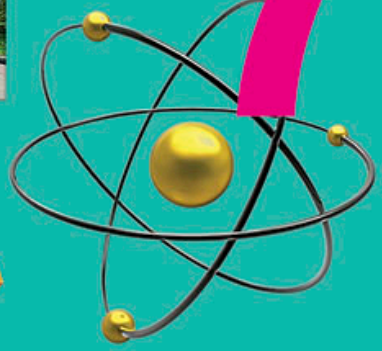
Л. А. Ісачанкава
Ю. Д. Ляшчынскі

ФІЗІКА

7



Л. А. Ісачанкава Ю. Д. Ляшчынскі

ФІЗІКА

Вучэбны дапаможнік для 7 класа
ўстаноў агульнай сярэдняй адукацыі
з беларускай мовай навучання

Пад рэдакцыяй *Л. А. Ісачанкавай*

Дапушчана
Міністэрствам адукацыі
Рэспублікі Беларусь

Мінск «Народная асвета» 2017

Правообладатель Народная асвета

УДК 53(075.3=161.3)
ББК 22.3я721
И85

Пераклад з рускай *Н. М. Алганавай*

Рэцэнзенты:

кафедра фізікі і методыкі выкладання фізікі ўстановы адукацыі
«Беларускі дзяржаўны педагагічны ўніверсітэт імя Максіма Танка»
(кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт *В. М. Белая*);
настаўнік фізікі вышэйшай кваліфікацыйнай катэгорыі дзяржаўнай установы адукацыі
«Гімназія № 10 г. Мінска» *Т. У. Оліхвер*

ISBN 978-985-03-2751-2

© Ісачанкава Л. А., Ляшчынскі Ю. Д., 2017
© Алганава Н. М., пераклад на беларускую мову, 2017
© Афармленне. УП «Народная асвета», 2017

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 (СІ) 18
§ 6. Дзеянні над фізічнымі велічынямі 21
§ 7. Вымяральныя прыборы. Цана дзялення. Дакладнасць вымярэнняў 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 ... 87
§ 26. Складанне сіл. Раўнадзейная сіла 91
§ 27. Трэнне. 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
Літаратура ..... —

Правообладатель Народная асвета

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, і зможаце растлумачыць, як працуюць розныя машыны і механізмы; чаму тэмпература вады на дне вадаёма ў самы моцны мароз +3—4 градусы; чаму па мабільным тэлефоне і скайпе можна з любога месца пагаварыць з бацькамі і сябрамі.

Вывучаючы фізіку, вы пазнаёміцеся з рознымі вымяральнымі прыборамі, адзінкамі вымярэння, навучыцеся самастойна вымяраць і ацэньваць дакладнасць вымярэнняў. У далейшым гэтыя ўменні спатрэбяцца вам пры вывучэнні не толькі фізікі, але і іншых прадметаў.

Вучэбны дапаможнік складаецца з глаў, а главы — з параграфаў. Кожная глава пачынаецца з ілюстраванай старонкі, на якой прыведзены пытанні, што вывучаюцца ў гэтай главе. У тэксце некаторых параграфаў ёсць пытанні і заданні. Не пакідайце іх без адказу. Уважліва чытайце апісанні доследаў. Многія з іх можна паўтарыць дома. Сур'ёзна стаўцеся да галоўных вывадаў, якія выражаюць асноўнае ў змесце параграфа. Для праверкі разумення матэрыялу ў канцы параграфаў прадугледжаны кантрольныя пытанні. Старайцеся даць адказ на кожнае з іх, нават калі для гэтага спатрэбіцца выкарыстаць дадатковую літаратуру або Інтэрнэт.

Вучэбны дапаможнік змяшчае практычную частку — дамашнія заданні і практыкаванні.

Найбольш складаныя задачы і кантрольныя пытанні адзначаны знакам . Заданні са знакам прадугледжваюць выкарыстанне электроннага адукацыйнага рэсурсу «Фізіка. 7 клас» і інтэрактыўных мадэлей, размешчаных на нацыянальным адукацыйным партале http://e-vedy.adu.by.

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

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

Жадаем вам творчасці і поспехаў пры вывучэнні фізікі.

Правообладатель Народная асвета

1 Фізічныя метады пазнання прыроды

- Навошта трэба вывучаць фізіку?
- Які шлях пазнання навакольнага свету?
- Як дакладней вымераць фізічную велічыню?
- Як складаць, памнажаць, дзяліць фізічныя велічыні?

Правообладатель Народная асвета

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

Мал. 1

Раней людзі ездзілі на тарантасах, запрэжаных коньмі, жалі сярпамі жыта, праводзілі вечары пры святле лучын. А ў казках марылі пра цуды: кілім-самалёт, сякеру-самаруб і інш. Ці стала казка быллю? Так. Сёння людзі лятаюць на самалётах (мал. 1). Камбайны жнуць жыта (мал. 2). Электрапілы ў лічаныя мінуты спілоўваюць дрэвы, энергазберагальныя лямпы 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.

Мал. 2

Слова «фізіка» ў перакладзе з грэчаскай мовы азначае «прырода». **Фізіка — навука аб прыродзе.** Прырода — гэта вада, зямля, паветра, лясы, горы, 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? Вядома ж, не. Напрыклад, на ўроках біялогіі вы будзеце працаваць з мікраскопам (мал. 4). Яго будова і прынцып дзеяння заснаваны на законах фізікі.

Мал. 3

Але і іншыя навукі дапамагаюць фізіцы. Напрыклад, матэматыка. З яе дапамогай апісваюцца фізічныя з'явы і законы.

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

Але якімі б разумнымі ні былі прыборы, галоўнае ў развіцці фізікі — гэта геніяльнасць і

Правообладатель Народная асвета

ўпартая праца вучоных усяго свету. 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 больш бяспечна і камфортна.

Для дапытлівых

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

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

Кантрольныя пытанні

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

Дамашняе заданне

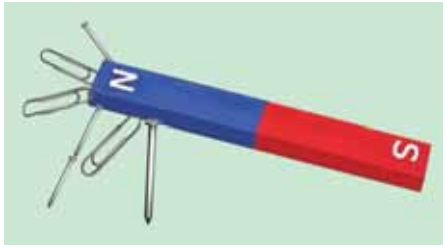
1. Адкажыце пісьмова на пытанне: імёны якіх выдатных вучоных і з якой вобласці навукі вам ужо вядомыя?
2. Стварыце аўтарскую эмблему фізікі. Лепшая эмблема атрымае права знаходзіцца на вокладцы сшыткаў па фізіцы.

Правообладатель Народная асвета

§ 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, дрэвы. 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 або ў іх могуць быць розныя аб’ём і форма. Сярэбраная і залатая лыжкі (мал. 5) маюць аднолькавыя аб’ём і форму, але складаюцца яны з розных рэчываў — з серабра і золата. Драўляныя 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 прыбораў. Прыклады фізічных палёў — поле вакол магніта (мал. 7), поле вакол наэлектрызаванага цела (мал. 8).

З фізічнымі целамі і палямі могуць адбывацца разнастайныя змяненні. Лыжка, апушчаная ў гарачы чай, награваецца. Вада ў лужыне выпараецца, а ў халодны дзень замярзае. Лямпа (мал. 9) выпраменьвае святло, дзяўчынка і сабака бягуць (рухаюцца) (мал. 10). Магніт размагнічваецца, і яго магнітнае поле слабее. Награванне, выпарэнне, замярзанне, выпраменьванне, рух, размагнічванне і іншыя **змяненні, якія адбываюцца з фізічнымі целамі і палямі, называюцца фізічнымі з’явамі.**

Вывучаючы фізіку, вы пазнаёміцеся з многімі фізічнымі з’явамі. **Для апісання ўласцівасцей**

Правообладатель Народная асвета

фізічных цел і фізічных 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, прамежак часу. Звярніце ўвагу на асноўную прыкмету 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*) або, вымераўшы даўжыню *a* (мал. 11, *б*), шырыню *b* і вышыню *c* лінейкай, вылічыць па формуле

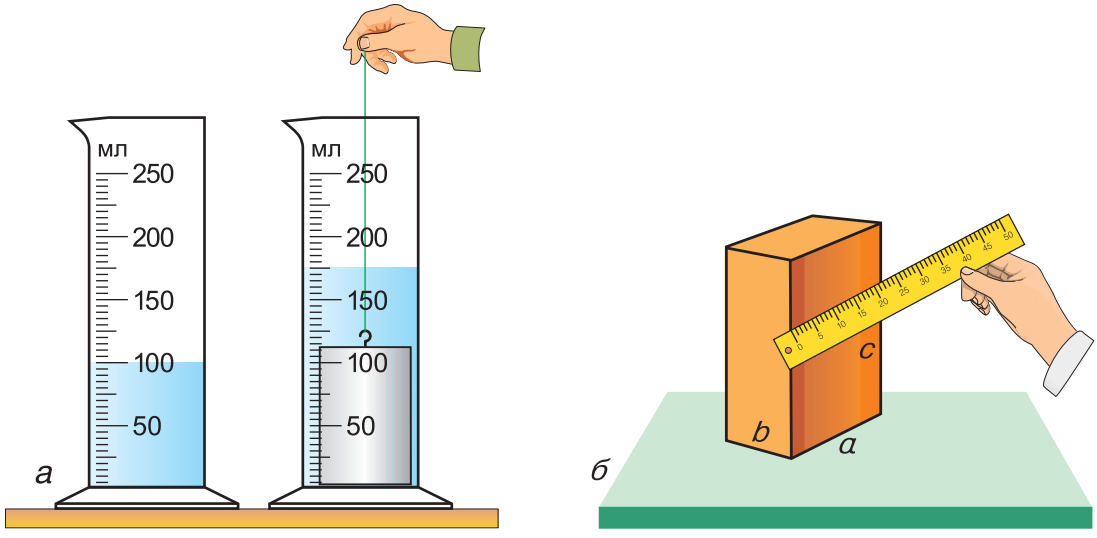
$$V = a \cdot b \cdot c.$$

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

Усе фізічныя велічыні маюць 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 вывучэння фізікі.

Мал. 9

Мал. 10



Мал. 11

Правообладатель Народная асвета

Галоўныя вывады

1. Асноўныя паняцці фізікі — «фізічнае цела», «фізічная з'ява» і «фізічная велічыня».
2. Фізічнае цела — гэта любы прадмет.
3. Фізічная з'ява — змяненні, якія адбываюцца з фізічнымі целамі і палямі.

Фізічная велічыня апісвае ўласцівасці фізічных цел і з'яў.

4. Фізічную велічыню можна вымераць або вылічыць і выразіць вынік у адпаведных адзінках.

Кантрольныя пытанні

1. Што называюць фізічным целам? Фізічнай з'явай?
2. Якая асноўная прыкмета фізічнай велічыні? Назавіце вядомыя вам фізічныя велічыні.
3. З ніжэйпрыведзеных паняццяў выберыце і назавіце тыя, якія належаць 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) прамежак часу; 12) узыход Сонца; 13) скорасць; 14) прыгажосць.

Дамашняе заданне

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

Вызначыце па пульсе (колькасці ўдараў сэрца) прамежак часу, за які адбываецца напаўненне шклянкі 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?

Правообладатель Народная асвета

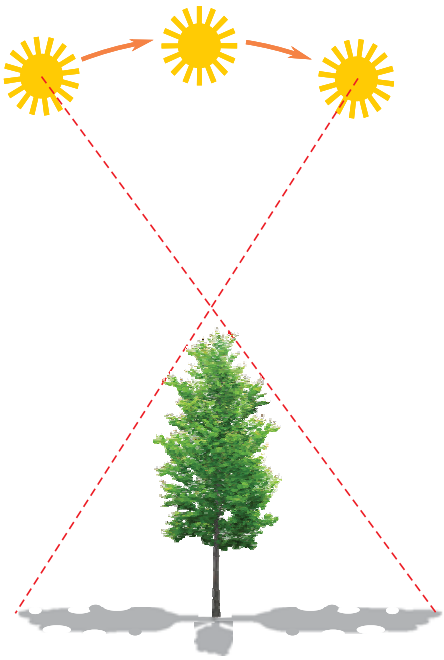
§ 3. Метады даследавання ў фізіцы

За многія тысячагоддзі свайго існавання чалавецтва назапасіла вялізную колькасць ведаў аб навакольным свеце. Напрыклад, навукова даказана, што Зямля верціцца вакол сваёй восі; што святло ў большасці выпадкаў распаўсюджваецца прамалінейна; што навальніца ёсць электрычны разрад і г. д. Але ў выніку чаго і як з'явіліся гэтыя і іншыя веды? Які існуе метад навуковага пазнання навакольнага свету?

Мал. 12

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

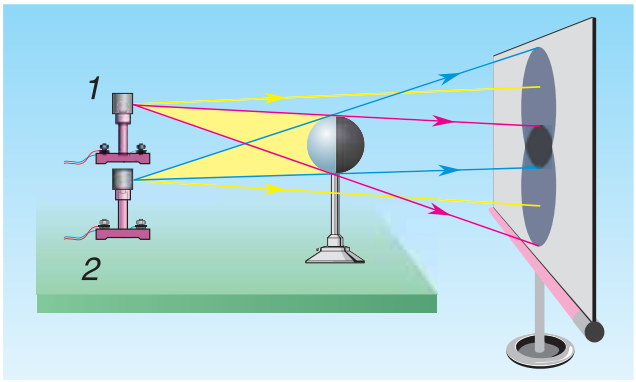
Назіранне ажыццяўляецца з дапамогай органаў пачуццяў чалавека, а таксама з дапамогай прыбораў. Напрыклад, у выніку паўсядзённых назіранняў вызначана, што непразрыстыя целы ў сонечны дзень даюць цень (мал. 12). На аснове далейшых назіранняў былі **назапашаны факты** (вынікі назіранняў), якія гавораць аб тым, 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). Калі гіпотэза дакладная, то з яе атрымліваюць карысныя вынікі.


Мал. 13

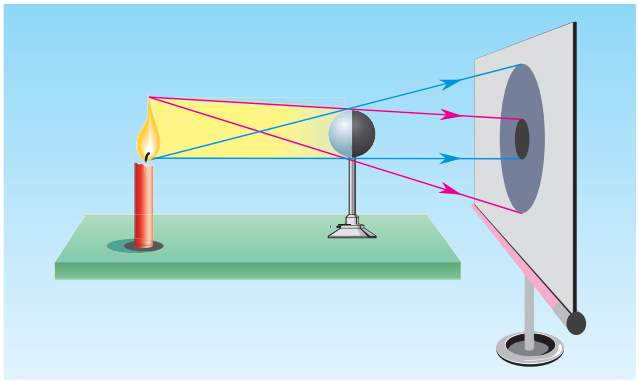
Гіпотэз можа быць некалькі. У разгледжаным прыкладзе гіпотэза заключаецца ў тым, што святло распаўсюджваецца прамалінейна. Гіпотэза часам можа быць і памылковай, няправільнай. Тады вылучаецца новая гіпотэза.

Гіпотэза тлумачыць вядомыя факты і прадказвае новыя, яшчэ невядомыя. Напрыклад, што могуць утварацца цень і паўцень, калі крыніц святла некалькі або крыніца адна, але

Правообладатель Народная асвета



Мал. 14



Мал. 15

яна вялікая (яе памеры параўнальныя з адлегласцю да непразрыстага прадмета, які дае цень). Далей надыходзіць заключны этап навуковага пазнання — **доследа**, 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**. Так быў устаноўлены закон аб прамалінейным распаўсюджванні святла. 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.

Мал. 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.

Правообладатель Народная асвета

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:

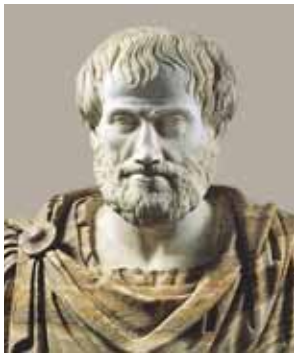
О сколько нам открытий чудных
Готовят просвещенья дух,
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений, парадоксов друг,
И случай, бог-изобретатель [1].

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, такіх як Арыстоцель (мал. 17), Ньютан (мал. 18) і інш.

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



Мал. 17

Мал. 18

Правообладатель Народная асвета

§ 4. Роля вымярэнняў у фізіцы. Прамыя і ўскосныя вымярэнні

Мал. 19

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. Але, акрамя таго, вымярэнні вельмі важныя і ў практычным жыцці. Ці можаце вы ўявіць сваё жыццё без вымярэнняў часу, масы, даўжыні, скорасці руху, расходу 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.

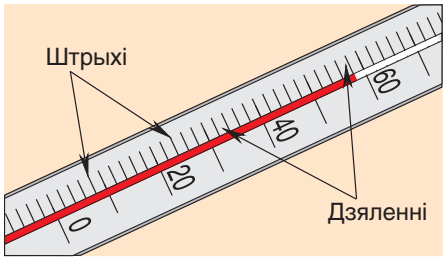
Вымяральныя прыборы бываюць **лічбавыя** і **шкальныя**. У лічбавых прыборах вынік вымярэнняў вызначаецца лічбамі. Гэта электронныя прыборы — гадзіннік, тэрмометр, лічыльнік электраэнергіі (мал. 19) і інш.

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

Мал. 20

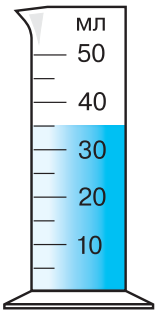
Правообладатель Народная асвета

ныя 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, а прамежак паміж двума найбліжэйшымі штрыхамі. На малюнку 22 на шкале мензуркі ад значэння 10 мл да значэння 20 мл два дзяленні, але тры штрыхі. Прыборы, якія мы будзем выкарыстоўваць у лабараторных работах, у асноўным шкальныя.



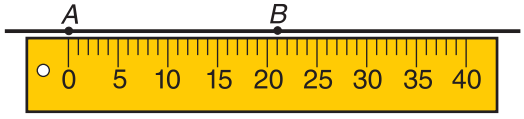
Мал. 21

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 праводзілася параўнанне даўжыні адрэзка AB, у дадзеным выпадку была 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, мы вызначым яго даўжыню a, шырыню b і вышыню c (мал. 24, $а$). Значэнне даўжыні, шырыні і вышыні мы вызначылі непасрэдна, зняўшы даныя са шкалы лінейкі. З малюнка 24, $б$ вынікае: $a = 28$ мм. Гэта прамое вымярэнне.

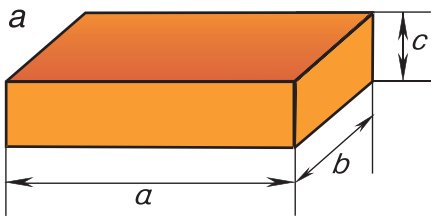


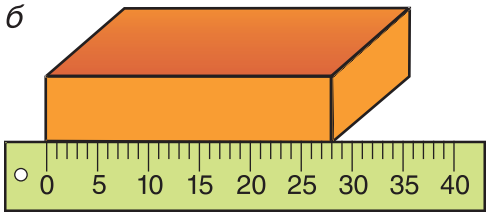
Мал. 23

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.





Мал. 24

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

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

Правообладатель Народная асвета

Галоўныя вывады

1. Вымяральныя прыборы бываюць лічбавыя і шкальныя.
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 вымераемую велічыню, для кожнага прыбора, паказанага на малюнку?

Мал. 25

Правообладатель Народная асвета

Для дапытлівых

Вывучаючы будову чалавечага цела і работу яго органаў, вучоныя праводзяць мноства вымярэнняў. Аказваецца, у чалавеку 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!

На працягу сутак кроў чалавека каля 360 разоў праходзіць праз ныркі, ачышчаючыся там ад шкодных рэчываў. Агульная працягласць ныračных 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: 1) лічбавыя; 2) шкальныя.
2. Праверце справядлівасць правіла Леанарда да Вінчы (мал. 26) — італьянскага мастака, матэматыка, астранома, інжынера 2-й паловы XV — пачатку XVI ст. Для гэтага:

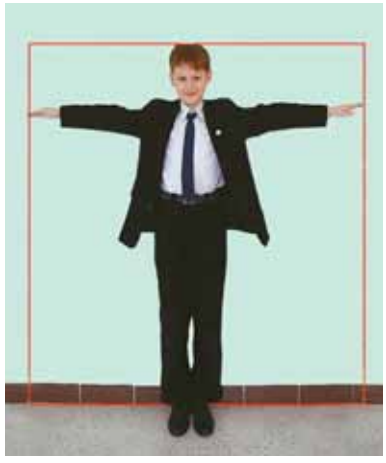
Мал. 26

а) вымерайце свой рост — папрасіце каго-небудзь з дапамогай трохвугольніка (мал. 27) паставіць на сцяне невялікую рысачку алоўкам; 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 было прыкмечана Леанарда да Вінчы).

Мал. 27



Мал. 28

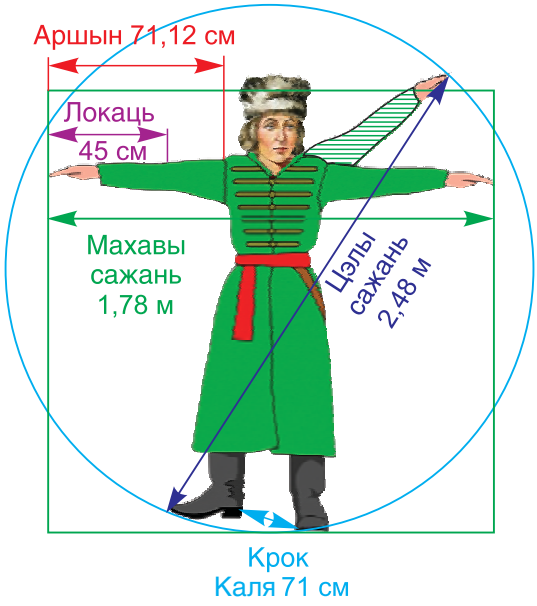
Правообладатель Народная асвета

§ 5. Адзінкі вымярэння фізічных велічынь. Міжнародная сістэма адзінак (СІ)

Мал. 29

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

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



Мал. 30

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 = 71,1 см) (мал. 30). Трэба было ўпарадкаваць сістэму адзінак, зрабіць яе зручнай у выкарыстанні ўсімі краінамі. У 1960 г. увялі адзіную Міжнародную сістэму адзінак (скарочана СІ — Сістэму Інтэрнацыянальную). Ёй карыстаецца большасць краін. Асноўнымі адзінкамі ў СІ з'яўляюцца: метр (м) — для даўжыні, кілаграм (кг) — для масы, секунда (с) — для прамежку часу, Кельвін (К) — для тэмпературы.

Правообладатель Народная асвета

Але ці заўсёды зручна вымяраць прамежак часу ў секундах, а даўжыню — у метрах? Аказваецца, не. Напрыклад, прамежак часу 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 км = 1000 м, 1 г = 3600 с.

