$.

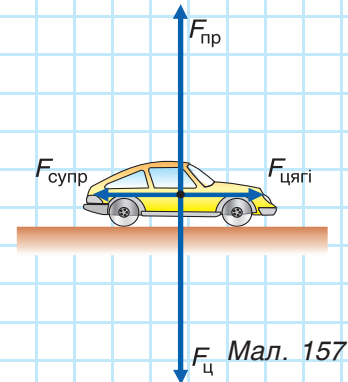
Намалюем $F_{\text{супр}}$ у рэкамендаваным маштабе (мал. 157). Паколькі рух аўтамабіля раўнамерны, то раўнадзейная сіла:

$$F_{\text{цягі}} - F_{\text{супр}} = 0, \text{ г. зн.}$$

$$F_{\text{цягі}} = F_{\text{супр}} = 8000 \text{ Н} = 8,0 \text{ кН.}$$

Аналагічна $F_{\text{пр}} - F_{\text{ц}} = 0$, значыць $F_{\text{р}} = 0$.

Адказ: $F_{\text{цягі}} = 8,0$ кН; $F_{\text{р}} = 0$.



Мал. 157

Практыкаванне 10

1. Якімі будуць максімальнае і мінімальнае значэнні раўнадзейнай дзвюх сіл, накіраваных уздоўж адной прамой, калі $F_1 = 10$ Н, $F_2 = 12$ Н?

2. Дзіма дапамагае бацьку перасоўваць шафу. Дзіма штурхае шафу з сілай $F_1 = 100$ Н, а бацька — з сілай $F_2 = 500$ Н. Абедзве сілы накіраваны гарызантальна. Вызначыце раўнадзейную сілу, з якімі бацька і сын дзейнічаюць на шафу. Намалюйце гэтыя сілы (маштаб: 1 см — 100 Н).

3. Кабіна ліфта агульнай масай $m = 200$ кг падымаецца з дапамогай троса, сіла пругкасці якога $F = 2,20$ кН. Вызначыце раўнадзейную сілу, прыкладзеных да кабіны ліфта. Намалюйце гэтыя сілы (маштаб: 1 см — 800 Н). Ці з'яўляецца рух кабіны раўнамерным? У гэтай і наступных задачах лічыце $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

4. Пад дзеяннем двух чыгунных кубікаў аб'ёмам $V = 0,10$ дм³ кожны спружына расцягнулася на $l = 5$ см. На колькі расцягнецца спружына, калі да яе падвесіць чыгунную дэталю масай $m_2 = 1,4$ кг?



§ 27.

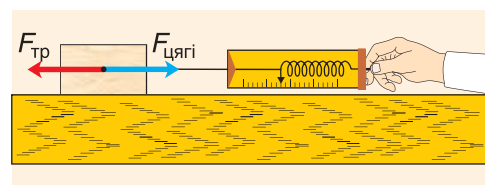
Трэ́нне. Сіла трэ́ння

Хто з вас не катаўся з гары на санках? Набыўшы вялікую скорасць, санкі (мал. 158), выехаўшы на гарызантальны ўчастак, спыняюцца. Чаму? Успомніце, што дзеючая на цела сіла можа змяніць скорасць яго руху. Гэтай сілай з'яўляецца сіла трэння слізгання. А што трэба зрабіць, каб санкі працягвалі рух з той жа скорасцю? Неабходна скампенсаваць сілу трэння. Для гэтага варта цягнуць санкі, прыкладаючы гарызантальную сілу, роўную па модулі сіле трэння. Ад чаго залежыць сіла трэння?



Мал. 158

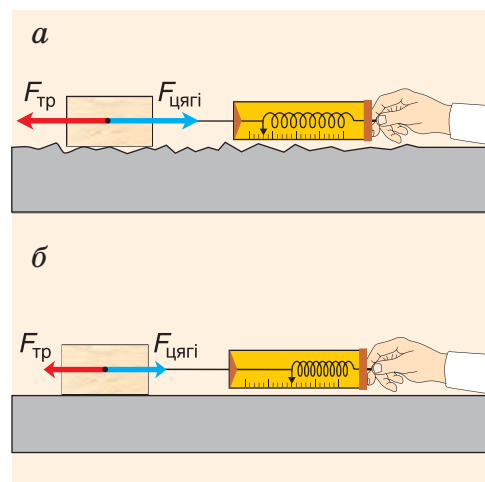
Правядзём дослед. Будзем пры дапамозе дынамометра раўнамерна перамяшчаць брусок па гарызантальнай паверхні стала (мал. 159). Дынамометр паказвае, што на брусок дзейнічае сіла цягі, але скорасць руху бруска не змяняецца. Значыць, на брусок дзейнічае кампенсуючая сіла. Гэтай сілай з'яўляецца сіла трэння $F_{\text{тр}}$. Раўнадзейная сіл $F_{\text{цягі}}$ і $F_{\text{тр}}$ роўна нулю. Звярніце ўвагу, што модуль сілы трэння роўны модулю сілы цягі толькі ў выпадку раўнамернага прамалінейнага руху. Калі ж модуль сілы цягі большы за модуль сілы трэння, скорасць руху цела будзе павялічвацца. А калі модуль сілы цягі меншы за модуль сілы трэння — памяншацца.



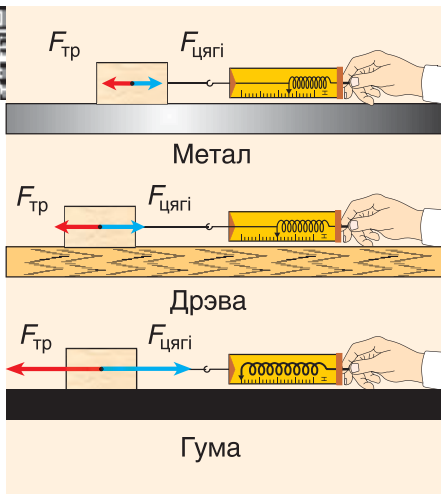
Мал. 159

Такім чынам, **сіла трэння слізгання ўзнікае пры руху аднаго цела па паверхні другога і накіравана ў бок, процілеглы руху.**

Чаму ўзнікае сіла трэння? Працягнем дослед. Будзем раўнамерна перамяшчаць брусок спачатку па шурпатай, затым па апрацаванай паверхні (мал. 160). Сіла цягі будзе большай пры руху па шурпатай паверхні (мал. 160, а). Значыць, і модуль роўнай ёй сілы трэння будзе тым большым, чым больш шурпатай, няроўнай будзе паверхня. Пры руху няроўнасці чапляюцца адна за адну,



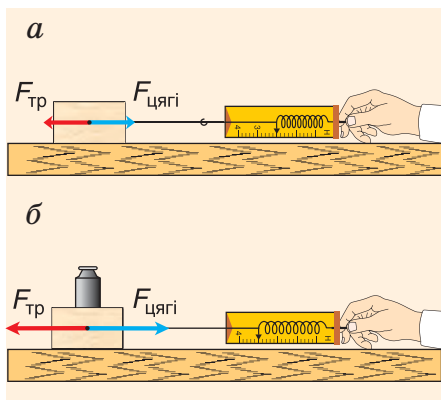
Мал. 160



Мал. 161



Мал. 162



Мал. 163

дэфармуюцца, разбураюцца. Гэта стварае перашкоды руху.

А калі б паверхні былі ідэальна гладкія, то ці ўзнікла б сіла трэння пры руху аднаго цела па паверхні другога? Не спяшайцеся адказаць «не». Пры добра адпаліраваных паверхнях адлегласць паміж паверхнямі цел або іх часткамі вельмі малая. Пры руху цел стануць істотнымі сілы прыцяжэння малекул паверхні аднаго цела да малекул паверхні другога. Гэтыя сілы будуць тармазіць рух цел.

Значыць, шурпатасць паверхняў і сілы прыцяжэння паміж малекуламі паверхняў, якія судакранаюцца, — прычыны ўзнікнення сіл трэння.

Калі пры руху судакранаюцца цвёрдыя паверхні цел, трэнне называюць *сухім*.

Ад чаго яшчэ залежыць сіла сухога трэння? Дадзім адказ, зыходзячы з доследу. Будзем раўнамерна рухаць драўляны брусок па розных паверхнях: металічнай, драўлянай, гумавай (мал. 161) — з прыкладна аднолькавай якасцю апрацоўкі. Дынамометр паказвае розную сілу цягі. Такім чынам, сілы трэння дрэва аб метал, дрэва аб дрэва, дрэва аб гуму будуць рознымі. Найбольшая сіла трэння ўзнікае пры руху па паверхні гумы. Невыпадкава падэшвы ў спартыўным абутку (мал. 162) робяць гумавамі і рэльефнымі.

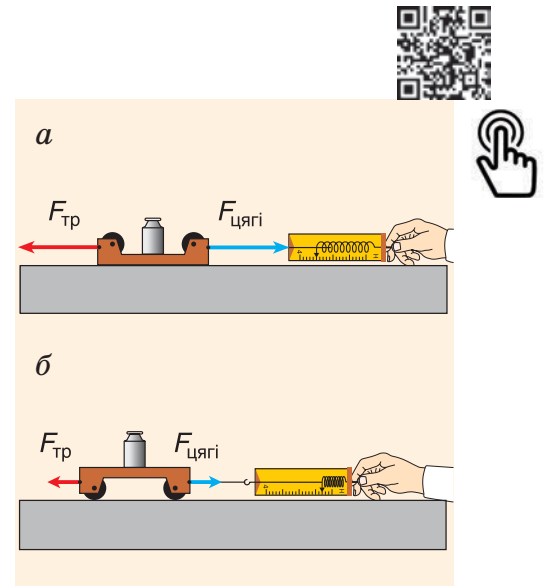
Паставім цяпер на брусок гіру і параўнаем сілы трэння пры раўнамерным руху ненагружанага бруска (мал. 163, а) і бруска з гірай (мал. 163, б). Бачна, што ў другім выпадку сіла цягі, а значыць, і сіла трэння павялічыліся. Але брусок з гірай з большай сілай цісне на паверхню, з якой судакранаецца. Такім чынам, сіла трэння тым большая, чым большая сіла, што прыціскае цела (брусок) да паверхні.

Як паменшыць трэнне? Тут ёсць два шляхі. Першы — замяніць трэнне слізгання трэннем качэння. Правядзём такі дослед. Будзем раўнамерна перамяшчаць металічную цялежку па

сталыніцы слізганнем (мал. 164, а) і качэннем (мал. 164, б). Сіла трэння ў другім выпадку значна меншая, хаця матэрыял паверхні і прыціскаючая сіла не змяняюцца. Значыць, трэнне качэння меншае за трэнне слізгання. З цяжкім чамаданам справіцца лёгка, калі прымацаваць да яго колы.

Другі шлях памяншэння трэння слізгання — гэта змазванне паверхняў, якія труцца. Змазка (напрыклад, масла) запаўняе ўсе няроўнасці паверхняў, якія труцца, і размяшчаецца тонкім слоем паміж імі. Паверхні перастаюць дакранацца адна да адной. Пры гэтым **сухое трэнне замяняецца трэннем слаёў вадкасці (масла)**, а яно ў 8—10 разоў меншае.

Вопытны аўтамабіліст ніколі не адправіцца ў далёкі шлях, не праверыўшы, ці дастаткова масла ў рухавіку машыны. *Растлумачце, навошта ён гэта робіць.*

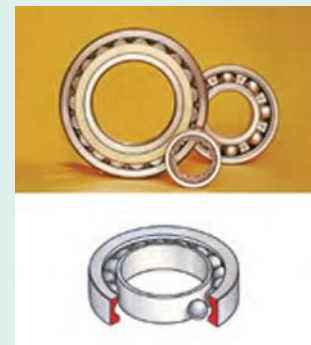


Мал. 164

▼ Для дапытлівых

А ці ведаеце вы, што з дапамогай каткоў перамяшчаюць дамы? Напрыклад, у горадзе Маскве падчас рэканструкцыі вуліцы Цвярскай некаторыя дамы былі перамяшчаны на іншае месца менавіта такім спосабам.

У машынах для замены трэння слізгання трэннем качэння выкарыстоўваюць шарыкавыя і ролікавыя падшыпнікі (гл. мал.). Падшыпнікі дыяметрам 1,5—2 мм ужываюць у дакладных вымяральных прыборах. Вал машыны або іншага механізма, які верціцца, не слізгае па нерухомым укладышы падшыпніка, а коціцца па ім на стальных шарыках або роліках. Гэта зніжае трэнне ў 20—30 разоў.



➔ Дамашняе заданне

Намачыце мыльнай вадой палец, на які шчыльна надзета кольца. Кольца здымецца лёгка. Растлумачце вынікі доследу.

Галоўныя вывады

1. Сіла трэння слізгання ўзнікае пры руху аднаго цела па паверхні другога.
2. Сіла трэння слізгання накіравана супраць руху.
3. Сіла трэння залежыць ад уласцівасцей паверхняў, якія судакранаюцца, і сілы, што прыціскае цела да паверхні.
4. Сіла трэння качэння меншая за сілу трэння слізгання.

Кантрольныя пытанні

1. У якіх выпадках узнікае сіла трэння і чым яна абу-моўлена?
2. Як накіравана сіла трэння?
3. Якія віды трэння вам вядомы? Прывядзіце прыклады.
4. Як вымераць сілы трэння слізгання і качэння?
5. Ад чаго залежыць сіла трэння слізгання? Як яе па-меншыць?
6. Якія сілы вы пераадолюеце, выцягваючы кнігу з паліцы (мал. 165)? Як яны накіраваны?



Мал. 165



Практыкаванне 11

1. На шынах аўтамабіляў, трактароў ёсць пратэктар (рэльефны малюнак). Навошта ён патрэбен?
2. Для чаго баксёры перад выхадам на рынг некалькі секунд «танчаць» у скрыні з каніфоллю?
3. Чаму пасля дажджу дарога становіцца слізкай?
4. Камяк ваты масай $m = 5$ г падае з пастаяннай скорасцю. Якія сілы прыкладзены да камяка і чаму роўна іх раўнадзейная?
5. Чаму ў вытворчасці чыгуначных лакаматываў (цеплавозаў, электравозаў) не выкарыстоўваюць лёгкія сплавы алюмінію, якія шырока прымяняюцца ў самалётабудаванні?



Тэмы праектных заданняў

1. Маса і вага цела. Стан бязважкасці.
2. Тармазны шлях чалавека, аўтамабіля, цягніка.
3. Ці можа цела рухацца, калі раўнадзейная сіла $F = 0$?
4. Інерцыя і правілы дарожнага руху.
5. Трэнне. Карысная ці шкодная сіла трэння?

4



Ціск

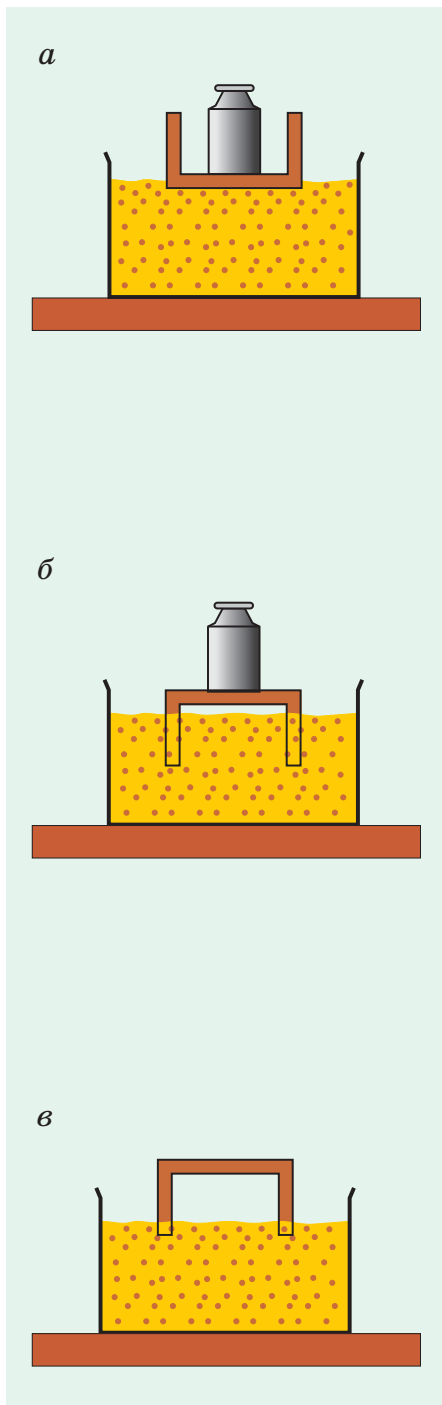
- Чаму ў камбайна колы шырокія, а нажы вострыя?
- Чаму рыбы могуць плаваць на большай глыбіні, чым падводныя лодкі?
- Чаму напампаваныя паветрам гумавыя шары, падымаючыся на вялікую вышыню, павялічваюцца ў аб'ёме?





§ 28.

Ціск. Адзінкі ціску



Мал. 166

Вы ўжо ведаеце, што цела, якое знаходзіцца на гарызантальнай апоры, дзейнічае на апору сілай ціску. Яна прыкладзена да апоры і накіравана перпендыкулярна да яе. Апора дэфармуецца. А ад чаго залежыць ступень яе дэфармацыі?

Правядзём такі дослед. Змесцім столік уверх ножкамі ў скрыню з пяском. На столік паставім гіру (мал. 166, а). Столік з гірай толькі нязначна апусціцца ў пясок. А цяпер перавярнем столік ножкамі ўніз і паставім тую ж гіру (мал. 166, б). Ножкі праваляцца ў пясок. Вынік дзеяння адной і той жа сілы ціску (вагі століка з гірай) аказаўся розным. Чаму? Таму, што сіла ціску дзейнічала на розную плошчу паверхні апоры. У першым выпадку яе дзеянне размеркавалася на плошчу паверхні пяску пад стальніцай. У другім — на плошчу паверхні пяску пад ножкамі століка. Зразумела, што плошча пад ножкамі значна меншая за плошчу пад стальніцай.

А калі прыняць гіру, г. зн. паменшыць сілу ціску (мал. 166, в)? Ножкі апусцяцца ў пясок, але не так моцна.

Вынік дзеяння сілы ціску на паверхню можна вызначыць з дапамогай фізічнай велічыні — ціску. Абазначым ціск літарай p . З доследу вынікае, што **ціск тым большы, чым большая сіла ціску і чым меншая плошча паверхні, на якую яна дзейнічае.**

Ціск — гэта фізічная велічыня, роўная адносіне сілы ціску, якая дзейнічае перпендыкулярна паверхні, да плошчы паверхні.

Матэматычна гэта можна выразіць так:

$$\text{ціск} = \frac{\text{сіла ціску}}{\text{плошча паверхні}}, \text{ або } p = \frac{F}{S}.$$

У СІ асноўнай адзінкай ціску з'яўляецца $1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$. Яе называюць паскалем (Па) у гонар французскага вучонага Блеза Паскаля (гл. форзац 1), які вывучаў ціск у вадкасцях і газах.

1 паскаль — гэта ціск на паверхню плошчай 1 м^2 , які ствараецца сілай 1 Н , што дзейнічае перпендыкулярна.

Выкарыстоўваюць кратныя адзінкі ціску: гектапаскаль (гПа), кілапаскаль (кПа) і мегапаскаль (МПа). Звярніце ўвагу:

$$1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па} = 1 \cdot 10^2 \text{ Па};$$

$$1 \text{ кПа} = 1000 \text{ Па} = 1 \cdot 10^3 \text{ Па};$$

$$1 \text{ МПа} = 1\,000\,000 \text{ Па} = 1 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Пазней вы пазнаёміцеся і з іншымі адзінкамі ціску.

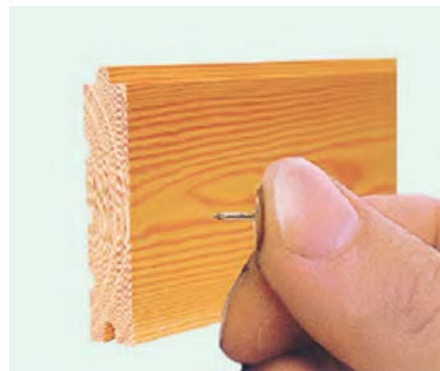
Сілай ціску можа быць не толькі вага цела, але і любая сіла, перпендыкулярная паверхні, на якую яна дзейнічае.

Просты прыклад: вы заганяеце канцылярскую кнопку ў вертыкальную дошку (мал. 167). Сілай ціску на кнопку з'яўляецца сіла дзеяння пальца рукі, накіраваная гарызантальна (перпендыкулярна дошцы). Спружыны канапы аказваюць ціск на чалавека, які сядзіць на ёй. Сіла ціску (сіла пругкасці спружын) пры гэтым накіравана вертыкальна ўверх.

Для практычных мэт часам неабходна паменшыць ціск, а ў шэрагу выпадкаў, наадварот, — павялічыць. Як змяніць ціск?

Звернемся да формулы $p = \frac{F}{S}$. Зусім зразумела: каб паменшыць ціск, трэба паменшыць сілу ціску або павялічыць плошчу паверхні.

Напрыклад, каб павялічыць праходнасць цяжкіх машын (трактара, танка), іх аснашчаюць гусеніцамі (мал. 168). Плошча паверхні, на якую дзейнічае сіла ціску, павялічваецца, а ціск памяншаецца. Шырокія шыны ў аўтамабіляў, лыжы ў чалавека (мал. 169), даволі вялікія па плошчы



Мал. 167



Мал. 168



Мал. 169



Мал. 170



Мал. 171



Мал. 172

стопы ў слана (мал. 170) адыгрываюць тую ж ролю, што і гусеніцы ў трактара. *Прывядзіце самі падобныя прыклады.*

А як павялічыць ціск? З формулы ціску вынікае: трэба павялічыць сілу ціску або паменшыць плошчу паверхні, на якую дзейнічае сіла. Заточваючы лязо нажоў, нажніц (мал. 171), кос, вастрыё іголак, зубцы піл і інш., мы імкнёмся паменшыць плошчу паверхні. Тым самым, дзейнічаючы малой сілай, можна стварыць вялікі ціск.

Жывёльнаму свету прырода сама забяспечыла магчымасць ствараць вялікі ціск невялікім намаганнем, узброіўшы яго прадстаўнікоў іголкімі, дзюбамі, кіпцюрамі (мал. 172), зубамі, ікламі, джаламі і г. д.

Галоўныя вывады

1. Ціск — гэта фізічная велічыня, роўная адносіне сілы ціску да плошчы паверхні.
2. Чым большая сіла ціску, якая дзейнічае на паверхню, чым меншая плошча паверхні, на якую дзейнічае сіла ціску, тым большы ціск.
3. У СІ асноўнай адзінкай ціску з'яўляецца 1 Па.

? Кантрольныя пытанні

1. Для чаго ўводзіцца фізічная велічыня — ціск?
2. У якіх адзінках вымяраецца ціск?
3. Якая розніца паміж паняццямі «сіла ціску» і «ціск»?
4. Як можна павялічыць ціск? Паменшыць?
5. Як, выкарыстаўшы формулу ціску, разлічыць сілу ціску?

▼ Для дапытлівых

Чалавек пры хадзьбе стварае ціск да 300—400 кПа (вызначыце ціск, які ствараеце вы, стоячы на падлозе; параўнайце атрыманыя вынікі з прыведзеным значэннем і растлумачце прычыну разыходжання гэтых значэнняў).

Прыклад рашэння задачы

Сямікласнік масай $m = 50$ кг стаіць на падлозе. Вызначыце ціск, які ён стварае на падлогу, калі плошча судакранання падэшвы яго чаравіка з падлогай $S = 0,50$ дм². Каэфіцыент g прыміце роўным $g \approx 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Дадзена:

$$m = 50 \text{ кг}$$

$$S = 0,50 \text{ дм}^2 = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$g \approx 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$p = ?$$

Рашэнне

Ціск, які стварае сямікласнік на падлогу:

$$p = \frac{F}{2S}$$

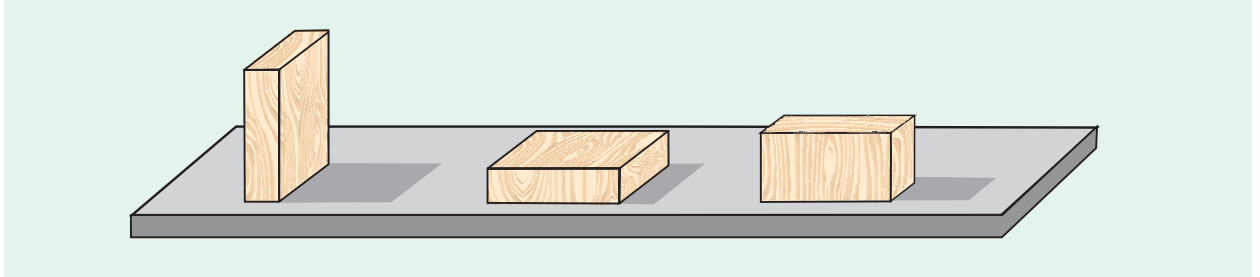
Сіла ціску F роўна вазе P сямікласніка. Вага $P = gm$. Тады:

$$p = \frac{gm}{2S}; \quad p = \frac{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 50 \text{ кг}}{2 \cdot 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2} = 50\,000 \text{ Па} = 50 \text{ кПа}.$$

Адказ: $p = 50$ кПа.

Практыкаванне 12

1. У якім са становішчаў (мал. 173) брусок стварае на паверхню дошкі найбольшы ціск? Найменшы? Чаму?



Мал. 173

2. Вызначыце ціск, які стварае кубак на сталёную, калі вага кубка $P = 2,4$ Н, а плошча яго дна $S = 0,60$ дм².