Асноўныя адзінкі маюць эталоны. Эталоны захоўваюцца ў г. Сеўры (Францыя) у Міжнародным бюро мер і вагаў. На малюнку 31 паказаны эталон кілаграма — цыліндр з плаціна-ірыдыевага сплаву. Па эталоне вырабляюцца копіі, якімі карыстаюцца розныя краіны. Пазней вы пазнаёміцеся з эталонамі іншых 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 Беларускім дзяржаўным інстытуце метралогіі створаны эталоны масы, часу (гл. мал.), 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, прамежку часу ўключае Міжнародная сістэма адзінак (СІ)?

Правообладатель Народная асвета

Дамашняе заданне

Зрабіце «гадзіннік Галілея». У дне пластыкавай бутэлькі пракаліце цвіком дзірачку. Вертыкальна на ўсю вышыню бутэлькі наклейце вузкую палоску лейкапластыра. Напоўніце бутэльку вадой на $\frac{2}{3}$. 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», вымерайце час паказу адной рэкламы па тэлевізары.

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:

$l = 8\frac{1}{4}$ аршына

1 аршын = 71,1 см = 0,711 м

l_1(м) — ?

Рашэнне

Паколькі 1 аршын = 71,1 см = 0,711 м, то даўжыня васьмі з чвэрцю аршынаў у метрах будзе роўна:

l_1(м) = $l \cdot 0{,}711$ м;

l_1(м) = $8{,}25 \cdot 0{,}711$ м = 5,9 м.

Адказ: l_1 = 5,9 м.

Практыкаванне 1

1. Выкарыстоўваючы сімвалічныя абазначэнні фізічных велічынь, запішыце коратка: а) спартсмен прабег дыстанцыю 100 м; б) самалёт даляцеў да пункта прызначэння за прамежак часу 2,5 г; в) маса яблыкаў 3 кг; г) плошча садовага ўчастка 600 м^2; д) у слоік налілі 0,5 л вады.

2. У апавяданні Л. М. Талстога «Чарапаха» ёсць такая фраза: «Чарапахі бываюць маленькія, не больш за сподачак, і вялікія, у тры аршыны даўжынёй і вагой у 20 пудоў» [3]. Выразіце даўжыню вялікай чарапахі ў метрах (м) і сантыметрах (см); масу — у кілаграмах (кг). Указанне: 1 пуд = 16,4 кг.

3. Пісьменніца С. Савіцкая ў гістарычным рамане «Разблытай час» піша: «Дарогі падземных нетраў дасягалі 30 вёрст» [2]. Выразіце даўжыню дарог у кіламетрах (км). Указанне: 1 вярста = 1066,8 м.

4. Выразіце старую англійскую меру даўжыні 1 ярд у футах, цалях і міліметрах (мм). Указанне: 1 ярд = 91,4 см, 1 фут = 30,5 см, 1 цаля = 0,0254 м.

Правообладатель Народная асвета

§ 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 прамежак часу з прамежкам часу (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 розныя фізічныя велічыні.

У прыкладзе 2 дзеляцца не толькі лікавыя значэнні (10 : 2 = 5), але і адзінкі фізічных велічынь (кг : кг = 1). Вынік паказвае, у колькі разоў адна фізічная велічыня (маса) большая за другую.

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

У прыкладзе 4 у выніку дзялення дзвюх розных фізічных велічынь — даўжыні $l = 10$ м на прамежак часу $t = 2$ 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 пра яе ў 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

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

Правообладатель Народная асвета

Для дапытлівых

Вялікія адзінкі часу — год і суткі — дала нам сама прырода. Але гадзіна, мінута і секунда з'явіліся дзякуючы чалавеку.

Прынятае ў цяперашні час дзяленне сутак узыходзіць да глыбокай старажытнасці. У Вавілоне выкарыстоўвалася не дзесятковая, а шасцідзесяцярычная сістэма лічэння. Паколькі 60 дзеліцца без астачы на 12, суткі ў вавіланян складаліся з 12 роўных частак. У Старажытным Егіпце было ўведзена дзяленне сутак на 24 гадзіны. Пазней з'явіліся мінуты і секунды. Тое, што ў 1 гадзіне 60 мінут, а ў 1 мінуце 60 секунд, — спадчына шасцідзесяцярычнай сістэмы лічэння Вавілона.

Галоўныя вывады

1. Складаць, аднімаць і параўноўваць можна толькі аднародныя фізічныя велічыні.
2. Множанне і дзяленне неаднародных велічынь прыводзіць да з'яўлення 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 розныя фізічныя велічыні?

Прыклады рашэння задач

1. Выберыце значэнні фізічных велічынь, якія можна складаць: 120 г, 40 см^2, 56 м^3, 8 мін, 0,048 кг. Вызначыце значэнне фізічнай велічыні, атрыманай у выніку складання.

Р а ш э н н е

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. Адну 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.

А д к а з: вынікам складання з'яўляецца маса $m = 168$ г.

Правообладатель Народная асвета

2. Вызначыце фізічныя велічыні, атрыманыя ў выніку выканання наступных дзеянняў: 1) 35 г : 5 $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$; 2) 40 см · 0,25 м.

Рашэнне

1) 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 $V = 7\ \text{см}^3$.

2) 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: 1) у выніку дзялення дзвюх фізічных велічынь рознага роду (масы і шчыльнасці) атрымана трэцяя фізічная велічыня — аб'ём $V = 7\ \text{см}^3$; 2) 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 складаць? Выканайце складанне і запішыце вынік.

1) 3,0 мін, 26 см, 5 см^2, 40 с, 10 кг, 25 см^3;

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

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

1) 16 см, 8,0 кг, 40 с, 64 см^3, 90 мм;

2) 2,0 г, 300 кг, 40 см^3, 20 мін, 30 км, 12 т.

3. Параўнайце даўжыні адрэзкаў: $l_1 = 4{,}8$ см, $l_2 = 4{,}8$ мм, $l_3 = 48$ мм. Якія адрэзкі маюць роўную даўжыню? Які адрэзак мае найменшую даўжыню? Адлюструйце адрэзкі ў сшытку.

4. Якая фізічная велічыня атрымаецца ў выніку наступных дзеянняў?

1) $12\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 3{,}0\ \text{м}^3$;

2) 40 см – 0,15 м;

3) 25,0 см + 150 мм;

4) 20 см · 0,50 м · 3,0 дм;

5) $\frac{14\ \text{м}^2}{2{,}0\ \text{м}}$;

6) $\frac{27\ \text{м}^3}{9{,}0\ \text{м}}$.

5. Устаўце патрэбную фізічную велічыню.

1) 5 м – … = 1 м;

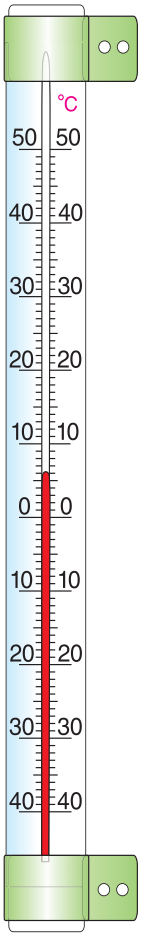
2) 300 кг + … = 0,5 т;

3) 4 дм · … = 20 дм^2.

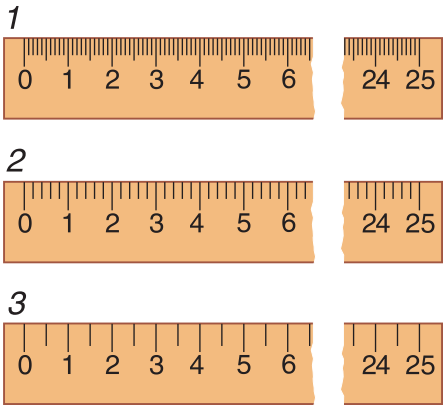
Правообладатель Народная асвета

§ 7. Вымяральныя прыборы. Цана дзялення. Дакладнасць вымярэнняў

Мал. 32



Мал. 33



Мал. 34

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 °С; ніжняя −40 °С.

На малюнку 34 адлюстраваны тры лінейкі з аднолькавымі верхнімі межамі (25 см). Але гэтыя лінейкі вымяраюць даўжыню з рознай дакладнасцю. Найбольш дакладныя вынікі вымярэнняў дае лінейка *1*, найменш дакладныя — лінейка *3*. Што ж такое дакладнасць вымярэнняў і ад чаго яна залежыць? Для адказу на гэтыя пытанні разгледзім спачатку паняцце *цана 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* (гл. 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. Абазначым яе літарай *C*.

Правообладатель Народная асвета

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

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

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

Гэтаксама можна вызначыць і цану дзялення шкалы мензурак *1* і *2* (мал. 35). Цана дзялення шкалы мензуркі *1*:

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

Цана дзялення шкалы мензуркі *2*:

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

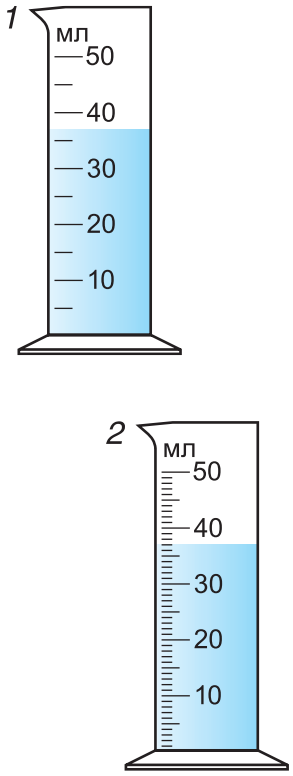
А якімі лінейкай і мензуркай можна вымераць больш дакладна?

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

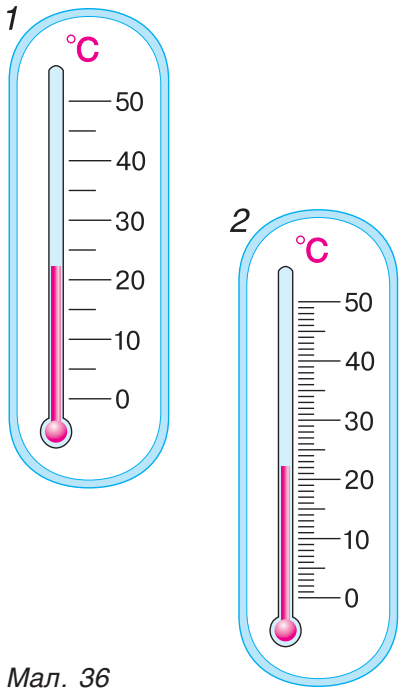
Зразумела, што дакладней вымераны аб'ём вады мензуркай *2*, цана дзялення якой меншая $\left(1\ \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}} < 5\ \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}}\right)$. **Значыць, чым меншая цана дзялення шкалы, тым дакладней можна вымераць дадзеным прыборам.** Гавораць: мензуркай *1* мы вымералі аб'ём з дакладнасцю да 5 мл (параўнайце з цаной дзялення шкалы $C_1 = 5\ \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}}$), мензуркай *2* — з дакладнасцю да 1 мл (параўнайце з цаной дзялення $C_2 = 1\ \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}}$). *Дакладнасць вымярэння тэмпературы тэрмометрамі 1 і 2 (мал. 36) вызначыце самастойна.*

Такім чынам, любым прыборам, які мае шкалу, вымераць фізічную велічыню можна з дакладнасцю, якая не перавышае цаны дзялення шкалы.

Лінейкай *1* (гл. мал. 34) можна вымераць даўжыню з дакладнасцю да 1 мм. *Дакладнасць вымярэння даўжыні лінейкамі 2 і 3 вызначыце самастойна.*



Мал. 35



Мал. 36

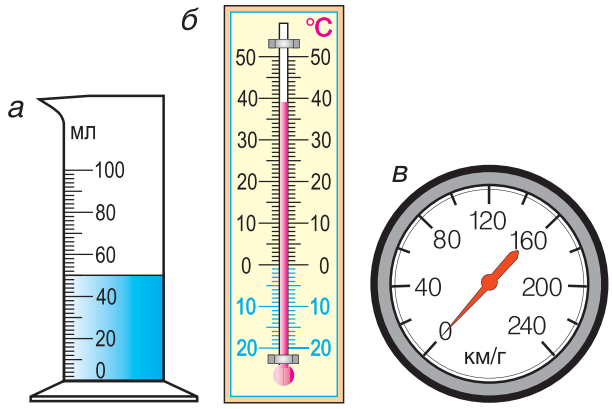
Правообладатель Народная асвета

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 дакладней будуць праведзены вымярэнні дадзеным прыборам.

Кантрольныя пытанні

1. Што называюць цаной дзялення?
2. Як вызначыць цану дзялення шкалы прыбора?
3. Ад чаго залежыць дакладнасць вымярэння дадзеным прыборам?
4. На малюнку 37 прадстаўлены 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 гэтых прыбораў?
6. Ці можна выкарыстоўваць тэрмометр, паказаны на малюнку 37, *б*, на Поўначы? Чаму?
7. На якіх відах транспарту можна выкарыстоўваць адлюстраваны на малюнку 37, *в* спідометр: на самалёце, аўтамабілі, веласіпедзе? Чаму?



Мал. 37

Для дапытлівых

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

Правообладатель Народная асвета

Дамашняе заданне

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

Прыклады рашэння задач

Для вымярэння велічыні вугла выкарыстоўваюць транспарцір. Вызначыце: 1) цану дзялення кожнай шкалы транспарціра, адлюстраванага на малюнку 38; 2) значэнне вугла BAC, выкарыстоўваючы кожную шкалу; пазначце дакладнасць вымярэння вугла BAC у кожным выпадку.

Рашэнне

1) Цана дзялення ніжняй шкалы:

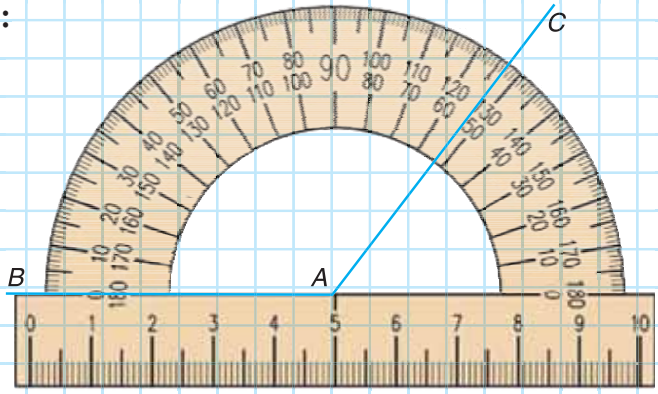
$$C_н = \frac{130° - 120°}{1 \text{ дзял.}} = \frac{10°}{\text{дзял.}}.$$

Цана дзялення сярэдняй шкалы:

$$C_с = \frac{130° - 120°}{2 \text{ дзял.}} = \frac{5°}{\text{дзял.}}.$$

Цана дзялення верхняй шкалы:

$$C_в = \frac{130° - 120°}{10 \text{ дзял.}} = \frac{1°}{\text{дзял.}}.$$



Мал. 38

2) Вызначаны па ніжняй шкале з дакладнасцю да 10° $\angle BAC = 120°$; вызначаны па сярэдняй шкале з дакладнасцю да 5° $\angle BAC = 125°$; вызначаны па верхняй шкале з дакладнасцю да 1° $\angle BAC = 127°$.

Практыкаванне 3

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

2. Тэмпература паветра ў пакоі $t = 16$ °С. 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 $C = 2{,}0 \ \frac{°\text{C}}{\text{дзял.}}$.

Правообладатель Народная асвета

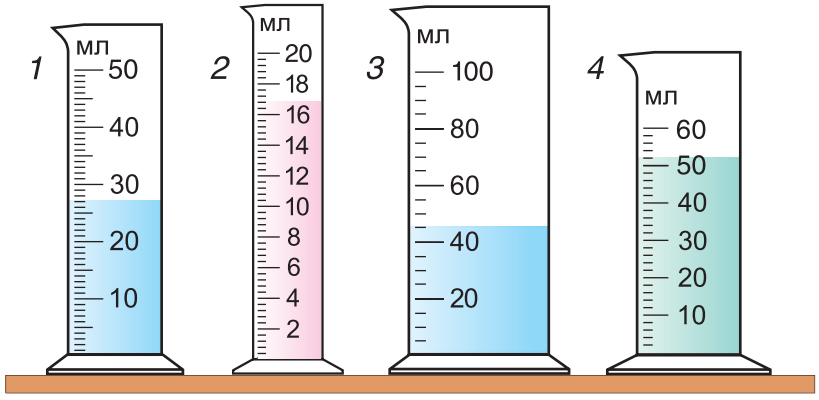
3. Цана дзялення шкалы спідометра $C = 10\ \frac{\text{км}}{\text{г}}$. На колькі дзяленняў зрушылася стрэлка спідометра пры выездзе аўтамабіля з населенага пункта на трасу, калі яго скорасць змянілася ад $v_1 = 60\ \frac{\text{км}}{\text{г}}$ да $v_2 = 90\ \frac{\text{км}}{\text{г}}$?

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

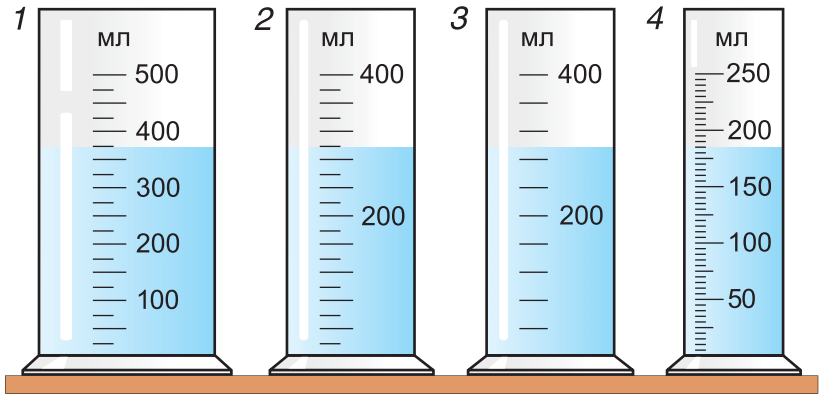
5. На малюнку 40 паказаны чатыры мензуркі. Вызначыце цану дзялення кожнай мензуркі і аб'ёмы вадкасцей, якія ў іх наліты.

6. Вызначыце, ці аднолькавыя аб'ёмы вадкасцей наліты ў мензуркі (мал. 41). Якая з мензурак дазваляе вызначыць аб'ём вадкасці з большай дакладнасцю?

Мал. 39



Мал. 40



Мал. 41

Правообладатель Народная асвета

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?

Правообладатель Народная асвета

§ 8. Дыскрэтная будова рэчыва

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

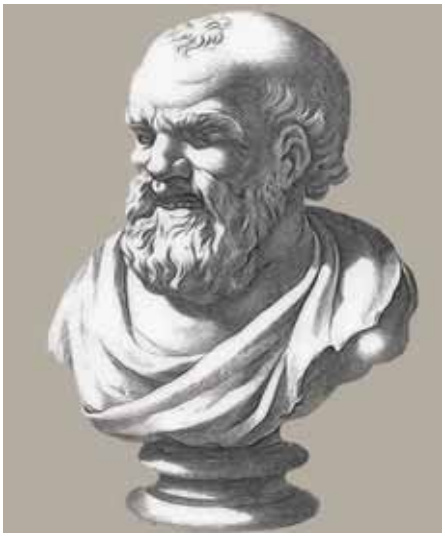
С. Шчыпачоў [5]

Пра якія элементы ідзе гаворка ў змешчаных вышэй радках з верша «Чытаючы Мендзялеева»?

а

б

Мал. 42



Мал. 43

Усе целы складаюцца з якіх-небудзь рэчываў: ручка — з пластмасы, аловак — з драўніны і графіту.

Рэчывы валодаюць рознымі, толькі для іх характэрнымі ўласцівасцямі: колерам, пахам, шчыльнасцю, цякучасцю і інш. А што агульнае маюць усе рэчывы?

Правядзём дослед. У шклянку з чаем пакладзём кавалачак цукру (мал. 42, *а*) і размяшаем. Крышталікі цукру сталі нябачнымі, а чай — салодкім. Значыць, цукар не знік. Ён застаўся ў чаі. Але чаму мы не бачым крышталікі? Яны распаліся на найдрабнейшыя часціцы, нябачныя вокам.

Найдрабнейшыя часціцы рэчыва, здольныя існаваць самастойна і захоўваць асноўныя ўласцівасці рэчыва, называюцца малекуламі.

Не толькі цукар, але і ўсе іншыя рэчывы складаюцца з найдрабнейшых часціц, г. зн. маюць **дыскрэтную (перарывістую)** будову. Розныя рэчывы складаюцца з розных малекул, таму і ўласцівасці іх адрозніваюцца.

Гіпотэза аб дыскрэтнай будове рэчыва была прапанавана грэчаскім філосафам Дэмакрытам (мал. 43) каля 25 стагоддзяў таму. Легенда расказвае, што аднойчы Дэмакрыт сядзеў на камені ля мора, трымаў у руцэ яблык і разважаў: «Калі я зараз разрэжу гэты яблык папалам, у мяне застанецца палова яблыка; калі я затым гэту палову зноў разрэжу на дзве часткі — застанецца чвэрць

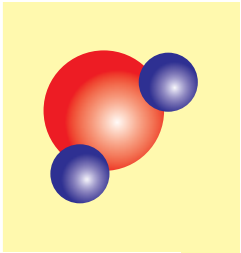
Правообладатель Народная асвета

яблыка; але калі я і далей буду працягваць такі падзел, то ці не прывядзе гэта да таго, што частка яблыка, што застанецца, 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 і двух атамаў вадароду. А вось алмаз (мал. 45) складаецца толькі з атамаў вуглероду. Усяго ў прыродзе сустракаецца 92 віды розных атамаў. Акрамя таго, у навуковых лабараторыях атрымана больш за 30 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.

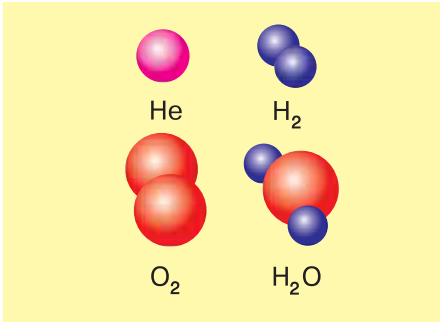
Малекулы рэчыва можна падзяліць на атамы. Атамы, злучаючыся з іншымі атамамі, утвараюць новыя рэчывы з новымі ўласцівасцямі. Напрыклад, вада пад дзеяннем электрычнага току ператвараецца ў газы: вадарод і кісларод (мал. 47). Іх уласцівасці іншыя, чым у вады.

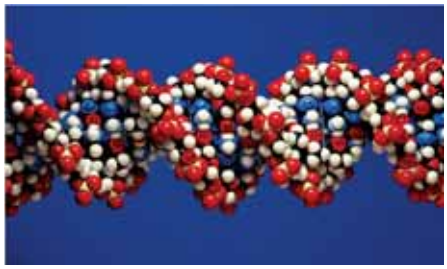
Пры награванні вада ператвараецца ў газ (пару), пры ахаладжэнні — у лёд. І пара, і вада, і лёд складаюцца з аднолькавых малекул (мал. 48).