3. Швачка пры шыцці, дзейнічаючы на іголку з плошчай вастрыя $S = 0,02$ мм², стварае ціск на тканіну $p = 100$ МПа. З якой сілай ціску швачка дзейнічае на іголку?


4. Якую плошчу павінна мець вастрыё цвіка, каб пры сіле ціску $F = 20$ Н створаны цвіком ціск быў роўны $p = 10$ МПа?


5. У колькі разоў і як зменіцца ціск, калі плошчу паверхні, на якую дзейнічае сіла ціску, паменшыць у k разоў?

6. У колькі разоў зменіцца ціск, калі сіла ціску павялічыцца ў 2 разы, а плошча паверхні паменшыцца ў 6 разоў?

7. Пабудуйце графік залежнасці ціску ад сілы ціску, лічачы плошчу апоры пастаяннай. Што ён сабой уяўляе?

8. Які ціск на грунт стварае бетонная цыліндрычная калона вышыняй $h = 8,0$ м і плошчай сячэння $S = 1,5$ м²? Каэфіцыент g прыміце роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

 9. Знайдзіце такое рашэнне папярэдняй задачы, пры якім не спатрэбіліся б усе даныя.

 10. Сілікатны блок даўжынёй $a = 50$ см ляжыць плазам на гарызантальнай паверхні. Вызначыце шырыню і вышыню блока, калі пры ўсталяванні яго ў два іншыя становішчы ціск на паверхню змяняецца ў 2,5 і 5,0 раза.



§ 29.

Ціск газу

Газы, як і цвёрдыя целы, таксама ствараюць ціск. Але цвёрдыя целы перадаюць ціск у тым напрамку, у якім дзейнічае сіла ціску. Кнопка (гл. мал. 167) перадае ціск перпендыкулярна дошцы, рыдлёўка (мал. 174) — у напрамку сілы ціску нагі і г. д.

А вось газы перадаюць ціск па ўсіх напрамках. Чым абумоўлена такая асаблівасць газаў? Ад чаго залежыць ціск газу?

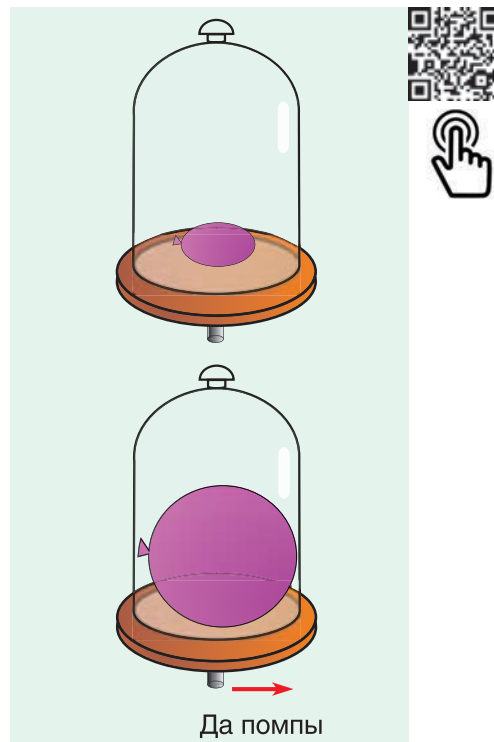
Вам ужо вядома, што газы, як вадкасці і цвёрдыя целы, складаюцца з часціц (атамаў, малекул). Але прамежкі паміж часціцамі ў газаў большыя, чым у вадкасцей і цвёрдых цел. Таму сілы ўзаемадзейння паміж часціцамі ў газаў практычна адсутнічаюць (акрамя працэсаў сутыкнення). Рухаючыся хаатычна, яны сутыкаюцца паміж сабой і са сценкамі пасудзіны. Паколькі колькасць часціц газу ў пасудзіне надзвычай вялікая (у 1 см^3 іх прыкладна $2,7 \cdot 10^{19}$), то сценка ўспрымае ўдары часціц як дзеянне даволі адчувальнай сілы ціску.

У газах сярэдні лік удараў часціц, што хаатычна рухаюцца, і сярэдняя сіла ўдараў на адзінку плошчы паверхні сценкі па ўсіх напрамках аднолькавыя. Значыць, і сярэдні ціск па ўсіх напрамках аднолькавы.

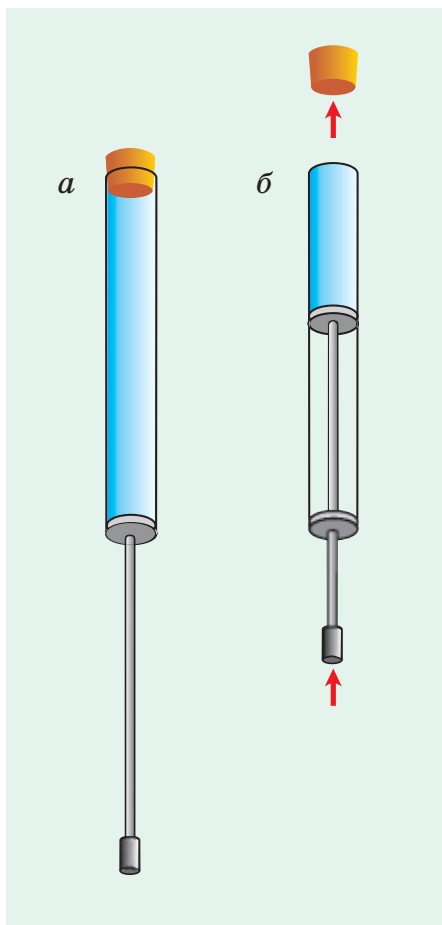
Пацвердзім гэта доследам. Пад шклянны каўпак змесцім завязаную гумавую абалонку шара, унутры якой знаходзіцца газ (мал. 175). Будзем адпампоўваць паветра з-пад каўпака. Аб'ём шара па меры адпампоўкі паветра павялічваецца. Гэта звязана з тым, што ціск газу пад каўпаком становіцца меншым, чым унутры шара.



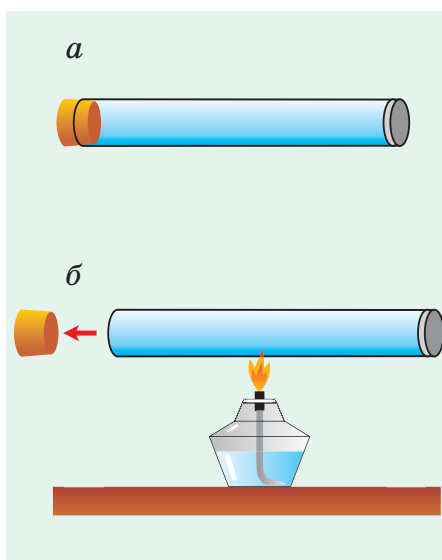
Мал. 174



Мал. 175



Мал. 176



Мал. 177

Форма абалонкі ў выглядзе шара — доказ таго, што ціск газу па ўсіх напрамках аднолькавы.

Якім чынам можна змяніць ціск газу? Паколькі ціск абумоўлены лікам удараў часціц і сілай удару кожнай часціцы аб сценку, то ёсць два шляхі яго змянення. Першы з іх — змяніць колькасць часціц у адзінцы аб'ёму.

Пацвердзім сказанае доследам. У коркавым пісталёце паміж коркам і поршнем знаходзіцца газ (паветра) (мал. 176, а). Ён аказвае ціск па ўсіх напрамках. Калі поршнем сціскаць газ (паветра), не змяняючы яго тэмпературы, то корак вылеціць з пісталета (мал. 176, б). Чаму?

Памяншаючы аб'ём газу, мы павялічваем колькасць часціц у адзінцы аб'ёму. Гэта прыводзіць да павелічэння ліку ўдараў аб сценкі і аб корак. Ціск газу нарастае. А з павелічэннем ціску расце сіла ціску газу на корак, і ён вылетае з пісталета. Калі павялічваць аб'ём газу пры пастаяннай тэмпературы, то ціск будзе памяншацца.

Такім чынам, пры памяншэнні аб'ёму (сцісканні) газу пры пастаяннай тэмпературы яго ціск павялічваецца, а пры павелічэнні аб'ёму (расшырэнні) газу ціск памяншаецца.

Другі шлях змяніць (напрыклад, павялічыць) ціск газу — гэта змяніць сілу ўдару часціц аб сценкі. Для гэтага газ трэба нагрэць. Тады скорасць хаатычнага руху часціц павялічыцца. Такім чынам, павялічыцца і сіла ўдараў іх аб сценкі.

Залежнасць ціску ад тэмпературы можна пацвердзіць доследам. Будзем аб'ём газу ў коркавым пісталёце (мал. 177, а) захоўваць пастаянным. Павысім тэмпературу газу, падаграваючы яго на спіртоўцы (мал. 177, б). Корак вылеціць з прычыны павелічэння ціску. Значыць, чым вышэйшая тэмпература газу, тым большы яго ціск; чым ніжэйшая тэмпература газу, тым меншы ціск.

□ Галоўныя вывады

1. Ціск газу ёсць вынік удараў часціц аб сценкі пасудзіны, у якой ён знаходзіцца.
2. Ціск газу можна павялічыць, калі паменшыць яго аб'ём пры пастаяннай тэмпературы або, захоўваючы аб'ём газу, павялічыць яго тэмпературу.
3. Ціск газу можна паменшыць, калі павялічыць яго аб'ём пры пастаяннай тэмпературы або астудзіць газ, захаваўшы яго аб'ём.

? Кантрольныя пытанні

1. З прычыны чаго ўзнікае ціск газу?
2. Як і чаму змяняецца ціск газу пры змяненні яго аб'ёму?
3. Як і чаму змяняецца ціск газу пры яго награванні або ахаладжэнні?
4. Чаму балоны з газам рэкамендуецца захоўваць пад навесам, куды не трапляюць сонечныя прамені?
5. З балона зрасходавалі частку газу. Ці змяніўся ціск газу ў балоне, калі тэмпература засталася ранейшай?

▼ Для дапытлівых

Узрастанне ціску газу пры яго награванні выклікана не толькі павелічэннем сілы асобных удараў. У халодным і гарачым газе будзе неаднолькавым і сярэдні лік удараў часціц аб сценкі пасудзіны за адзінку часу (г. зн. частата ўдараў). Падумайце, як уплывае гэты фактар на ціск газу.

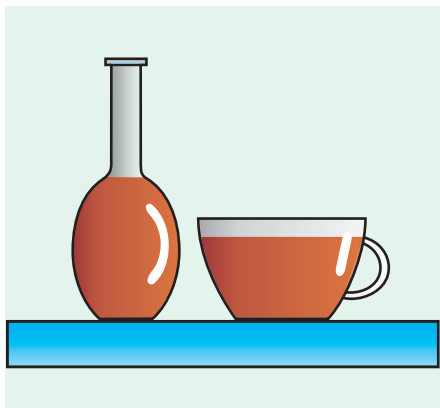
На балоне з лакам для валос напісана: «Засцерагаць ад уздзеяння прамых сонечных праменяў і награвання вышэй за +50 °С!» Растлумачце неабходнасць такіх мер бяспекі з пункту гледжання фізікі.





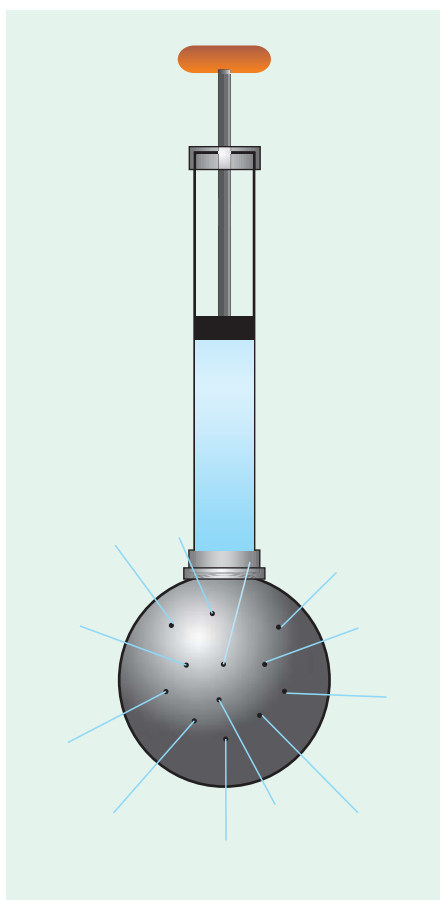
§ 30.

Перадача ціску газамі і вадкасцямі. Закон Паскаля



Мал. 178

Вы ўжо ведаеце, што часціцы цвёрдых цел (атамы, малекулы) жорстка звязаны паміж сабой і могуць выконваць толькі хаатычныя вагальныя рухі каля становішчаў раўнавагі. У газаў часціцы рухаюцца па ўсім аб'ёме хаатычна паступальна. У вадкасцей яны выконваюць і хаатычныя вагальныя, і хаатычныя паступальныя рухі. Значыць, у газаў і вадкасцей рухомасць часціц значна вышэйшая, чым у цвёрдых цел. Таму вадкасці і газы не захоўваюць сваю форму, а прымаюць форму пасудзіны, у якой знаходзяцца (мал. 178).



Мал. 179

Акрамя таго, некаторыя законы для вадкасцей і газаў аднолькавыя. Разгледзім адзін з іх. Правядзём дослед. Шар з адтулінамі напоўнім вадой і далучым да трубка з поршнем. Будзем перамяшчаць поршань уніз. Мы заўважым, што з усіх адтулін пачнуць выцякаць струменьчыкі вады (мал. 179). Як растлумачыць гэту з'яву?

Рухомасць малекул вады прыводзіць да таго, што яны размяркоўваюцца раўнамерна па ўсім аб'ёме. Сутыкаючыся са сценкамі шара, малекулы вады дзейнічаюць на сценкі, ствараючы ціск. Сціскаючы вадку, мы памяншаем аб'ём і тым самым павялічваем спачатку ціск непасрэдна пад поршнем. Дзякуючы рухомасці малекул ціск перадаецца вадой ва ўсе пункты шара, і вада выцякае з адтулін ва ўсіх напрамках.

Аналагічны дослед можна правесці з газам, напрыклад з паветрам. Пры націсканні на поршань струменьчыкі паветра праз адтуліны шара будуць выцякаць па ўсіх напрамках.

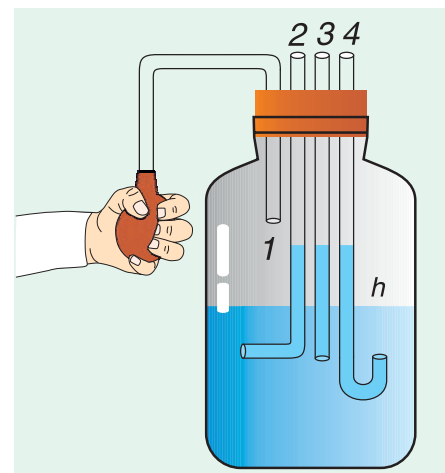
Правядзём яшчэ адзін дослед. Праз корак у слоік з вадой уставім чатыры трубка (мал. 180). Праз трубку 1 будзем напампоўваць у банку паветра, павялічваючы там яго ціск. **Павелічэн-**

не знешняга ціску (ціску паветра) на паверхню вады перадаецца вадой ад слоя да слоя па ўсіх напрамках. У выніку вада ва ўсіх трубках падмаецца, прычым на адну і тую ж вышыню. Гэта значыць, што ціск у вадзе збоку (трубка 2), знізу (трубка 3), зверху (трубка 4) на адной глыбіні аднолькавы.

А ўспомніце, як з аднолькавым напорам выцякаюць струменьчыкі вады з усіх дзірак, якія з'явіліся ў шлангу для паліву агарода (мал. 181).

Ціск, які ствараецца знешняй сілай на вадкасць (газ), што знаходзіцца ў пасудзіне, перадаецца вадкасцю (газам) ва ўсе пункты вадкасці (газу) без змянення. Да такой высновы яшчэ ў XVII ст. прыйшоў французскі вучоны Блез Паскаль (гл. форзац 1). Гэту выснову называюць *законам Паскаля*.

У цвёрдых целах рухомасць часціц абмежавана. Гэтыя целы не падпарадкоўваюцца закону Паскаля. Калі вы паставіце на стол цяжкі прадмет, напрыклад гіру, то яе вага створыць ціск толькі на плошчу паверхні стала пад гірай, г. зн. толькі ў напрамку дзеяння сілы.



Мал. 180



Мал. 181

Галоўныя вывады

1. Часціцы вадкасці і газу валодаюць рухомасцю.
2. Дзякуючы рухомасці часціц вадкасці і газы перадаюць ствараемы на іх ціск ва ўсе пункты без змянення.
3. Цвёрдыя целы перадаюць ціск толькі ў напрамку дзеяння сілы ціску.

? Кантрольныя пытанні

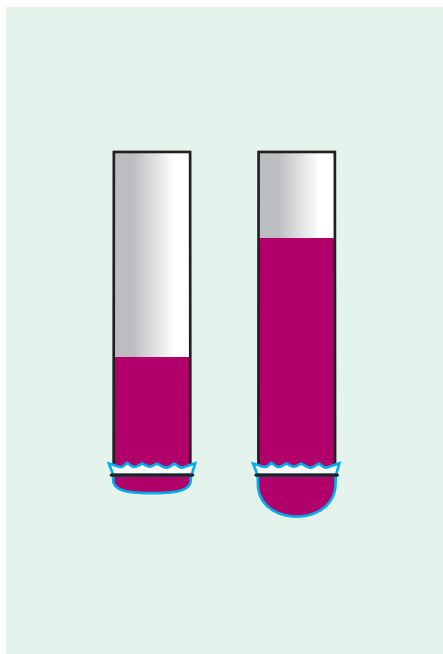
1. Якімі агульнымі ўласцівасцямі валодаюць вадкасці і газы?
2. Як вадкасці і газы перадаюць ствараемы на іх ціск?
3. Чаму да цвёрдых цел не прымяняецца закон Паскаля?
4. Як будзе працякаць дослед з шарам (мал. 179), калі маленькую адтуліну зрабіць і ў самім поршні?
5. Растлумачце, ці будзе закон Паскаля выконвацца ва ўмовах бязважкасці.



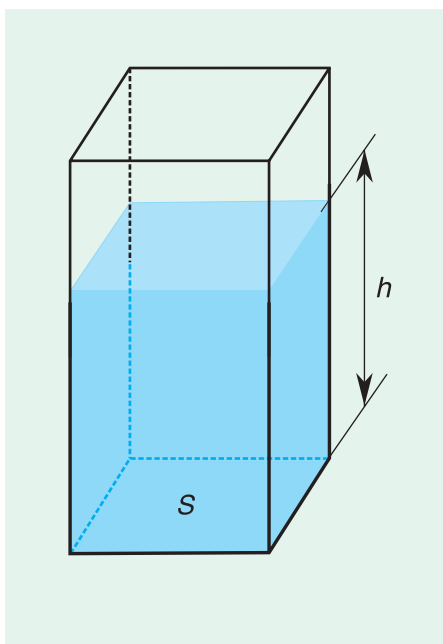


§ 31.

Ціск вадкасці, абумоўлены яе вагой



Мал. 182



Мал. 183

Дзякуючы рухомасці часціц (атамаў, малекул) вадкасць прымае форму той пасудзіны, у якую яна наліта. Калі на вадкасць дзейнічае знешняя сіла ціску, то вадкасць перадае створаны гэтай сілай ціск ва ўсе пункты. Але вадкасць стварае ціск і за кошт сваёй вагі, прычым не толькі на дно пасудзіны, але і на сценкі.

У тым, што вадкасць цісне на дно пасудзіны, можна пераканацца, выкарыстаўшы эластычны поліэтыленавы пакет або трубку, ніжні канец якой закрыты гумавай плёнкай. Паступова наліваючы падфарбаваную ваду ў пасудзіну, мы выявім прагін плёнкі, які павялічваецца (мал. 182).

Прычынай павелічэння прагін у з'яўляецца рост ціску вады на плёнку. Прыцягваючыся да Зямлі, вадкасць цісне сваёй вагой на плёнку падобна таму, як цісне на стол стос кніг. **Ціск нерухомай вадкасці, абумоўлены яе вагой, называюць гідрастатычным** (ад лац. *hydros* — вада, *statis* — нерухомы).

Гідрастатычны ціск можна вылічыць. Так, ціск слупа вадкасці вышынёй h на дно пасудзіны з вертыкальнымі сценкамі і плошчай дна S (мал. 183) роўны $p = \frac{F}{S}$. Сілай ціску F з'яўляецца вага вадкасці. Для нерухомай вадкасці яе вага лікава роўна сіле цяжару:

$$F = P = gm.$$

Выразім масу m вадкасці праз шчыльнасць ρ і аб'ём V . Маса $m = \rho V$. Аб'ём $V = Sh$, тады $m = \rho Sh$. Падставім у формулу ціску, атрымаем:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{g\rho Sh}{S} = g\rho h;$$

$$p = g\rho h.$$

Такім чынам, ціск вадкасці на дно пасудзіны залежыць ад яе шчыльнасці і вышыні слупа вадкасці.

Чым большая шчыльнасць вадкасці і чым большая вышыня слупа вадкасці ў пасудзіне, тым большы гідрастатычны ціск яна аказвае на дно пасудзіны.

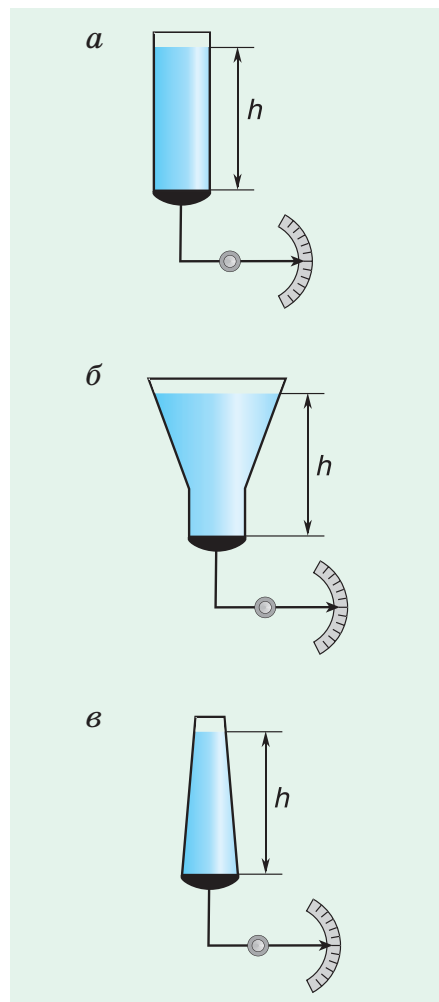
Выведзеная формула справядлівая для пасудзіны любой формы, нават калі такой «пасудзінай» з'яўляецца сажалка або акіян.

Каб пацвердзіць формулу, да пасудзіны з эластычным дном далучым вымяральную сістэму (мал. 184). Пры замене цыліндрычнай пасудзіны (а) на канічныя (б і в) (пасудзіны маюць аднолькавую плошчу дна і роўныя вышыні слупоў вадкасці) прыбор паказвае роўныя сілы ціску. Значыць, ціскі вадкасці на дно ўсіх пасудзін роўныя, хоць маса вадкасці ў пасудзінах розная.

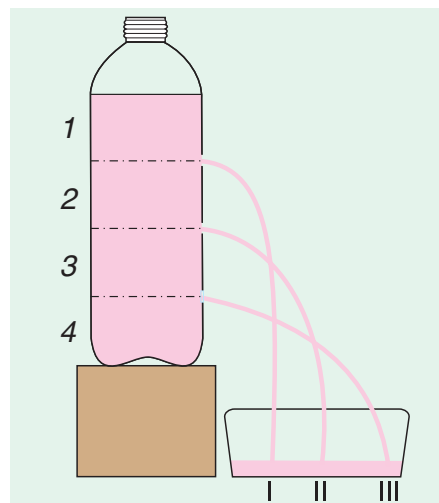
Формула $p = \rho gh$ дазваляе знайсці ціск не толькі на дно, але і на бакавыя сценкі.

Сапраўды, ціск на сценку на дадзенай глыбіні, як і на дно, залежыць ад вышыні слупа вадкасці. Пацвердзім гэта доследам. Наліём у пластыкавую бутэльку з праколатамі ў сценцы адтулінамі падфарбаваную ваду (мал. 185). Назіранні за выцякаючымі струменямі паказваюць, што гідрастатычны ціск дзейнічае і на сценку бутэльні. Яго велічыня ўзрастае па меры павелічэння вышыні слупа вады ў бутэльні над адтулінай. Па гэтай прычыне струмень III падае далей, чым струмень I.

Каб растлумачыць гэту з'яву, падзелім мыслена вадкасць на слаі 1, 2, 3, 4. На кожны ніжні слой вадкасці дзейнічае вага верхніх яе слаёў. Сіла цяжару, якая дзейнічае на слой 1, прыціскае яго да слоя 2. Слой 2 перадае ствараемы на яго ціск слоя 1 па ўсіх напрамках. На слой 3 дзейнічае вага слаёў 1, 2. Такім чынам, ціск у слоі 3 большы, чым у слоі 2. Найбольшым ён будзе каля дна пасудзіны.



Мал. 184



Мал. 185

Галоўныя вывады

1. Гідрастатычны ціск абумоўлены вагой вадкасці, якая знаходзіцца ў стане спакою.
2. Гідрастатычны ціск на дадзенай глыбіні залежыць ад шчыльнасці вадкасці і вышыні слупа вадкасці.
3. Гідрастатычны ціск на бакавую сценку пасудзіны і на паверхню цела, якое знаходзіцца ў вадкасці на глыбіні h , роўны gh .

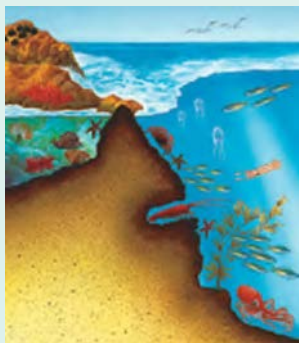
Кантрольныя пытанні

1. Што такое гідрастатычны ціск?
2. Ад якіх велічынь залежыць значэнне гідрастатычнага ціску?
3. Чаму гідрастатычны ціск не залежыць ад плошчы дна пасудзіны?
4. Як вызначыць ціск на дно пасудзіны, у якую наліты слой вады, слой газы?
5. Ці можна стварыць вялікі гідрастатычны ціск, маючы невялікую колькасць вадкасці?
6. Ці магчымы гідрастатычны ціск у касмічным караблі, на іншых нябесных целах (Месяцы, Марсе)?



Для дапытлівых

Гідрастатычны ціск з'яўляецца галоўнай перашкодай для пранікнення чалавека ў глыбіні Сусветнага акіяна. Ужо на глыбіні 2,5 м нетрэніраваны нырэц адчувае боль у вушах, выкліканы ціскам вады на барабанныя перапонкі. Карпусы падводных лодак, вырабленыя з самых трывалых сталей, на глыбіні ў некалькі соцень метраў знаходзяцца на мяжы перавышэння дапушчальнай трываласці. Тады чаму рыбы на вялікай глыбіні адчуваюць сябе камфортна? Аказваецца, вада цісне на рыб не толькі звонку, але і знутры, г. зн. адбываецца кампенсацыя сіл ціску.



Прыклад рашэння задачы

Вызначыце глыбіню вадаёма, калі ціск вады на яго дно $p = 100$ кПа. Якая сіла ціску вады дзейнічае на ракушку з плошчай паверхні $S = 10$ см², што ляжыць на дне? Каэфіцыент g лічыце роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Дадзена:	Рашэнне
$p = 100 \text{ кПа} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$	Вызначым ціск вады на глыбіні h :
$S = 10 \text{ см}^2 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$	$p = g\rho h$, адкуль $h = \frac{p}{g\rho}$,
$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$	дзе $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ (шчыльнасць вады).
h — ?	$h = \frac{1,0 \cdot 10^5 \text{ Па}}{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 10 \text{ м.}$
F — ?	Сіла ціску: $F = p \cdot S;$
	$F = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = 100 \text{ Н} = 0,10 \text{ кН.}$
	Адказ: $h = 10 \text{ м}; F = 0,10 \text{ кН.}$

Практыкаванне 13


1. Ці аднолькавы ціск на дно дзвюх пасудзін, у якія наліты да аднолькавай вышыні вада і газа? Чаму?


2. Які гідрастатычны ціск дзейнічае на нырца, які апусціўся на глыбіню $h = 20,0 \text{ м}$? Якая там сіла ціску вады на барабанную перапонку, калі плошча перапонкі $S = 0,80 \text{ см}^2$? Каэфіцыент g у гэтай і наступных задачах прыміце роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

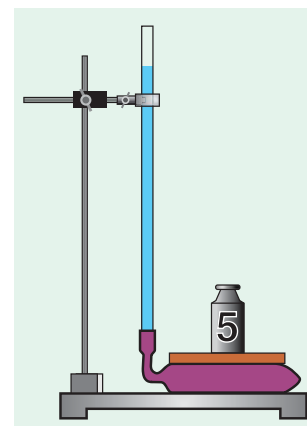
3. Вызначыце таўшчыню слоя вады, які стварае ціск $p_1 = 1,0 \text{ Па}$; $p_2 = 100\,000 \text{ Па}$.

4. Гумавае камера запоўнена вадой і злучана са шкляннай трубкай (мал. 186). На камеру пакладзена дошка масай $m_1 = 1,0 \text{ кг}$ і гіра масай $m_2 = 5,0 \text{ кг}$. Вызначыце плошчу дошкі, калі вышыня слупа вады ў трубцы $h = 1,0 \text{ м}$.

5. У цыліндрычную пасудзіну наліты вада і машыннае масла, масы якіх роўныя. Знайдзіце вышыню кожнага са слупоў, калі поўны гідрастатычны ціск на дно $p = 1,8 \text{ кПа}$. Рашыце задачу і для выпадку, калі роўныя не масы вадкасцей, а іх аб'ёмы.

 6. Пасудзіна ў форме куба з кантам $a = 1 \text{ м}$ запоўнена даверху вадой. У колькі разоў адрозніваюцца сілы ціску вады на дно і на адну са сценак?

 7. У пасудзіне з вадой плавае кавалак лёду. Што адбудзецца з узроўнем вады ў пасудзіне, калі лёд растане? Указанне: пры раставанні лёду ўтворацца вада, маса якой дакладна роўна масе лёду, што растаў.

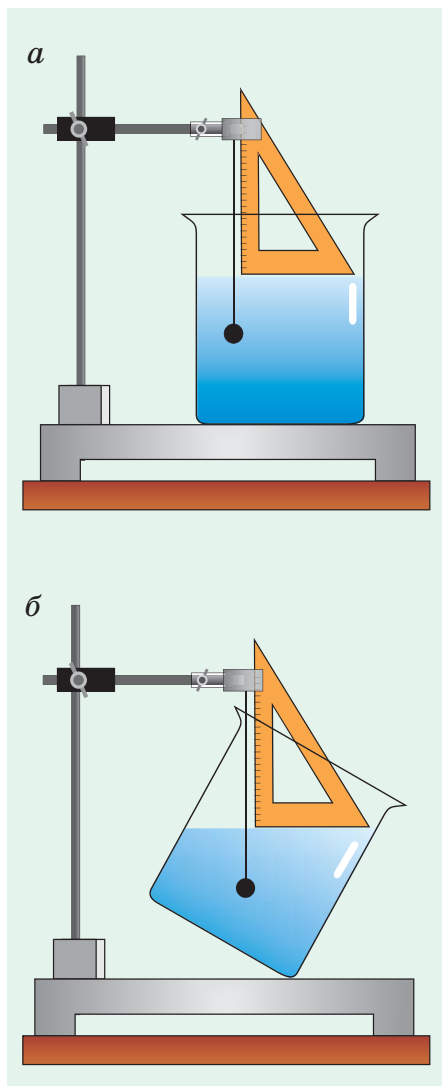


Мал. 186



§ 32.

Сазлучаныя сасуды



Мал. 187

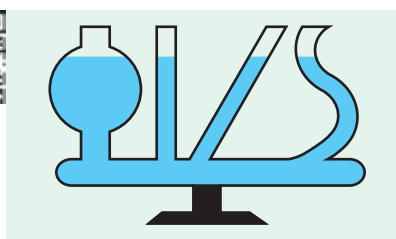
Дзеянне на вадкасць сілы цяжару і рухомасць яе малекул прыводзяць да таго, што ў шырокіх пасудзінах паверхня вадкасці ўстанаўліваецца гарызонтальна. Гэта лёгка праверыць з дапамогай прамавугольнага трохвугольніка (мал. 187, а, б). Гарызонтальнай будзе паверхня вадкасці і ў сасудах, злучаных паміж сабой, незалежна ад іх формы.

Возьмем некалькі злучаных паміж сабой адкрытых сасудаў. Іх называюць *сазлучанымі*. Будзем наліваць у адзін з іх ваду. Вада перацячэ ў астатнія сасуды і ўстаноўіцца ва ўсіх сасудах на адным узроўні (мал. 188) (калі сасуды не вельмі вузкія). Чаму гэта адбываецца?

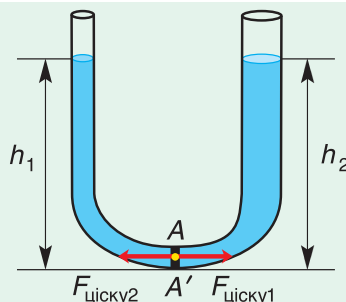
Разгледзім самыя простыя сазлучаныя сасуды (мал. 189). Вылучым унутры тонкі слой вадкасці AA'. Як і ўся вадкасць, ён нерухомы. Значыць, злева і справа на яго дзейнічаюць сілы, якія маюць роўныя модулі, але процілеглыя напрамкі. Гэта сілы ціску слупоў вадкасці $F_{\text{ціску}1} = F_{\text{ціску}2}$. Але, каб модулі гэтых сіл былі роўныя, неабходна, каб былі аднолькавымі ціскі, ствараемыя левым і правым слупамі вадкасці, г. зн. $grh_1 = grh_2$.

Пасля скарачэння атрымаем: $h_1 = h_2$.

У адкрытых сазлучаных сасудах паверхні аднароднай вадкасці ўстанаўліваюцца на аднолькавым узроўні.



Мал. 188



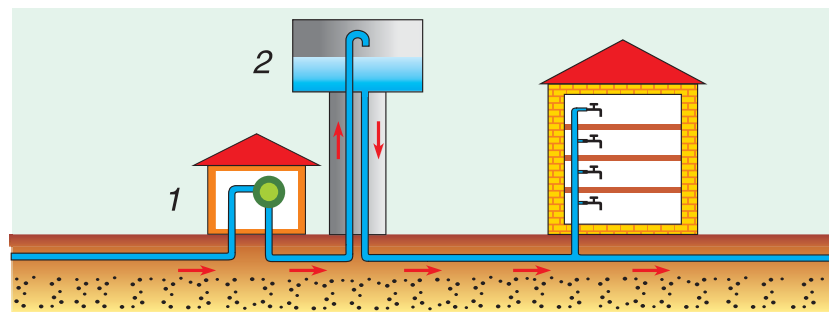
Мал. 189

З сазлучанымі сасудамі вы сустракаецеся пастаянна: гэта чайнікі, лейкі для паліву (мал. 190, а), вадамерныя трубка ў вялікіх ёмістасцях з вадой або палівам (мал. 190, б). На прынцепах дзеяння сазлучаных сасудаў працуе, напрыклад, бясшумная фантан (мал. 190, в).

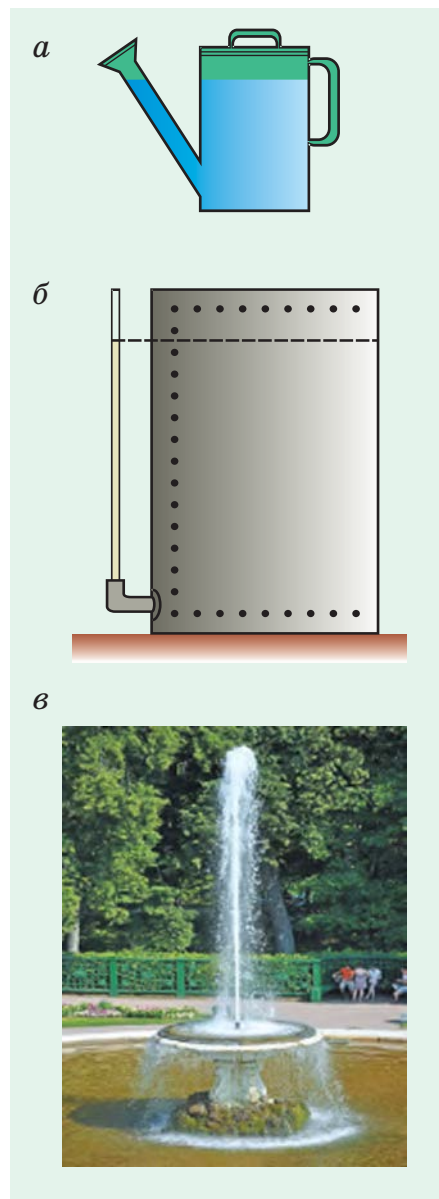
Складаную сістэму сазлучаных сасудаў выкарыстоўваюць у дачных пасёлках і вёсках у вежавым водаправодзе. Схема найпрасцейшага водаправода прадстаўлена на малюнку 191. Вада з артэзіянскай крыніцы помпай 1 падаецца ў бак воданепарнай вежы 2. Ад бака ідуць трубы з адгалінаваннямі, якія ўводзяцца ў дамы на ўсе паверхі. Канцы адгалінаванняў труб закрываюцца кранамі. Ціск вады ў кране вызначаецца вышыняй слупа вады ў вежы над узроўнем крана. Таму чым вышэйшы паверх, тым ціск вады ў кране меншы. Каб вада магла дасягаць усіх паверхаў, вежы будуць высокімі.

А калі вам спатрэбіцца строга гарызантальная ўстанавіць паверхню стала? Як у гэтым выпадку вам змогуць дапамагчы сазлучаныя сасуды? Прыведзіце яшчэ прыклады выкарыстання сазлучаных сасудаў.

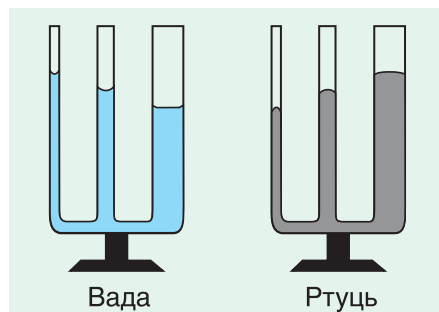
Усе атрыманыя ў гэтым параграфі заканамернасці справядлівыя для шырокіх сасудаў, у якіх паверхні вадкасці плоскія. У вельмі вузкіх сасудах (капілярах) паверхні вадкасці скрываюцца (мал. 192), і дадзеныя заканамернасці не выконваюцца.



Мал. 191



Мал. 190



Мал. 192

Галоўныя вывады

1. У шырокіх нерухомах пасудзінах паверхня вадкасці заўсёды гарызантальная.
2. Узровень паверхняў аднароднай вадкасці ў адкрытых сазлучаных сасудах аднолькавы і не залежыць ад формы сасудаў.

Кантрольныя пытанні

1. Якія сасуды называюцца сазлучанымі?
2. Як даказаць роўнасць узроўняў паверхні аднароднай вадкасці ў адкрытых сазлучаных сасудах?
3. Дзе знаходзяць практычнае прымяненне сазлучаныя сасуды?
4. Як размяшчаюцца паверхні розных вадкасцей, што не змешваюцца, у сазлучаных сасудах? Чаму?



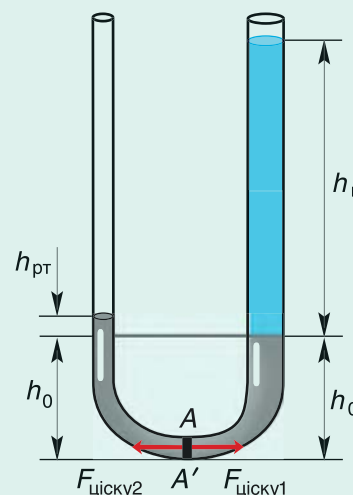
Для дапытлівых

Што мы будзем назіраць, калі ў сазлучаныя сасуды наліты розныя вадкасці, напрыклад ртуть і вада (гл. мал.)? У такім выпадку для раўнавагі тонкага слоя AA' трэба, каб ціск, ствараемы левым (ртутным) слупом вышынёй $h_{рт} + h_0$, быў роўны ціску правага слупа вады і ртуці вышынёй $h_в + h_0$, г. зн. $g\rho_{рт}(h_{рт} + h_0) = g\rho_в h_в + g\rho_{рт} h_0$, адкуль $\rho_{рт} h_{рт} = \rho_в h_в$. Выкарыстаўшы ўласцівасці прапорцыі, запішам канчаткова:

$$\frac{h_{рт}}{h_в} = \frac{\rho_в}{\rho_{рт}}.$$

Паглядзіце ў табліцу шчыльнасцей вадкасцей (с. 73). Шчыльнасць ртуці ў 13,6 раза большая за шчыльнасць вады. Значыць, $h_{рт}$ будзе ў 13,6 раза менш за $h_в$.

У адкрытых сазлучаных сасудах вышыні слупоў вадкасцей, якія не змешваюцца, над узроўнем іх падзелу адваротна прапарцыянальны шчыльнасцям вадкасцей.





Прыклад рашэння задачы

Паверхня вады ў воданпорнай вежы знаходзіцца на $h = 40$ м вышэй за кухонны водаправодны кран. Вызначыце ціск вады ў кране. Каэфіцыент g прыміце роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Дадзена:

$$h = 40 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$p = ?$

Рашэнне

Ціск у кране ствараецца слупом вады вышынёй $h = 40$ м; $p = g\rho h$, дзе ρ — шчыльнасць вады;
 $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

$$p = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 40 \text{ м} = 4,0 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Адказ: $p = 4,0 \cdot 10^5 \text{ Па.}$

Практыкаванне 14

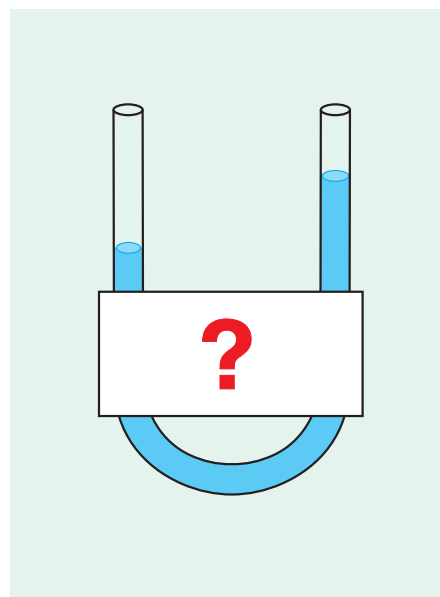
1. Пры заліванні вады ў сазлучаныя сасуды ў адной з трубак утварыўся паветраны пузыр. Гэта не дазволіла ўзроўням вады стаць аднолькавымі (мал. 193). У якой з трубак затрымаўся паветраны пузыр?

2. У сазлучаныя сасуды рознага папярочнага сячэння наліта вада. Ці будуць аднолькавыя ў сасудах:

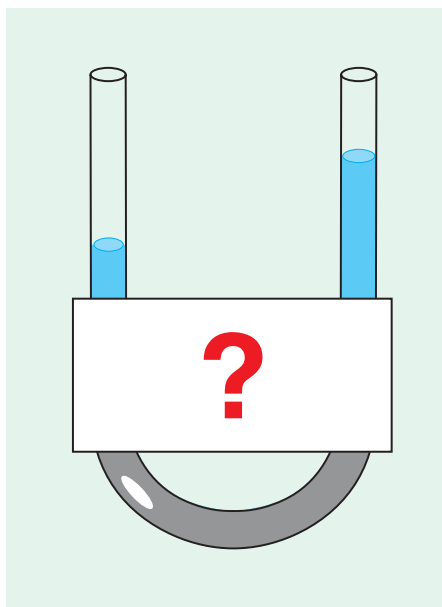
- масы вады m_1 і m_2 ;
- аб'ёмы вады V_1 і V_2 ;
- вышыні ўзроўняў паверхняў вады h_1 і h_2 ;
- гідрастатычны ціск p_1 і p_2 на адным і тым жа ўзроўні?

3. Ціск вады ў кране водаправоднай трубы, якая праходзіць па дачным участку, $p = 200$ кПа. Вызначыце вышыню ад узроўню крана да паверхні вады ў баку воданпорнай вежы.

4. Сазлучаныя сасуды, плошчы сячэння якіх адрозніваюцца ў 2 разы, запоўнены вадой. Вызначыце вагу вады ў вузкай трубцы, калі вага вады ў шырокай трубцы роўна $P_1 = 1,2$ Н.



Мал. 193

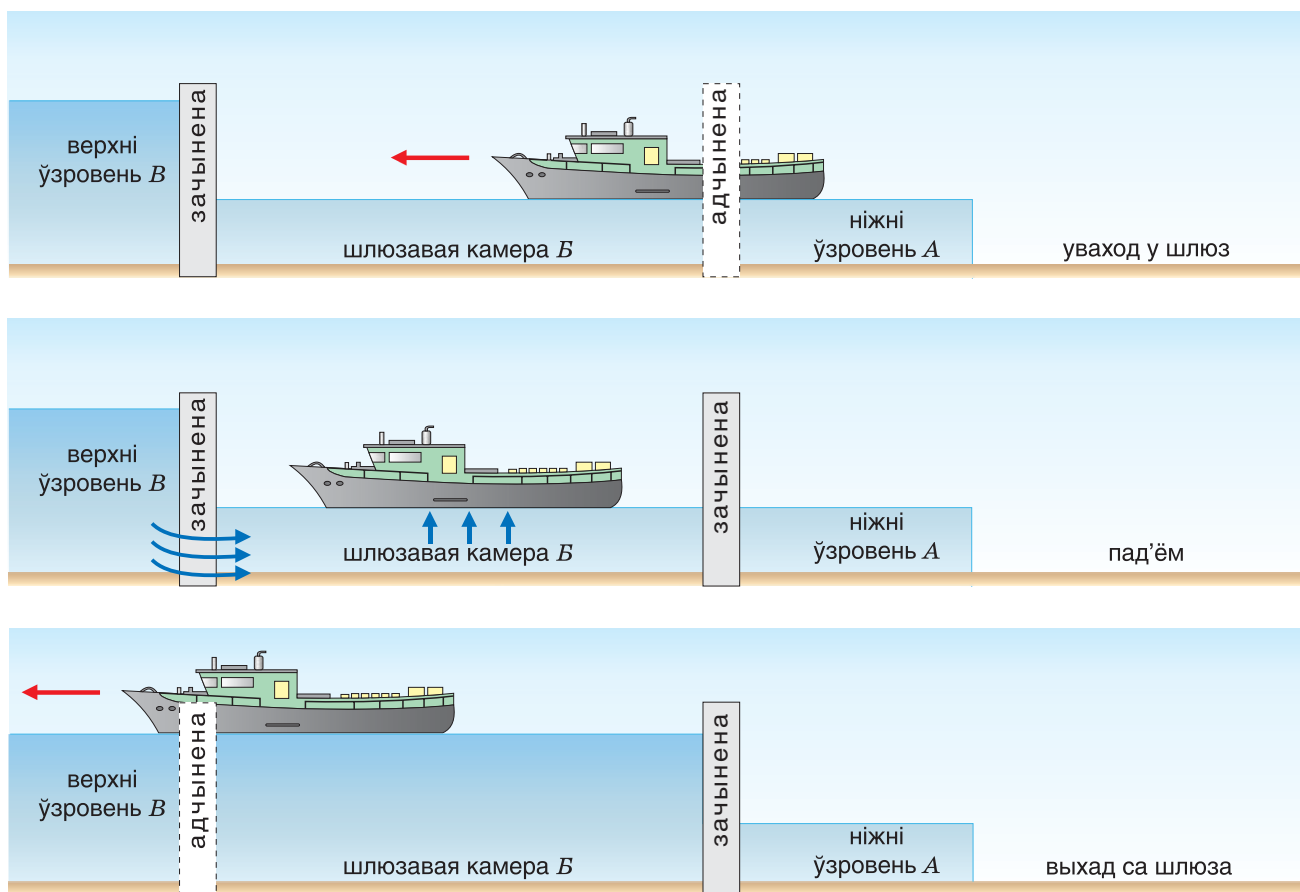


Мал. 194

5. У сазлучаныя сасуды налілі ваду і газу. Вызначыце вышыню слупа газу, калі вышыня слупа вады, размешчанага вышэй за ўзровень падзелу, $h_B = 7,2$ см.

6. У U-падобную трубку спачатку налілі ртуть, а зверху — ваду (мал. 194). Вышыня слупа вады ў левым калене h_1 , а ў правым — h_2 . Разлічыце рознасць узроўняў ртуті для выпадку, калі $h_1 = 40$ см, $h_2 = 67,2$ см.

7. На малюнку 195 схематычна паказана будова шлюза — тэхнічнага збудавання, якое дазваляе ажыццяўляць праход караблёў па рэках, якія маюць розныя ўзроўні паверхні вады. Уважліва разгледзьце малюнак і апішыце, як адбываецца праход караблёў з ніжняга ўзроўню A на верхні ўзровень B праз шлюзавую камеру B .



Мал. 195



§ 33.

Газы і іх вага

Тое, што вадкасць мае вагу, нікога не здзіўляе. Кожны з вас адчуваў вагу, трымаючы ў руцэ вядро вады (мал. 196), бутэльку алею ці напітку. Аднак мы не адчуваем змянення вагі футбольнага мяча пры яго напампоўванні паветрам. Чаму?

Паглядзіце ў табліцу шчыльнасцей (с. 73) і параўнайце шчыльнасць паветра і вады. Шчыльнасць паветра амаль у 800 разоў меншая за шчыльнасць вады.

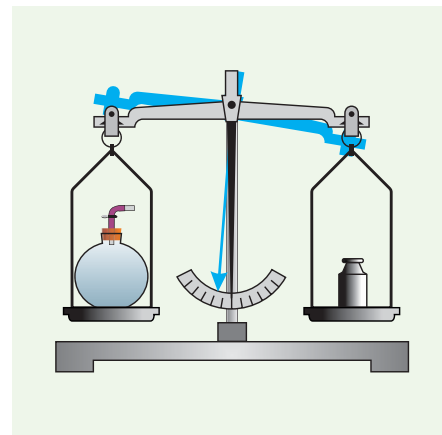
Разлікі паказваюць, што, напрыклад, у моцна напампаваным мячы вага паветра знаходзіцца ў межах 0,1 Н, а яго маса каля 10 г.

Пакажам на доследзе наяўнасць у паветра масы, а значыць, вагі. Ураўнаважым на вагах шклянную пасудзіну, запоўненую паветрам. Адпампуем паветра і ўзважым пасудзіну паўторна. Яна стала лягчэйшай (мал. 197). Дадаўшы на шалю з пасудзінай гіры, можна вызначыць масу адпампаванага паветра і яго вагу.