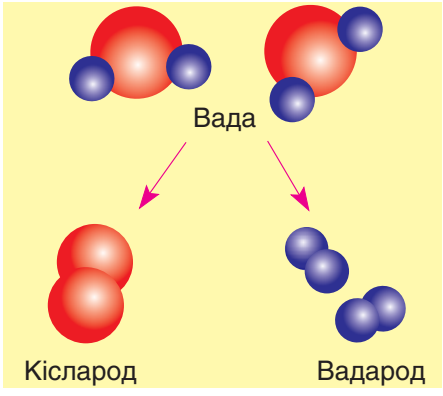
Мал. 44

Мал. 45

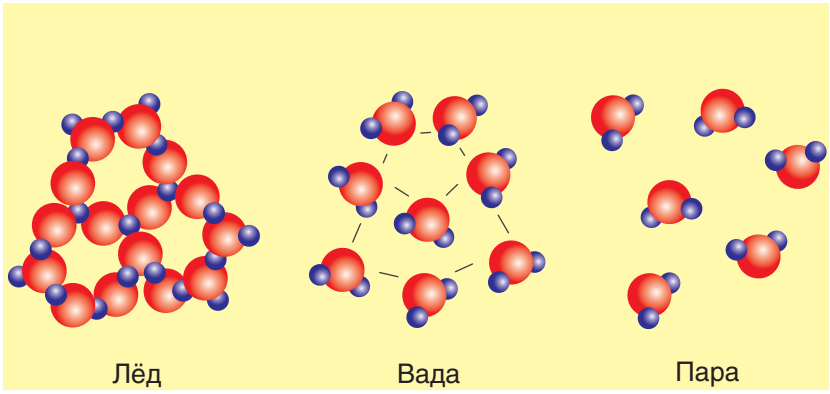




Мал. 46

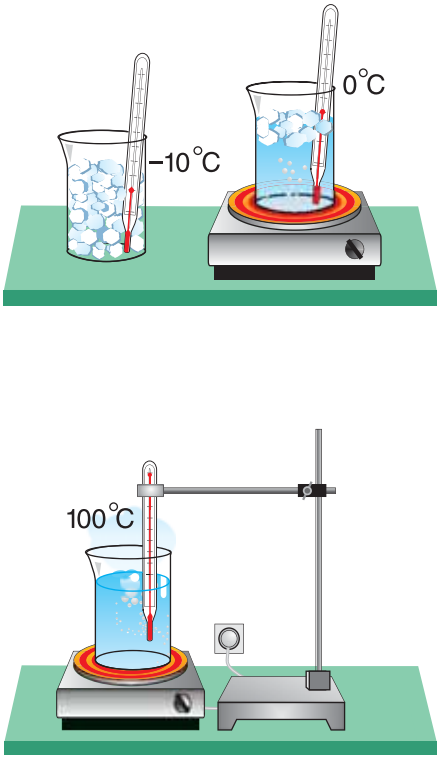


Мал. 47



Мал. 48

Правообладатель Народная асвета



Мал. 49

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

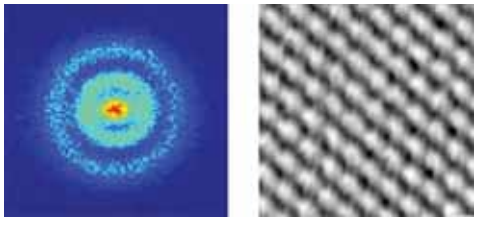
Дыскрэтную будову рэчыва пацвярджаюць многія з'явы, якія мы назіраем у паўсядзённым жыцці. Да іх належыць магчымасць існавання рэчыва (напрыклад, H_2O) у трох станах — цвёрдым, вадкім і газападобным (мал. 49). Таксама сведчаннем дыскрэтнай будовы рэчыва з'яўляецца змешванне і афарбоўванне вадкасцей (мал. 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 з дапамогай самых сучасных мікраскопаў пры вельмі вялікім павелічэнні.

Мал. 50

Мал. 51

а *б*



Мал. 52

Правообладатель Народная асвета

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 і настолькі малыя іх памеры!

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. Згодна з сучаснымі ўяўленнямі, рэчыва мае перарывістую (дыскрэтную) будову.
2. Малекулы — найдрабнейшыя часціцы рэчыва, здольныя існаваць самастойна і захоўваць асноўныя ўласцівасці рэчыва.
3. Малекулы складаюцца з атамаў.

Кантрольныя пытанні

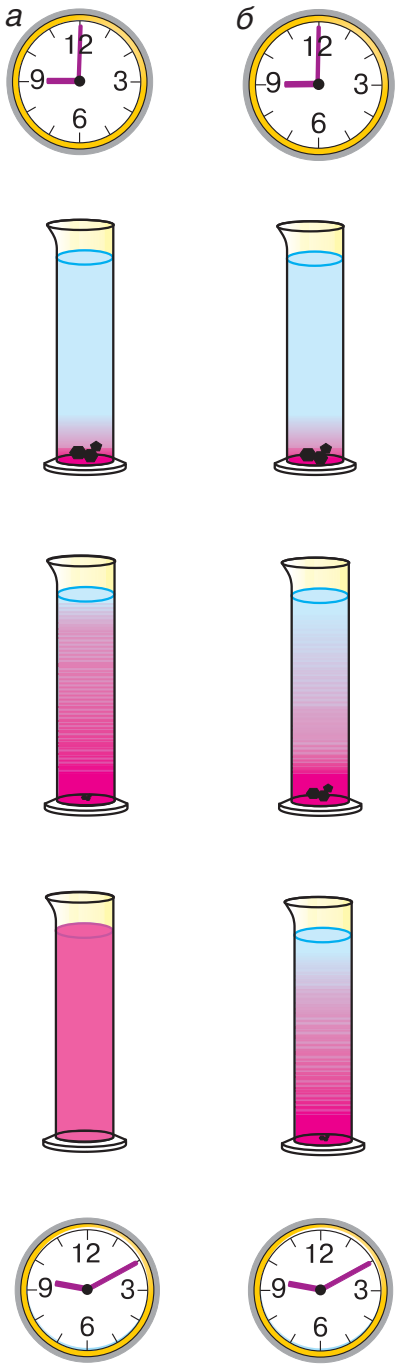
1. Да якіх меж можна падзяляць рэчыва?
2. Што азначае слова «дыскрэтны»?
3. Якія доследы і назіранні пацвярджаюць дыскрэтную будову рэчыва?
4. Якія часціцы называюцца малекуламі?
5. З чаго складаюцца малекулы?
6. Якую найменшую таўшчыню можа мець плёнка з алею (гл. мал. 51)?

Дамашняе заданне

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

Правообладатель Народная асвета

§ 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 халоднай і цёплай вадой кінем па 3 крышталікі 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 (мал. 53, *а*), чым у халоднай (мал. 53, *б*). Аб чым сведчаць вынікі доследу?

1. Ружовы колер вады паказвае на тое, што марганцоўка растваряецца 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. Гэта азначае, што ў 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 адлегласці.

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

Хаатычны рух часціц рэчыва, што залежыць ад ступені нагрэтасці рэчыва, называюць цеплавым.

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.

Правообладатель Народная асвета

У газах яна ідзе хутчэй, чым у вадкасцях. Напрыклад, калі ўсыпаць у шклянку з вадой лыжку солі, то праз некаторы час соль растворыцца, 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 іншае.

Для дапытлівых

Варта адзначыць вялікую ролю дыфузіі ў прыродзе і тэхніцы.

У нежывой 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 кісларoду 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 зададзенымі 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 адлегласцей паміж імі.

Правообладатель Народная асвета

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 дадзеную 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, ударяюцца 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 наліце 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.

Правообладатель Народная асвета

§ 10. Узаемадзеянне часціц рэчыва

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

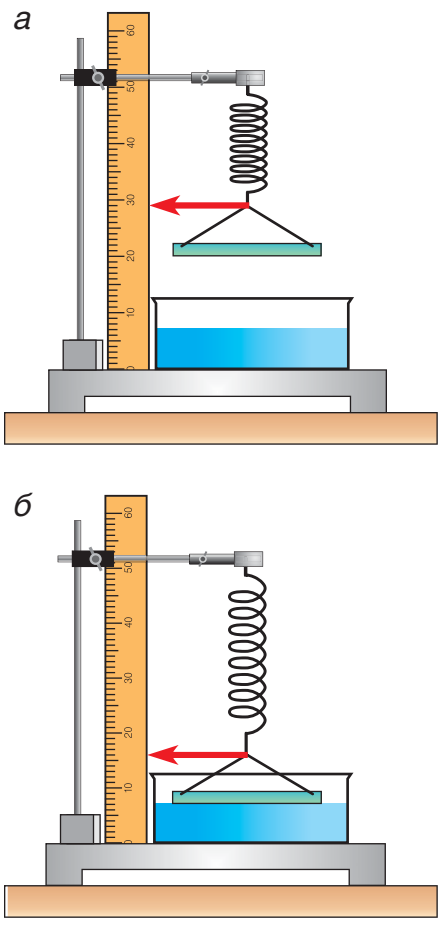
Мал. 54

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

Але чаму тады кавалкі 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.*

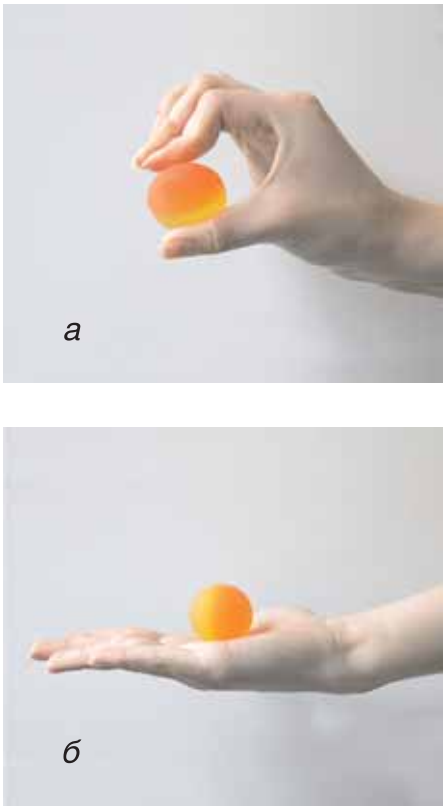
Растлумачыць гэтыя факты можна, выказаўшы здагадку, што прыцяжэнне малекул (атамаў) праяўляецца толькі на малых адлегласцях паміж імі. Сапраўды, калі нагрэць шкляныя кавалкі да такой ступені, каб шкло стала мяккім (мал. 54), і прыціснуць іх адзін да аднаго, яны зліпнуцца ў адно цэлае.

Прыцягваюцца адна да адной і малекулы ў вадкасцях. Каб даказаць гэта сцверджанне, правядзём такі дослед. Падвесім на спружыне чыстую шкляную пласцінку і адзначым становішча ніжняга канца спружыны паказальнікам (мал. 55, *а*). Паднясём да пласцінкі пасудзіну з вадой да судакранання яе з паверхняй вады, пасля чаго будзем апускаць пасудзіну да адрыву пласцінкі. Расцяжэнне спружыны павялічыцца (мал. 55, *б*), што паказвае на прыцяжэнне часціц вадкасці (вады) у пасудзіне і на паверхні шкляной пласцінкі.



Мал. 55

Правообладатель Народная асвета

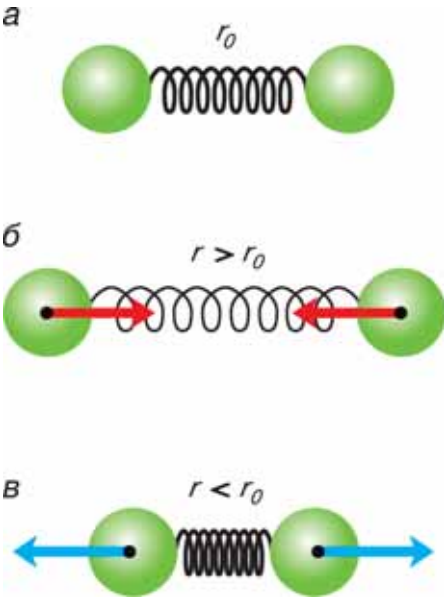


Мал. 56

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

А ці ёсць паміж малекуламі адштурхванне? Правядзіце такі 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.



Мал. 57

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.

Правообладатель Народная асвета

Галоўныя вывады

1. Часціцы цвёрдых рэчываў і вадкасцей (атамы, малекулы) маюць узаемнае прыцяжэнне і ўзаемнае адштурхванне.
2. Пры збліжэнні часціц цвёрдых рэчываў і вадкасцей пераважае ўзаемнае адштурхванне, пры аддаленні на невялікую адлегласць — узаемнае прыцяжэнне.
3. У газаў узаемадзеянне часціц 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 іголкі) 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. Прадэманструйце з дапамогай доследу, што сухія лісты паперы не прыліпаюць адзін да аднаго, а змочаныя вадой — прыліпаюць. Растлумачце эфект, які назіраецца ў гэтым доследзе.
7. Намачыце два лісты паперы: адзін — вадой, другі — алеем. Ці зліпнуцца яны? Прапануйце гіпотэзу, якая тлумачыць дадзеную з'яву.

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?

Правообладатель Народная асвета

§ 11. Газападобны, вадкі і цвёрды стан рэчыва

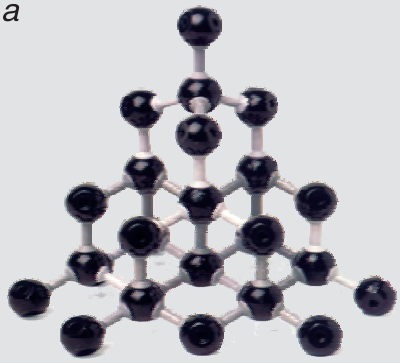
Прыцяжэнне і адштурхванне часціц вызначаюць іх узаемнае размяшчэнне ў рэчыве. А ад размяшчэння часціц істотна залежаць уласцівасці рэчываў.

Так, гледзячы на празрысты вельмі цвёрды алмаз (брыльянт) (мал. 58, *а*) і на мяккі чорны графіт (з яго вырабляюць стрыжні алоўкаў) (мал. 58, *б*), 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.

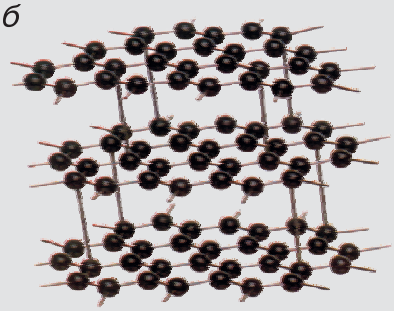
Узаемадзеянне часціц рэчыва прыводзіць да таго, што яно можа знаходзіцца ў трох станах: цвёрдым, вадкім і газападобным. Напрыклад, лёд, вада, пара (гл. мал. 48 на с. 31). У трох станах можа знаходзіцца любое рэчыва, але для гэтага патрэбны пэўныя ўмовы: неабходныя ціск, тэмпература. Напрыклад, кісларод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

а

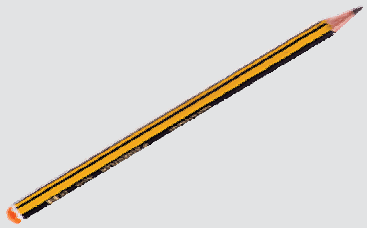


Структура алмазу

б



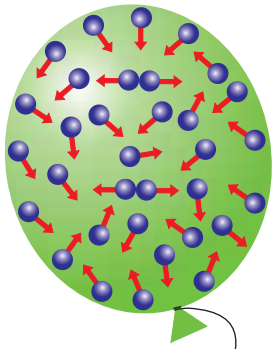
Структура графіту



Мал. 58

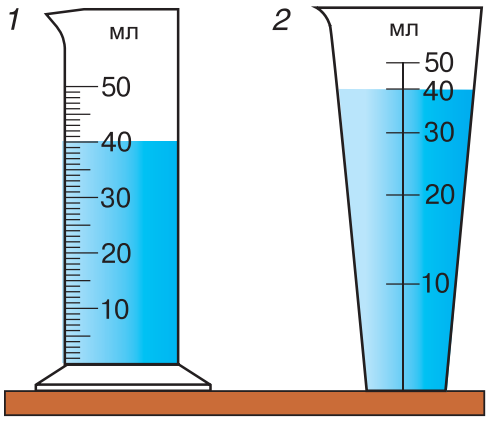
Правообладатель Народная асвета

Якімі ўласцівасцямі валодаюць рэчывы ў розных станах? Пачнём з газаў, у якіх паводзіны малекул нагадваюць рух пчол у роі (мал. 59). 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 адбываюцца практычна бесперапынна. У выніку сутыкненняў напрамкі і значэнні скорасці руху малекул змяняюцца.



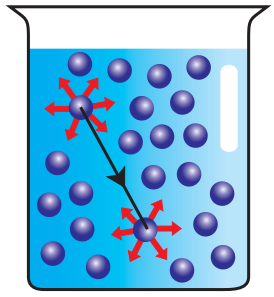
Мал. 59

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.



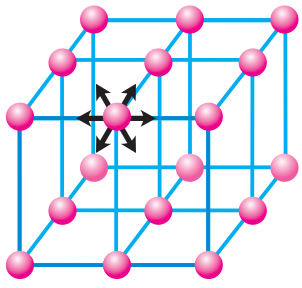
Мал. 60

А якія ўласцівасці маюць вадкасці? Для адказу на пытанне правядзём дослед. Пераліём 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, узаемнае прыцяжэнне малекул вадкасці існуе, але яно жорстка не ўтрымлівае суседнія малекулы. Яны вагаюцца і пераскокваюць з аднаго месца ў другое (мал. 61), чым і тлумачыцца цякучасць вадкасцей.



Мал. 61

Найбольш моцным з'яўляецца ўзаемадзеянне часціц у цвёрдым целе. Яно не дае магчымасці часціцам разысціся. Часціцы толькі здзяйсняюць 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. 62

Правообладатель Народная асвета

Галоўныя вывады

1. З-за хаатычнасці руху і адсутнасці ўзаемадзеяння часціц пры руху газы займаюць увесь дадзены ім аб'ём.
2. Захаванне аб'ёму вадкасцямі гаворыць аб наяўнасці сіл прыцяжэння паміж іх часціцамі.
3. Захаванне формы цвёрдымі целамі паказвае на тое, што прыцяжэнне іх часціц мацнейшае, чым 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?
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

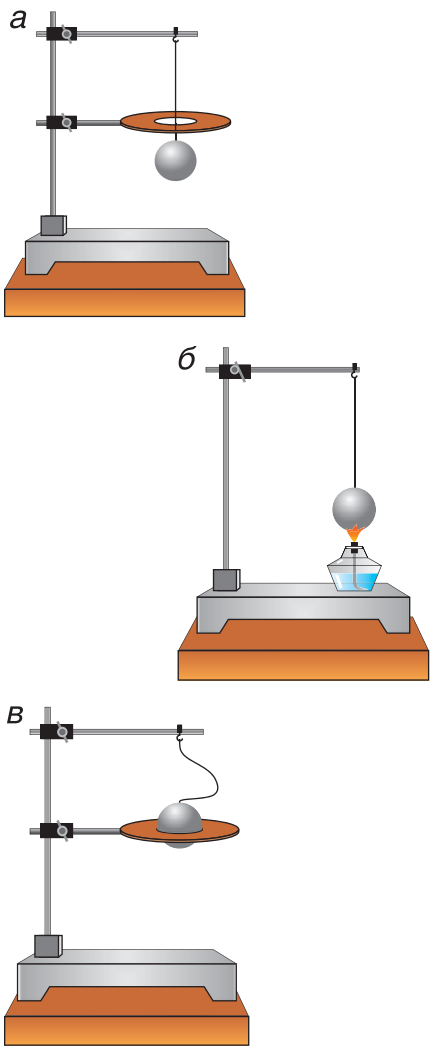
У пластыкавую бутэльку аб'ёмам 0,5 л наліце да краёў ваду і закрыйце герметычна накрыўкай. Паспрабуйце сціснуць ваду ў бутэльцы. Затым выліце ваду і зноў закрыйце бутэльку. Што знаходзіцца ў бутэльцы? Зразумела, паветра. Цяпер сцісніце бутэльку. На падставе вынікаў доследу выкажыце гіпотэзу аб будове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

Правообладатель Народная асвета

§ 12. Цеплавое расшырэнне

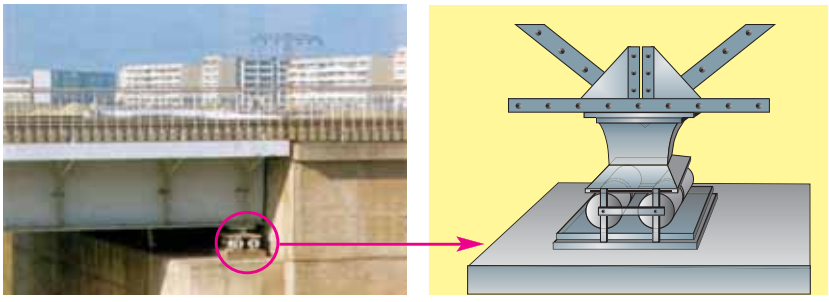
З папярэдніх параграфаў вам вядома, што ўсе рэчывы складаюцца з часціц (атамаў, малекул і інш.). Гэтыя часціцы бесперапынна хаатычна рухаюцца. Пры награванні рэчыва рух яго часціц становіцца больш хуткім. Павялічваюцца адлегласці паміж часціцамі, што прыводзіць да павелічэння памераў цела.

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



Мал. 63

Цеплавое расшырэнне розных цвёрдых цел неаднолькавае. Пры цеплавым расшырэнні цвёрдых цел узнікаюць вялізныя сілы, якія могуць разбураць масты, выгінаць чыгуначныя рэйкі, разрываць правады. Каб гэтага не здарылася, пры канструяванні таго ці іншага збудавання ўлічваецца цеплавое расшырэнне. Апорныя дэталі мастоў ставяць на каткі, здольныя перасоўвацца пры змяненні даўжыні моста зімой і летам (мал. 64). Рэйкі на стыках маюць зазор (мал. 65).