Паветраны слой, які акружае Зямлю (зямная атмасфера), таксама мае вагу. На кожную малекулу гэтага слоя сілай цяжару дзейнічае Зямля. Малекулы зямной атмасферы, калі б на іх не дзейнічала сіла цяжару, рухаючыся хаатычна, даўно б пакінулі нашу планету. Але прыцягненне Зямлі імкнецца размясціць іх каля паверхні, што прыводзіць да неаднароднасці атмасферы. Яе шчыльнасць прыкметна спадае з вышынёй. Так, на вышыні $h_1 = 6$ км шчыльнасць паветра ўжо ў 2 разы меншая, чым каля паверхні Зямлі. На вышыні $h_2 = 40$ км шчыльнасць $\rho_2 = 0,004 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, а на вышыні $h_3 = 400$ км, дзе лятаюць спадарожнікі, аб атмасферы можна гаварыць толькі ўмоўна, паколькі яе шчыльнасць $\rho_3 = 3 \cdot 10^{-12} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.



Мал. 196



Мал. 197

■ Галоўныя вывады

1. Газы маюць масу і вагу.
2. Зямная атмасфера валодае вагой у выніку дзеяння на яе прыцяжэння Зямлі.
3. Дзеянне сілы цяжару і хаатычны рух малекул прыводзяць да неаднолькавай шчыльнасці зямной атмасферы.

? Кантрольныя пытанні

1. Як даказаць, што газ (паветра) мае масу?
2. Чаму пры ўказанні шчыльнасці газу агаворваюць умовы, пры якіх знаходзіцца газ?
3. Чаму газы часцей за ўсё выкарыстоўваюць сціснутымі?
4. Як змяняецца шчыльнасць паветра са змяненнем вышыні? Чаму?

▼ Для дапытлівых

Звярніце ўвагу на тое, што прыведзеныя ў табліцы 3 (с. 73) шчыльнасці газаў даюцца пры нармальных умовах, г. зн. пры строга вызначанай тэмпературы і ціску. Пры сцісканні газаў (і звычайнага паветра) іх шчыльнасці могуць павялічвацца ў шмат разоў. Такія моцна сціснутыя газы, па-першае, вельмі зручныя пры транспарціроўцы, напрыклад у балонах з кіслародам для зваркі або ў балонах аквалангістаў. Па-другое, сціснутыя да высокага ціску газы зручна выкарыстоўваць пры працы адбойнага малатка і пнеўматычных (ад грэч. *pnéima* — подых, дыханне) тармазоў. Такія тармазы ўсталёўваюць на магутных аўтамабілях, у тым ліку на аўтамабілях МАЗ і БелАЗ. Прылады для сціскання розных газаў называюць *кампрэсарамі*.





§ 34.

Атмасферны ціск

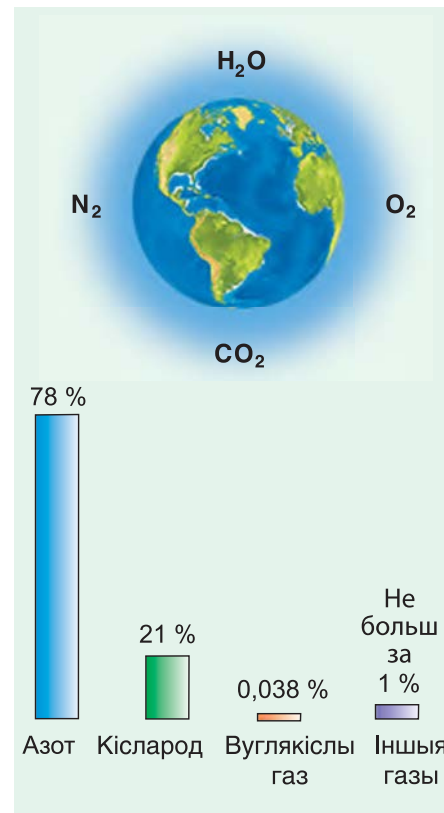
Вы ведаеце, што атмосфера Зямлі — газавая абалонка. У яе склад уваходзяць азот, кісларод, вуглякіслы газ, вадзяная пара і іншыя газы (мал. 198).

Усякі газ, калі ён знаходзіцца ў пасудзіне, стварае ціск на сценкі пасудзіны, паколькі малекулы газу бесперапынна бамбардзіруюць гэтыя сценкі. А ці стварае ціск атмосфера Зямлі? Чым абумоўлены гэты ціск?

Атмосфера Зямлі ўтрымліваецца сілай цяжару, якая дзейнічае з боку Зямлі. У выніку дзеяння гэтай сілы верхнія слаі атмасферы ціснучь на ніжнія. Таму яе ніжні слой аказваецца найбольш сціснутым. Ціск аднаго слоя атмасферы на другі па законе Паскаля перадаецца па ўсіх напрамках і дзейнічае на любое цела: на будынкі, на расліны, на людзей. Гэты ціск называюць *атмасферным*. Атмасферны ціск па меры аддалення ад паверхні Зямлі памяншаецца. Памяншаецца таўшчыня слоя паветра і яго шчыльнасць.

Атмасферны ціск можна вылічыць. Вынік гэтых разлікаў не можа не здзіўляць. Атмасферны ціск роўны прыкладна $100\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$. Значыць, на кожны квадратны сантыметр нашага цела дзейнічае сіла 10 Н, а на ўсю плошчу паверхні цела (прыем яе за 1 м^2) — сіла 100 000 Н. Яна роўна вазе дзесяцітоннага МАЗа! Як жа мы жывём пад такім гіганцкім ціскам?

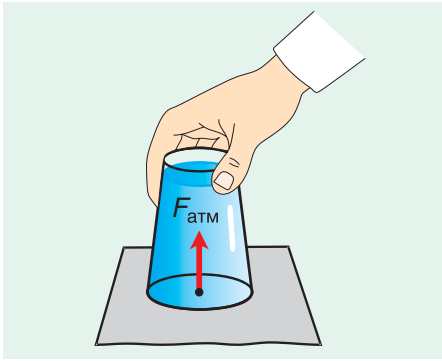
Успомніце глыбакаводных рыб (мал. 199). Падобна да іх, мы проста не заўважаем гэтай велізарнай сціскаючай сілы. Яна кампенсуецца роўнай ёй расшыраючай сілай, якая ствараецца ціскам паветра ўнутры нас (яно растварана нават у нашай крыві).



Мал. 198



Мал. 199



Мал. 200

Дык што ж, атмасферны ціск наогул нельга выявіць? Для адказу на гэтае пытанне звернемся да доследу. Возьмем шклянку з вадой, накрыйем яе аркушам паперы, перавернем, прытрымліваючы рукой аркуш, а затым прымем руку (мал. 200). Мы бачым, што вада са шклянкі не выліваецца, аркуш не адрываецца. Сіла атмасфернага ціску, прыкладзеная да аркуша паперы, кампенсуе дзеянне вагі налітай вады і разрэджанага паветра ў шклянцы.



Мал. 201

Апусціце іголку шпрыца ў падфарбаваную ваду і падыймайце поршань уверх. Вы ўбачыце, што вадкасць падыймаецца следам за поршнем (мал. 201) у напрамку, процілеглым дзеянню сілы цяжару. Сіла атмасфернага ціску прымушае сок падыймацца ўверх па трубачцы (мал. 202). Прыкладаў праяўлення дзеяння атмасфернага ціску шмат.

Як вымераць атмасферны ціск? Разгледзім найбольш важны з доследаў, праведзены ў 1643 г. па прапанове італьянскага фізіка і матэматыка Эванджэлісты Тарычэлі (гл. форзац 1).

У гэтым доследзе метровая шкляная трубка, запаяная з аднаго боку (мал. 203, а), запаўнялася ртутцю. Верхні канец трубки закрываўся. Трубка пераварочвалася і апускалася ў шырокую пасудзіну з ртутцю, пасля чаго адтуліна адкрывалася. Частка ртутці выцякала з трубки ў пасудзіну. У трубцы заставаўся слуп ртутці вышынёй H каля 76 см (760 мм) (мал. 203, б).



Мал. 202

Што ж утрымлівала ад выцякання ртуть, якая засталася ў трубцы? Шырокая пасудзіна і трубка — гэта, па сутнасці, ужо вядомыя вам сазлучаныя сасуды. Над ртутцю ў трубцы паветра няма. На ртуть у шырокай пасудзіне дзейнічае атмасферны ціск, які вадкая ртуть перадае па ўсіх напрамках, у тым ліку ўверх. Сіла гэтага ціску і падтрымлівае ртутны слуп.

Разгледзім умовы раўнавагі тонкага слоя ртуці (на малюнку 203, *б* ён пазначаны жоўтым колерам). Гэта ўмова патрабуе, каб сіла атмасфернага ціску знізу і сіла гідрастатычнага ціску слупа ртуці зверху былі роўнымі. А гэта значыць, што $p_{\text{атм}} = p_{\text{гідраст}}$. Такім чынам, вымераўшы вышыню слупа ртуці H , мы можам разлічыць яго ціск па формуле $p_{\text{гідраст}} = g\rho H$ і тым самым вызначыць велічыню атмасфернага ціску.

Паколькі атмасферны ціск вызначаецца вышынёй слупа ртуці, то зразумела, чаму вельмі часта яго вымяраюць не ў міжнародных адзінках (паскалях), а ў міліметрах ртутнага слупа.

Выразім у паскалях пазасістэмную адзінку ціску 1 міліметр ртутнага слупа (скарочана 1 мм рт. сл.):

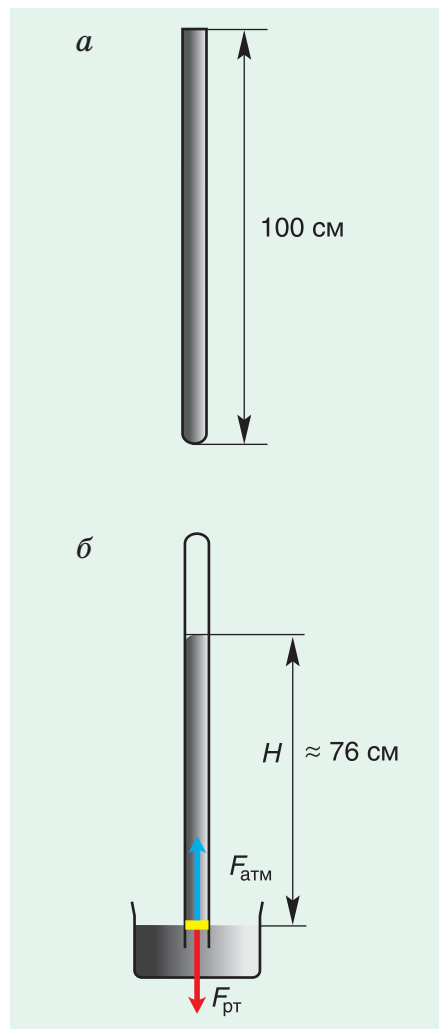
$$p_{1 \text{ мм рт. сл.}} = g\rho h = \\ = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 13\,600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,001 \text{ м} \approx 133 \text{ Па.}$$

Па дамоўленасці атмасферны ціск лічаць нармальным, калі ён роўны ціску слупа ртуці вышынёй $h = 760$ мм пры тэмпературы $t = 20$ °С. Такі ціск называюць *адной нармальнай або фізічнай атмасферай* (скарочана 1 атм):

$$1 \text{ атм} = 760 \text{ мм рт. сл.} = 101\,293 \text{ Па.}$$

У большасці выпадкаў мы будзем карыстацца акругленым значэннем: $1 \text{ атм} \approx 100 \text{ кПа}$.

Атмасферны ціск адыгрывае вельмі важную ролю ў працы шматлікіх бытавых і тэхнічных прылад. Ён ляжыць у аснове работы піпеткі, шпрыца і інш. Знаёмыя многім гумавыя прысоскі (мал. 204) выкарыстоўваюцца як у быце, так і на заводах для пераносу складанейшых вузлоў электронікі, дотык да якіх (нават у пальчатках) зусім недапушчальны.



Мал. 203



Мал. 204

■ Галоўныя вывады

1. Утрымліваемая зямным прыцяжэннем атмасфера Зямлі стварае ціск.
2. Чалавек не адчувае атмасфернага ціску, паколькі ціск дзейнічае як звонку, так і знутры яго.
3. За нармальны атмасферны ціск прыняты ціск слупа ртуці вышынёй 760 мм.

? Кантрольныя пытанні

1. Што называецца атмасферным ціскам?
2. У чым прычына існавання атмасфернага ціску?
3. У чым значэнне доследу Тарычэлі?
4. Назавіце ўсе вядомыя вам адзінкі атмасфернага ціску.

➔ Дамашняе заданне

Наліце ў пластыкавую бутэльку гарачай вады. Праз мінуту выліце ваду і закрыйце бутэльку накрыўкай. Бутэльку астудзіце. Растлумачце прычыну дэфармацыі бутэльні.

▼ Для дапытлівых

У сярэдзіне XVII ст. у нямецкім горадзе Магдэбургу вучоны Ота фон Герыке правёў дослед-спектакль. З прасторы паміж двума адволькавымі меднымі паўшар'ямі было адпампавана паветра. Для разрыву паўшар'яў, г. зн. для пераадолення сіл атмасфернага ціску, спатрэбілася 8 пар самых моцных коней. Разрыў суправаджаўся моцным воплескам, падобным да гуку стрэлу.



Практыкаванне 15

1. Чаму цяжка піць сок з бутэўкі або пакета, не ўпускаючы ў іх паветра?

2. Чаму абсалютна недапушчальная страта герметычнасці скафандра касманаўта, які працуе ў адкрытым космасе?

3. Выразіце ў кілапаскалях атмасферны ціск:


а) $p_1 = 10$ м вадзянога слупа;


б) $p_2 = 750$ мм рт. сл.


4. Вызначыце вышыню слупа ртуці, які ўраўнаважваецца атмасферным ціскам $p = 100$ кПа.

5. Чаму ў доследзе Тарычэлі выкарыстоўвалася ртуць, а не вада?

6. Пры якім значэнні атмасфернага ціску на вокладку кнігі, якая ляжыць на сталі і мае плошчу паверхні $S = 4,0$ дм², дзейнічае сіла ціску $F = 3,6$ кН?

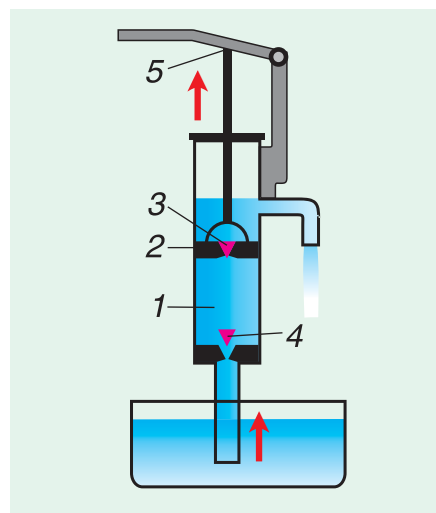
 7. Растлумачце прынцып дзеяння піпеткі (мал. 205).

 8. На малюнку 206 схематычна паказана будова ўсмоктвальнай помпы: 1 — цыліндрычная трубка; 2 — поршань; 3, 4 — металічныя клапаны; 5 — шток і ручка. Як працуе помпа?

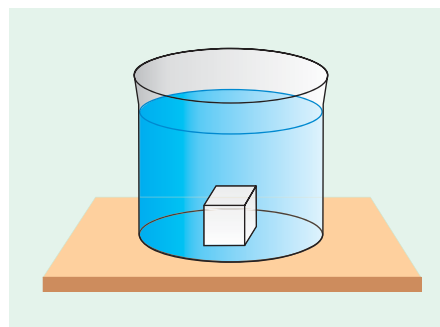
 9. Кубік з кантам, роўным $a = 50$ мм, масай $m = 900$ г ляжыць на дне пасудзіны (мал. 207), у якую наліта вада на вышыню $h = 15$ см. Вызначыце вертыкальную сілу, якую трэба прыкладасці ў цэнтры верхняй грані кубіка, каб адарваць яго ад дна. Вада пад кубік не пранікае. Атмасферны ціск $p = 760$ мм рт. сл. Каэфіцыент g прыміце роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.



Мал. 205



Мал. 206



Мал. 207



§ 35.

Вымярэнне атмасфернага ціску. Барометры і манометры



Мал. 208



Мал. 209

Штодзень мы атрымліваем інфармацыю аб велічыні атмасфернага ціску і яго змяненні. Чаму ён не з'яўляецца пастаянным? Чаму на розных тэрыторыях Зямлі ціск розны? Як ціск залежыць ад вышыні?

Атмасферны ціск залежыць ад складу паветра. Так, напрыклад, пры паступленні вільготнага паветра, насычанага вадзянымі парамі, ціск памяншаецца. Гэта абумоўлена тым, што маса малекул вады прыкметна меншая за масу іншых малекул атмасферы — азоту, кіслароду і інш.

Найбольш сціснутымі, а значыць, больш шчыльнымі з'яўляюцца слаі атмасферы, якія прылягаюць да паверхні Зямлі. Такім чынам, значэнне атмасфернага ціску залежыць ад вышыні мясцовасці над узроўнем мора. На вяршыні самай высокай ($h = 8848$ м) гары Эверэст (мал. 208) ціск амаль у 3 разы меншы, чым каля яе падножжа.

Вада, як і іншыя вадкасці, практычна не сціскаемая. Таму ціск вадкасці ад вышыні слупа залежыць прама прапарцыянальна ($p = gph$). Залежнасць жа атмасфернага ціску ад вышыні апісваецца значна больш складанай формулай. Аднак для разлікаў, якія не патрабуюць вялікай дакладнасці (пры не вельмі вялікіх вышынях), можна лічыць, што пры пад'ёме на кожныя 12 м ціск памяншаецца на 1 мм рт. сл. Залежнасць ціску ад вышыні можна выкарыстоўваць для вымярэння вышыні пад'ёму (альпіністаў, лятальных апаратаў).

Так, калі пры пад'ёме ціск паменшыўся на 20 мм рт. сл., то гэта значыць, што вышыня пад'ёму:

$$h \approx 20 \text{ мм рт. сл.} \cdot 12 \frac{\text{м}}{\text{мм рт. сл.}} \approx 240 \text{ м.}$$

Прыборы, што вымяраюць вышыню па такім прынцеце, называюць *альтыметрамі* (мал. 209) (ад лац. *altus* — высокі і *metron* — мера).

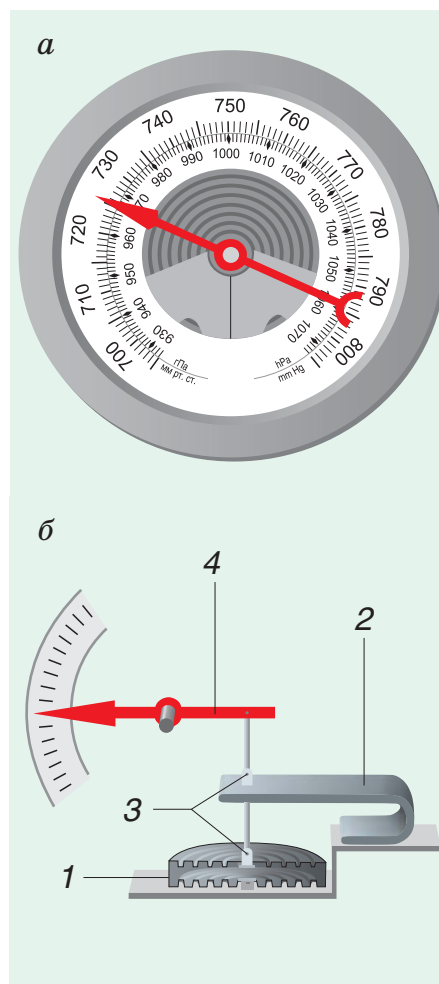
Атмасферны ціск вымяраюць *барометрамі* (ад грэч. *baros* — цяжар і *metron* — мера). Найпрасцейшым барометрам з'яўляецца пасудзіна з ртуццю і трубка, якія выкарыстоўваюцца ў доследзе Тарычэлі (гл. мал. 203). Аднак ртутныя барометры не знаходзяць шырокага прымянення, хаця маюць высокую дакладнасць. Пары ртуці шкодныя для чалавека. На практыцы ў асноўным карыстаюцца металічным барометрам — *анероідам*. Хоць ён менш дакладны, чым ртутны, але зусім бяспечны.

Знешні выгляд і ўнутраная будова барометра-анероіда прадстаўлены на малюнку 210, а, б. Галоўнай часткай анероіда з'яўляецца металічная скрыначка 1 з хвалістымі (гафрыраванымі) верхняй і ніжняй павярхнямі. Павебра са скрыначкі адпампавана да вялікага разраджэння.

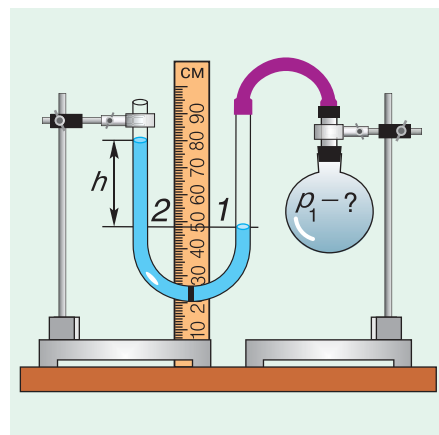
Калі павышаецца ціск звонку корпуса, г. зн. атмосферны ціск, то гафрыраваныя павярхні скрыначкі прагінаюцца ўнутр і цягнуць прымацаваную да іх пругкую пласцінку 2. Памяншэнне атмасфернага ціску вяртае гафрыраваную павярхню ў зыходны стан. Калі ціск далей памяншаецца, то павярхня выпінаецца ўверх. Стрэлка барометра 4 пры дапамозе перадачнага механізма 3 апускаецца па шкале супраць гадзіннікавай стрэлкі, паказваючы памяншэнне ціску.

Шкалу анероіда папярэдне градуіруюць, г. зн. наносяць дзяленні па паказаннях ртутнага барометра. Значэнні ціску на шкале выражаюць у міліметрах ртутнага слупа і ў гектапаскалях (гПа).

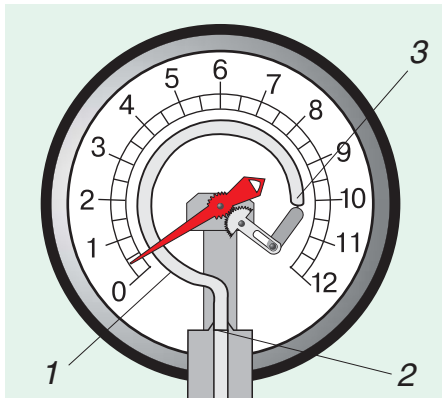
Для вымярэння рознасці паміж ціскам у пасудзіне і атмосферным ціскам выкарыстоўваюць *манометры* (ад грэч. *manos* — няшчыльны і *metron* — мера). Найпрасцейшы манометр — вадкасны. Ён уяўляе сабой U-падобную трубку з вадкасцю (мал. 211). Адно калена трубка далучаецца да пасудзіны, ціск у якой трэба вымераць. Другое калена адкрытае. Калі ўзровень павярхні вадкасці



Мал. 210



Мал. 211



Мал. 212



Мал. 213

ў калене, злучаным з пасудзінай, ніжэйшы, чым у адкрытым, значыць, ціск газу p_1 у пасудзіне большы за атмасферны p_0 на велічыню ціску слупа вадкасці вышыняй h , г. зн. $p_1 - p_0 = grh$.

А калі ціск газу ў некалькі разоў большы за атмасферны? Для вымярэння высокіх ціскаў выкарыстоўваюць металічны манометр (мал. 212). Яго асноўным элементам з'яўляецца полая танкастенная металічная трубка 1, сагнутая ў дугу. Адзін канец 3 трубки закрыты, другі 2 далучаецца да пасудзіны з газам. Закрыты канец 3 праз зубчасты механізм злучаны са стрэлкай, якая рухаецца адносна шкалы. Чым большы ціск у трубцы (а значыць, у пасудзіне), тым больш выпроставяецца трубка і тым больш адхіляецца стрэлка. Нуль на шкале адпавядае атмасфернаму ціску. Значыць, калі стрэлка стаіць на лічбе «8», ціск у пасудзіне ў 9 разоў большы за атмасферны. Менавіта такую будову мае манометр для кантролю ціску ў аўтамабільных шынах (мал. 213).

■ Галоўныя вывады

1. Атмасферны ціск залежыць ад вышыні мясцовасці і метэаўмоў.
2. Залежнасць атмасфернага ціску ад вышыні і метэаўмоў можна выкарыстоўваць для вымярэння вышыні і для прагнозу надвор'я.
3. Атмасферны ціск вымяраюць барометрамі, а ціск газаў у пасудзінах — манометрамі.

? Кантрольныя пытанні

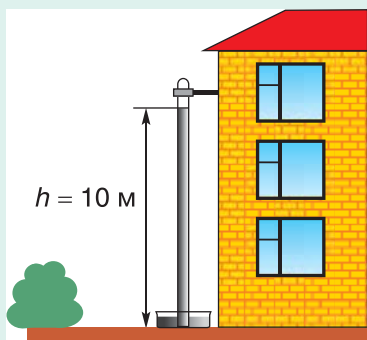
1. Чаму, калі самалёт набірае вышыню або ідзе на пасадку, пасажыры адчуваюць боль у вушах?
2. Якімі прыборамі вымяраюць атмасферны ціск?
3. Ці можна, маючы барометр, вымераць вышыню гары? Што можна сказаць аб дакладнасці такіх вымярэнняў? Чаму?
4. Чаму вялікія ціскі нельга вымяраць вадкасным манометрам?
5. Які барометр вымярае ціск больш дакладна — ртутны ці барометр-анероід? Чаму?

Для дапытлівых

Вадкаснымі манометрамі можна вымяраць ціск, які адрозніваецца ад атмасфернага толькі нязначна. Так, калі ў нашым прыкладзе на старонках 127—128 ціск у пасудзіне будзе ў 2 разы большы за атмасферны, г. зн. $p_1 = 2p_0$, то згодна з формулай $p_1 = p_0 + \rho gh$ атрымаем:

$$\rho gh = 2p_0 - p_0, \text{ адкуль}$$

$$h = \frac{p_0}{\rho g}.$$



Пры выкарыстанні ў манометры вады

$$h = \frac{100\,000 \text{ Па}}{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 10 \text{ м.}$$

Толькі ўявіце памеры такога прыбора! Пры выкарыстанні ртуці памеры памяншаюцца ў 13,6 раза, але ўзнікаюць новыя праблемы — пары ртуці атрутныя.



Прыклад рашэння задачы

У падножжа гары барометр паказвае ціск $p_1 = 750$ мм рт. сл., а на яе вяршыні — $p_2 = 740$ мм рт. сл. Вызначыце вышыню дадзенай гары.

Дадзена:

$$p_1 = 750 \text{ мм рт. сл.}$$

$$p_2 = 740 \text{ мм рт. сл.}$$

H — ?

Рашэнне

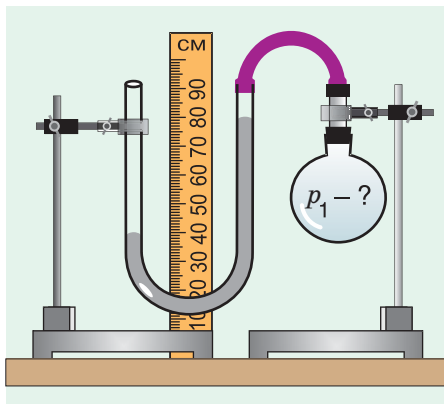
Рознасць паміж ціскам каля падножжа гары і на яе вяршыні:

$$p_1 - p_2 = 750 \text{ мм рт. сл.} - 740 \text{ мм рт. сл.} = 10 \text{ мм рт. сл.}$$

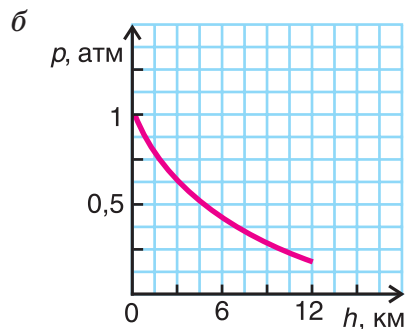
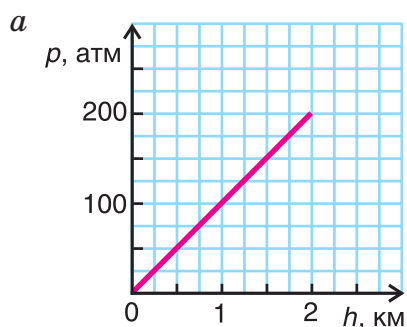
Улічым, што на 1 мм рт. сл. ціск памяншаецца пры пад'ёме прыкладна на вышыню $h_0 = 12$ м. Тады вышыня гары:

$$H = 12 \frac{\text{м}}{\text{мм рт. сл.}} \cdot 10 \text{ мм рт. сл.} = 120 \text{ м.}$$

Адказ: $H = 120$ м.



Мал. 214



Мал. 215


Практыкаванне 16


1. Чаму ў горадзе Мінску амаль не бывае ціску, прынятага за нармальны? (Практычна цэлы год у Мінску ціск меншы за 760 мм рт. сл.)

2. У класе на першым паверсе барометр паказвае ціск $p_1 = 750$ мм рт. сл., а на беразе возера — $p_2 = 753$ мм рт. сл. Вызначыце, на якой вышыні над узроўнем возера размешчана школа.

3. Будынак мае вышыню $h = 189$ м. На колькі і якім чынам будзе адрознівацца атмасферны ціск на апошнім і на першым паверхах гэтага будынка?

4. Вызначыце ціск газу ў колбе (мал. 214), калі ў манометры была б выкарыстана ртуть. Якія значэнні ціску можна было б вымяраць гэтым манометрам? Атмасферны ціск прыміце роўным $p_{\text{атм}} = 100$ кПа.

 5. На графіках паказана змяненне ціску ў залежнасці ад змянення адлегласці ад паверхні Зямлі ў водным (мал. 215, а) і паветраным (мал. 215, б) акіянах Зямлі. Якую інфармацыю вы можаце атрымаць з дадзеных графікаў?

 6. Унутры касмічных караблёў (у бязважкасці) касманаўты дыхаюць паветрам. Ці стварае гэта паветра ціск? Ці можна гэты ціск называць атмасферным?



Тэмы практных заданняў

1. Ціск. Яго праяўленне ў прыродзе і тэхніцы.
2. Чаму рыбам знаходзіцца на глыбіні больш бяспечна, чым чалавеку і тэхніцы?
3. Атмасферны ціск. Яго праяўленне ў тэхніцы і быце.

5

Работа. Магутнасць. Энергія

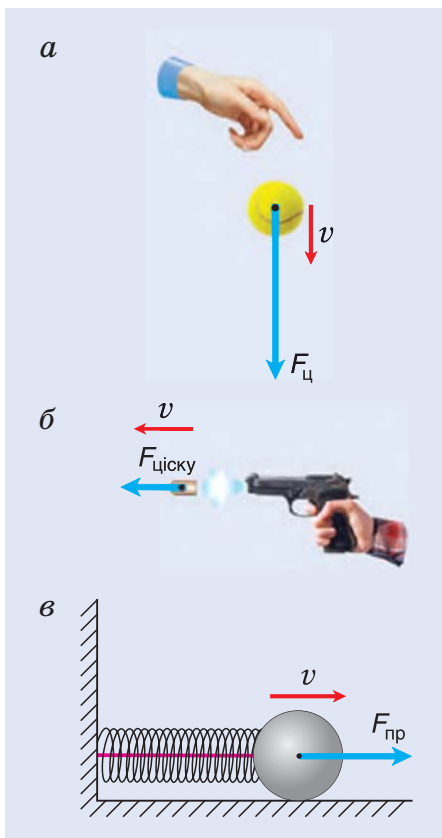
- Ці можа выконваць работу сіла трэння?
- Якім малатком — лёгкім ці цяжкім — можна ўбіць цвік, выканаўшы меншую колькасць удараў?
- У чым сутнасць прыказкі: «Што патраціў пры пад'ёме ў гару, вярнуў пры спуску?»»



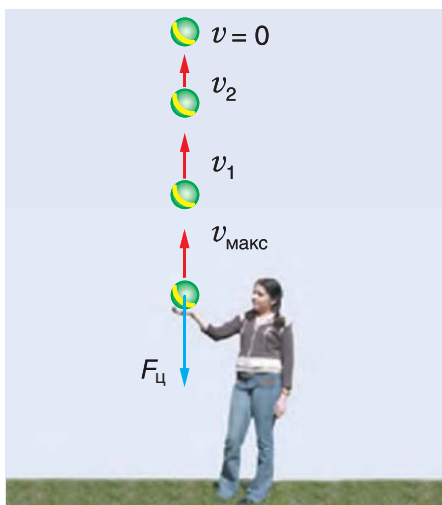


§ 36.

Механічная работа. Адзінкі работы



Мал. 216



Мал. 217

Мы часта чуем ад сяброў: «Я сёння выканаў такую вялікую работу: вывучыў на памяць верш і рашыў пяць задач па матэматыцы». Але з пункту гледжання фізікі ніякай работы не выканана, нават калі вывучыць на памяць цэлую паэму. Што ж такое работа ў фізіцы?

У фізіцы работа ацэньвае тое, што выклікала сіла, якая дзейнічае на цела, што рухаецца. Пакажам гэта на прыкладах. Разгледзьце ўважліва малюнак 216. Што агульнае маюць вынікі дзеяння сілы цяжару на мяч (мал. 216, а), сілы ціску газу на кулю ў пісталёце (мал. 216, б) і сілы пругкасці сціснутай спружыны на шарык (мал. 216, в) пасля перапальвання ніткі? Усе пералічаныя сілы выклікаюць разгон цел (мяча, кулі, шарыка), г. зн. павелічэнне скорасці руху.

А ці можа сіла, якая дзейнічае на цела, што рухаецца, памяншаць яго скорасць? Падкіньце мяч і назірайце за яго рухам уверх (мал. 217). Цяпер сіла цяжару памяншае скорасць яго руху. Ва ўсіх выпадках, калі сіла змяняе скорасць руху (павялічвае або памяншае), гавораць, што **сіла выконвае механічную работу**.

Механічная работа з'яўляецца фізічнай велічынёй. Яе значэнне можна вылічыць. Разгледзім самы прасты выпадак: напрамак сілы супадае з напрамкам руху. Напрыклад, ідзе разгон спартыўных санак (мал. 218). Змяненне скорасці санак, а значыць, і работа па іх разгоне залежаць ад значэння дзеючай сілы (сілы спартсменаў, што разганяюць санкі) і ад пройдзенага санкамі шляху. Чым большыя сіла і шлях, тым большая выконваецца работа. Гэта выснова справядлівая для ўсіх цел, якія рухаюцца пад дзеяннем сілы.

Такім чынам, **механічная работа — фізічная велічыня, прапарцыянальная дзеючай на цела сіле і пройдзенаму шляху**.

Абазначым работу літарай A . Тады, калі напрамак сілы супадае з напрамкам руху цела, то

$$\text{работа} = \text{сіла} \cdot \text{шлях}, \text{ або } A = F \cdot s.$$

Асноўнай адзінкай работы ў СІ з'яўляецца 1 джоўль (1 Дж). Названа яна ў гонар вядомага англійскага фізіка Дж. П. Джоўля. Адзін джоўль — гэта работа, выкананая сілай 1 Н на шляху 1 м:

$$1 \text{ джоўль} = 1 \text{ ньютан} \cdot 1 \text{ метр.}$$

Для вымярэння вялікай работы выкарыстоўваюцца кратныя джоўлю адзінкі:

$$1 \text{ кДж} = 1000 \text{ Дж} = 1 \cdot 10^3 \text{ Дж};$$

$$1 \text{ МДж} = 1\,000\,000 \text{ Дж} = 1 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

У выпадку малой работы ўжываюцца долевыя адзінкі:

$$1 \text{ мДж} = 0,001 \text{ Дж} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Дж};$$

$$1 \text{ мкДж} = 0,000001 \text{ Дж} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}.$$

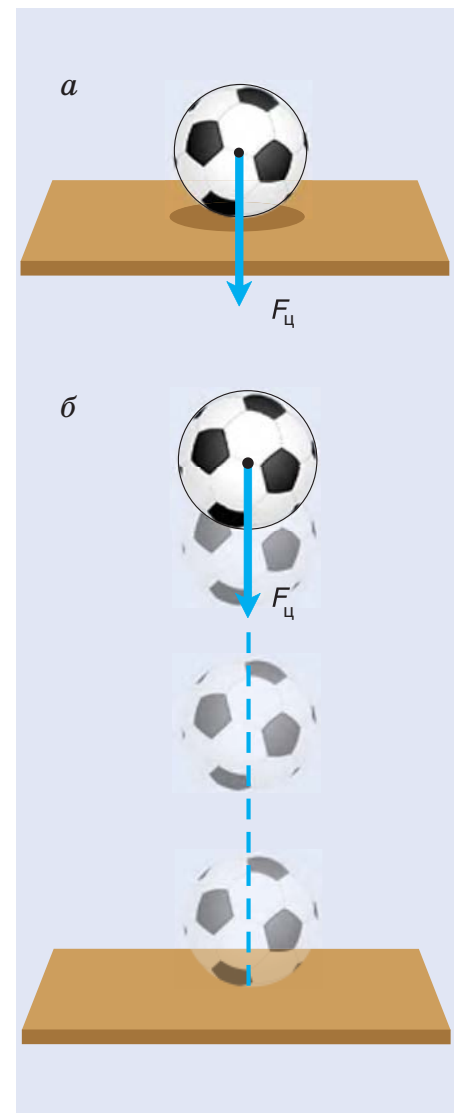
З формулы работы вынікае, што калі ёсць сілы, але няма руху, то няма і работы. Напрыклад, сіла цяжару, якая дзейнічае на мяч, што ляжыць на падлозе (мал. 219, а), работу не выконвае, а ў выпадку, калі мяч падае (мал. 219, б), — выконвае.

Сіла не заўсёды павялічвае скорасць руху цела. Так, пры руху ўверх кінутага мяча (мал. 217) сіла цяжару запавольвае яго рух. Аналагічна пры слізганні шайбы па лёдзе сіла трэння памяншае скорасць руху шайбы. Работу сілы (цяжару, трэння) у гэтых і падобных выпадках лічаць адмоўнай.

Але дадатная і адмоўная работы могуць выконвацца адначасова і нават быць роўнымі па абсолютнай велічыні. У гэтым выпадку скорасць руху пастаянная. Напрыклад, электрацягнік на дадзеным участку шляху рухаецца раўнамерна. Гэта значыць, што раўнадзейная сіла (цягі рухавіка і супраціўлення руху) роўна нулю. Але і сіла цягі, і сіла супраціўлення выконваюць работу. Толькі работа сілы цягі $A_{\text{цягі}} > 0$, а сілы супраціўлення $A_{\text{супр}} < 0$. Сума ж іх роўна нулю, г. зн. $A = A_{\text{цягі}} + A_{\text{супр}} = 0$.



Мал. 218



Мал. 219

Галоўныя вывады

1. Механічная работа характарызуе вынік дзеяння сілы на цела, якое рухаецца, і прапарцыянальна дзеючай на цела сіле і пройдзенаму целам шляху.
2. Сілы, якія паскараюць рух цела, выконваюць дадатную работу.
3. Сілы, якія запавольваюць рух цела, выконваюць адмоўную работу.
4. Асноўная адзінка работы ў СІ — 1 джоўль.

Кантрольныя пытанні

1. Што характарызуе механічная работа?
2. Ад чаго залежыць значэнне выкананай работы?
3. Што прынята ў СІ за асноўную адзінку работы?
4. У якім выпадку сілай выконваецца адмоўная работа?

Прыклад рашэння задачы

Пад'ёмны кран раўнамерна падымае з зямлі бетонную пліту масай $m = 500$ кг на адзін з паверхаў дома, які будзецца. Сіла пругкасці троса пры гэтым выконвае работу $A = 100$ кДж. Вызначыце, на які паверх была паднята пліта, калі вышыня аднаго паверха $h_0 = 4,0$ м. Чаму роўна работа раўнадзейнай сіл, прыкладзеных да пліты? Каэфіцыент g прыміце роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Дадзена:

$$m = 500 \text{ кг} = 5,0 \cdot 10^2 \text{ кг}$$

$$A = 100 \text{ кДж} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Дж}$$

$$h_0 = 4,0 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$N \text{ — ? } A_p \text{ — ?}$$

Рашэнне

Пры раўнамерным пад'ёме сіла пругкасці троса роўна сіле цяжару, што дзейнічае на пліту: $F_{\text{пр}} = gm$.

Работа сілы пругкасці $A = gmh$. Вышыня пад'ёму $h = N_1 \cdot h_0$, дзе N_1 — колькасць паверхаў. Тады $A = gmN_1 \cdot h_0$.

$$\text{Адсюль } N_1 = \frac{A}{gmh_0}; N_1 = \frac{1,0 \cdot 10^5 \text{ Дж}}{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 5,0 \cdot 10^2 \text{ кг} \cdot 4,0 \text{ м}} = 5; N = N_1 + 1 = 6.$$

Паколькі рух пліты раўнамерны, то раўнадзейная сіл, прыкладзеных да яе, $F_p = 0$ і работа $A_p = 0$.

Адказ: пліта паднята на 6-ы паверх; работа раўнадзейнай сіл $A_p = 0$.

Практыкаванне 17

1. Ці выконвае работу сіла цяжару, якая дзейнічае на спартсмена, калі ён:

а) стаіць на трампліне; б) падае ў ваду; в) усплывае?

2. Выразіце ў джоўлях работу: $A_1 = 2$ МДж; $A_2 = 10$ кДж; $A_3 = 300$ мДж; $A_4 = 12$ мкДж.

3. Якую работу выконвае сіла пругкасці вяроўкі $F = 50$ Н, што разганяе санкі на шляху $s = 30$ м?

4. Якую работу выконвае сіла цяжару, якая дзейнічае на камень масай $m = 2,0$ кг, пры:

а) падзенні яго з вышыні $h = 5,0$ м; б) пад'ёме на вышыню $h = 5,0$ м? У гэтай і наступных задачах лічыце $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.


5. Трактар, выцягваючы аўтамабіль, што завязнуў, працягнуў яго на шляху $s = 10$ м. Сіла нацяжэння буксіровачнага троса выканалала работу $A = 140$ кДж. Знайдзіце значэнне гэтай сілы.


6. Які шлях праязджае каляска, калі дзеючая на яе пастаянная сіла $F = 100$ Н выконвае работу $A = 2,0$ кДж?

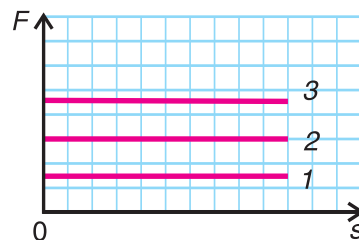
7. Пры пад'ёме вядра з вадой масай $m = 10$ кг на вышыню $h = 1,0$ м сілай пругкасці троса была выканана работа $A = 120$ Дж. Ці раўнамерна падымалі вядро?

8. Хакеіст б'е клюшкай па нерухомай шайбе. Якія сілы дзейнічалі на шайбу ў момант удару і пры слізганні шайбы? Чаму роўна іх работа?

9. Пры разгоне аўтамабіля раўнадзейная сіл, прыкладзеных да яго, выканалала работу $A = 100$ кДж. Якой павінна быць тармозычая сіла, каб спыніць гэты аўтамабіль на шляху $s = 50$ м пры выключаным рухавіку? Якія сілы не выконвалі работу?

 10. Пры вертыкальным пад'ёме ракеты масай $m = 80$ кг на некаторую вышыню сілай цягі $F = 1,2$ кН была выканана работа $A = 120$ кДж. На якую вышыню паднялася ракета? Якую работу выканалі за час пад'ёму сіла цяжару і раўнадзейная сіл, прыкладзеных да ракеты? Змяненне масы ракеты не ўлічваць.

 11. На графіку (мал. 220) прадстаўлены залежнасці сіл, якія перамяшчаюць бетонную пліту, ад шляху. Якая з сіл выканалала большую работу? У колькі разоў?



Мал. 220



§ 37.

Карысная і выкананая работа. Каэфіцыент карыснага дзеяння



Мал. 221

Ацэньваючы работу машыны, механізма і інш., гавораць аб іх каэфіцыенце карыснага дзеяння (ККДз). Але што такое ККДз? Што азначаюць словы «карыснае дзеянне»?

Разгледзім сітуацыю: ідзе ўборка бульбы ў полі. Фермер падымае бульбу ў вядры ў кузаў аўтамашыны (мал. 221), выгружае, а вядро апускае на зямлю. Механічную работу выконвае мускульная сіла фермера, які падняў вядро масай, напрыклад, $m_b = 2,0$ кг і бульбу масай $m = 10,0$ кг на вышыню $h = 1,5$ м. Якая работа тут з'яўляецца карыснай?

Мэта фермера — пагрузіць у кузаў бульбу. Зыходзячы з гэтага, карыснай работай з'яўляецца работа па пад'ёме бульбы: $A_{\text{кар}} = gmh$. А вось работа па пад'ёме самога вядра $A = gm_b h$ не з'яўляецца карыснай. Уся ж выкананая (поўная) работа роўна:

$$A_{\text{вык}} = A_{\text{кар}} + A = g(m + m_b)h.$$

Якую долю складае карысная работа ад выкананай?

$$\frac{A_{\text{кар}}}{A_{\text{вык}}} = \frac{gmh}{g(m + m_b)h} = \frac{m}{m + m_b}.$$

Абазначым адносіну $\frac{A_{\text{кар}}}{A_{\text{вык}}}$ літарай η (эта) і назавём *каэфіцыентам карыснага дзеяння (ККДз)*.

Тады $\eta = \frac{10 \text{ кг}}{12 \text{ кг}} = 0,83$.

ККДз, як правіла, выражаюць у працэнтах:

$$\eta = \frac{A_{\text{кар}}}{A_{\text{вык}}} \cdot 100 \%.$$



Мал. 222

Такім чынам, ККДз (эфектыўнасць работы) у дадзеным выпадку роўны 83 %.

Разгледзім яшчэ адзін прыклад. Дзеці разганяюць санкі, дзейнічаючы сілай F у напрамку іх руху (мал. 222). Выкананая (поўная) работа тут $A_{\text{вык}} = F \cdot s$. Мэта дзяцей — павялічыць скорасць руху санак. Але на санкі дзейнічае яшчэ сіла трэння слізгання $F_{\text{тр}}$. Яна тармозіць рух санак. Значыць, работа дзяцей па пераадоленні сілы трэння не з'яўляецца карыснай:

$$A = F_{\text{тр}} \cdot s.$$

Карыснай жа работай была

$$A_{\text{кар}} = A_{\text{вык}} - A = (F - F_{\text{тр}})s.$$

Тады доля карыснай работы (ККДз)

$$\eta = \frac{A_{\text{кар}}}{A_{\text{вык}}} = \frac{F - F_{\text{тр}}}{F} \cdot 100 \%.$$

Фізічная велічыня, роўная адносіне карыснай работы да выкананай (поўнай), называецца каэфіцыентам карыснага дзеяння.

А ці можа механізм, машына, чалавек працаваць так, каб ККДз = 100 %, г. зн. каб уся выкананая работа была карыснай?

Вучоныя неаднаразова спрабавалі стварыць такую машыну (вечны рухавік), але ўсе спробы аказаліся марнымі. (*Самастойна пазнаёмцеся ў Інтэрнэце або даведачнай літаратуры з інфармацыяй пра вечны рухавік (мал. 223).*) У рабоце любой машыны, механізма заўсёды ёсць некарысная работа, якая ідзе на пераадоленне трэння, супраціўлення. А значыць, ККДз заўсёды меншы за 100 %. А вось зрабіць некарысную работу мінімальнай азначае павысіць ККДз.



Мал. 223

Галоўныя вывады

1. Выкананая (г. зн. поўная) механічная работа заўсёды большая за карысную работу.
2. ККДз паказвае, якую долю складае карысная работа ад усёй выкананай.
3. Чым большая карысная работа, тым вышэйшы ККДз.
4. ККДз любога механізма заўсёды меншы за 100 %.



Кантрольныя пытанні

1. З чаго складаецца выкананая любым механізмам, машынай механічная работа?
2. Чаму работа па пераадоленні сілы трэння слізгання не з'яўляецца карыснай?
3. Як вызначыць ККДз?
4. Разгледзеўшы прыведзеныя ў тэксце параграфу прыклады, дайце параду, як павысіць ККДз.
5. Ці можа ККДз машыны, механізма быць роўным 100 %?



Прыклад рашэння задачы

Пры пад'ёме бульбы са сховішча глыбінёй $h = 3,6$ м пад'ёмнай прыладай з ККДз $\eta = 90\%$ выканана работа $A_{\text{вык}} = 40$ кДж. Колькі мяхоў бульбы масай $m_0 = 40$ кг кожны было паднята са сховішча? Каэфіцыент g прыміце роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Дадзена:

$$h = 3,6 \text{ м}$$

$$\eta = 90\% = 0,90$$

$$A_{\text{вык}} = 40 \text{ кДж} = 4,0 \cdot 10^4 \text{ Дж}$$

$$m_0 = 40 \text{ кг}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$N = ?$

Рашэнне

Ведаючы выкананую работу і ККДз, можна знайсці карысную работу па пад'ёме мяхоў бульбы:

$$A_{\text{кар}} = \eta \cdot A_{\text{вык}}$$

Карысная работа — гэта работа пад'ёмнай прылады па пераадоленні сілы цяжару мяхоў бульбы:

$$A_{\text{кар}} = gmh.$$

Маса $m = m_0 \cdot N$, дзе N — лік мяхоў бульбы. Тады $gm_0Nh = \eta \cdot A_{\text{вык}}$, адкуль

$$N = \frac{\eta \cdot A_{\text{вык}}}{gm_0h} = \frac{0,90 \cdot 4,0 \cdot 10^4 \text{ Дж}}{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 40 \text{ кг} \cdot 3,6 \text{ м}} = 25.$$


Адказ: $N = 25$ мяхоў.

Практыкаванне 18

1. Пры рабоце помпы з ККДз $\eta = 80\%$ была выканана работа $A_{\text{вык}} = 4,2$ кДж. Знайдзіце значэнне карыснай работы.


2. Вызначыце значэнне карыснай і поўнай работы, выкананай за некаторы час працы пад'ёмнага крана з ККДз $\eta = 70\%$, калі значэнне некарыснай работы за гэты час складае $A = 1,5$ МДж.

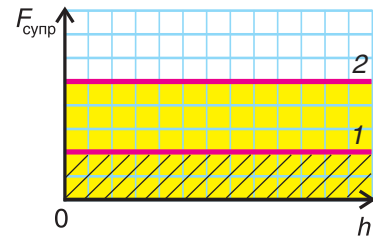
3. Які ККДз прылады, у якой значэнне карыснай работы ў 8 разоў перавышае значэнне некарыснай работы?