Мал. 64

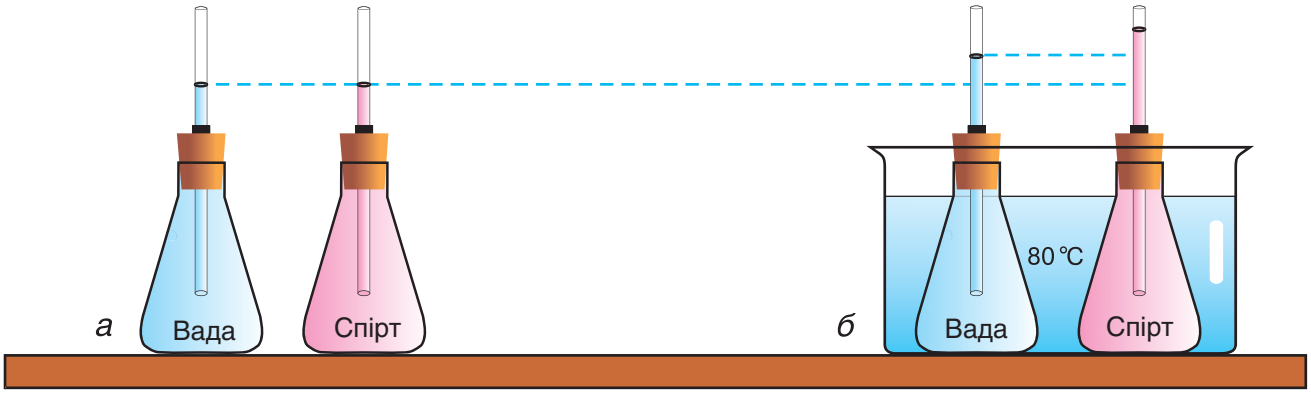
Мал. 65

Правообладатель Народная асвета

Мал. 66

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

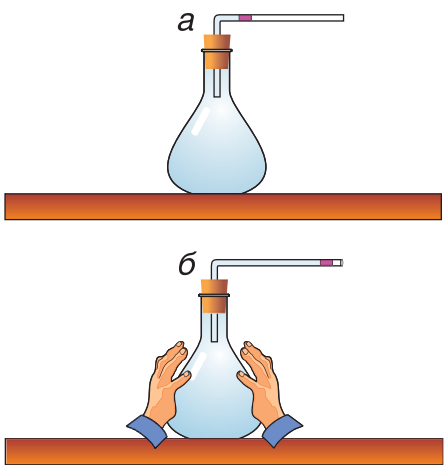
А ці расшыраюцца пры награванні вадкасці? Цеплавое расшырэнне вадкасцей таксама можна пацвердзіць на доследзе. У аднолькавыя колбы нальём: у адну — ваду, а ў другую — такі ж аб'ём спірту. Колбы закрыем коркамі з трубкамі. Пачатковыя ўзроўні вады і спірту ў трубках адзначым гумавымі кольцамі (мал. 67, *а*). Паставім колбы ў пасудзіну з гарачай вадой. Узровень вады ў трубках стане вышэйшым (мал. 67, *б*). Вадкасці пры награванні расшыраюцца. Але ўзровень у трубцы колбы са спіртам вышэйшы, чым у трубцы колбы з вадой. Значыць, спірт расшыраецца больш.



Мал. 67

Такім чынам, **цеплавое расшырэнне розных вадкасцей**, як і цвёрдых рэчываў, **неаднолькавае**.

А ці адбываецца цеплавое расшырэнне ў газаў? Адкажам на дадзенае пытанне з дапамогай доследу. Закрыем 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**.



Мал. 68

Правообладатель Народная асвета

Для дапытлівых

Нельга пасля гарачага чаю адразу піць халодную ваду або есці марожанае. Рэзкае змяненне тэмпературы прыводзіць да з'яўлення расколін на эмалі 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 ў розных вадкасцей і розных цвёрдых цел неаднолькавае.
3. Пры павелічэнні тэмпературы ўсе газы расшыраюцца аднолькава.

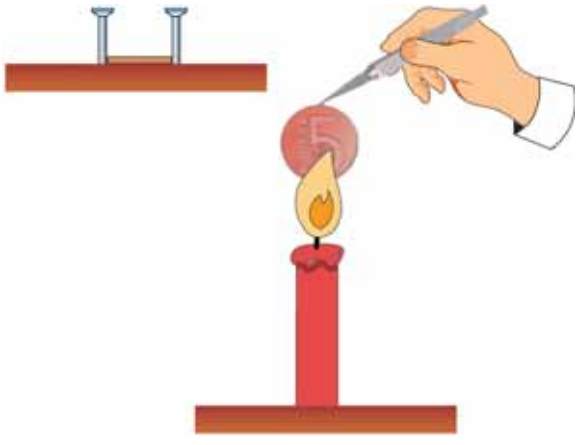
Кантрольныя пытанні

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

Дамашняе заданне

1. Выкарыстоўваючы пластыкавую бутэльку і тонкую трубку для соку, правядзіце дома дослед па цеплавым расшырэнні паветра і вады. Вынікі эксперымента апішыце ў сшытку.

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



Мал. 69

Правообладатель Народная асвета

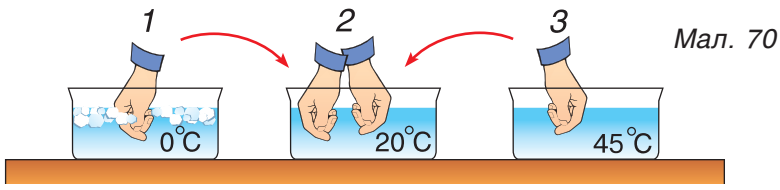
§ 13. Тэмпература. Вымярэнне тэмпературы. Тэрмометры

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.

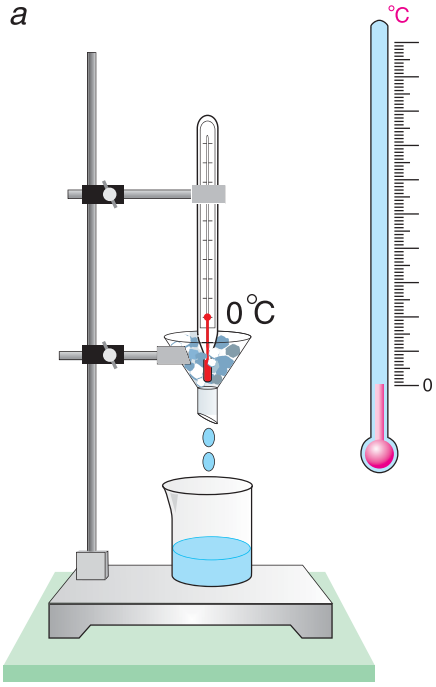
Правядзём дослед. Нальём у тры пасудзіны ваду рознай тэмпературы (мал. 70). Апусцім правую руку ў пасудзіну *1* з халоднай вадой, а левую — у пасудзіну *3* з гарачай вадой. Праз 2—3 мін абедзве рукі апусцім у пасудзіну *2*. Па адчуваннях правай рукі вада ў пасудзіне *2* — цёплая, а па адчуваннях левай — 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**.



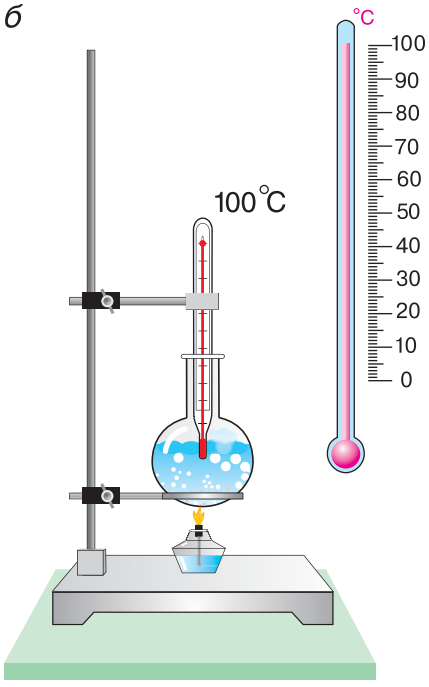
Мал. 70

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 ртуццю або падфарбаваным спіртам. Для вырабу шкалы вызначаліся становішчы ўзроўняў вадкасці ў трубцы пры апусканні балончыка ў снег або лёд, якія растаюць (мал. 71, *а*), і ваду, што кіпіць (мал. 71, *б*).

а



б



Мал. 71

Правообладатель Народная асвета

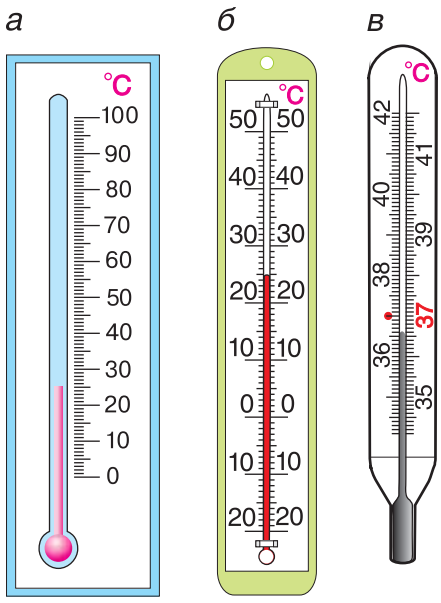
Становішча ўзроўню вадкасці ў трубцы, калі балончык быў у лёдзе, што раставаў, прымалася за нулявое, а тэмпература гэтага лёду — за нуль градусаў.

Другому становішчу ўзроўню адпавядала тэмпература кіпячай вады, прынятая за 100 градусаў. Даўжыня слупка паміж 0 і 100 градусамі дзялілася на 100 роўных частак (гл. мал. 71, *б*). Адно дзяленне азначала адзін градус. Такая шкала ўпершыню была прапанавана шведскім вучоным А. Цэльсіем у 1742 г. Таму яна называецца шкалой Цэльсія, а адзінка шкалы — **градусам Цэльсія (°С).**

Менавіта такую шкалу маюць бытавыя тэрмометры (мал. 72, *а*, *б*). Асаблівасці ў будове мае медыцынскі тэрмометр (мал. 72, *в*). Паколькі ім вымяраюць тэмпературу цела чалавека, то цана дзялення яго шкалы $C = 0{,}1\ \frac{°C}{\text{дзял.}}$. Такім чынам, дакладнасць вымярэння медыцынскім тэрмометрам у 10 разоў вышэйшая, чым дакладнасць вымярэння бытавым тэрмометрам, у якога цана дзялення $C = 1\ \frac{°C}{\text{дзял.}}$. Шкала медыцынскага тэрмометра мае ніжнюю і верхнюю межы: 35 °С і 42 °С. Вы, відавочна, самі здагадаліся, чаму на шкале няма абазначэнняў тэмпературы ніжэй за 35 °С і вышэй за 42 °С. Пры такіх тэмпературах цела чалавек гіне. Нармальнай для здаровага чалавека лічыцца тэмпература 36,6 °С.

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

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



Мал. 72

Мал. 73

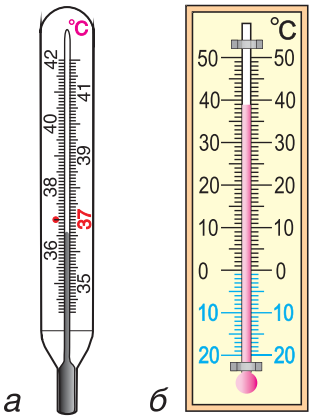
Правообладатель Народная асвета

Галоўныя вывады

1. Тэмпература вызначае ступень нагрэтасці цела.
2. Для аб'ектыўнай ацэнкі тэмпературы служыць тэрмометр.
3. Тэрмометр заснаваны на цеплавым расшырэнні рэчыва.
4. Бытавыя тэрмометры ў нашай рэспубліцы маюць шкалу Цэльсія.

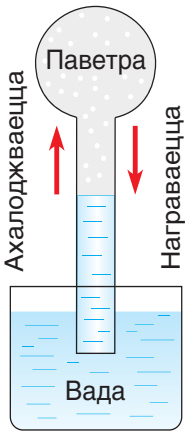
Кантрольныя пытанні

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) цану дзялення шкалы кожнага тэрмометра; б) верхнюю і ніжнюю межы вымярэнняў; в) паказанні тэрмометраў.
4. Чым тлумачацца значэнні ніжняй і верхняй меж вымярэння медыцынскага тэрмометра?
5. Ці можна бытавым тэрмометрам вымераць тэмпературу адной кроплі вады? Чаму?



Мал. 74

Дамашняе заданне



Мал. 75

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 і назірайце, як залежыць узровень вады ў трубачцы ад тэмпературы паветра ў пакоі, на вуліцы. Чым, на ваш погляд, нязручны дадзены прыбор? Што ў ім агульнае з бытавым тэрмометрам?

Правообладатель Народная асвета

3

Рух і сілы

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

Правообладатель Народная асвета

§ 14. Механічны рух. Адноснасць спакою і руху

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.

Мал. 76

Мал. 77

Мал. 78

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, г. зн. 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.

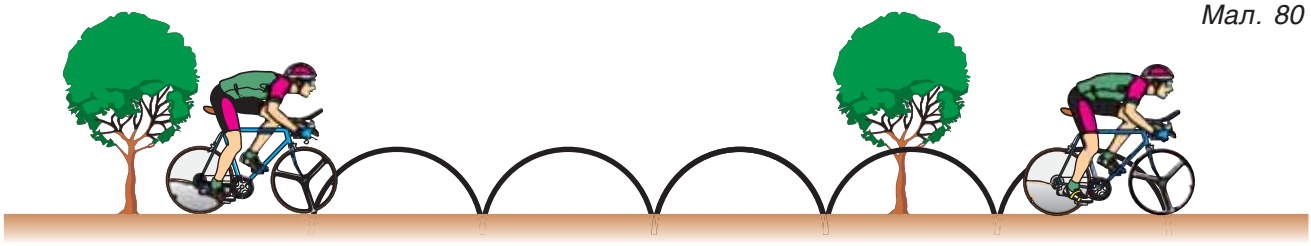
Правообладатель Народная асвета

Такім чынам, **спакой і рух адносныя**. Адносныя і характарыстыкі руху. Гэта лёгка ўбачыць на доследзе. Умацуйце святлоадбівальнік (флікер) на вобадзе кола вашага веласіпеда. Якая будзе крывая, якую апіша флікер (яе называюць *траекторыяй*) 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

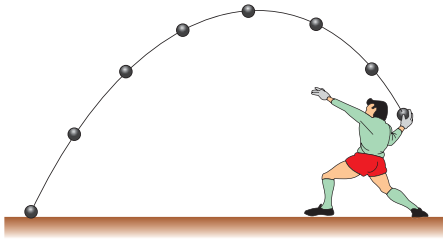
1. Што такое механічны рух?
2. Чаму нельга вызначыць, ці рухаецца цела, не суадносячы яго з іншымі целамі?
3. Ці рухаецца чалавек, які стаіць на тратуары, адносна аўтобуса, што праязджае міма?
4. Плыт плыве па рацэ. Адносна якіх цел чалавек, які стаіць на плыце: а) рухаецца; б) знаходзіцца ў стане спакою?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

Правообладатель Народная асвета

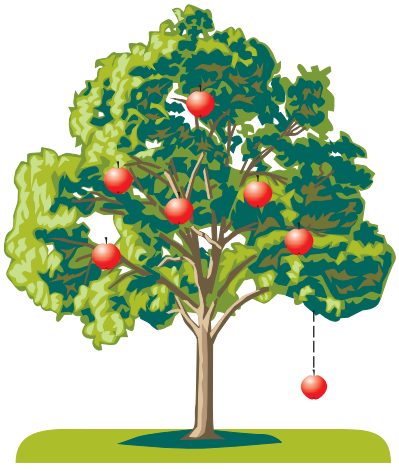
§ 15. Траекторыя, шлях, час. Адзінкі шляху і часу

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 дошцы. Крэйда пры руху апісвае лінію, якая добра бачна на дошцы.

У блакітным небе часта выразна бачны белыя сляды за самалётамі, што ляцяць (мал. 81). Катар, які хутка імчыцца, пакідае пеністую дарожку на паверхні вады (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 намаляваць, калі 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, траекторыя яблыка, якое падае з дрэва (мал. 84). **Калі ж траекторыя — крывая лінія, то рух называецца крывалінейным** (гл. мал. 83).

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

Абазначаецца шлях звычайна літарай *s*. Шлях — гэта фізічная велічыня. Яго можна вымераць або вылічыць па формуле. **Адзінкай шляху ў СІ з'яўляецца 1 метр (1 м).** На практыцы

Правообладатель Народная асвета

шлях часта вымяраюць у кратных адзінках — кіламетрах — або ў дольных — сантыметрах, міліметрах, мікраметрах.

А што такое прамежак часу? Дапусцім, вы адпраўляецеся ў падарожжа на цягніку «Мінск — Масква». Паставім пытанне: за які прамежак часу 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 праз t_2. Прамежак часу, за які цягнік праходзіць шлях ад Мінска да Оршы, роўны:

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

(Δ — грэч. «дэльта» — знак, які абазначае ў матэматыцы і фізіцы змяненне велічыні, г. зн. рознасць яе канечнага і пачатковага значэнняў). Так, калі ў нашым прыкладзе t_1 = 20 г 10 мін, t_2 = 23 г 15 мін, тады Δt = 3 г 5 мін.

Для кароткасці замест «прамежак часу» будзем казаць «час».

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. Вы, канечне, ведаеце, што адны суткі роўны 24 г, 1 год роўны 365 (366) сут.

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 пэўны прамежак часу, напрыклад 1 мін або 5 мін. У такіх выпадках зручна выкарыстоўваць пясочны гадзіннік (мал. 88).

Мал. 85

Мал. 86

Мал. 87

Мал. 88

Правообладатель Народная асвета

Для дапытлівых

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

- датчык, які фіксуе абароты кола;
- лічыльнік, 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 прамежак часу.

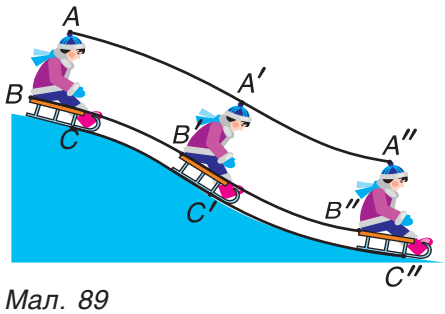
Кантрольныя пытанні

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

Правообладатель Народная асвета

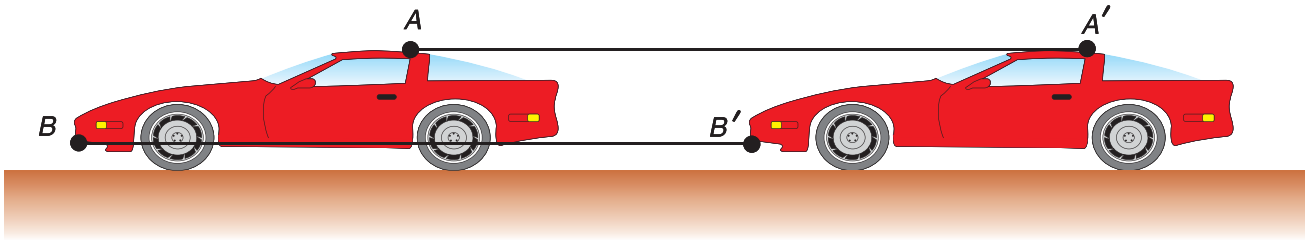
§ 16. Раўнамерны рух. Скорасць. Адзінкі скорасці

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



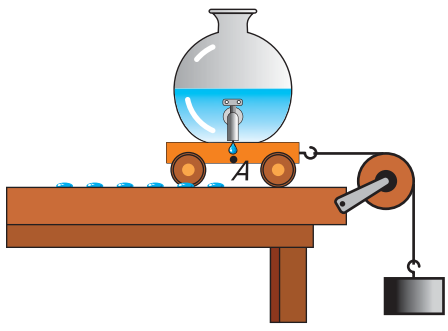
Мал. 89

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? Усе ж пункты (мал. 89, 90) рухаюцца зусім аднолькава. У дадзеным вучэбным дапаможніку мы будзем вывучаць рух цела, не разглядаючы яго форму, памеры, г. зн. будзем мадэляваць цела пунктам.



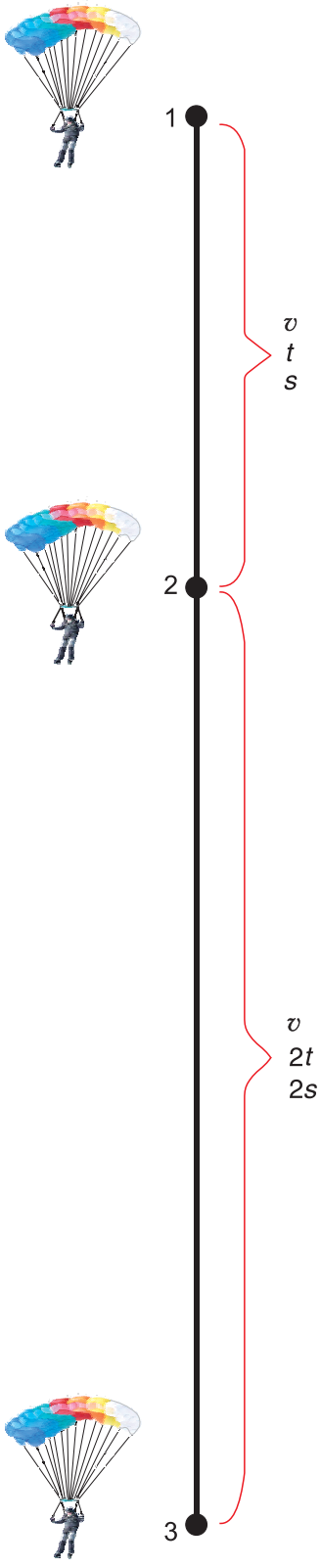
Мал. 90

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



Мал. 91

Правообладатель Народная асвета



Мал. 92

Падабраўшы груз, можна дасягнуць таго, што шляхі, пройдзеныя калясачкай за роўныя прамежкі часу $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3 = ... = 2$ с, акажуцца роўнымі $s_1 = s_2 = s_3 = ... = 0{,}4$ м. Калі паменшыць прамежкі часу, то ў столькі ж разоў паменшацца і шляхі, якія пройдзены.

Рух, пры якім цела за любыя роўныя прамежкі часу праходзіць роўныя шляхі, называецца раўнамерным.

Знойдзем адносіны шляхоў да адпаведных прамежкаў часу:

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

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

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

Тады для раўнамернага прамалінейнага руху можна запісаць формулу:

$$\text{скорасць} = \frac{\text{шлях}}{\text{прамежак часу}}, \text{ або } v = \frac{s}{\Delta t}. \qquad (1)$$

З формулы (1) вынікае, што **скорасць раўнамернага прамалінейнага руху ёсць фізічная велічыня, роўная адносіне шляху, пройдзенага целам, да прамежку часу.**

З формулы (1) лёгка знайсці шлях, пройдзены за любы прамежак часу, і адпаведны прамежак часу:

$$s = v\Delta t; \qquad (2)$$

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

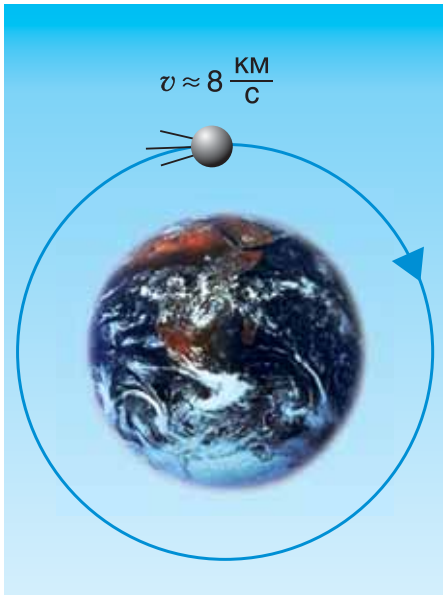
На прыкладзе з кропельніцай вы пераканаліся, што пры раўнамерным прамалінейным руху скорасць з'яўляецца пастаяннай велічынёй.