 4. Ці будуць аднолькавымі значэнні ККДз пад'ёмніка ліфта пры пад'ёме аднаго або некалькіх чалавек? Чаму?


5. Якім можа быць максімальнае значэнне ККДз пад'ёмніка ліфта, калі ў ім падымаюцца чатыры чалавекі агульнай масай $m = 300$ кг? Маса пустой кабіны прыняць роўнай $m_1 = 60$ кг.

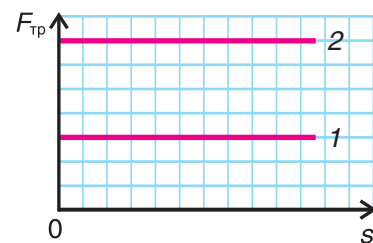
6. Пры разгоне спартыўных санак на шляху $s = 10$ м спартсменамі была выканана работа $A_{\text{вык}} = 2,0$ кДж. Лічачы значэнне сілы трэння, якая перашкаджае разгону, пастаянным і роўным $F_{\text{тр}} = 20$ Н, знайдзіце значэнне ККДз у разгледжаным выпадку.

 7. На малюнку 224 прыведзены графікі залежнасці сілы супраціўлення ад вышыні пры пад'ёме грузаў аднолькавай масы двума рознымі пад'ёмнікамі. Якую інфармацыю можна атрымаць, ацэньваючы зафарбаваную і заштрыханую плошчы? Ці можна па гэтых плошчах параўнаць каэфіцыенты карыснага дзеяння дадзеных пад'ёмнікаў? Адказ абгрунтуйце.



Мал. 224

 8. На малюнку 225 дадзены графікі залежнасці сілы трэння ад шляху пры пад'ёме грузаў аднолькавай масы на адну і тую ж вышыню двума пад'ёмнікамі. Ці аднолькавай была эфектыўнасць работы пад'ёмнікаў? Адказ абгрунтуйце.



Мал. 225



§ 38.

Магутнасць. Адзінкі магутнасці



Мал. 226



Мал. 227



Мал. 228

Набываючы аўтамабіль (мал. 226), мікрахвалеваю печ (мал. 227), газонакасілку і інш., чалавек цікавіцца іх магутнасцю. Менавіта магутнасць з'яўляецца пашпартнай характарыстыкай машын і механізмаў. Што ж такое магутнасць? Чаму так важна яе ведаць?

Разгледзім прыклад. Чалавек лапатай капае яму для склепа на працягу некалькіх дзён. Такую ж яму экскаватар (мал. 228) выкапае за некалькі мінут. Работа выконваецца аднолькавая. Аднолькавая маса грунту падываецца на адну і тую ж вышыню. Але хуткасць выканання работы чалавекам і экскаватарам розная. За адзінку часу экскаватар выконвае ў шмат разоў большую работу, чым чалавек. Для апісання хуткасці выканання работы ўводзіцца магутнасць.

Фізічная велічыня, роўная адносіне работы да часу, за які гэтая работа выканана, называецца магутнасцю.

Абазначаецца магутнасць літарай P .

$$\text{Магутнасць} = \frac{\text{работа}}{\text{час}}, \text{ або } P = \frac{A}{t}.$$

За асноўную адзінку магутнасці ў СІ прымаецца магутнасць, пры якой сіла, што дзейнічае на цела, за час $t = 1$ с выконвае работу $A = 1$ Дж. Гэта адзінка магутнасці называецца ват (Вт) у гонар англійскага вынаходніка Джэймса Уата (гл. форзац 1). Для вымярэння вялікіх магутнасцей выкарыстоўваюць кратныя адзінкі — гектават (гВт), кілават (кВт), мегават (МВт):

$$1 \text{ гВт} = 100 \text{ Вт} = 1 \cdot 10^2 \text{ Вт};$$

$$1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт} = 1 \cdot 10^3 \text{ Вт};$$

$$1 \text{ МВт} = 1\,000\,000 \text{ Вт} = 1 \cdot 10^6 \text{ Вт}.$$

Для малых магутнасцей выкарыстоўваюцца долевыя адзінкі — міліват (мВт), мікрават (мкВт):

$$1 \text{ мВт} = 0,001 \text{ Вт} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Вт};$$

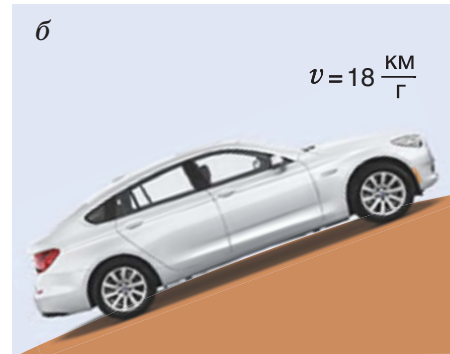
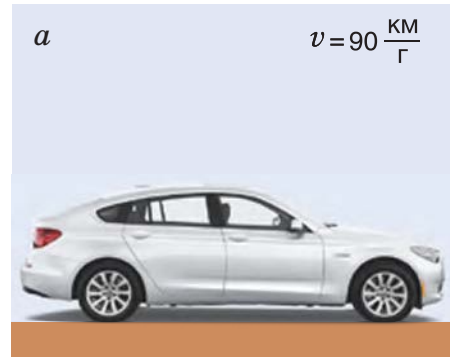
$$1 \text{ мкВт} = 0,000001 \text{ Вт} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Вт}.$$

У быцц часта неабдуманна адзінку магутнасці кілават прымаюць за адзінку работы. Але работа $A = P \cdot t$, з чаго вынікае, што адзінкай работы можа быць толькі кілават-гадзіна (кВт · г), а не кілават (кВт).

Выразім магутнасць праз іншыя велічыні — сілу і скорасць. Магутнасць $P = \frac{A}{t}$, але работа $A = F \cdot s$, шлях $s = vt$. Тады

$$P = Fv.$$

Магутнасць прама прапарцыянальна сіле, што выконвае работу, і скорасці руху. Тады пры пастаяннай магутнасці чым меншая скорасць, тым большая сіла. Вось чаму вадзіцель, кранаючыся з месца або паднімаючыся ўгару (мал. 229), калі патрабуецца вялікая сіла, едзе на малой скорасці. Тым самым ён павялічвае сілу цягі рухавіка аўтамабіля.



Мал. 229

Галоўныя вывады

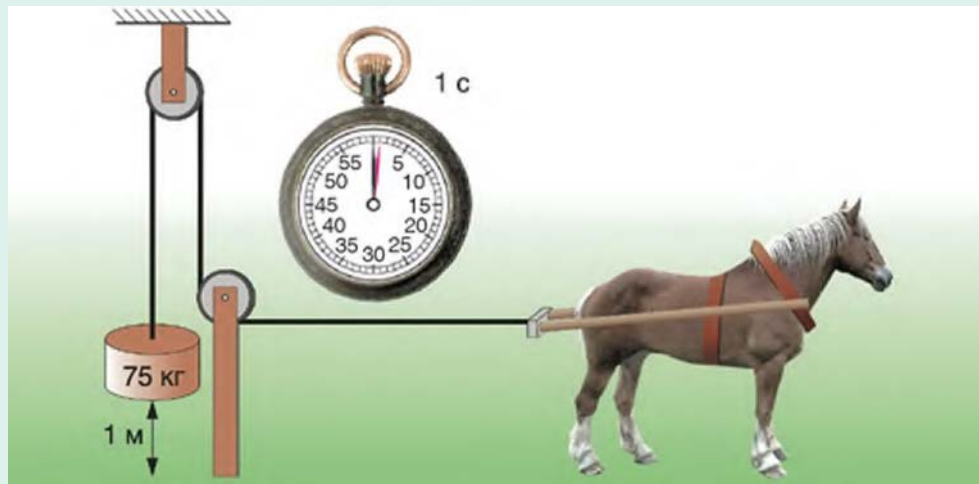
1. Магутнасць — фізічная велічыня, якая характарызуе хуткасць выканання работы.
2. Асноўнай адзінкай магутнасці ў СІ з'яўляецца 1 ват.
3. Аднолькавую магутнасць можна атрымаць або пры вялікай скорасці і невялікай сіле, або пры малой скорасці і вялікай сіле.

? Кантрольныя пытанні

1. Што характарызуе магутнасць?
2. У якіх адзінках у СІ вымяраецца магутнасць?
3. Як разумець выраз: «Магутнасць адной устаноўкі ў 2 разы большая за магутнасць другой»?
4. Ці правільнае сцверджанне: «Значэнне магутнасці прама прапарцыянальна рабоце і адваротна прапарцыянальна часу»? Чаму?
5. Ці можа механізм малой магутнасці выканаць вялікую работу?

Для дапытлівых

У аўтамабілебудаванні па традыцыі выкарыстоўваюць старадаўнюю адзінку магутнасці — конскую сілу (к. с.). Пры дапамозе малюнка сфармулюйце самастойна азначэнне магутнасці ў 1 конскую сілу.



Запішам сувязь 1 к. с. і вата:

$$1 \text{ к. с.} = 736 \text{ Вт.}$$



У гэтых пазасістэмных адзінках магутнасць першага беларускага трактара МТЗ-2 (1953 г.) была роўна 37 к. с. Трактар «Беларус МТЗ-4522» мае рухавік магутнасцю 450 к. с. *Правядзіце гэтыя значэнні магутнасці ў адзінкі СИ самастойна і параўнайце іх.*



Прыклад рашэння задачы

На ўроку фізкультуры хлопчык масай $m = 40$ кг падняўся па канатце на вышыню $h = 5,0$ м за час $t = 10$ с. Вызначыце сярэднюю магутнасць, якую развіваў хлопчык пры пад'ёме. Каэфіцыент $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Дадзена:	Рашэнне
$m = 40 \text{ кг}$	Пры пад'ёме па канаце работа мускульнай сілы рук ідзе на пераадоленне сілы цяжару.
$h = 5,0 \text{ м}$	
$t = 10 \text{ с}$	$A = gmh.$
$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$	Тады $P = \frac{A}{t} = \frac{gmh}{t},$
$P = ?$	$P = \frac{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 40 \text{ кг} \cdot 5,0 \text{ м}}{10 \text{ с}} = 200 \text{ Вт} = 0,20 \text{ кВт}.$
Адказ: $P = 0,20 \text{ кВт}.$	

Практыкаванне 19

1. Рухавіком электравоза «Штадлер», які курсіруе па беларускай чыгунцы, выканана работа $A = 150 \text{ МДж}$ за час $t = 1 \text{ мін}$. Вызначыце магутнасць рухавіка.


2. Якую работу выконвае трактар «Беларус МТЗ-80» з рухавіком магутнасцю $P = 59 \text{ кВт}$ за час $t = 1,0 \text{ г}$? Адказ запішыце ў джоўлях і кілават-гадзінах.


3. За які час можа забрацца па канаце на вышыню $h = 4,0 \text{ м}$ спартсмен масай $m = 80 \text{ кг}$, калі максімальная магутнасць, якую ён развівае, роўна $P = 0,80 \text{ кВт}$?

4. Якую масу цэглы можна падняць раўнамерна за час $t = 20 \text{ с}$ на вышыню $h = 16 \text{ м}$, выкарыстоўваючы пад'ёмнік магутнасцю $P = 2,0 \text{ кВт}$? ККДз рухавіка пад'ёмніка $\eta = 80 \%$.

5. Чаму роўна сіла супраціўлення пры руху аўтамабіля з пастаяннай скорасцю $v = 72 \frac{\text{км}}{\text{г}}$? Магутнасць рухавіка аўтамабіля $P = 60 \text{ кВт}$.

6. Грузаны аўтамабіль масай $m = 4,0 \text{ т}$ рухаецца з пастаяннай скорасцю $v = 54 \frac{\text{км}}{\text{г}}$. Сіла супраціўлення руху аўтамабіля складае $0,10$ яго вагі. Вызначыце магутнасць, якую развівае рухавік аўтамабіля.

 7. Чаму не ўдаецца араць, выкарыстоўваючы легкавы аўтамабіль, нягледзячы на тое, што яго рухавік значна магутнейшы за рухавік міні-трактара, які лёгка выконвае гэту працу?

 8. Ацаніце магутнасць, якую вы развіваеце пры пад'ёме пешшу ў сваю кватэру. Неабходныя даныя атрымайце эксперыментальна.



§ 39.

Кінетычная энергія



Мал. 230



Мал. 231



Мал. 232

Энергія — адно з найбольш важных і складаных паняццяў. Прычым не толькі ў фізіцы, але і ў іншых навуках. А што ж такое кінетычная энергія?

Разгледзім два прыклады. Шайба, трапляючы ў сетку варот (мал. 230), прагінае яе. Молат для забівання паляў (мал. 231), падаючы на палю, заганяе яе ў зямлю на некаторую глыбіню. Каб мацней прагнуць сетку або глыбей забіць палю, шайба і молат павінны мець большую скорасць. І шайба, і молат выканалі работу. Пры гэтым скорасць іх руху змянілася (паменшылася да нуля). Выкананыя імі работы былі рознымі, нават калі выказаць здагадку, што скорасці іх руху былі аднолькавымі. Але масы молата і шайбы няроўныя.

Калі цела здольна выканаць работу, то яно мае энергію. У фізіцы **энергію цела, якое рухаецца, называюць кінетычнай** (ад грэч. *kinetikos* — які прыводзіць у рух). Кінетычная энергія абазначаецца літарай K (або E_k) і вымяраецца ў СІ ў тых жа адзінках, што і работа, г. зн. у **джоўлях**.

Вялікая кінетычная энергія цел, якія рухаюцца, — каменя, аўтамабіля, чыгуначнага саставу (мал. 232), метэарыта і інш. — азначае, па-першае, што пры разгоне іх да дадзенай скорасці сілай, якая разганяе, была выканана вялікая работа. Па-другое, што пры іх спыненні сілай, якая тармазіць, будзе выканана такая ж вялікая работа.

З прыкладаў вынікае, што кінетычная энергія залежыць ад масы цела і скорасці яго руху. Якой з'яўляецца гэта залежнасць?

Доследы паказваюць, што **кінетычная энергія прама прапарцыянальна масе цела і квадрату скорасці яго руху:**

$$K = \frac{mv^2}{2}.$$

Павелічэнне скорасці руху цела, напрыклад, у 4 разы, прыводзіць да нарастання кінетычнай энергіі ў 16 разоў. Аб гэтым заўсёды павінны памятаць аўтамабілісты і пешаходы.

Звярніце ўвагу!

Галоўныя вывады

1. Кінетычная энергія выражае здольнасць цела, якое рухаецца, выконваць работу.
2. Кінетычная энергія, як і работа, вымяраецца ў джоўлях.
3. Кінетычная энергія цела залежыць ад яго масы і квадрата скорасці.
4. Змяніць (павялічыць або паменшыць) кінетычную энергію цела можна толькі шляхам выканання работы (дадатнай або адмоўнай).

Кантрольныя пытанні

1. Ці ўсякае цела мае кінетычную энергію?
2. Кінетычная энергія цела $K = 2$ Дж. Што гэта азначае?
3. Чаму небяспечная язда з вялікай скорасцю? Да чаго прыводзіць павелічэнне скорасці аўтамабіля ў 2 разы?

Прыклад рашэння задачы

Гружаны аўтамабіль масай $m = 4,0$ т пачаў рух са стану спакою і развіў скорасць $v = 36 \frac{\text{км}}{\text{г}}$ на шляху $s = 50$ м. Вызначыце сілу цягі рухавіка аўтамабіля. Супраціўленне руху не ўлічваць.

Дадзена:

$$m = 4,0 \text{ т} = 4,0 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$v = 36 \frac{\text{км}}{\text{г}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$s = 50 \text{ м}$$

$$F_{\text{цягі}} \text{ — ?}$$

Рашэнне

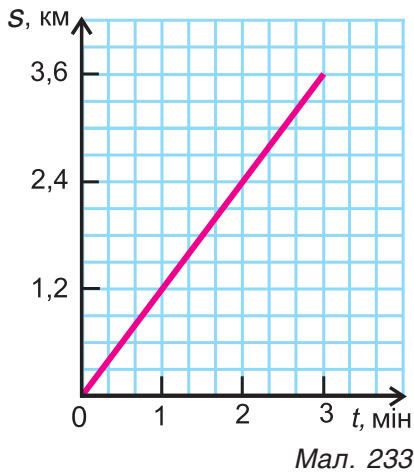
Каб павялічыць кінетычную энергію аўтамабіля, сіла цягі павінна была выканаць работу:

$$A = K; A = \frac{mv^2}{2}.$$

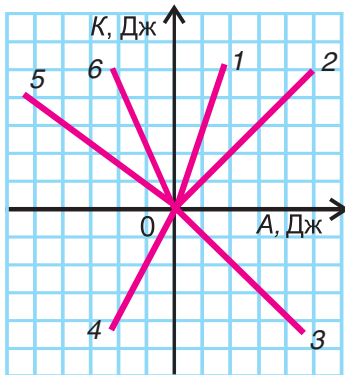
Але работа $A = F_{\text{цягі}} \cdot s$. Адсюль $F_{\text{цягі}} = \frac{A}{s} = \frac{mv^2}{2s}$;

$$F_{\text{цягі}} = \frac{4,0 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 50 \text{ м}} = 4 \text{ кН}.$$

Адказ: $F_{\text{цягі}} = 4 \text{ кН}.$



Мал. 233



Мал. 234

Практыкаванне 20

1. Якую кінетычную энергію мае голуб масай $m = 300$ г, які ляціць са скорасцю $v = 72 \frac{\text{км}}{\text{г}}$?


2. На малюнку 233 прадстаўлены графік руху аўтамабіля. Выкарыстаўшы гэты графік, вызначыце кінетычную энергію аўтамабіля, які рухаецца, калі яго маса $m = 1,0$ т.


3. У колькі разоў адрозніваюцца кінетычныя энергіі кулі масай $m_1 = 10$ г, якая ляціць са скорасцю $v_1 = 500 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, і малатка масай $m_2 = 0,60$ кг, які мае ў момант удару аб цвік скорасць $v_2 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$?


4. Якую кінетычную энергію набываюць санкі, якія разганяюцца са стану спакою сілай $F = 30$ Н на шляху $s = 5,0$ м? Ці трэба для рашэння ведаць масу санак? Чаму?

5. Вызначыце масу кулі, якая мае кінетычную энергію $K = 800$ Дж пры скорасці руху $v = 400 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

6. Пры разгоне аўтамабіля масай $m = 2,0$ т са стану спакою да скорасці $v = 72 \frac{\text{км}}{\text{г}}$ сіла цягі выканалала работу $A = 480$ кДж. Якую работу выканалала за гэты час сіла трэння?

 7. Які з прадстаўленых на малюнку 234 графікаў правільна паказвае залежнасць кінетычнай энергіі K цела ад работы A па разгоне цела са стану спакою?

 8. Чаму кінетычная энергія разганяемага транспартнага сродку не можа дасягнуць бясконца вялікага значэння? Ці можа значэнне кінетычнай энергіі быць адмоўным?

 9. Кардонная скрыня масай $m = 0,40$ кг, падаючы з вышыні $h = 10$ м, дасягнула скорасці $v = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Вызначыце сярэдняе значэнне сілы супраціўлення паветра. Каэфіцыент g прыміце роўным

10 $\frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.



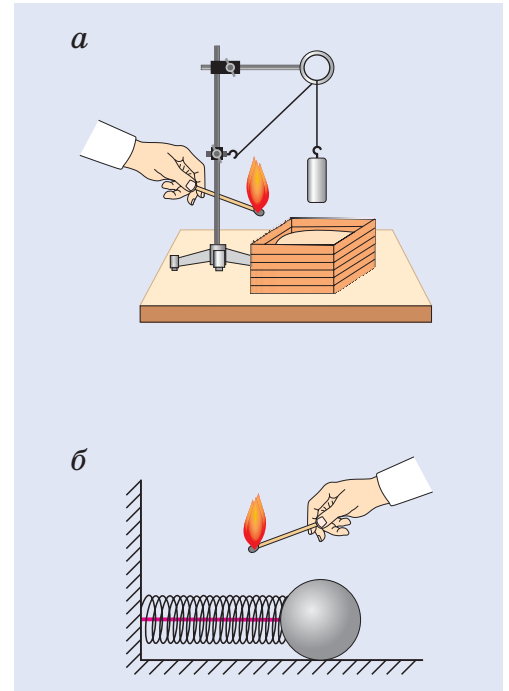
§ 40.

Патэнцыяльная энергія

Пры разгоне любога цела (санак, аўтамабіля і інш.) у яго ўзнікае здольнасць выканаць механічную работу. У цела, якое рухаецца, з'яўляецца кінетычная энергія. А калі цела нерухомае? Ці валодае яно здольнасцю выканаць работу?

Правядзём два доследы. У першым паднімем і замацуем на нітцы над скрыняй з пяском гіру (мал. 235, а). У другім паміж упорам і шарыкам змесцім папярэдне сціснутую і звязаную ніткай спружыну (мал. 235, б). Абодва целы (гіра і спружына) нерухомыя ($v = 0$) і не валодаюць кінетычнай энергіяй. Але і ў гіры, і ў спружыны ёсць магчымасць выканаць работу. Для гэтага дастаткова ў абодвух выпадках перапаліць нітку. У фізіцы гавораць, што **целы** (паднятая гіра, што ўзаемадзейнічае з Зямлёй, і сціснутая спружына) **валодаюць патэнцыяльнай энергіяй** (ад лац. *potentia* — скрытая здольнасць). Патэнцыяльную энергію ў СІ вымяраюць у тых жа адзінках, што і работу, — у джоўлях.

Важна разумець, што патэнцыяльная энергія не з'яўляецца сама па сабе. У гэтых доследах гіра была паднята над сталом, спружына была сціснута нейкай сілай. Значыць, **каб цела назапасіла патэнцыяльную энергію, неабходна выканаць работу**. Чым мацней будзе сціснута спружына, чым вышэй будзе паднята гіра, тым большы ў іх будзе запас патэнцыяльнай энергіі. Целы, прадстаўленыя на малюнку 236, ужо маюць патэнцыяльную энергію. У трампліна яна выклікана прагінам (дэфармацыяй) дошкі, у мышалоўцы — закручваннем спружыны, у лука — змяненнем размяшчэння дрэўка і цецівы. З гэтых і іншых прыкладаў вынікае, што **патэнцыяльная энергія — гэта энергія, абумоўленая ўзаемным размяшчэннем цел**



Мал. 235



Мал. 236



Мал. 237

або частак цела, якія ўзаемадзейнічаюць (гіры і Зямлі, стралы і цецівы, звёнаў спружыны). Абазначаецца патэнцыяльная энергія літарай $П$ (або $E_{п}$).

Менавіта дзякуючы патэнцыяльнай энергіі сціснутай (закручанай) спружыны працуюць механічныя гадзіннікі, рэле часу мікрахвалевых печак, рухаюцца некаторыя дзіцячыя цацкі. Патэнцыяльная энергія паднятай з дапамогай плаціны вады (мал. 237) прымушае працаваць гідраэлектрастанцыі.

■ Галоўныя вывады

1. Нерухомыя целы (сістэма цел), якія ўзаемадзейнічаюць, могуць валодаць здольнасцю выконваць механічную работу, а значыць, маюць патэнцыяльную энергію.
2. Значэнне патэнцыяльнай энергіі залежыць ад узаемнага размяшчэння цел (частак цела), якія ўзаемадзейнічаюць.
3. Патэнцыяльная энергія змяняецца толькі пры выкананні работы.

? Кантрольныя пытанні

1. Што характарызуе патэнцыяльная энергія?
2. У якіх адзінках у СІ вымяраецца патэнцыяльная энергія? Чаму?
3. Як змяніць патэнцыяльную энергію цела (сістэмы цел)?
4. Як разумець фразу: «Патэнцыяльная энергія сціснутай спружыны $П = 2$ Дж»?
5. Якімі відамі энергіі валодае мяч, які:
 - а) коціцца па гарызантальнай паверхні зямлі;
 - б) затрымаўся ў галінах дрэва;
 - в) пралятае над валебольнай сеткай?



§ 41. Разлік патэнцыяльнай энергіі

Кінетычная энергія цела, якая залежыць ад яго масы і скорасці, выражаецца формулай $K = \frac{mv^2}{2}$. Дадзеная формула справядлівая і для планеты Зямля, што імчыцца са скорасцю $v = 30 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ па арбіце вакол Сонца, і для нябачнага нашым вокам атама. Ці існуе адзіная формула для разліку патэнцыяльнай энергіі?

Разгледзім асобна два выпадкі: **патэнцыяльную энергію прыцяжэння паднятага над паверхняй зямлі цела і патэнцыяльную энергію дэфармаванага цела.**

У першым выпадку формулу для разліку патэнцыяльнай энергіі лёгка вывесці. Калі цела масай m паднята адносна паверхні зямлі на вышыню h (мал. 238), то пры яго падзенні сіла цяжару $F_{ц} = gm$ можа выканаць работу:

$$A_{ц} = F_{ц}h = gmh.$$

Гэта і ёсць патэнцыяльная энергія паднятага цела:

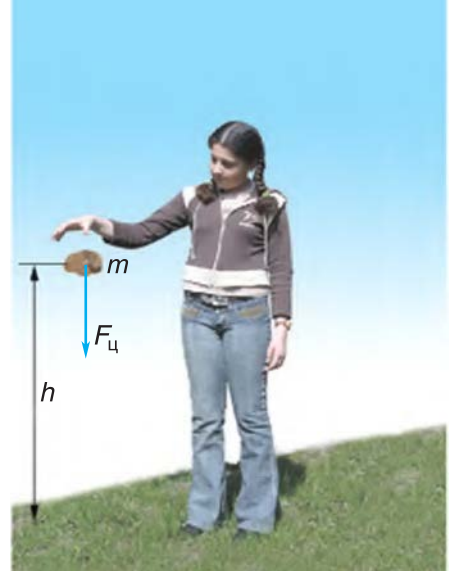
$$П = gmh.$$

Значэнне патэнцыяльнай энергіі **адноснае**. Так, адносна падлогі патэнцыяльная энергія свецільні (мал. 239) масай $m = 1,0$ кг, цэнтр цяжару якой размешчаны на вышыні h_1 ад падлогі, роўна:

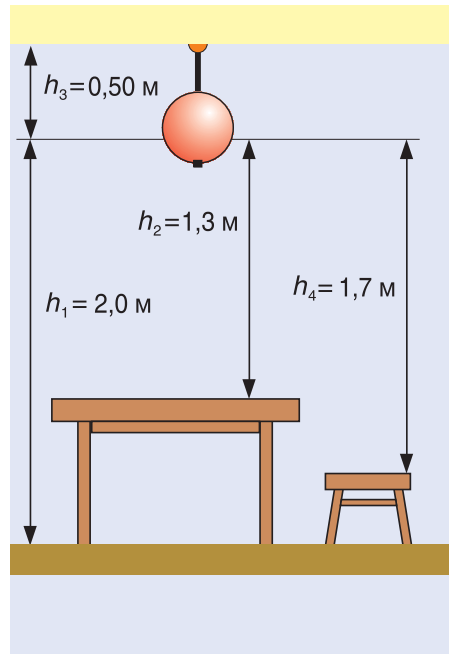
$$П_1 = gmh_1 = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1,0 \text{ кг} \cdot 2,0 \text{ м} \approx 20 \text{ Дж.}$$

Адносна столі ($h_3 = -0,50$ м) яна роўна:

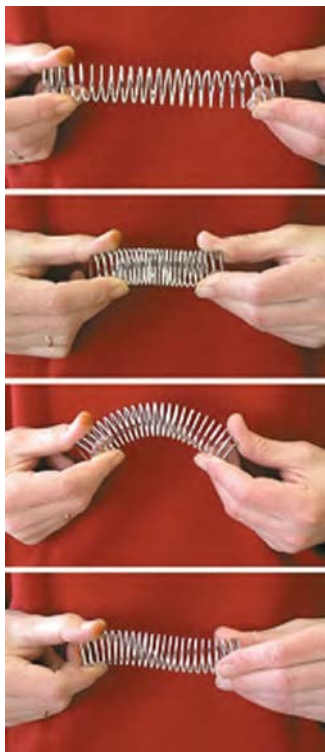
$$П_2 = gmh_3 = -9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1,0 \text{ кг} \cdot 0,50 \text{ м} \approx -5,0 \text{ Дж.}$$



Мал. 238



Мал. 239



Таму, прыводзячы значэнне патэнцыяльнай энергіі, неабходна называць узровень, адносна якога яна зададзена, — **нулявы ўзровень патэнцыяльнай энергіі** (гэта можа быць, напрыклад, паверхня падлогі, столі, стала і г. д.).

Значна больш складаная справа з разлікам патэнцыяльнай энергіі дэфармаванага цела. Мы можам расцягнуць або сціснуць спружыну, выгнуць або закруціць яе (мал. 240). Патэнцыяльная энергія ў спружыны будзе ў кожным з гэтых выпадкаў. І чым больш пругкая дэфармацыя, тым большая патэнцыяльная энергія спружыны. У дадзеным прыкладзе разлік патэнцыяльнай энергіі прыйдзеца весці па розных формулах. Больш дэтальна з гэтым вы пазнаёміцеся ў 9-м класе.

Мал. 240

■ Галоўныя вывады

1. Патэнцыяльная энергія прыцяжэння цела да Зямлі залежыць ад масы цела і вышыні яго пад'ёму над нулявым узроўнем энергіі.
2. Значэнне патэнцыяльнай энергіі цела залежыць ад выбару нулявога ўзроўню энергіі.
3. Патэнцыяльная энергія дэфармаванага цела залежыць ад велічыні дэфармацыі.

? Кантрольныя пытанні

1. Ад чаго залежыць значэнне патэнцыяльнай энергіі цела, якое знаходзіцца ў полі прыцягнення Зямлі, і дэфармаванага цела?
2. Што такое нулявы ўзровень патэнцыяльнай энергіі?
3. Ці можа патэнцыяльная энергія цела быць адначасова роўнай нулю і ад рознай ад нуля?
4. Ці роўныя патэнцыяльныя энергіі паднятага на аднолькавую вышыню цела на Зямлі і на Месяцы?
5. Чаму роўна патэнцыяльная энергія паказанай на малюнку 239 свяцільні адносна сядзення табурэткі? Адносна паверхні стала?

Прыклад рашэння задачы

Парафінавы аднародны кубік з даўжынёй канта $a = 10$ см ляжыць на стала на вышыні $h_1 = 0,80$ м ад падлогі. Вызначыце патэнцыяльную энергію кубіка адносна паверхні: а) падлогі; б) стала. Якую работу трэба выканаць, каб падняць кубік з падлогі на стол? Каэфіцыент g прыміце роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Дадзена:

$$a = 10 \text{ см} = 0,10 \text{ м}$$

$$h_1 = 0,80 \text{ м}$$

$$\rho = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$P_1 \text{ — ?}$$

$$P_2 \text{ — ?}$$

$$A \text{ — ?}$$

Рашэнне

Патэнцыяльная энергія кубіка адносна паверхні падлогі (мал. 241) вызначаецца становішчам яго цэнтра (punkта O):

$$P_1 = gm(h_1 + 0,5a).$$

Маса кубіка $m = \rho V$, аб'ём $V = a^3$, тады:

$$P_1 = gra^3(h_1 + 0,5a);$$

$$P_1 = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,0010 \text{ м}^3 \cdot 0,85 \text{ м} = 7,7 \text{ Дж}.$$

Патэнцыяльная энергія кубіка адносна паверхні стала:

$$P_2 = gra^3 h_2;$$

$$h_2 = \frac{a}{2};$$

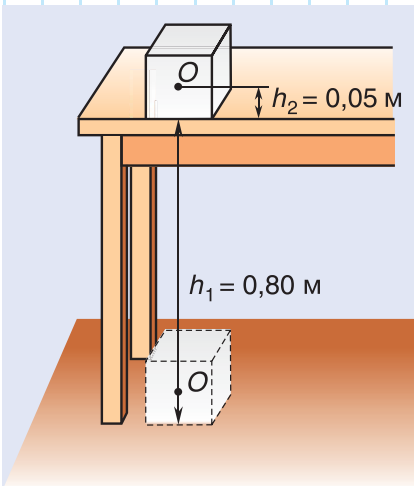
$$P_2 = \frac{gra^3 a}{2};$$

$$P_2 = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,0010 \text{ м}^3 \cdot 0,050 \text{ м} = 0,45 \text{ Дж}.$$

Работа па пад'ёме кубіка на вышыню h_1 роўна змяненню яго патэнцыяльнай энергіі. Атрымліваем:

$$A = P_1 - P_2 = 7,7 \text{ Дж} - 0,45 \text{ Дж} = 7,25 \text{ Дж} \approx 7,3 \text{ Дж}.$$

$$\text{Адказ: } P_1 = 7,7 \text{ Дж}; P_2 = 0,45 \text{ Дж}; A = 7,3 \text{ Дж}.$$



Мал. 241

Практыкаванне 21

1. Расцягнутая спружына мае патэнцыяльную энергію $\Pi = 2$ Дж. Што гэта азначае?

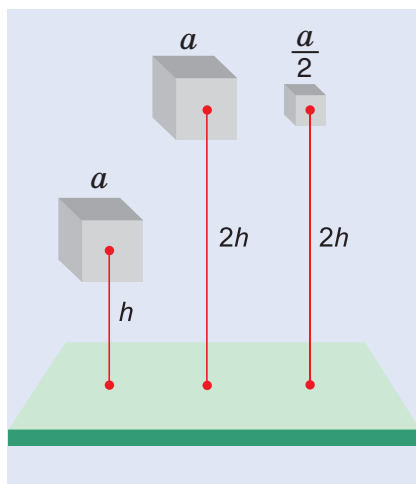
2. З якой глыбіні быў падняты кавалак сільвініту (пароды, што змяшчае калій, галоўнага мінеральнага багацця Беларусі) аб'ёмам $V = 5$ дм³, калі яго патэнцыяльная энергія ўзрасла на $\Delta\Pi = 41$ кДж? Шчыльнасць сільвініту прыміце роўнай падвоенай шчыльнасці вады.

3. Кропля дажджу масай $m = 60$ мг падае з пастаяннай скорасцю $v = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Знайдзіце яе кінетычную і патэнцыяльную энергіі на вышыні $h = 200$ м ад паверхні зямлі. Каэфіцыент g у гэтай і наступных задачах прыміце роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

4. Мяч масай $m = 0,20$ кг, кінуты вертыкальна ўверх, падняўся на вышыню $h = 20$ м. Вызначыце кінетычную і патэнцыяльную энергіі мяча ў верхнім пункце траекторыі.

5. Арол мае патэнцыяльную энергію $\Pi = 4$ кДж на вышыні $h = 0,1$ км над паверхняй зямлі. Чаму роўна маса арла?

6. Вызначыце змяненне кінетычнай і патэнцыяльнай энергій парашутыста масай $m = 70$ кг, які спускаецца з пастаяннай скорасцю $v = 5,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ на працягу часу $t = 5,0$ с.



Мал. 242

7. Якую патэнцыяльную энергію мае $1,0$ м³ вады горнай ракі на вышыні $h = 320$ м? Параўнайце гэту энергію з кінетычнай энергіяй аўтамабіля масай $m = 10$ т, які мае скорасць $v = 54 \frac{\text{км}}{\text{г}}$.

8. Прамавугольны склеп глыбінёй $h = 2,2$ м даверху запоўнены бульбай, маса якой $m = 6,0$ т. Якую найменшую работу трэба выканаць, каб выгрузіць бульбу са склепа?

9. Параўнайце патэнцыяльныя энергіі трох металічных кубікаў (мал. 242), вырабленых з аднаго і таго ж матэрыялу.

→ Дамашняе заданне

Складзіце план для эксперыментальнага вымярэння патэнцыяльнай энергіі падручніка «Фізіка, 7», што ляжыць на вашым пісьмовым сталe, адносна паверхні падлогі.



§ 42.

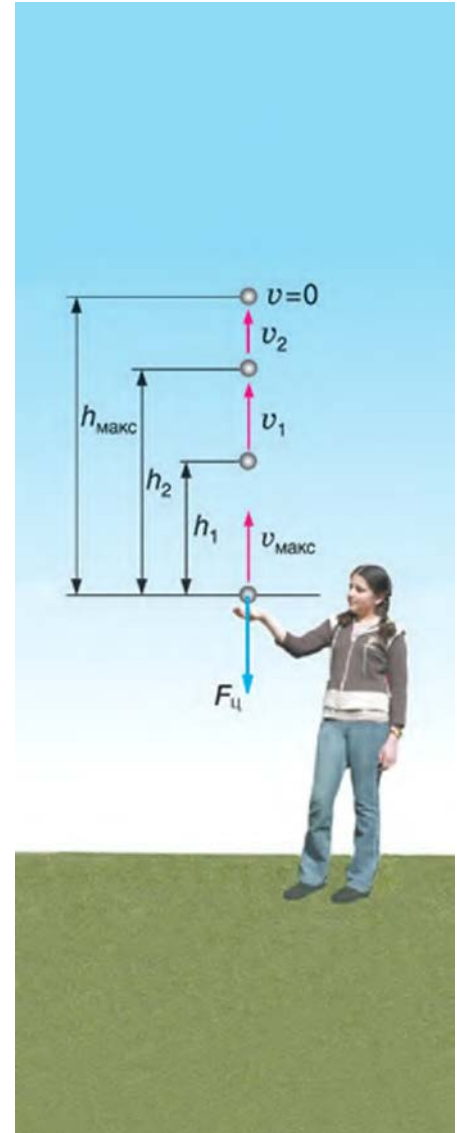
Закон захавання механічнай энергіі

Кінетычная і патэнцыяльная энергіі — гэта два віды механічнай энергіі. Ці звязаны яны адна з другой? Калі так, то ў чым выражаецца гэта сувязь?

Прасочым за рухам кінутага ўверх металічнага шарыка (мал. 243). У ніжнім пункце траекторыі сіла дзеяння рукі на шарык надае яму кінетычную энергію. Шарык рухаецца ўверх. Скорасць яго руху, а значыць, і кінетычная энергія памяншаюцца. Але ці знікае кінетычная энергія бяследна? Падымаючыся вышэй, шарык набывае ўсё большую патэнцыяльную энергію (успомніце: $\Pi = gmh$). У верхнім пункце скорасць і кінетычная энергія шарыка роўны нулю, а патэнцыяльная — максімальная. Значыць, у разгледжаным прыкладзе адбываецца ператварэнне энергіі з аднаго віду (кінетычнай) у другі (патэнцыяльную). Пры вяртанні шарыка назад зноў будзе адбывацца ператварэнне энергіі: з памяншэннем вышыні (і патэнцыяльнай энергіі) павялічваецца скорасць руху шарыка (і кінетычная энергія).

Калі супраціўленне паветра малое (яго можна не ўлічваць), кінуты ўверх шарык вяртаецца назад практычна з такой жа, як у момант кідання, скорасцю і кінетычнай энергіяй.

А якім будзе значэнне механічнай энергіі шарыка ў прамежкавых пунктах? Напрыклад, на вышыні h_1 (мал. 243). Пры пад'ёме шарыка на вышыню h_1 яго кінетычная энергія паменшылася, але пры гэтым з'явілася патэнцыяльная энергія. А чаму роўна іх сума, г. зн. поўная механічная энергія? Дадзены і падобныя доследы і разлікі паказваюць, што калі сіл супраціўлення няма, то поўная механічная энергія цела (сістэмы цела), роўная суме кінетычнай і патэнцыяльнай энергіі



Мал. 243



Мал. 244

($E = K + \Pi$), захоўаецца. Дадзенае сцверджанне аб пастаянстве механічнай энергіі ў фізіцы называюць **законам захавання механічнай энергіі**.

Калі сілы трэння або супраціўлення руху нельга не ўлічваць, гэты закон не выконваецца. Заменім у доследзе металічны шарык на пенапластавы брусок такой жа масы (мал. 244). Мы ўбачым, што нават пры большай, чым у металічнага шарыка, пачатковай скорасці ён не падымецца на такую ж вышыню і вернецца назад з прыкметна меншай скорасцю. Памяншаецца кінетычная энергія шайбы, што рухаецца па гарызантальнай паверхні лёду, але патэнцыяльная энергія ўзамен не з'яўляецца. За кошт кінетычнай энергіі шайбы выконваецца работа супраць сіл трэння.



Мал. 245

У заключэнне заўважым, што з'яву ператварэння энергіі з аднаго віду ў другі чалавек навучыўся выкарыстоўваць у практычных мэтах. Энергія падаючай вады прыводзіць у дзеянне вадзяныя млыны і гідраэлектрастанцыі. У Рэспубліцы Беларусь паспяхова рэалізуецца дзяржаўная праграма выкарыстання энергіі рэк. Важная роля ў ёй адводзіцца такім рэкам, як Нёман і Заходняя Дзвіна. На Нёмане працуе Гродзенская ГЭС магутнасцю 17 МВт. Устаноўленая магутнасць Віцебскай ГЭС на Заходняй Дзвіне — 40 МВт.

Кінетычную энергію ветру чалавек пачаў выкарыстоўваць з даўніх часоў. Спачатку для перамяшчэння з дапамогай паруса (мал. 245), затым у ветраных млынах.



Мал. 246

У апошнія гады ў нашай краіне пачата будаўніцтва ветраэлектрастанцый (мал. 246). Іх перавага заключаецца ў тым, што яны амаль не аказваюць шкоднага ўздзеяння на навакольнае асяроддзе.

У многіх краінах паспяхова выкарыстоўваюць энергію прыліваў і адліваў вады мораў і акіянаў. Там створаны прыліўныя электрастанцыі.

Галоўныя вывады

1. Кінетычная і патэнцыяльная энергіі ўзаемаператваральныя.
2. Пры адсутнасці сіл трэння і супраціўлення руху поўная механічная энергія цела (сістэмы цел) захоўваецца.
3. Закон захавання механічнай энергіі не выконваецца, калі сілы трэння (супраціўлення) нельга не ўлічваць.

Кантрольныя пытанні

1. Больш правільна гаварыць аб патэнцыяльнай энергіі паднятага цела або аб патэнцыяльнай энергіі сістэмы «цела — Зямля»?
2. У чым сутнасць закона захавання механічнай энергіі?
3. Чаму ў доследзе, паказаным на малюнку 243, мы выкарыстоўвалі металічны шарык? Металу з якой шчыльнасцю тут аддаюць перавагу? Чаму?

Прыклад рашэння задачы

Камень кінулі вертыкальна ўверх са скорасцю $v = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. На якой вышыні ад пункта кідання кінетычная энергія каменя будзе ў 4 разы меншая за яго патэнцыяльную энергію? Супраціўленне руху каменя не ўлічваць. Каэфіцыент g прымеце роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Дадзена:

$$v = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$K_2 = \frac{1}{4} \Pi_2 = 0,25 \Pi_2$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$h_2 = ?$$

Рашэнне

За нулявы ўзровень патэнцыяльнай энергіі прымем узровень $O - O$, што праходзіць праз пункт кідання каменя (мал. 247). Значыць, $\Pi_1 = 0$. Поўная механічная энергія каменя ў пункце кідання 1:

$$E_1 = K_1 + \Pi_1 = K_1.$$

Поўная механічная энергія каменя ў пункце 2:

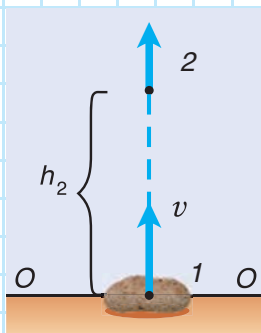
$$E_2 = \Pi_2 + K_2 = E_1, \text{ або } K_1 = \Pi_2 + K_2; K_1 = \frac{mv^2}{2}.$$

Па ўмове $K_2 = 0,25\Pi_2$. Значыць,

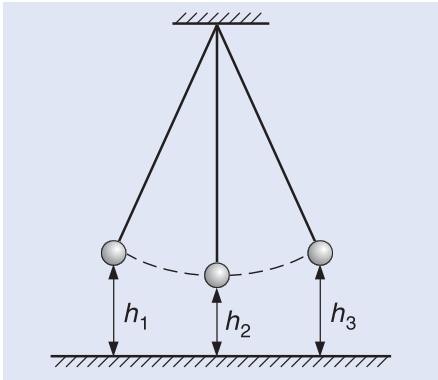
$$\frac{mv^2}{2} = 1,25\Pi_2 = 1,25gmh_2; v^2 = 2,5gh_2;$$

$$h_2 = \frac{v^2}{2,5g}; h_2 = \frac{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2,5 \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 16 \text{ м.}$$

Адказ: $h_2 = 16 \text{ м.}$



Мал. 247



Мал. 248

Практыкаванне 22

1. Апішыце ператварэнне энергіі пры хістанні падвешанага на нітцы шарыка (мал. 248).

2. Ці захоўваецца поўная механічная энергія пры:

- падзенні мяча з невялікай вышыні;
- падзенні мяча з вялікай вышыні;
- спуску парашутыста з раскрытым парашутам?

3. Якой максімальнай вышыні можа дасягнуць камень масай $m = 0,20$ кг, кінуты вертыкальна ўверх са скорасцю $v = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$? Супраціўленне паветра не ўлічваць. Каэфіцыент g у гэтай і наступных задачах прыміце роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

4. З балкона дома з вышыні $h = 10$ м упаў гумавы дыванок масай $m = 0,50$ кг. Скорасць яго руху каля паверхні зямлі была $v = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Ці захоўвалася механічная энергія? Чаму? Рашыце гэту задачу, не выкарыстоўваючы ўсе даныя.

5. Яблык масай $m = 0,30$ кг кінуты вертыкальна ўверх са скорасцю $v = 8,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Вылічыце яго кінетычную, патэнцыяльную і поўную энергіі на вышыні $h = 1,0$ м. Супраціўленне паветра не ўлічваць.

6. Камень, кінуты вертыкальна ўверх, дасягнуў вышыні $h_1 = 20$ м. На якую вышыню ён падымецца пры наданні яму ў 2 разы большай пачатковай скорасці? Супраціўленне паветра не ўлічваць.



7. Шарык кінуты з паверхні зямлі вертыкальна ўверх са скорасцю $v = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. На якой вышыні ад паверхні зямлі скорасць шарыка паменшыцца ў 2 разы? Супраціўленне паветра не ўлічваць.



Тэмы праектных заданняў

- Шляхі павышэння ККДз механізма.
- Ці магчымы вечны рухавік?
- Вецер на службе ў чалавека.
- Арэлі і закон захавання механічнай энергіі.

6



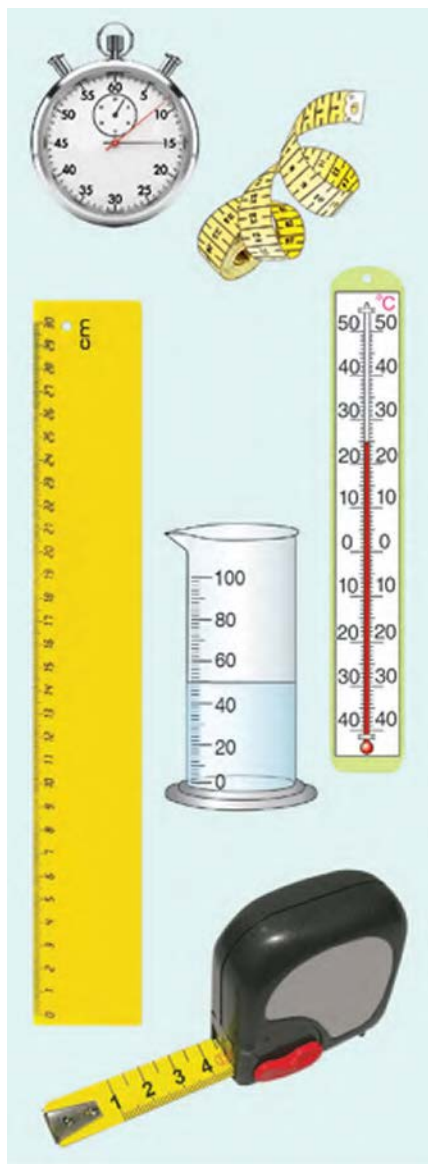
Лабораторны эксперымент



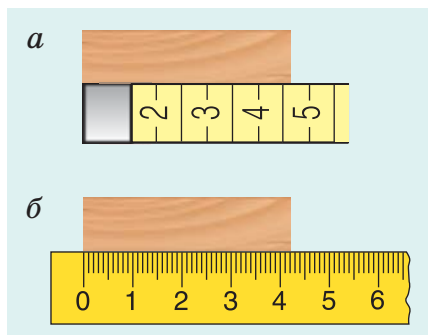
«Адзін дослед я стаўлю вышэй,
чым тысячу меркаванняў,
народжаных толькі ўяўленнем».

М. В. Ламаносаў





Мал. 249



Мал. 250



Лабараторная работа № 1

Вызначэнне цаны дзялення шкалы
вымяральнага прыбора

Мэта: навучыцца вызначаць цану дзялення шкалы вымяральнага прыбора і ацэньваць хібнасць вымярэння дадзеным прыборам.

Абсталяванне: лінейка, рулетка, мерная стужка, мензурка, тэрмометр бытавы, секундамер (мал. 249).

Праверце сябе

1. Што такое цана дзялення шкалы прыбора і як яе вызначыць?
2. Што такое верхняя і ніжняя межы значэнняў шкалы вымяральнага прыбора?
3. Чым вызначаецца хібнасць вымярэння дадзеным прыборам?

Ход работы

1. Вызначыце і запішыце ў табліцу цану дзялення шкал прадстаўленых на малюнку 249 прыбораў.
2. Вызначыце і запішыце ў табліцу значэнні верхняй і ніжняй меж вымярэння, а таксама цану дзялення шкал прыбораў, прадстаўленых на малюнку 249.

Вымяральны прыбор	Верхняя мяжа	Ніжняя мяжа	Цана дзялення
Лінейка			
Рулетка			
Мерная стужка			
Мензурка			
Тэрмометр бытавы			
Секундамер			

Кантрольныя пытанні

1. Як звязана хібнасць вымярэння з цаной дзялення шкалы прыбора?

2. Ці з аднолькавай хібнасцю будзе вымерана даўжыня бруска мернай стужкай (мал. 250, а) і лінейкай (мал. 250, б)? Чаму?

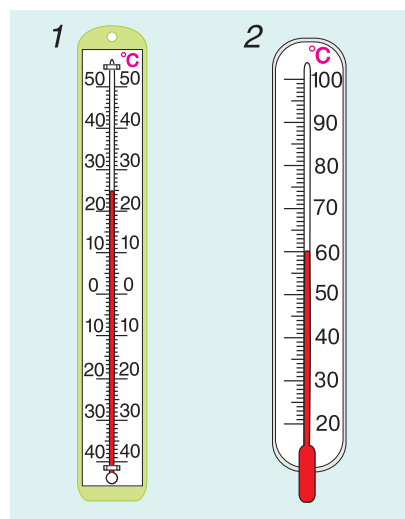
3. Якім тэрмометрам (мал. 251) можна вымераць тэмпературу вады, што кіпіць? Тэмпературу ў маразільнай камеры? Чаму?