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

Правообладатель Народная асвета

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

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



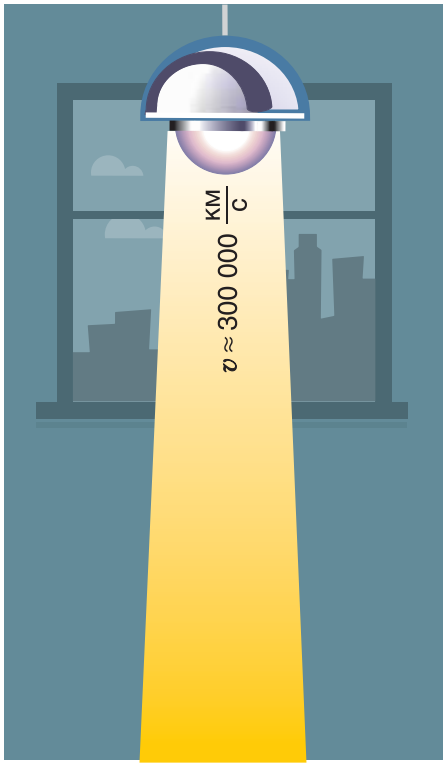
Мал. 93

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

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

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

Максімальная скорасць руху ў прыродзе — гэта скорасць распаўсюджвання святла ў пустаце (мал. 94). Яна роўна $299\ 792\ 458\ \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 300\ 000\ 000\ \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx$ $\approx 300\ 000\ \frac{\text{км}}{\text{с}}$. 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 часцей за ўсё гром вы чуеце пазней, чым бачыце маланку, хоць маланка і гром узнікаюць практычна адначасова.



Мал. 94

Правообладатель Народная асвета

Мал. 95

З формулы $v = \frac{s}{\Delta t}$ вынікае, што для знаходжання скорасці трэба ведаць шлях і прамежак часу, за які гэты шлях пройдзены. Але людзі вынайшлі і шырока ўжываюць 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 прамежак часу.
3. Калі скорасць 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 любыя роўныя прамежкі часу» зняць слова «любыя»? Чаму?
5. Ці залежыць скорасць цела, якое раўнамерна рухаецца, ад велічыні прамежку часу? Чаму?

Правообладатель Народная асвета

§ 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? Для гэтага выкарыстоўваюцца графікі.

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

Мал. 96

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

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

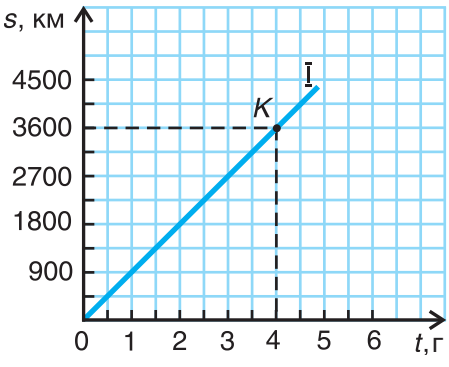
Табліца 1

Час руху t, г	0	1	2	3	4	5	6
Пройдзены шлях s, км	0	900	1800	2700	3600	4500	5400

Напрыклад, калі $t = 3$ г, тады

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

Цяпер пабудуем графік залежнасці шляху ад часу. Па восі абсцыс у пэўным маштабе (напрыклад, 1 см — 1 гадзіна) будзем адкладваць прамежкі часу руху, а па восі ардынат (у маштабе 1 см — 900 км) — шлях (мал. 97).

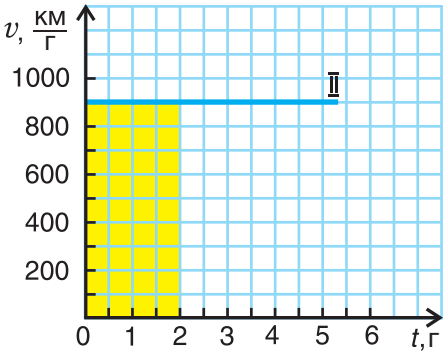


Мал. 97

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 вырашыць галоў-

Правообладатель Народная асвета



Мал. 98

ную задачу — знайсці шлях s, пройдзены целам за адвольны прамежак часу t. Напрыклад, нас цікавіць шлях, які самалёт праляцеў за прамежак часу $t = 4$ г. Для гэтага з пункта на гарызантальнай восі, які адпавядае часу $t = 4$ г (гл. мал. 97), праводзім перпендыкуляр да перасячэння з графікам (пункт K). Са знойдзенага пункта K апускаем перпендыкуляр на вось ардынат і атрымліваем адказ без вылічэнняў. Шлях $s = 3600$ км.

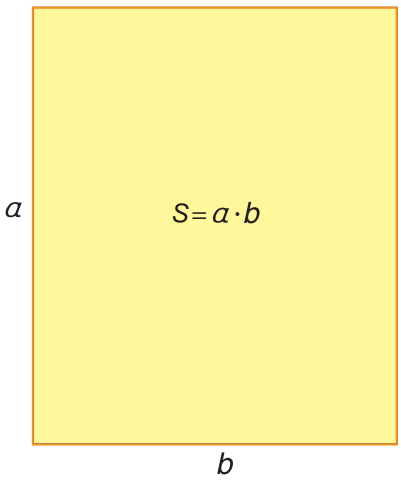
А што ўяўляе сабой *графік скорасці*? Ён выражае залежнасць скорасці ад часу. Паколькі скорасць з цягам часу не змяняецца, то розным момантам часу адпавядае адно і тое ж значэнне скорасці. Складзём табліцу 2 і пабудуем прамую, якая выражае залежнасць скорасці ад часу, адкладваючы па восі абсцыс час,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

Табліца 2

Час руху t, г	0	1	2	3	4	5	6
Скорасць v, $\frac{\text{км}}{\text{г}}$	900	900	900	900	900	900	900

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

Прамая II уяўляе сабой графік скорасці руху самалёта. Што нам дае графік скорасці? Ён не толькі паказвае значэнне скорасці, але і дазваляе знайсці пройдзены шлях. Разлічым шлях самалёта за прамежак часу $t = 2$ г. Згодна з формулай $s = vt$ гэты шлях $s = 900\ \frac{\text{км}}{\text{г}} \cdot 2\ \text{г} = 1800\ \text{км}$. Паглядзім на гэта множанне з пункту гледжання геаметрыі. Першы множнік $\left(900\ \frac{\text{км}}{\text{г}}\right)$ выражае адзін бок заштрыхаванага прамавугольніка (гл. мал. 98), другі (2 гадзіны) выражае другі бок. З матэматыкі вы ўжо ведаеце, што перамнажэннем бакоў a і $б$ 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.**

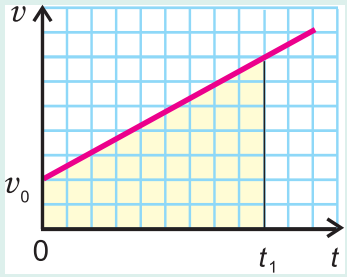


Мал. 99

Правообладатель Народная асвета

Для дапытлівых

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

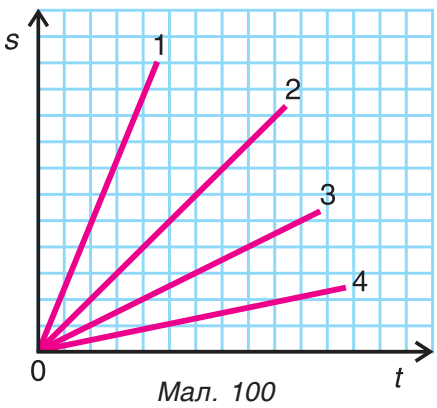


Галоўныя вывады

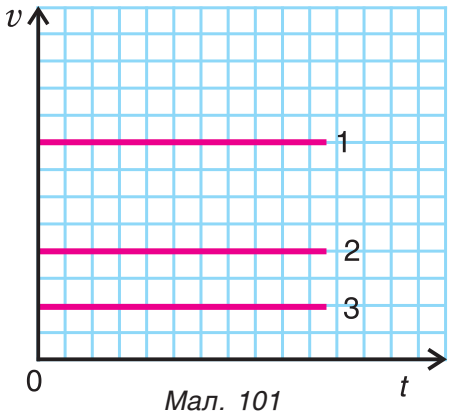
1. Графік шляху выражае залежнасць пройдзенага шляху ад часу руху цела.
2. Шлях пры раўнамерным прамалінейным руху можна вызначыць па формуле $s = vt$, па графіку шляху або пры дапамозе графіка скорасці.

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 бо́льшую 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 бо́льшы шлях за адзін і той жа прамежак часу?



Мал. 100



Мал. 101

Правообладатель Народная асвета

Прыклады рашэння задач

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

Запішам умову і выразім велічыні праз асноўныя адзінкі СІ.

Дадзена:

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

$v_2 = 20\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$t = 3{,}0$ мін $= 180$ с

l — ?

Рашэнне

Знойдзем шлях, які праехаў кожны з аўтамабіляў за прамежак часу t:

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

Адлегласць паміж аўтамабілямі:

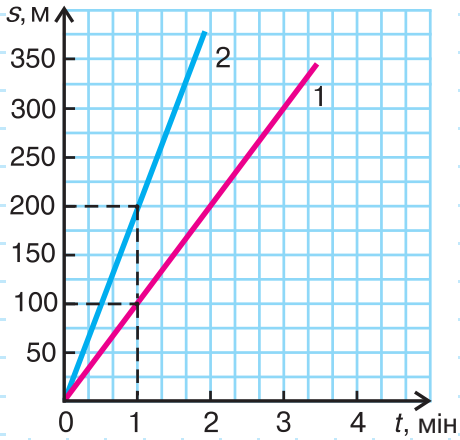
$$l = s_1 - s_2 = (v_1 - v_2)t.$$

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 раўнамернага прамалінейнага руху пешахода Дзімы (1) і веласіпедыста Пеці (2) прадстаўлены на малюнку 102. У колькі разоў адрозніваюцца скорасці руху хлопчыкаў?



Мал. 102

Рашэнне

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

Скорасць руху Дзімы:

$$v_1 = \frac{s_1}{t} = \frac{100\ \text{м}}{1\ \text{мін}} = 100\ \frac{\text{м}}{\text{мін}}.$$

Скорасць руху Пеці:

$$v_2 = \frac{s_2}{t} = \frac{200\ \text{м}}{1\ \text{мін}} = 200\ \frac{\text{м}}{\text{мін}}.$$

Правообладатель Народная асвета

Адносіна:

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

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

Такі самы адказ можна было атрымаць прасцей:

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

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

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

Практыкаванне 4

1. Якая са скарасцей большая:

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

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

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

4. Турысты на байдарцы са скорасцю $v_1 = 18\ \frac{\text{км}}{\text{г}}$ і рыбак на гумавай лодцы са скорасцю $v_2 = 2\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$ раўнамерна пераплываюць возера шырынёй $l = 400$ м. У колькі разоў адрозніваюцца прамежкі часу, затрачаныя на іх пераправу? Рашыце 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 прамежак часу пасля абгону адлегласць паміж імі складзе $s = 3$ км?

6. Два сябры 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?

7. Выкарыстаўшы інтэрактыўную мадэль 1 з раздзела «Механічны рух і ўзаемадзеянне цел», прадэманструйце адноснасць траекторыі руху.

Правообладатель Народная асвета

§ 18. Нераўнамерны (пераменны) рух. Сярэдняя скорасць

Мал. 103

Мал. 104

Мал. 105

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

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

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 прадметы (мал. 105). Але як жа тады характарызаваць гэты рух?

Нераўнамерны рух характарызуецца сярэдняй скорасцю. Як вызначыць сярэднюю 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.

Сярэднюю скорасць знаходзяць дзяленнем усяго шляху на ўвесь прамежак часу, за які гэты шлях пройдзены. Абазначым сярэднюю скорасць $\langle v \rangle$ і запішам формулу:

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

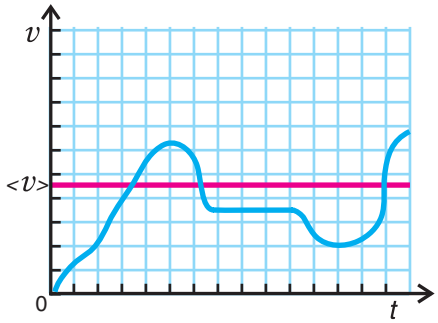
Тады цягнік «Мінск — Брэст» рухаецца з сярэдняй скорасцю

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

Вас не здзівіла, што мы выкарыстоўвалі формулу раўнамернага руху? Так, сапраўды, фар-

Правообладатель Народная асвета

мальна мы знайшлі сярэднюю 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 $\left(120\ \frac{\text{км}}{\text{г}}\right)$, 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. 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 прамежак часу, затрачаны на праходжанне гэтага шляху.

Кантрольныя пытанні

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

Правообладатель Народная асвета

Прыклады рашэння задач

1. Каця прайшла шлях $s_1 = 0{,}60$ км за прамежак часу $t_1 = 25$ мін. Затым спынілася і на працягу прамежку часу $t_2 = 20$ мін размаўляла з сяброўкай, пасля чаго пайшла далей і шлях $s_2 = 0{,}40$ км прайшла за прамежак часу $t_3 = 15$ мін. Вызначыце сярэднюю скорасць руху Каці.

Дадзена:
$s_1 = 0{,}60$ км
$s_2 = 0{,}40$ км
$t_1 = 25$ мін
$t_2 = 20$ мін
$t_3 = 15$ мін

$\langle v \rangle$ — ?

Рашэнне

Увесь шлях, які прайшла Каця:

$$s = s_1 + s_2.$$

Увесь затрачаны прамежак часу:

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

Сярэдняя скорасць руху Каці:

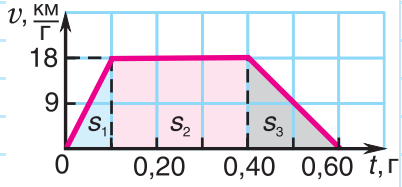
$$\langle v \rangle = \frac{s}{t} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2 + t_3}.$$

Вылічым $\langle v \rangle$:

$$\langle v \rangle = \frac{0{,}60\text{ км} + 0{,}40\text{ км}}{25\text{ мін} + 20\text{ мін} + 15\text{ мін}} = \frac{1{,}0\text{ км}}{60\text{ мін}} = \frac{1{,}0\text{ км}}{1{,}0\text{ г}} = 1{,}0\ \frac{\text{км}}{\text{г}}.$$

Адказ: $\langle v \rangle = 1{,}0\ \frac{\text{км}}{\text{г}}$.

2. Па графіку скорасці (мал. 107) вызначыце шлях, які праехаў веласіпедыст, і сярэднюю скорасць яго руху за прамежак часу $t = 0{,}60$ г.



Мал. 107

Рашэнне

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

$$s_1 = S_{\text{трохвуг}} = \frac{1}{2} v_1 t_1 = \frac{1}{2} \cdot 18\ \frac{\text{км}}{\text{г}} \cdot 0{,}10\text{ г} = 0{,}9\text{ км}.$$

Аналагічна можна знайсці шляхі s_2 и 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: $s = s_1 + s_2 + s_3 = 0{,}9$ км $+ 5{,}4$ км $+ 1{,}8$ км $= 8{,}1$ 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: $\langle v \rangle = 14\ \frac{\text{км}}{\text{г}}$.

Правообладатель Народная асвета

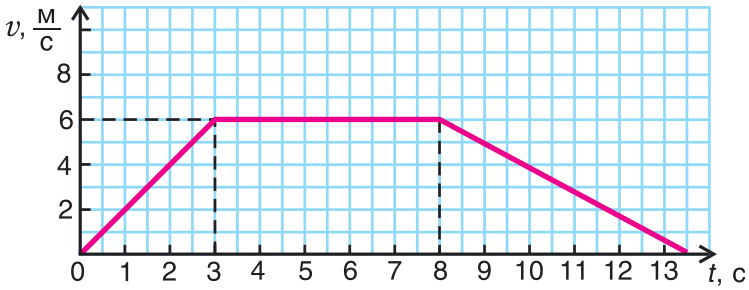
Практыкаванне 5

1. Яблык падае з вышыні $h = 2{,}2$ м за прамежак часу $t = 0{,}67$ с. Ці была скорасць падзення пастаяннай? Знайдзіце яе сярэдняе значэнне.

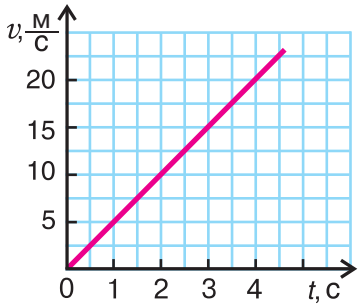
2. Па даным графіка (мал. 108) апішыце рух матацыкліста.

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

4. Графік скорасці руху шарыка па нахіленым жолабе прадстаўлены на малюнку 109. Знайдзіце сярэднюю скорасць руху шарыка за прамежак часу $t = 4$ 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 прабег са скорасцю $\upsilon_1 = 4{,}0\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а зваротны шлях прайшоў хуткім крокам са скорасцю $\upsilon_2 = 2{,}0\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Якая сярэдняя скорасць руху спартсмена? Знайдзіце другое рашэнне, у якім не спатрэбілася б данае $s = 1{,}8$ км.

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

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

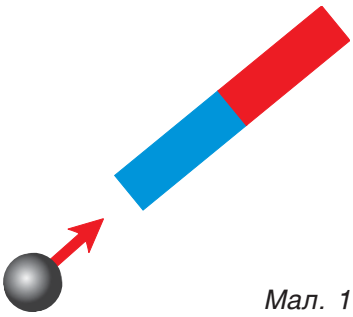
Мал. 110

9. Выкарыстаўшы інтэрактыўную мадэль, вызначыце сярэднюю скорасць руху божай кароўкі.

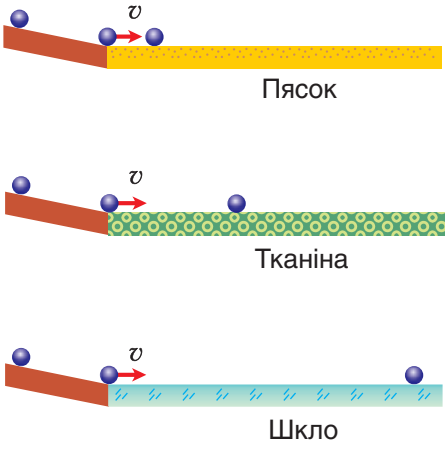
Правообладатель Народная асвета

§ 19. Чаму змяняецца скорасць руху цела. Інерцыя

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



Мал. 111



Мал. 112

Мал. 113

Разгледзім доследы. На стале ляжыць стальны 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. Менавіта іх дзеянні з'яўляюцца 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?

Разгледзім іншы дослед. Тры аднолькавыя шарыкі адначасова скочваюцца з аднолькавай вышыні (мал. 112). Дарожкі, па якіх затым рухаюцца шарыкі, адрозніваюцца тым, што першая з іх пасыпана пяском, другая пакрыта тканінай, а трэцяя — шклом. Рух па трэцяй дарожцы працягваецца даўжэй. Гэта адбываецца таму, што трэнне тут найменшае. Значыць, прычынай спынення руху шарыка з'яўляецца трэнне паміж паверхнямі шарыка і стала і, вядома, супраціўленне паветра. А калі б мы змаглі зусім ліквідаваць гэтыя прычыны, то шарык рухаўся б з пастаяннай скорасцю як заўгодна доўга.

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

Тое, што цела застаецца ў спакоі пры адсутнасці дзеяння іншых цел, цалкам зразумела. Але як жа цела можа само па сабе рухацца, калі ў паўсядзённым жыцці мы бачым, што цела ру-

Правообладатель Народная асвета

хаецца толькі тады, калі на яго дзейнічае іншае цела? Санкі (мал. 113) трэба цягнуць за вяроўку, лодка плыве пад дзеяннем вёсел (мал. 114). А 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 адхіляюцца назад. Чаму? А ці можа аўтамабіль спыніцца імгненна? Не. Якімі б моцнымі ні былі тармазы, інерцыя перашкаджае імгненнаму тармажэнню. Менавіта з-за інерцыі тармазны 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 сясцёр. 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, паравых турбінах і ветраных рухавіках (мал. 115) выкарыстоўваецца інерцыя руху вады, пары, ветру. Інерцыя адыгрывае карысную 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

Правообладатель Народная асвета

Для дапытлівых

Старажытнагрэчаскі філосаф Арыстоцель (IV ст. да н. э.) сцвярджаў, 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 ў тым, што ён верыў у інерцыю спакою, але не разумеў, што целам 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 аказання 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 павольна ідучы ў галалёд і паслізнуўшыся, падае на спіну?

Дамашняе заданне

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

Правообладатель Народная асвета

§ 20. Маса цела. Шчыльнасць рэчыва. Адзінкі шчыльнасці

Ці аднолькава лёгка змяніць скорасць розных цел? Міма нас пралятае камар. Ці цяжка змяніць яго скорасць? Дастаткова проста дунуць (мал. 117, *а*). А калі праязджае гружаны 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 прыкметна ў аўтамабіля, для змянення скорасці якога патрабуюцца вялікія і працяглыя ўздзеянні.

а

б

Мал. 117

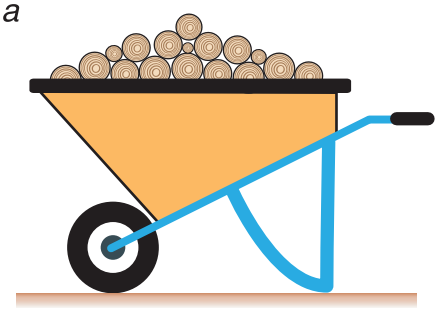
Для характарыстыкі інерцыі цела ў фізіцы выкарыстоўваецца фізічная велічыня, якая называецца *масай*. Чым больш масіўнае цела, тым цяжэй змяніць яго скорасць, тым у большай ступені яно супрацьстаіць такім змяненням. **Маса цела — мера яго інерцыі.** Часам гавораць: мера яго інертнасці.

Абазначым масу цела 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 роўна 1 г. Звярніце ўвагу! У кілаграмах вымяраецца адзіная фізічная велічыня — маса.

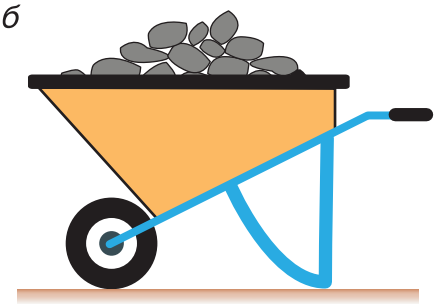
Ад чаго залежыць маса дадзенага цела? Параўнайце разгон і тармажэнне гружанага і парожняга аўтамабіляў. Зразумела, што маса цела залежыць ад колькасці рэчыва ў целе (ад колькасці малекул). Справа ў тым, што масу (г. зн. інерцыю) мае кожная малекула, таму масу ўсяго цела можна разглядаць як суму мас ўсіх 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.

Правообладатель Народная асвета

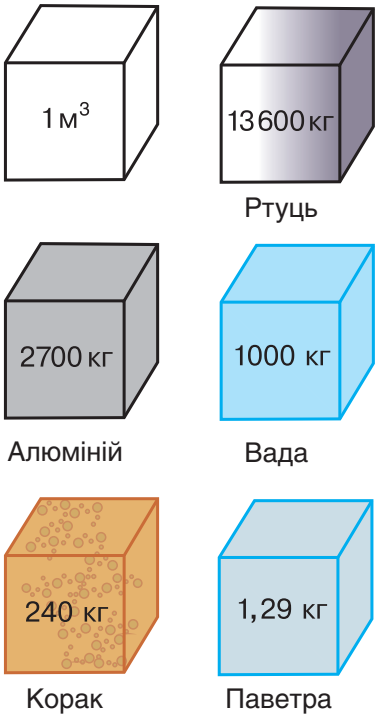
а



б



Мал. 118



Мал. 119

Задумайцеся над пытаннем: які вазок лягчэй зрушыць з месца — нагружаны сухімі дровамі (мал. 118, *а*) або нагружаны камянямі (мал. 118, *б*), якія маюць роўны з дровамі аб'ём? Вядома, вазок з дровамі. Яго маса меншая. Значыць, маса адзінкі аб'ёму дроў 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

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

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

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

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 сярэднюю шчыльнасць цела (параўнайце з сярэдняй скорасцю):

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

Правообладатель Народная асвета

Табліца 3. **Шчыльнасць рэчываў (пры нармальным атмасферным ціску)**

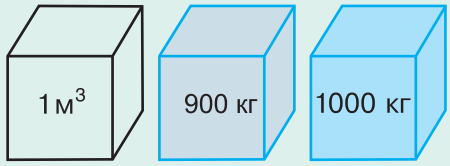
Рэчыва	ρ, $\frac{кг}{м^3}$	ρ, $\frac{г}{см^3}$	Рэчыва	ρ, $\frac{кг}{м^3}$	ρ, $\frac{г}{см^3}$
Рэчывы ў цвёрдым стане пры 20 °С					
Осмій	22 600	22,6	Мармур	2700	2,7
Ірыдый	22 400	22,4	Шкло аконнае	2500	2,5
Плаціна	21 500	21,5	Фарфор	2300	2,3
Золата	19 300	19,3	Бетон	2300	2,3
Свінец	11 300	11,3	Соль 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
Вадкасці пры 20 °С					
Ртуць	13 600	13,60	Газа	800	0,80
Серная кіслата	1800	1,80	Спірт	800	0,80
Гліцэрына	1200	1,20	Нафта	800	0,80
Вада марская	1030	1,03	Ацэтон	790	0,79
Вада	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

Правообладатель Народная асвета

Для дапытлівых

Асоба варта адзначыць цвёрды і вадкі стан аднаго і таго ж рэчыва.

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



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

З усіх відаў дрэў найменшай шчыльнасцю валодае драўніна дрэва бальса $\left(\rho = 100 - 120\ \frac{кг}{м^3}\right)$, якое расце ў тропіках Цэнтральнай і Паўночнай Амерыкі.

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

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 розных агрэгатных 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 чым паўгадзіны. Чаму?
3. Што называюць шчыльнасцю рэчыва?
4. Ці залежыць шчыльнасць дадзенага рэчыва ад аб'ёму цела?
5. Цагліну раскалолі на дзве роўныя часткі. Як змяніліся характарыстыкі (m, V, ρ) частак цела?
6. Вада ў пластыкавай бутэльцы замерзла. Якія з характарыстык цела (m, V, ρ) змяніліся і як?

Правообладатель Народная асвета

Прыклад рашэння задачы

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

Дадзена:

$\langle\rho\rangle \approx \rho_в = 1000\ \frac{кг}{м^3}$

V — ?

Рашэнне

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

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

Адказ: $V = 50$ дм^3.

Практыкаванне 6

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

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

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

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. Алавяная статуэтка аб'ёмам $V = 0{,}80$ 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 скрутка $m = 280$ г?

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

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

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

10. Чаму гіркі раўнавагі масай ад 1 г і болей выраблюць са сталі, а масай ад 500 мг і менеў — з алюмінію?

Правообладатель Народная асвета

§ 21. Сіла

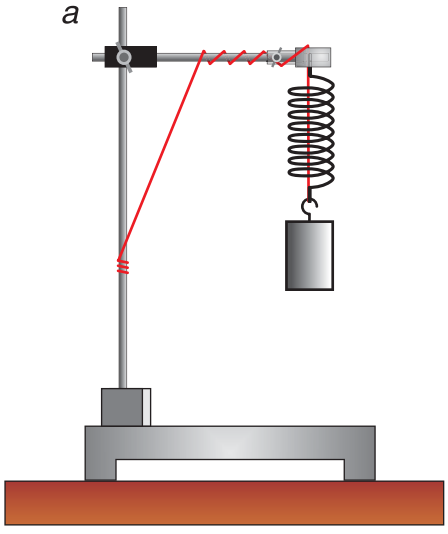
Змяніць скорасць руху цела можна шляхам уздзеяння на яго іншым целам. Чым большае гэта ўздзеянне, тым мацней змяняецца скорасць. Напружваючы мышцы рук, вы павялічваеце скорасць каляскі. Ваш старэйшы брат або бацька можа мацней уздзейнічаць на каляску і павялічыць скорасць яе руху яшчэ больш.

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

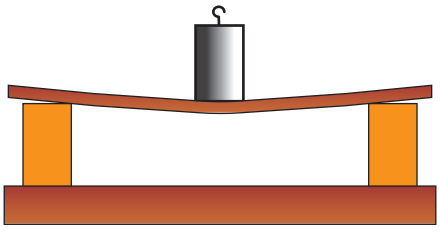
Сіла — колькасная мера ўздзеяння аднаго цела на другое.

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

Аднак дзеянне аднаго цела на другое прыводзіць не толькі да змянення скорасці. Будзем уздзейнічаць на спружыну гірай (падвесім яе да спружыны) (мал. 120, *а*). Дзеянне гіры на спружыну выклікае яе падаўжэнне (мал. 120, *б*). Гіра, якая 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.



Мал. 120

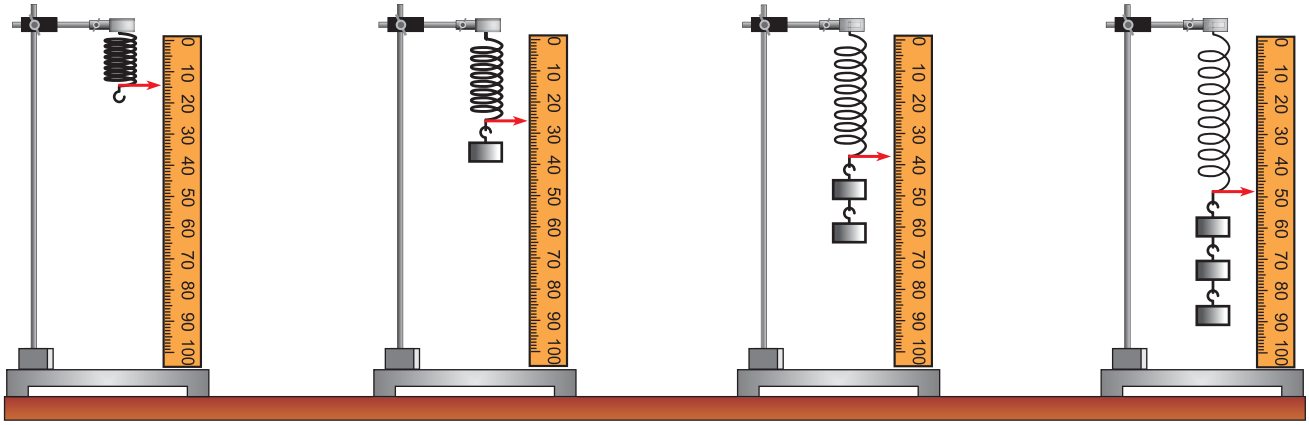


Мал. 121

Змяненне памераў або формы цела называецца дэфармацыяй. Значыць, **сіла з'яўляецца** не толькі прычынай змянення скорасці, але і **прычынай дэфармацыі цела.** Чым большая сіла, тым большая дэфармацыя. Сапраўды, падзейнічайце на спружыну больш цяжкай гірай, г. зн. 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** толькі тое, **што на цела дзейнічае іншае цела.**

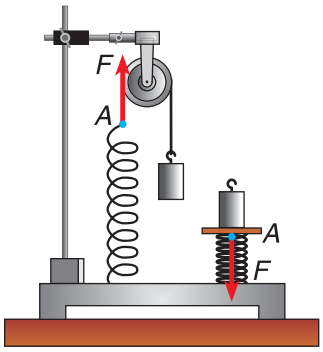
Правообладатель Народная асвета



Мал. 122

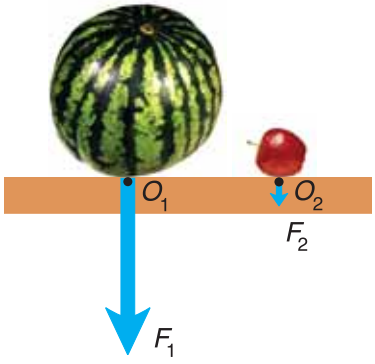
Звычайна сілу абазначаюць літарай F і рысуюць у выглядзе стрэлкі. Напрамак стрэлкі паказвае напрамак дзеяння сілы. Пачатак стрэлкі супадае з пунктам прыкладання сілы. Абсалютны лік, які выражае даўжыню стрэлкі, называюць модулем сілы.

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.



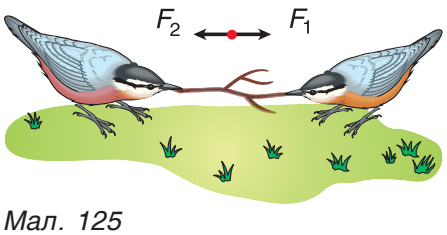
Мал. 123

Кавун і яблык (мал. 124) дзейнічаюць на стол з аднолькава накіраванымі, але рознымі па модулі сіламі. Яны прыкладзены да стальніцы 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 адчувае не адно, а адразу два ці больш дзеянняў, прычым часам проціллегла напрамку. Як будзе змяняцца скорасць руху цела ў гэтым выпадку? Калі модулі проціллегла накіраваных сіл роўныя, то, як і ў матэматыцы пры сумаванні роўных па модулі, але проціллеглых 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 цела змяняцца не будзе. На малюнку 125 сілы, прыкладзеныя да галінкі, кампенсуюць адна адну, і яна знаходзіцца ў стане спакою.



Мал. 125

Правообладатель Народная асвета

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 ўздзеяння, 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 стальніца непазбежна прагнецца, хоць гэта не заўсёды можна заўважыць.

Галоўныя вывады

1. Сіла з'яўляецца колькаснай мерай уздзеяння 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?

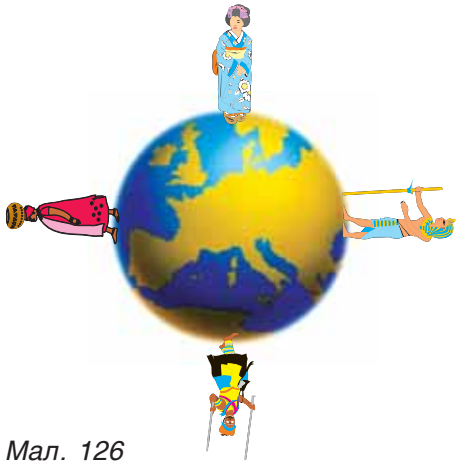
Дамашняе заданне

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.

Правообладатель Народная асвета

§ 22. З’ява прыцяжэння. Сіла цяжару

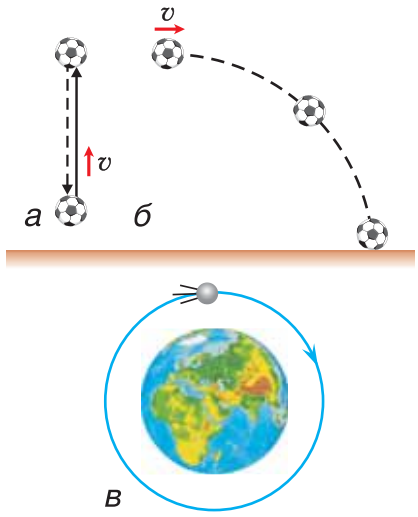
Паглядзіце на глобус. Гэта мадэль Зямлі. Зямля мае форму, блізкую да шара. Нам гэта здаецца натуральным. Але як былі здзіўлены людзі, упершыню пачуўшы пра гэта! Яны ніяк не маглі дапусціць думку пра тое, што людзі, якія жывуць на процілеглым баку Зямлі (мал. 126), не падаюць у бездань.



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

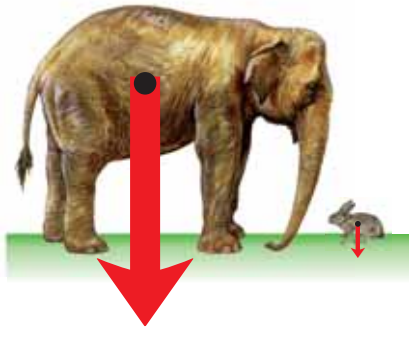
Сіла, з якой Зямля прыцягвае да сябе цела, называецца сілай цяжару.

Ці залежыць сіла цяжару ад масы цела? Вядома, так. 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:**

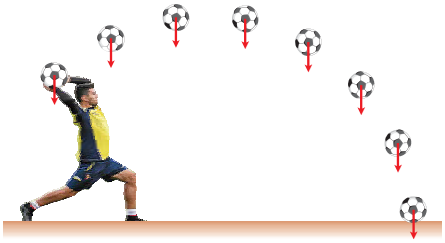
$$F_ц = gm,$$

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



Мал. 128

Правообладатель Народная асвета



Мал. 129

Сіла цяжару накіравана вертыкальна ўніз (мал. 129) і прыкладзена да цэнтра аднароднага цела.

А ці валодаюць іншыя планеты прыцяжэннем, як Зямля? Англійскі фізік і матэматык Ісаак Ньютан прыйшоў да высновы, што прыцяжэнне ўласціва наогул любому целу, якое мае масу, г. зн. усім целам Сусвету. Таму з'ява ўзаемнага прыцяжэння цел названа *сусветным прыцяжэннем*.

Для дапытлівых

Сіла цяжару залежыць не толькі ад масы цела, якое прыцягваецца, але і ад масы таго цела, якое прыцягвае (Зямля, Месяц і г. д.).

Усе нябесныя целы прыцягваюць да сябе любыя іншыя целы. Але паколькі масы і памеры нябесных цел розныя, то рознай будзе і дзеючая сіла прыцяжэння. Так, на Месяцы сіла цяжару, якая дзейнічае на цела, будзе амаль у 6 разоў меншай, чым на Зямлі.

Маса Зямлі вельмі вялікая: $m \approx 6\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$ т = $= 6 \cdot 10^{21}$ т, таму яе прыцяжэнне такое вялікае. Зямля прыцягвае не толькі целы, якія знаходзяцца на яе паверхні, але і аддаленыя ад яе (штучныя спадарожнікі, Месяц). Па меры аддалення сіла прыцяжэння памяншаецца (памяншаецца g), але захоўваецца прама прапарцыянальная залежнасць сілы цяжару ад масы цела.

Яшчэ больш моцнае прыцяжэнне мае Сонца, паколькі яго маса прыкладна ў 300 000 разоў большая за масу Зямлі. Менавіта таму Зямля і іншыя планеты рухаюцца вакол Сонца.

Галоўныя вывады

1. Усе целы ў Сусвеце валодаюць уласцівасцю прыцягваць да сябе іншыя целы.
2. Сіла, з якой Зямля прыцягвае да сябе целы, называецца сілай цяжару.
3. Сіла цяжару, якая дзейнічае на цела, прама прапарцыянальна яго масе.

Кантрольныя пытанні

1. Якую сілу называюць сілай цяжару?
2. Якія з'явы тлумачацца дзеяннем на цела сілы цяжару?
3. Як накіравана сіла цяжару?
4. Ад чаго залежыць значэнне сілы цяжару?

Правообладатель Народная асвета

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:

$\frac{\rho_ж}{\rho_д} = k$

$\frac{V_д}{V_ж} = n$

$\frac{F_ж}{F_д}$ — ?

Рашэнне

Сілы цяжару, якія дзейнічаюць на брускі, роўны:

$$F_ж = gm_ж;\ F_д = gm_д.$$

Масы брускоў роўны: $m_ж = \rho_ж V_ж;\ m_д = \rho_д V_д$.

Адносіна сіл:

$$\frac{F_ж}{F_д} = \frac{g\rho_ж V_ж}{g\rho_д V_д} = \frac{k}{n}.$$

Адказ: $\frac{F_ж}{F_д} = \frac{k}{n}$.

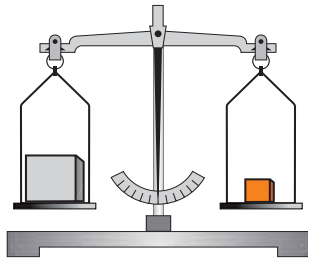
Практыкаванне 7

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, якія 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: а) сілы цяжару, якія дзейнічаюць на кубікі; б) шчыльнасці рэчываў, з якіх выраблены кубікі.

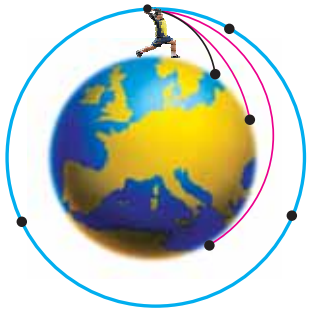


Мал. 130

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?

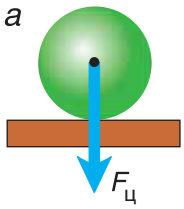
7. У адной з работ І. Ньютана прыведзены разважанні пра рух кідаемых цел. Сутнасць гэтых разважанняў адлюстравана на малюнку 131. Самастойна ўзнавіце сэнс разважанняў І. Ньютана.



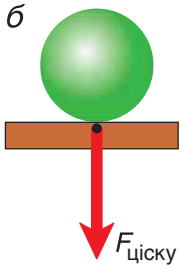
Мал. 131

Правообладатель Народная асвета

§ 23. Сіла пругкасці

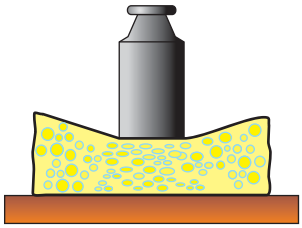


На гарызантальным стале ляжыць шар. Як і на ўсякае цела, на яго дзейнічае сіла цяжару $F_ц$ (мал. 132, *а*). Але чаму ён не падае ўніз? Гэтаму перашкаджае апора (стальніца). У чым выяўляецца дзеянне апоры на цела, якое на ёй ляжыць?



Мал. 132

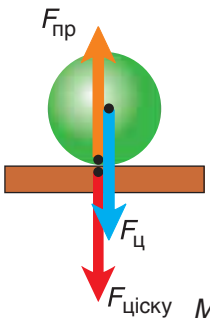
З § 21 вы ведаеце, што прыкладзеная да цела сіла (нават вельмі вялікая) не выклікае змяненне скорасці руху цела, калі яна скампенсавана (ураўнаважана) прыкладзенай да яго процілегла накіраванай іншай сілай. Як узнікае гэтая іншая сіла? У прыведзеным прыкладзе шар, прыцягваючыся Зямлёй, ціснe на стальніцу.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



Мал. 133

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 ціснe 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 дзеянне сілы цяжару $F_ц$.



Мал. 134

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

Правообладатель Народная асвета

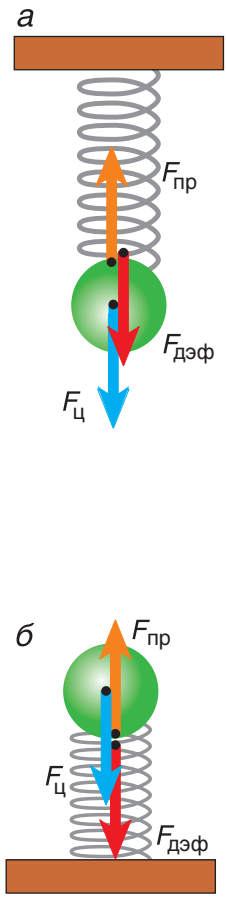
ўніз. Але рух шара не працягваецца неабмежавана. Што ж перашкаджае руху?

Як і ў выпадку з шарам, які ляжаў на стале, перашкаджае сіла пругкасці $F_{пр}$. Яна прыкладзена да вісячага шара, накіравана проціległа дэфармуючай сіле і роўна ёй па лікавым значэнні.

А цяпер змесцім шар на спружыну зверху (мал. 135, *б*). Спружына сціснецца пад дзеяннем сілы ціску $F_{ціску} = F_{дэф}$, прыкладзенай да яе. Перашкаджаць руху шара будзе сіла пругкасці $F_{пр}$, 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 $F_{пр}$ прыкладзена да цела, якое выклікала дэфармацыю апоры або падвеса. Яна проціległая па напрамку і лікава роўна дэфармуючай сіле $F_{дэф}$. Але варта зняць дэфармуючую сілу — і расцяжэнне, сціскання або прагін знікаюць, г. зн. дэфармаванае цела (спружына, стол) аднаўляе свае першапачатковыя памеры і форму.



Мал. 135

Для дапытлівых

Часам пасля дзеяння вялікай дэфармуючай сілы цела не вяртаецца да першапачатковай формы. Напрыклад, купляючы ў краме батон, вы вызначаеце яго свежасць, дэфармуючы спецыяльнай лыжкай. Пры ўздзеянні на батон невялікай сілы ён пасля спынення ўздзеяння аднаўляе форму, але калі вы перастараецеся, націскаючы лыжкай, батон так і не зможа пазбавіцца ад свайго непрывабнага дэфармаванага выгляду.