4. Ад чаго залежыць мінімальнае і максімальнае значэнне велічыні, якую можна вымераць прыборам?

Вывады

Суперзаданне

Растлумачце, для чаго ў шкалах высокадакладных стрэлачных прыбораў (мал. 252) выкарыстоўваюць люстраную палосу.



Мал. 251



Лабараторная работа № 2

Вымярэнне даўжыні

Мэта: навучыцца вымяраць памеры цел.

Абсталяванне: мерная стужка, лінейка, тонкі дрот.

Праверце сябе

1. Якая цана дзялення шкалы лінейкі і мернай стужкі?

2. Якім прыборам можна вымераць даўжыню з меншай хібнасцю?

Ход работы

1. Ацаніце «на вока» даўжыню стальніцы вучэбнага стала. Значэнне даўжыні запішыце ў табліцу.

2. Пры дапамозе лінейкі вымераўце найбольшую адлегласць (пядзю) паміж кончыкамі растапыраных пальцаў вашай рукі — указальнага і вялікага (мал. 253). У табліцы на старонцы 160 пасля слова «пядзя» ў дужках пазначце значэнне вашай пядзі.



Мал. 252



Мал. 253

3. Вымерайце пядзяй даўжыню стальніцы вучэбнага стала і запішыце значэнне даўжыні ў табліцу.

4. Вымерайце мернай стужкай даўжыню стальніцы вучэбнага стала і запішыце значэнне даўжыні ў табліцу.

5. Вымерайце лінейкай даўжыню стальніцы вучэбнага стала і запішыце значэнне даўжыні ў табліцу.

6. Параўнайце значэнні даўжыні стальніцы, атрыманыя ў пунктах 1, 3—5. Зрабіце вывады.

Вымяральны прыбор	Даўжыня стальніцы l , см
«На вока»	
Пядзя	
Мерная стужка	
Лінейка	

Кантрольныя пытанні

1. Якое з праведзеных вымярэнняў даўжыні стальніцы вучэбнага стала найбольш дакладнае (выканана з найменшай хібнасцю)? Чаму?

2. Выразіце вынік, атрыманы ў пункце 4, у міліметрах (мм), дэцыметрах (дм), метрах (м) і кіламетрах (км).

3. У якіх адзінках найбольш зручна выражаць даўжыню стальніцы? Абгрунтуйце адказ.

Вывады

Суперзаданне

Прапануйце спосаб і вызначыце дыяметр тонкага дроту.



Лабораторная работа № 3

Вымярэнне аб'ёму

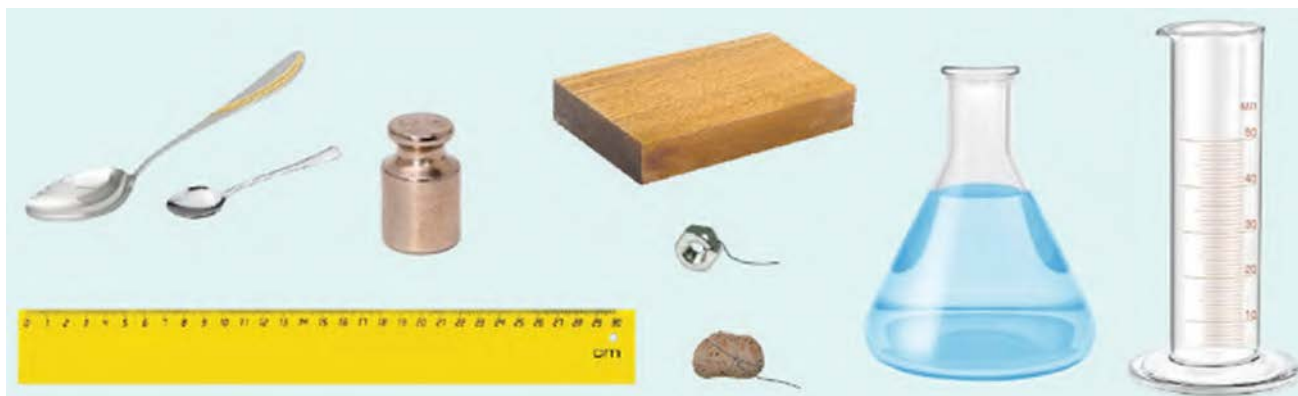
Мэта: навучыцца вымяраць аб'ёмы вадкасцей, цвёрдых цел правільнай і адвольнай формы, а таксама ёмістасці пасудзін.

Абсталяванне: лінейка, прамавугольны брусок, мензурка, цвёрдыя целы няправільнай формы, пасудзіна з вадой, чайная і сталовая лыжкі (мал. 254).

Праверце сябе

1. У якіх адзінках вымяраюць аб'ём мензуркай?

2. Як звязаны дадзеныя адзінкі з см^3 , дм^3 і м^3 ?



Мал. 254

Указанні да правядзення вымярэнняў і запісу вынікаў.

1. Звярніце ўвагу на правільнае размяшчэнне вачэй пры зняцці паказанняў са шкалы мензуркі. Каб правільна вымераць аб'ём вадкасці, вочы павінны знаходзіцца на ўзроўні паверхні вадкасці (мал. 255).

2. Паколькі $1 \text{ мл} = 1 \text{ см}^3$, то аб'ёмы вадкасцей выражаюць як у мілілітрах, так і ў кубічных сантыметрах. Аднак аб'ёмы цвёрдых цел выражаюць у мілілітрах не прынята.

Ход работы

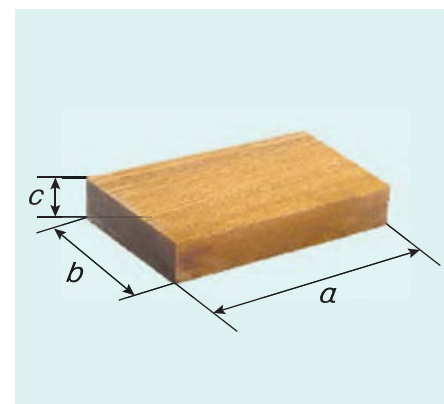
1. Вымераіце пры дапамозе лінейкі аб'ём цвёрдага цела правільнай формы (мал. 256). Вынікі вымярэнняў і вылічэнняў запішыце ў табліцу.



Мал. 255

Памеры бруска			Аб'ём бруска	
Даўжыня <i>a</i> , мм	Шырыня <i>b</i> , мм	Вышыня <i>c</i> , мм	V , мм ³	V , см ³

2. Вымераіце пры дапамозе мензуркі аб'ёмы цвёрдых цел няправільнай формы, якія можна змясціць у мензурку. Вынікі вымярэнняў і вылічэнняў запішыце ў табліцу.



Мал. 256

Назва цела	Аб'ём вады V_1 , мл	Аб'ём вады з цэлам V_2 , мл	Аб'ём цела $V = V_2 - V_1$, см ³



Мал. 257

3. Наліваючы ў мензурку ваду пры дапамозе чайнай і сталовай лыжак, вымерайце ёмістасці гэтых лыжак. Вынікі запішыце ў табліцу.

Від пасудзіны	Лік N налітых лыжак	Аб'ём налітай вады, мл	Ёмістасць лыжкі, мл
Лыжка чайная			
Лыжка сталовая			

Кантрольныя пытанні

1. Прамымі або ўскоснымі вымярэннямі былі вызначаны аб'ёмы бруска і цел няправільнай формы, а таксама ёмістасці лыжак?

2. Як можна паменшыць хібнасць вымярэння ёмістасці пасудзін (чайнай і сталовай лыжак)?

Вывады

Суперзаданне

Прапануйце і апішыце спосаб вымярэння аб'ёму цвёрдага тела, якое немагчыма змясціць у мензурку (мал. 257).



Лабораторная работа № 4

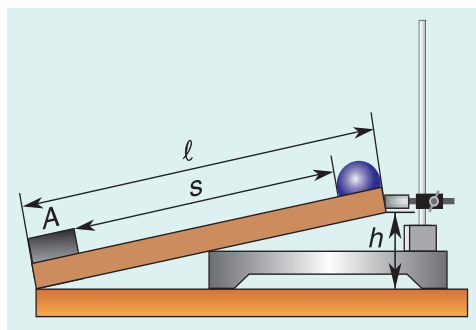
Вывучэнне нераўнамернага руху

Мэта: навучыцца вымяраць сярэдняю скорасць нераўнамернага руху.

Абсталяванне: лабараторны штатыў, металічны жолаб, шарык, мерная стужка, цыліндрычны ўпор, транспарцір, секундамер, шарык на нітцы.

Праверце сябе

1. Што трэба ведаць, каб вызначыць сярэдняю скорасць руху?
2. Ці залежыць значэнне сярэдняй скорасці ад абранага часу руху?



Мал. 258

Ход работы

1. Прыборныя вымярэнні.

Замацуйце жолаб у штатыве (мал. 258), падбраўшы ўхіл прыкладна 1 : 20 (ухілам называюць адносіну вышыні пад'ёму h да даўжыні l). У ніжняй частцы жолаба размясціце ўпор А.

2. Апусціце шарык з верхняга пункта жолаба адначасова з запускам секундамера. Вымерайце час руху шарыка да ўдару аб упор А.

3. Вымерайце мернай стужкай пройдзены шарыкам шлях s і знайдзіце сярэднюю скорасць $\langle v \rangle$ яго руху.

4. Павялічце ў 2 разы ўхіл жолаба і паўтарыце вымярэнні згодна з пунктамі 2—3.

Запішыце вынікі ў табліцу.

Ухіл $\frac{h}{l}$	Шлях s , см	Час спуску t , с	Сярэдняя скорасць спуску $\langle v \rangle$, $\frac{\text{см}}{\text{с}}$

Кантрольныя пытанні

1. Які фізічны сэнс мае сярэдняя скорасць?
2. У якім вымярэнні (пры большым або меншым ухиле) скорасць была знойдзена з меншай хібнасцю? Чаму?
3. Ці можна сцвярджаць, што змяненне ўхілу ў 2 разы прыводзіць да змянення сярэдняй скорасці руху ў 2 разы?

Вывады

Суперзаданне

Выкарыстаўшы мерную стужку, секундамер і транспарцір, вымерайце сярэднюю скорасць руху шарыка, што хістаецца на нітцы. Вазьміце нітку даўжынёй 30—40 см, вугал паміж крайнімі становішчамі ніткі 20—30°.



Мал. 259



Лабораторная работа № 5

Вымярэнне шчыльнасці рэчыва

Мэта: навучыцца вымяраць шчыльнасць рэчыва.

Абсталяванне: вагі, разнавагі, прамавугольны брусок, лінейка, кавалак пластыліну, мензурка, колба з вадой, 5—10 вялікіх металічных цвікоў (мал. 259).

Праверце сябе

1. Якія характарыстыкі цела неабходна ведаць, каб вызначыць шчыльнасць яго рэчыва?
2. У якіх адзінках у СІ вымяраецца шчыльнасць?

Ход работы

1. Вывучыце правілы карыстання рычажнымі вагамі. Ураўнаважце вагі, дадаючы на больш лёгкую шалю кавалачкі паперы. На левую шалю ўраўнаважаных вагаў пакладзіце цела, якое трэба ўзважыць.

На шалі вагаў нельга класці мокрыя, брудныя, гарачыя целы, насыпаць без выкарыстання падкладкі парашкі, наліваць вадкасці.

Прытрымліваючы шалі рукой, асцярожна пастаўце на правую шалю гіру, маса якой, на вашу думку, блізкая да масы цела. Калі маса гіры апынецца большай за масу цела, то зніміце гіру і пастаўце іншую, меншай масы. Дабіцеся раўнавагі вагаў, дадаючы дробныя гіркі (гіркі ад 500 да 10 мг даставайце з футляра пінцэтам).

Падлічыце агульную масу ўсіх гірак. Яна роўна масе цела, якое ўзважваецца.

Пасля ўзважвання размясціце гіркі па сваіх гнёздах у скрыначцы.

2. Вымерайце шчыльнасць рэчыва прамавугольнага бруска.

2.1. Пры дапамозе лінейкі знайдзіце аб'ём прамавугольнага бруска.

2.2. Пры дапамозе вагаў знайдзіце яго масу.

2.3. Вылічыце шчыльнасць рэчыва бруска. Вынікі вымярэнняў і вылічэнняў запішыце ў табліцу.

Назва цела	Даўжыня a , см	Шырыня b , см	Вышыня c , см	Аб'ём V , см ³	Маса m , г	Шчыльнасць	
						ρ , $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	ρ , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Брусок							
Кавалак пластыліну	—	—	—				

2.4. Вызначыце па табліцы шчыльнасцей (гл. с. 73), з якога рэчыва выраблены брусок.

3. Вымерайце шчыльнасць пластыліну. Пры дапамозе вагаў і мензуркі вызначыце масу і аб'ём кавалка пластыліну. Вылічыце шчыльнасць пластыліну. Вынікі вымярэнняў і вылічэнняў запішыце ў табліцу.

Кантрольныя пытанні

1. Шляхам прамых ці ўскосных вымярэнняў была вызначана шчыльнасць рэчыва? Патлумачце свой адказ.

2. Якая са шчыльнасцей (рэчыва бруска або пластыліну) была вызначана з меншай хібнасцю? Адказ абгрунтуйце.

3. У якім стане рэчыва (цвёрдым, вадкім, газападобным) вызначаць шчыльнасць найбольш цяжка? Чаму?

Вывады

Суперзаданне

Як можна вымераць шчыльнасць рэчыва цвікоў, выкарыстоўваючы толькі вагі і мензурку з вадой? Вызначыце, якое гэта рэчыва.



Лабораторная работа № 6

Вывучэнне сілы трэння

Мэта: навучыцца вымяраць сілу трэння слізгання; высветліць фактары, якія ўплываюць на яе значэнне, і параўнаць сілы трэння слізгання і качэння.

Абсталяванне: драўляная дошка, палоска пластмасы (можна выкарыстоўваць пластмасавую сталёніцу), драўляны брусок з адтулінамі, набор грузаў, дзве цыліндрычныя палачкі або два алоўкі, дынамометр.

Праверце сябе

1. Калі ўзнікае сіла трэння слізгання? Сіла трэння качэння?
2. Як вымераць сілу трэння?

Ход работы

1. Вымерайце з дапамогай дынамометра вагу драўлянага бруска з адтулінамі.

2. Перасоўваючы брусок з дапамогай дынамометра (мал. 260, а) раўнамерна па гарызантальнай драўлянай дошцы, вымерайце сілу пружкасці $F_{\text{пр}}$ спружыны дынамометра, лікава роўную сіле трэння. Паўтарыце вымярэнні не менш за 3 разы, знайдзіце сярэдняе значэнне сілы.

3. Паўтарыце вымярэнні, перасоўваючы брусок са змешчанымі на ім грузамі (мал. 260, б) масай па 100 г (па чарзе з трыма і шасцю грузамі). Зрабіце вывад аб прычынах змянення сілы трэння.

4. Захоўваючы на бруску шэсць грузаў, вымерайце сілу трэння слізгання бруска па пластмасавай паверхні. Параўнайце яе значэнне з сілай трэння па драўлянай паверхні. Зрабіце вывад.

5. Пад бруском з шасцю грузамі змясціце дзве цыліндрычныя палачкі і вымерайце сілу трэння качэння. Параўнайце сілы трэння слізгання і качэння і зрабіце вывад.

Складзіце табліцу і запішыце ў яе даныя праведзеных вамі вымярэнняў.

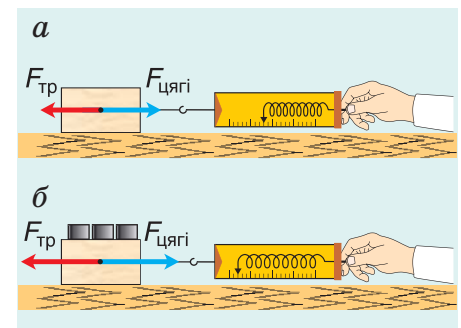
Кантрольныя пытанні

1. Якія прычыны ўзнікнення сілы трэння?
2. Чаму ва ўсіх вымярэннях неабходна перасоўваць брусок раўнамерна?

Вывады

Суперзаданне

Даследуйце, як значэнне сілы трэння слізгання залежыць ад плошчы судакранання паверхняў цел, якія труцца.



Мал. 260

Адказы да практыкаванняў

Практыкаванне 3. 1. $C = 5 \frac{\text{мін}}{\text{дзЯЛ}}$. 2. $t = 24 \text{ }^\circ\text{C}$. 3. $N = 3$ дзяленні.

4. $t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$; з хібнасцю да $1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Практыкаванне 4. 3. $s = 4,3 \text{ км}$. 4. $\frac{t_2}{t_1} = 2,5$. 5. $t = 6 \text{ мін}$. 6. $t \approx 8,3 \text{ мін}$.

Практыкаванне 5. 1. $\langle v \rangle = 3,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. 3. $\langle v \rangle = 3 \frac{\text{км}}{\text{г}}$. 4. $\langle v \rangle = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

5. $\langle v \rangle = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. 6. $\langle v \rangle = 2,7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. 7. $s = 56 \text{ м}$; $\langle v \rangle = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. 8. $t = 16 \text{ г } 30 \text{ мін}$.

Практыкаванне 6. 3. $m = 3,6 \text{ т}$. 5. Полая. 6. $l = 40 \text{ м}$. 9. $\rho_2 = 400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.
Першая пліта з алюмінію, другая — з хвой.

Практыкаванне 7. 3. $\frac{F_{\text{ц}}(\text{РТ})}{F_{\text{ц}}(\text{В})} = 13,6$. 5. $\frac{V_1}{V_2} = \frac{m_1}{m_2} = 4$. 6. $\frac{F_{\text{ц}1}}{F_{\text{ц}2}} = k^2$.

Практыкаванне 9. 2. $P = F_{\text{ц}} = 14 \text{ Н}$. 5. $m_1 = 0,1 \text{ кг}$. 6. Чыгун; $P = F_{\text{ц}} = 70 \text{ Н}$.

Практыкаванне 10. 3. $F_p = 200 \text{ Н}$. 4. $l_1 = 5 \text{ см}$.

Практыкаванне 12. 6. Павялічыцца ў 12 разоў. 8. $p = 0,18 \text{ МПа}$. 10. $b = 25 \text{ см}$; $c = 10 \text{ см}$.

Практыкаванне 13. 2. $p = 0,20 \text{ МПа}$; $F = 16 \text{ Н}$. 3. $h_1 = 0,10 \text{ мм}$; $h_2 = 10 \text{ м}$.

4. $S = 60 \text{ см}^2$. 5. $h_{\text{в}} = 9,0 \text{ см}$; $h_{\text{м}} = 10 \text{ см}$; $h'_{\text{в}} = h'_{\text{м}} = 9,5 \text{ см}$. 6. $\frac{F_1}{F_2} = 2$.

Практыкаванне 14. 4. $P_2 = 0,6 \text{ Н}$. 5. $h_{\text{г}} = 9,0 \text{ см}$. 6. $\Delta h = 2,0 \text{ см}$.

Практыкаванне 15. 6. $p = 90 \text{ кПа}$. 9. $F = 0,26 \text{ кН}$.

Практыкаванне 16. 2. $h = 36 \text{ м}$. 3. $\Delta p = 15,8 \text{ мм рт. сл.}$. 4. $p = 45,6 \text{ кПа}$.

Практыкаванне 17. 4. а) $A_1 = 0,10 \text{ кДж}$; б) $A_2 = -0,10 \text{ кДж}$. 7. Нераўнамерна. 9. $F_{\text{тар}} = 2,0 \text{ кН}$; $F_{\text{пр}}$ і $F_{\text{ц}}$. 10. $h = 0,10 \text{ км}$; $A_{\text{ц}} = 80 \text{ кДж}$; $A_{\text{р}} = 40 \text{ кДж}$.

Практыкаванне 18. 2. $A_{\text{вык}} = 5,0 \text{ МДж}$; $A_{\text{кар}} = 3,5 \text{ МДж}$. 3. $\eta = 89 \%$.
5. $\eta = 83 \%$. 6. $\eta = 90 \%$.

Практыкаванне 19. 2. $A = 2,1 \cdot 10^8 \text{ Дж}$ (59 кВт · г). 3. $t = 4 \text{ с}$. 4. $m = 0,20 \text{ т}$. 5. $F_{\text{супр}} = 3,0 \text{ кН}$. 6. $P = 60 \text{ кВт}$.

Практыкаванне 20. 2. $K = 0,20 \text{ МДж}$. 3. $\frac{K_1}{K_2} = 42$. 4. $K = 0,15 \text{ кДж}$.

5. $m = 10 \text{ г}$. 6. $|A_{\text{тр}}| = 80 \text{ кДж}$. 9. $\langle F_{\text{супр}} \rangle = 2 \text{ Н}$.

Практыкаванне 21. 6. $|\Delta \Pi| = 18 \text{ кДж}$; $\Delta K = 0$. 7. $\Pi = 3,2 \text{ МДж}$;
 $\frac{\Pi}{K} = 2,8$. 8. $A = 66 \text{ кДж}$.

Практыкаванне 22. 3. $h = 20 \text{ м}$. 5. $E = 9,6 \text{ Дж}$; $\Pi = 3,0 \text{ Дж}$;
 $K = 6,6 \text{ Дж}$. 6. $h_2 = 80 \text{ м}$. 7. $h = 15 \text{ м}$.

Прадметны паказальнік

- Атам 31
 Барометр 127
 Вага 85
 Вымярэнне
 — прамое 15
 — ускоснае 15
 Графік
 — скорасці 60
 — шляху 59
 Дынамометр 88
 Дыфузія 34
 Закон
 — захавання механічнай энергіі 153
 — Паскаля 109
 Інерцыя 69
 Каэфіцыент карыснага дзеяння 137
 Магутнасць 140
 Малекула 30
 Манометр 127
 Маса 71
 Механічная работа 132
 Механічны рух
 — паступальны 55
 — пераменны 64
 — раўнамерны 56
 Міжнародная сістэма адзінак 18
 Сазлучаныя сасуды 114
 Сіла
 — пругкасці 82
 — раўнадзейная 91
 — трэння 95
 — цяжару 79
 Скорасць
 — раўнамернага руху 56
 — сярэдняя 64
 Стан рэчыва
 — вадкі 41
 — газападобны 41
 — цвёрды 41
 Тэмпература 46
 Тэрмометр 46
 Цеплавое расшырэнне 43
 Цеплавы рух 34
 Узаемадзеянне малекул 37, 38
 Фізіка 6
 Фізічнае цела 8
 Фізічная
 — велічыня 9
 — з’ява 8
 Цана дзялення шкалы 24
 Ціск
 — атмасферны 121
 — гідрастатычны 110
 — цвёрдых цел 100
 Шчыльнасць рэчыва 72
 Энергія
 — кінетычная 144
 — патэнцыяльная 147

Спіс выкарыстанай літаратуры

1. Пушкин, А. С. Собрание сочинений : в 10 т. / А. С. Пушкин ; под общ. ред. Д. Д. Благого [и др.]. — М. : Художественная литература, 1959—1962. — Т. 1 : стихотворения 1814—1822. — 1959. — С. 594.
2. Толстой, Л. Н. Собрание сочинений : в 22 т. / Л. Н. Толстой. — М. : Художественная литература, 1978—1985. — Т. 10 : повести и рассказы 1872—1886. — 1982. — С. 143—144.
3. Савицкая, С. Распутай время / С. Савицкая. — Тэкст : электронны. — URL: <https://perorusi.ru/s/about/> (дата звароту : 11.03.2022).
4. Храмов, Ю. А. Физики : биографический справочник. — М. : Наука, 1983.
5. Щипачев, С. Избранные произведения : в 2 т. / С. Щипачев. — М. : Художественная литература, 1970.

(Назва ўстановы адукацыі)

Навучальны год	Імя і прозвішча навучэнца	Стан падручніка пры атрыманні	Адзнака навучэнцу за карыстанне падручнікам
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			

Вучэбнае выданне

Ісачанкава Ларыса Арцёмаўна
Грамыка Алена Уладзіміраўна
Ляшчынскі Юрый Дзмітрыевіч

ФІЗІКА

Падручнік для 7 класа
ўстаноў агульнай сярэдняй адукацыі
з беларускай мовай навучання

2-е выданне, перагледжанае і дапоўненае

Заг. рэдакцыі *Г. А. Бабаева*. Рэдактар *Н. М. Алганова*. Мастакі *А. Г. Дашкевіч, А. А. Жданоўская*. Мастацкія рэдактары *А. А. Жданоўская, А. А. Праваловіч*. Тэхнічнае рэдагаванне і камп'ютарная вёрстка *І. І. Дуброўскай*. Карэктары *В. С. Казіцкая, Г. В. Алешка*.

Падпісана да друку 24.06.2022. Фармат 84 × 108¹/₁₆. Папера афсетная. Гарнітура школьная. Друк афсетны. Ум. друк. арк. 17,64 + 0,42 форз. Ул.-выд. арк. 11,12 + 0,48 форз. Тыраж 13 015 экз.
Заказ .

Выдавецкае рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства «Народная асвета» Міністэрства інфармацыі Рэспублікі Беларусь. Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 1/2 ад 08.07.2013. Пр. Пераможцаў, 11, 220004, Мінск, Рэспубліка Беларусь.

Адкрытае акцыянернае таварыства «Паліграфкамбінат імя Я. Коласа». Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 2/3 ад 10.09.2018. Вул. Каржанеўскага, 20, 220024, Мінск, Рэспубліка Беларусь.