Паколькі сіла пругкасці ўзнікае ў адказ на ўздзеянне (апора, падвес рэагуюць на ўздзеянне), то сілу пругкасці часта называюць яшчэ *сілай рэакцыі*.

Правообладатель Народная асвета

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. Сіла пругкасці процілеглая дэфармуючай сіле, але іх модулі роўныя.

Кантрольныя пытанні

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

Мал. 136

Мал. 137

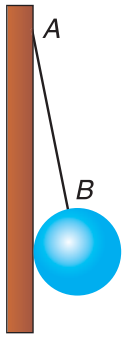
Практыкаванне 8

1. Кубак стаіць на стале (мал. 136). Намалюйце ўсе сілы, якія дзейнічаюць на кубак. Якая з іх з'яўляецца сілай пругкасці?

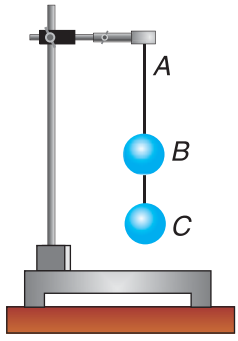
2. Якія сілы дзейнічаюць на пліту, якую падымае пад'ёмны кран (мал. 137)? Намалюйце іх і вызначыце, узаемадзеянне якіх цел яны выражаюць.

3. Шар, падвешаны на нітцы *AB* (мал. 138), абапіраецца на гладкую вертыкальную сцяну. Адлюструйце ўсе сілы, прыкладзеныя да шара.

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



Мал. 138



Мал. 139

Правообладатель Народная асвета

§ 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 добра знаёма з папярэдняга параграфа. 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 знаходзяцца пад дзеяннем 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 (стальніцы), 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:

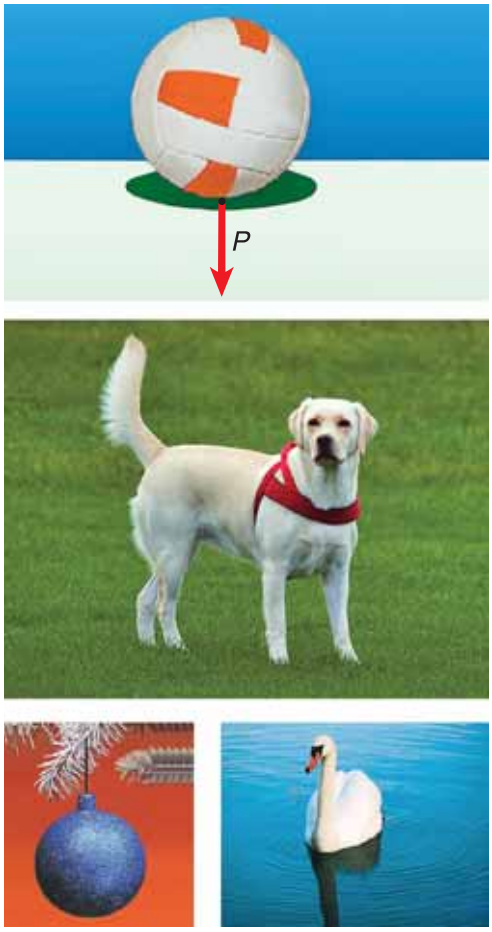
$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4.$$

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

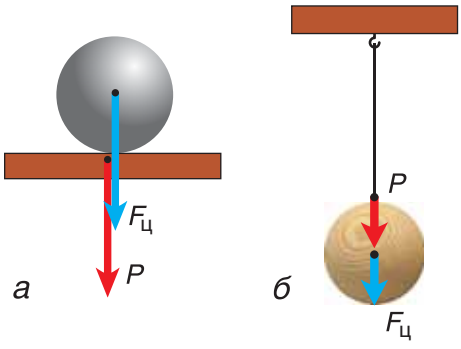
Зноў параўнаем сілу цяжару і вагу цела. У гэтых сіл ёсць агульнае: яны выкліканы прыцяжэннем Зямлі. Гэтыя сілы вельмі часта (часта, але не заўсёды) колькасна роўны адна адной. Але ў сілы цяжару і вагі ёсць адрозненні.

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

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

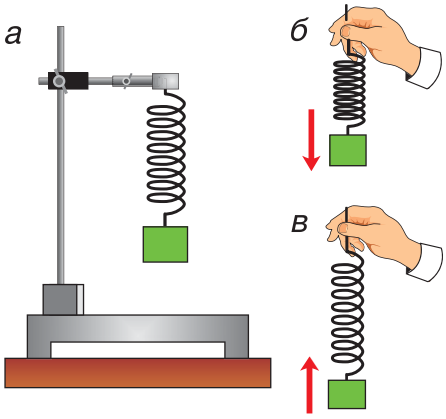


Мал. 140



Мал. 141

Правообладатель Народная асвета



Мал. 142

вага цела можа быць не толькі роўнай, але большай або 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** (з разгонам) апусцім (мал. 142, *б*) або паднімем (мал. 142, *в*) груз у вертыкальным напрамку, то будуць назірацца змяненні ў расцяжэнні спружыны, што паказвае на змяненні вагі цела.

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

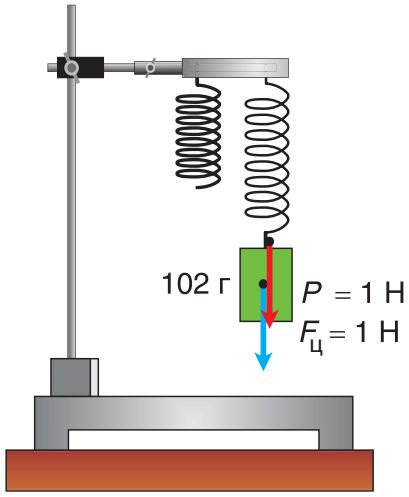
1. Што называюць вагой цела? Да чаго яна прыкладзена?
2. У чым адрозненне вагі цела ад сілы цяжару?
3. У якім выпадку вага цела роўна дзеючай на яго сіле цяжару?
4. Ці былі вы ў стане бязважкасці? Аргументуйце свой адказ.

Правообладатель Народная асвета

§ 25. Адзінка сілы. Вымярэнне сілы

Сіла характарызуецца лікавым значэннем (модулем), напрамкам і пунктам прыкладання. Каб вызначыць лікавае значэнне сілы, трэба ўмець вымераць сілу, г. зн. параўнаць яе 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. Выходзячы з гэтага, была абрана ў **СІ адзінка сілы — 1 ньютан (1 Н),** названая ў гонар англійскага вучонага Ісаака Ньютана. Існуюць кратныя і дольныя адзінкі сілы: 1 кН = 1000 Н, 1 мН = 0,001 Н.



Мал. 143

Але сіла, як вам ужо вядома, 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 Н? Даследаванні паказалі, што **з сілай $F = 1{,}0$ Н Зямля прыцягвае цела масай $m = 0{,}102$ кг.**

Вызначым цяпер 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 кг Зямля дзейнічае з сілай $F \approx 1{,}0$ Н, то:

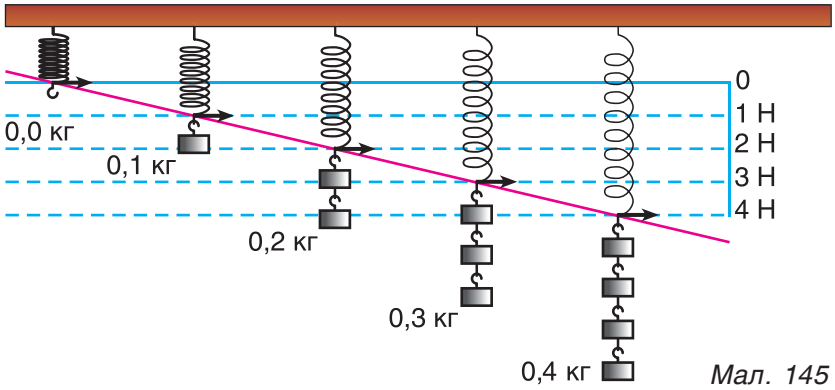
$$g = \frac{1{,}0\ \text{Н}}{0{,}102\ \text{кг}} \approx 9{,}8\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}.$$

Значыць, калі маса цела роўна 1,0 кг, то дзеючая на яго сіла цяжару $F = gm = 9{,}8$ Н. Такім чынам, і вага гэтага цела (калі яно знаходзіцца ў стане спакою або рухаецца раўнамерна) $P = 9{,}8$ Н. Ні ў якім разе нельга прыраўноўваць вагу і масу, што, на жаль, часта сустракаецца ў быце. Гэта зусім розныя фізічныя велічыні, і адзінкі ў іх розныя. Маса вымяраецца ў кілаграмах, вага — у ньютанах (мал. 147). Калі ваша маса $m = 50$ кг, то ваша вага $P \approx 500$ Н.

Мал. 144

Правообладатель Народная асвета

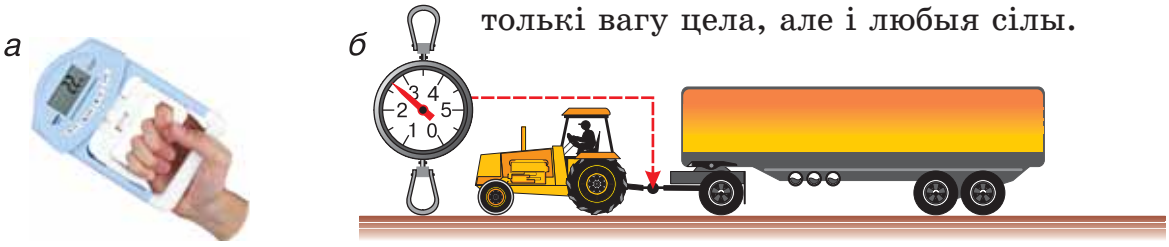
Мал. 146



Мал. 145

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

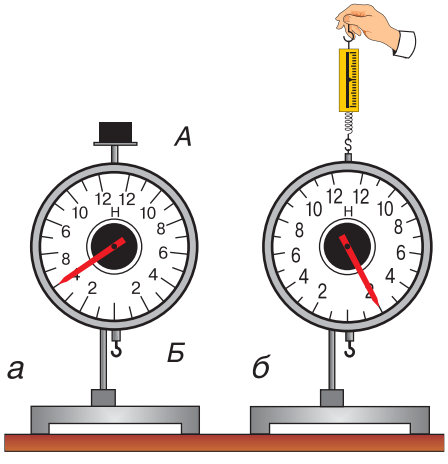
Спружына з паказальнікам і шкалой уяўляе сабой прыбор для вымярэння сіл — *дынамометр* (ад грэч. *dynamis* — сіла і *metreo* — мераю) (мал. 146). Дынамометрамі можна вымяраць не толькі вагу цела, але і любыя сілы.



Мал. 147

Дынамометры бываюць розных тыпаў і памераў у залежнасці ад таго, для вымярэння вялікіх ці малых 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 рэечнай перадачай* (мал. 148). Ён дазваляе вымяраць сілу, накіраваную ўніз, напрыклад сілу, якую стварае цела, што ляжыць на апоры *А* (мал. 148, *а*), або вагу падвешанага да падвеса *Б* цела. Такім дынамометрам можна вымяраць і сілу, накіраваную ўверх (мал. 148, *б*).



Мал. 148

Правообладатель Народная асвета

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 адзінкай сілы з'яўляецца 1 ньютан.
2. Сілу вымяраюць з дапамогай дынамометра.
3. З сілай F = 1 Н Зямля прыцягвае цела масай m = 0,102 кг.
4. У формуле $F_{\text{ц}} = gm$ сілы цяжару, 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 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. Далей вы зможаце выкарыстоўваць свой дынамометр у быце для ўзважванняў, якія не патрабуюць высокай дакладнасці.

Правообладатель Народная асвета

Прыклад рашэння задачы

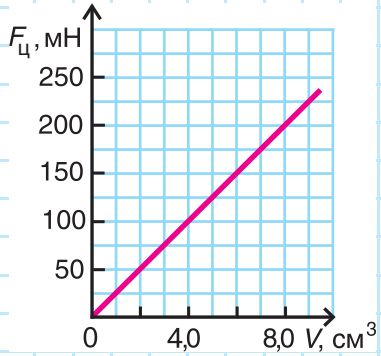
Залежнасць сілы цяжару, якая дзейнічае на пясок у пясочным гадзінніку, ад яго аб'ёму прадстаўлена на малюнку 149. Вызначыце шчыльнасць пяску. Каэфіцыент g прыміце роўным $10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Р а ш э н н е

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, выкарыстаўшы даныя графіка: $F_{\text{ц}} = 100\ \text{мН} = 0{,}10\ \text{Н}$. Тады

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

А д к а з: $\rho = 2{,}5\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.



Мал. 149

Практыкаванне 9

1. Якія вагу і сілу цяжару маюць яблык, кабачок і кавун, калі іх масы адпаведна роўны: $m_1 = 0{,}1$ кг, $m_2 = 0{,}5$ кг, $m_3 = 3$ кг? У гэтай і наступных задачах лічыце $g = 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

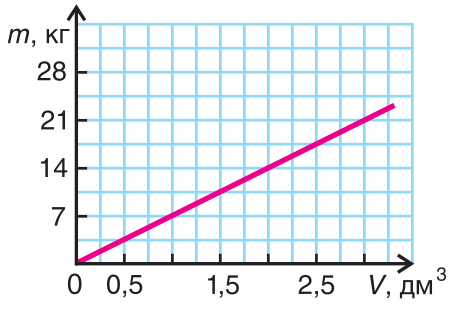
2. Вызначыце вагу і сілу цяжару, якая дзейнічае на цагліну аб'ёмам $V = 0{,}80\ \text{дм}^3$, што ляжыць на дошцы. Намалюйце гэтыя сілы.

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

4. У 2008 г. беларускі штангіст А. Арамнаў стаў пераможцам XXIX Алімпійскіх гульняў, усталяваўшы тры сусветныя рэкорды. У штуршку ён падняў штангу масай $m = 236$ 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 $P = 54$ Н. Вызначыце масу адной пліткі шакаладу, калі маса пустой скрыні $m = 0{,}40$ 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, што мае аб'ём $V = 1{,}0\ \text{дм}^3$?

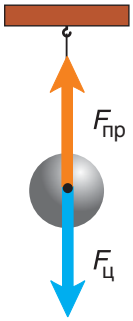


Мал. 150

Правообладатель Народная асвета

§ 26. Складанне сіл. Раўнадзейная сіла

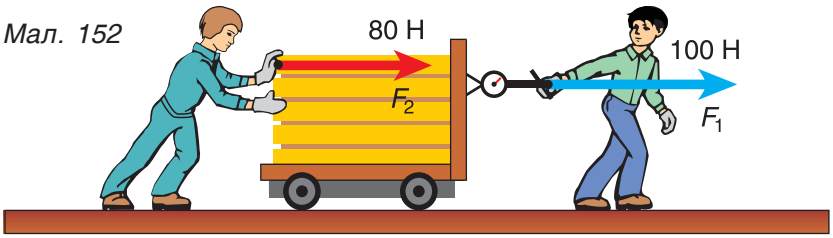
На любое цела дзейнічае хоць бы адна сіла — сіла цяжару. Але часцей за ўсё на цела дзейнічае некалькі сіл. Напрыклад, на шарык (мал. 151) дзейнічаюць Зямля і нітка (дзве сілы). Які вынік дзеяння?



Мал. 151

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?

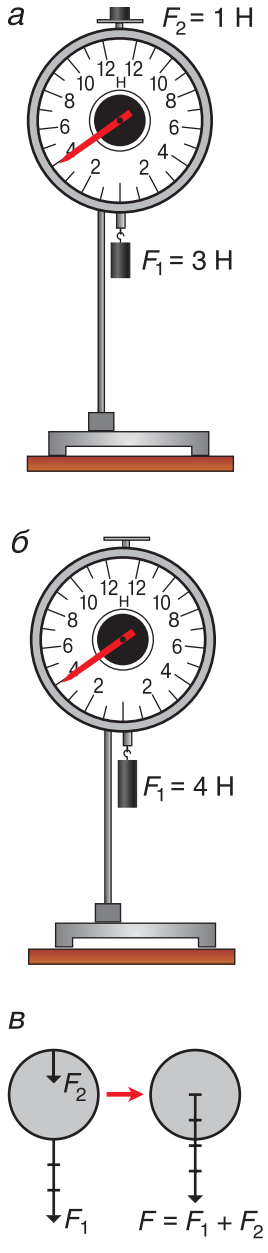
Мал. 152



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.

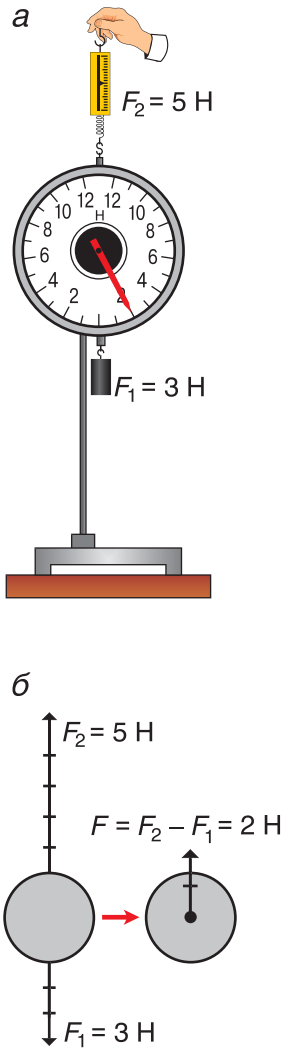
Сіла, якая аказвае на цела такое ж дзеянне, як некалькі сіл, што дзейнічаюць на яго адначасова, называецца раўнадзейнай гэтых сіл.

Як накіравана раўнадзейная? Правядзём такі дослед. Да ніжняга кручка рэечнага дынамометра падвесім груз вагой $P_1 = F_1 = 3$ Н, а на столік змесцім груз вагой $P_2 = F_2 = 1$ Н (мал. 153, *а*). 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 самае дзеянне, як два грузы вагой $P_1 = 3$ Н і $P_2 = 1$ Н. Значыць,

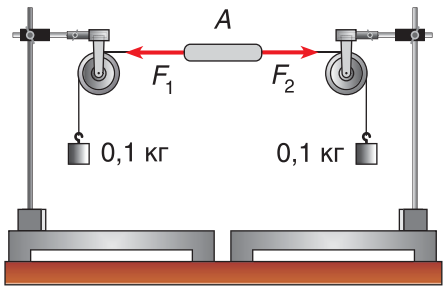


Мал. 153

Правообладатель Народная асвета



Мал. 154



Мал. 155

сіла F = 4 Н = 3 Н + 1 Н — раўнадзейная дзвюх сіл, прыкладзеных да дынамометра. Пакажам гэтыя сілы схематычна (гл. мал. 153, *в* на с. 91).

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 рэечнага 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 (гл. § 21, с. 77).

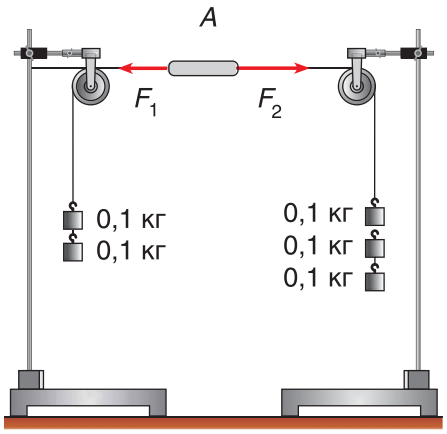
Адкажам яшчэ на адно важнае пытанне: як паводзіць сябе цела пры скампенсаваных сілах, г. зн. пры нулявым значэнні раўнадзейнай? Правядзём спачатку дослед. Возьмем пенапластавую пласцінку A вельмі малой масы. Падзейнічаем на пласцінку аднолькавымі па модулі сіламі пругкасці нітак F_1 і F_2 (мал. 155). 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**

Правообладатель Народная асвета

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

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

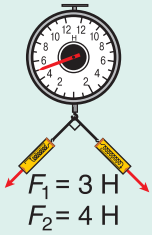
Звярніце ўвагу! **Знаходзіць раўнадзейную можна толькі для сіл, прыкладзеных да аднаго цела.**



Мал. 156

Для дапытлівых

Калі прыкладзеныя да цела сілы дзейнічаюць не ўздоўж адной прамой, то модуль раўнадзейнай сілы не роўны арыфметычнай суме сіл. У паказаным на малюнку доследзе прыкладзеныя сілы — $F_1 = 3$ Н, $F_2 = 4$ 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.

Правообладатель Народная асвета

Прыклад рашэння задачы

На аўтамабіль масай $m = 2{,}0$ т, які рухаецца раўнамерна па прамалінейным гарызантальным участку шашы, дзейнічае сіла супраціўлення руху $F_{супр} = 8{,}0$ кН. Вызначыце сілу цягі, якую развівае рухавік аўтамабіля. Намалюйце ўсе сілы, якія дзейнічаюць на аўтамабіль (маштаб: 0,5 см — 4000 Н). Знайдзіце іх раўнадзейную.

Дадзена:

$m = 2{,}0$ т $= 2{,}0 \cdot 10^3$ кг

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

$F_{цягі}$ — ?

$F_р$ — ?

Рашэнне

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

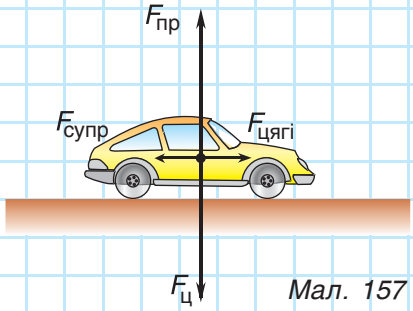
Намалюем $F_{супр}$ у рэкамендаваным маштабе (мал. 157). Паколькі рух аўтамабіля раўнамерны, то раўнадзейная сіл:

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

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

Аналагічна $F_{пр} - F_ц = 0$, значыць, $F_р = 0$.

Адказ: $F_{цягі} = 8{,}0$ кН; $F_р = 0$.



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 сіл, 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 сіл, прыкладзеных да кабіны ліфта. Намалюйце гэтыя сілы (маштаб: 0,5 см — 400 Н). Ці з'яўляецца рух кабіны раўнамерным? Тут і ў наступных задачах каэфіцыент g прыняць роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

4. Пад дзеяннем двух чыгунных кубікаў аб'ёмам $V = 0{,}10$ дм^3 кожны спружына расцягнулася на $l = 5$ см. На колькі расцягнецца спружына, калі да яе падвесіць чыгунную дэталь масай $m_2 = 1{,}4$ кг?

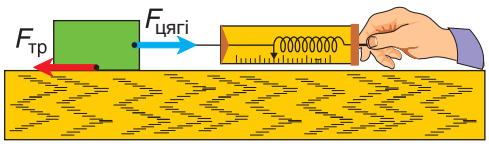
Правообладатель Народная асвета

§ 27. Трэнне. Сіла трэння

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 гарызантальна з сілай, роўнай па модулі сіле трэння. Ад чаго залежыць сіла трэння?

Мал. 158

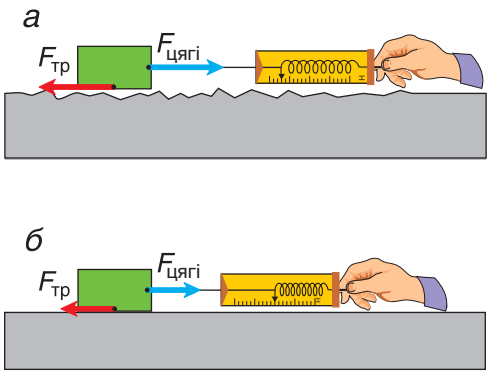
Правядзём дослед. Будзем пры дапамозе дынамометра раўнамерна перамяшчаць брусок па гарызантальнай паверхні стала (мал. 159). Дынамометр паказвае, што на брусок дзейнічае сіла цягі, але скорасць руху бруска не змяняецца. Значыць, на брусок дзейнічае яшчэ адна сіла — кампенсуючая сіла. Гэтай сілай з'яўляецца сіла трэння $F_{тр}$. Раўнадзейная сіл $F_{цягі}$ і $F_{тр}$ 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 нарастаць. А калі $F_{цягі}$ меншая за $F_{тр}$ — памяншацца.



Мал. 159

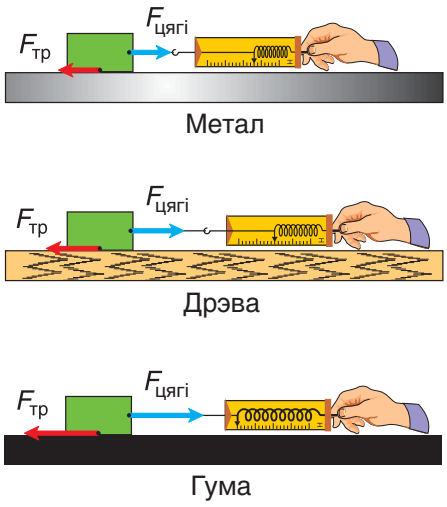
Такім чынам, **сіла трэння слізгання ўзнікае пры руху аднаго цела па паверхні другога і накіравана ў бок, процілеглы руху.**

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



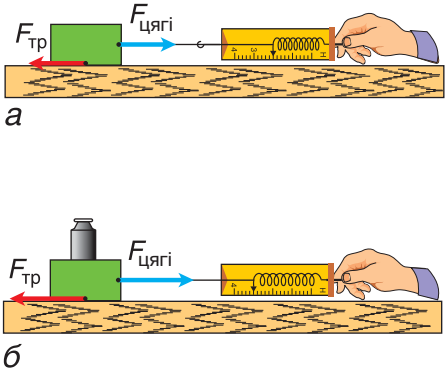
Мал. 160

Правообладатель Народная асвета



Мал. 161

Мал. 162



Мал. 163

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 участкамі пры руху цел такая малая, што 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 датыкаюцца цвёрдыя паверхні цел, трэнне называюць *сухім*.

Ад чаго яшчэ залежыць сіла сухога трэння? Дадзім адказ, зыходзячы з доследу. Будзем раўнамерна рухаць брусок па розных паверхнях: па паверхнях металу, дрэва, гумы — з прыкладна аднолькавай якасцю апрацоўкі (мал. 161). Дынамометр паказвае розную сілу цягі. Такім чынам, сілы трэння дрэва па метале, дрэва па дрэве, дрэва па гуме будуць розныя. Найбольшая сіла трэння пры руху па паверхні гумы. Невыпадкова падэшвы ў спартыўным абутку (мал. 162) робяць гумавымі і рэльефнымі.

Паставім цяпер на брусок гіру і параўнаем сілы трэння пры раўнамерным руху ненагружанага бруска (мал. 163, *а*) і бруска з гірай. Бачна, што ў другім выпадку (мал. 163, *б*) 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.**

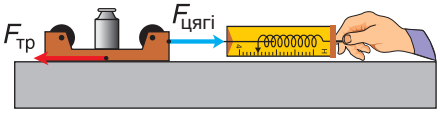
Як паменшыць трэнне? Тут ёсць два шляхі. Першы — замяніць трэнне слізгання трэннем качэння. Праробім такі дослед. Будзем раўнамерна перамяшчаць металічную калясачку па стальніцы слізганнем (мал. 164, *а*) і качэннем (мал. 164, *б*).

Правообладатель Народная асвета

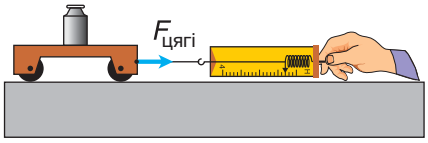
Сіла трэння ў другім выпадку значна меншая, хаця матэрыял паверхняў і прыціскаючая сіла не змяняюцца. Значыць, трэнне качэння меншае за трэнне слізгання. З цяжкім чамаданам справіцца лёгка, калі прымацаваць да яго колы.

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 так, што паверхні перастаюць дакранацца адна да адной. Пры гэтым сухое трэнне замяняецца трэннем слаёў вадкасці (масла), а яно ў 8—10 разоў меншае.

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



а



б

Мал. 164

Для дапытлівых

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

У машынах для замены трэння слізгання трэннем качэння выкарыстоўваюць шарыкавыя і ролікавыя падшыпнікі. Падшыпнікі дыяметрам 1,5—2 мм ужываюць у дакладных вымяральных прыборах. Вал машыны або другога 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

Змажце мылам паверхні высоўнай шуфляды, якія труцца. Слізганне шуфляды стане больш лёгкім. Намачыце мыльнай вадой палец, на які шчыльна надзета кольца. Кольца здымецца лёгка. Растлумачце вынікі доследаў.

Правообладатель Народная асвета

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.

Кантрольныя пытанні

1. У якіх выпадках узнікае сіла трэння і чым яна абумоўлена?
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 паменшыць?
6. Якія сілы вы пераадольваеце, 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. Спадарожны вецер дзейнічае на буер (спартыўныя сані з парусам) з сілай $F = 400$ Н, рухаючы яго з пастаяннай скорасцю. Разлічыце і пакажыце ў сшытку ўсе сілы, прыкладзеныя да буера ў гарызантальным напрамку. Чаму роўна раўнадзейная ўсіх сіл, прыкладзеных да буера?

6. Чаму ў вытворчасці чыгуначных лакаматываў (цеплавозаў, электравозаў) не выкарыстоўваюць лёгкія сплавы алюмінію, якія шырока прымяняюцца ў самалётабудаванні?

Правообладатель Народная асвета

4

Ціск

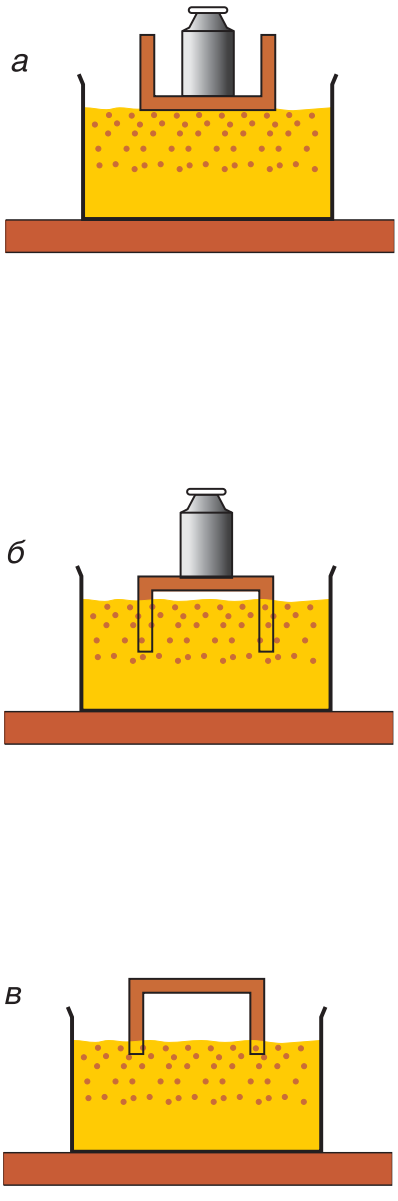
- Чаму ў камбайна колы шырокія, а нажы вострыя?
- Чаму рыбы могуць плаваць на большай глыбіні, чым падводныя лодкі?
- Як караблю пераплыць з адной ракі ў другую, калі ўзроўні вады ў рэках розныя?

Правообладатель Народная асвета

§ 28. Ціск. Адзінкі ціску

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 перавернем 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 пяска 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, не мяняючы плошчу паверхні, на якую яна дзейнічае (мал. 166, *в*)? Ножкі апусцяцца ў пясок, але не так моцна.



Мал. 166

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:

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

Правообладатель Народная асвета

У СІ 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 ўтвараецца 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.

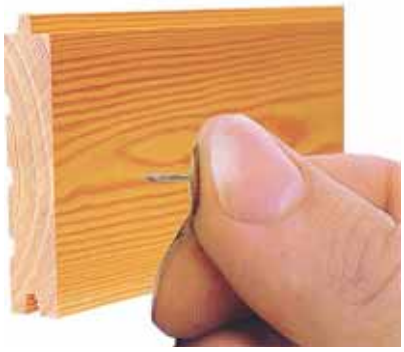
Сілай ціску можа быць не толькі вага цела, але і любая сіла, перпендыкулярная паверхні, на якую яна дзейнічае.

Просты прыклад: вы заганяеце канцылярскую кнопку ў вертыкальную дошку (мал. 167). Сілай ціску на кнопку з'яўляецца сіла дзеяння 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 забяспечваюць 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



Мал. 167

Мал. 168

Мал. 169

Правообладатель Народная асвета

Мал. 170

Мал. 171

Мал. 172

плошчы 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 іголкамі, дзюбамі, кіпцюрамі (мал. 172), зубамі, іклами, 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, і чым меншая плошча паверхні, на якую дзейнічае сіла ціску, тым большы ціск.
3. У СІ адзінкай ціску з'яўляецца 1 Па.

Правообладатель Народная асвета

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 ўтвараеце вы, стоячы на падлозе; параўнайце атрыманыя вынікі з прыведзеным значэннем і растлумачце прычыну разыходжання гэтых значэнняў*). Гусенічны трактар стварае ціск на глебу ў 40—60 кПа, колы вагона на рэйкі — каля 50 000 кПа.

Прыклад рашэння задачы

Сяміклясьнік масай $m = 50$ кг стаіць на падлозе. Вызначыце ціск, які ён утварае на падлогу, калі плошча судакранання падэшвы яго чаравіка з падлогай $S = 0{,}50$ дм^2. Каэфіцыент $g \approx 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Дадзена:

$m = 50$ кг

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

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

p — ?

Рашэнне

Ціск, які ўтварае сяміклясьнік на падлогу:

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

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

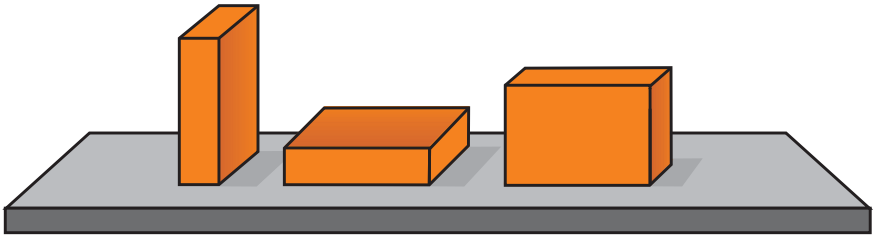
$$p = \frac{gm}{2S}; \quad p = \frac{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 50 \text{ кг}}{2 \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2} = 50\,000 \text{ Па} = 50 \text{ кПа}.$$

Адказ: $p = 50$ кПа.

Правообладатель Народная асвета

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 стальніцу, калі вага кубка $P = 2{,}4$ Н, а плошча яго дна $S = 0{,}60$ дм^2.

3. Швачка пры шыцці, дзейнічаючы на іголку з плошчай вастрыя $S = 0{,}02$ мм^2, 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 вышынёй $h = 8{,}0$ м і плошчай сячэння $S = 1{,}5$ м^2? Каэфіцыент $g = 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

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 пераварочванні яго ў два іншыя становішчы ціск на паверхню змяняецца ў 2,5 і 5,0 раза.

Правообладатель Народная асвета

§ 29. Ціск газу

Газы, як і цвёрдыя целы, таксама ўтвараюць ціск. Але цвёрдыя целы перадаюць ціск у тым напрамку, у якім дзейнічае сіла ціску. Кнопка (гл. мал. 167, с. 101) перадае ціск перпендыкулярна дошцы, рыдлёўка (мал. 174) — у напрамку сілы ціску нагі і г. д.

А вось газы перадаюць ціск ва ўсе бакі. Чым абумоўлена такая асаблівасць газаў? Ад чаго залежыць ціск газу?

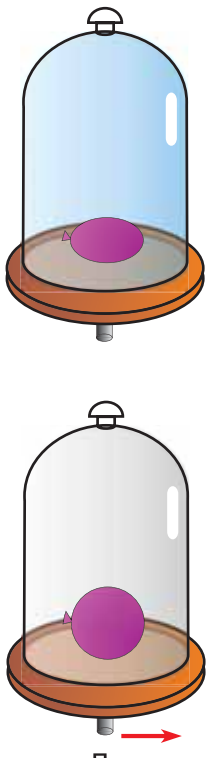
Мал. 174

Вам ужо вядома, што газы, як вадкасці і цвёрдыя целы, складаюцца з часціц (атамаў, малекул). Але адлегласці паміж часціцамі ў газаў большыя, чым у вадкасцей і цвёрдых цел. Таму сілы ўзаемадзеяння паміж часціцамі ў газаў практычна адсутнічаюць (акрамя працэсаў сутыкнення). Рухаючыся хаатычна, яны сутыкаюцца паміж сабой і са сценкамі пасудзіны. Паколькі лік часціц газу ў пасудзіне надзвычай вялікі (напрыклад, 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.

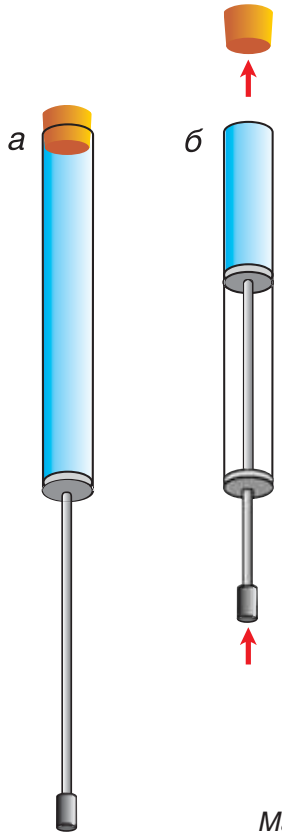
Пацвердзім гэта доследам. Пад шкляны каўпак змесцім завязаны гумавы шар, унутры якога знаходзіцца газ (мал. 175). Будзем адпампоўваць паветра з-пад каўпака. Аб'ём шара па меры адпампоўкі паветра з-пад каўпака павялічваецца. Гэта звязана з тым, што ціск газу пад каўпаком становіцца меншым, чым унутры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

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



Мал. 175

Правообладатель Народная асвета



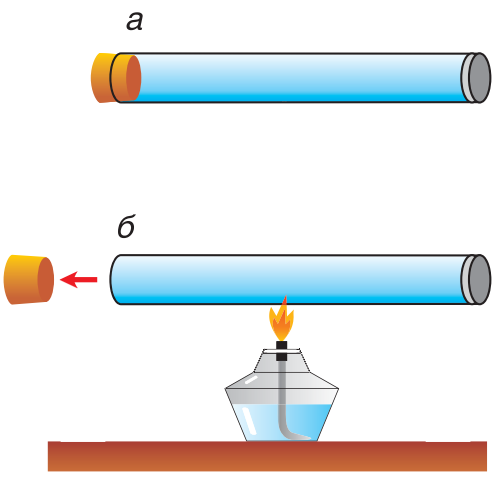
Мал. 176

Як 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 лік часціц у адзінцы аб'ёму.

Пацвердзім сказанае доследам. У коркавым пісталеце паміж коркам і поршнем знаходзіцца паветра (мал. 176, *а*), якое аказвае ціск па ўсіх напрамках. Калі поршнем сціскаць газ, 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 колькасці ўдараў аб сценкі. Ціск газу ўзрастае. А з павелічэннем ціску расце сіла ціску газу на корак, і ён вылятае з пісталета. Калі павялічваць аб'ём газу пры пастаяннай тэмпературы, то ціск будзе памяншацца.

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



Мал. 177

Другі шлях змяніць (напрыклад, павялічыць) ціск газу — гэта змяніць сілу ўдару часціц аб сценкі. Для гэтага трэба газ нагрэць. Тады скорасць хаатычнага руху часціц павялічыцца, і, такім чынам, павялічыцца і сіла ўдараў іх аб сценкі. Гэта ў сваю чаргу азначае павелічэнне сілы ціску на адзінку плошчы сценкі.

Залежнасць ціску ад тэмпературы можна пацвердзіць доследам. Калі аб'ём газу ў коркавым пісталеце (мал. 177, *а*) захоўваць пастаянным, але павышаць тэмпературу газу, падагравaючы яго на спіртоўцы (мал. 177, *б*), то корак вылеціць з прычыны павелічэння ціску. Значыць, **чым вышэйшая тэмпература газу, тым большы яго ціск; чым ніжэйшая тэмпература газу, тым меншы ціск.**

Правообладатель Народная асвета

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 павысіць (расшырыць) яго аб'ём пры пастаяннай тэмпературы або ахалоджваць газ, захоўваючы яго аб'ём.

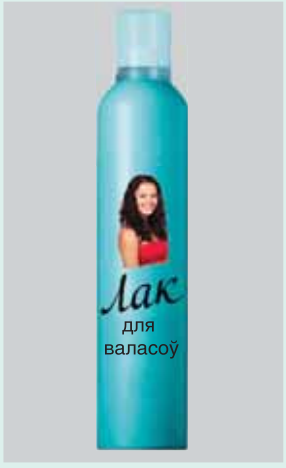
Кантрольныя пытанні

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 заўсёды рэкамендуецца захоўваць пад навесам, куды не трапляюць сонечныя прамені?

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.*

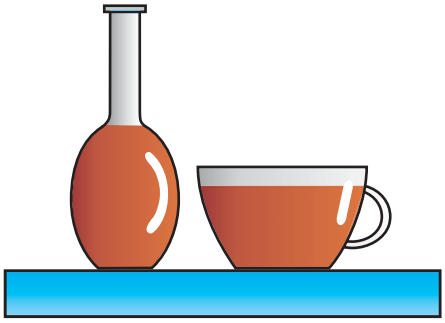
На балоне з лакам для валос напісана: «Засцерагаць ад уздзеяння прамых сонечных прамяняў і награвання вышэй за +50 °С!» Растлумачце неабходнасць такіх мер бяспекі з пункту гледжання фізікі.



Правообладатель Народная асвета

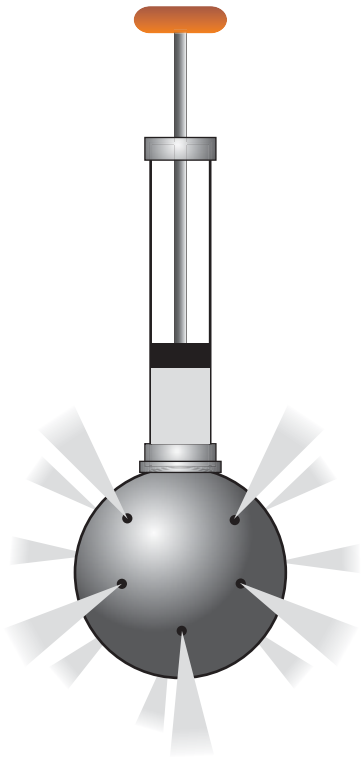
§ 30. Перадача ціску газамі і вадкасцямі. Закон Паскаля

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. 178

Акрамя таго, некаторыя законы для вадкасцей і газаў аднолькавыя. Разгледзім адзін з іх. Правядзём дослед. Шар з адтулінамі запоўнім дымам і далучым да трубкі з поршнем. Дым з паветрам, якое ёсць у шары, зойме ўвесь аб'ём шара. Будзем перамяшчаць поршань уніз. Мы заўважым, што з усіх адтулін пачнуць выцякаць струменьчыкі дыму (мал. 179). Як растлумачыць гэту з'яву?



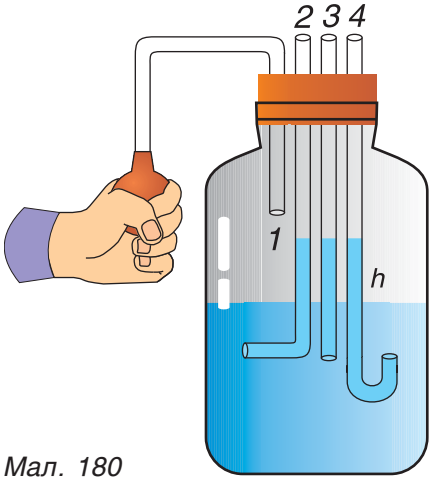
Мал. 179

Рухомасць часціц дыму і малекул паветра прыводзіць да таго, што яны размяркоўваюцца раўнамерна па ўсім аб'ёме. Сутыкаючыся са сценкамі шара, малекулы і часціцы дыму дзейнічаюць на сценкі, ствараючы ціск. Сціскаючы газ (паветра з дымам), мы памяншаем аб'ём і тым самым павялічваем спачатку ціск непасрэдна пад поршнем. Дзякуючы рухомасці малекул ціск перадаецца газам ва ўсе пункты шара, і газ выцякае з адтулін ва ўсіх напрамках. Такі самы эфект дасягаецца ў выпадку, калі ў шары будзе толькі паветра (без дыму). Дым толькі робіць бачнымі струменьчыкі, што выцякаюць.

Аналагічны дослед можна правесці з вадкасцю, напрыклад з вадой. Пры націсканні на поршань струменьчыкі вады праз адтуліны шара будуць выцякаць па ўсіх напрамках.

Правообладатель Народная асвета

Правядзём яшчэ адзін дослед. Праз корак у слоік з вадой уставім чатыры трубкі (мал. 180). Праз трубку *1* будзем напампоўваць у банку паветра, павялічваючы там яго ціск. **Павелічэнне знешняга ціску (ціску паветра) на паверхню вады перадаецца вадой ад слоя да слоя па ўсіх напрамках.** У выніку вада ва ўсіх трубках паднімаецца, 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.



Мал. 180

А ўспомніце, як з аднолькавым напорам выцякаюць струменьчыкі вады з усіх дзірак, якія з'явіліся ў шлангу для паліву агарода (мал. 181). **Ціск, які ўтвараецца знешняй сілай на вадкасць (газ), якая 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. Гэту выснову называюць *законам Паскаля*.

Мал. 181

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

Галоўныя вывады

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

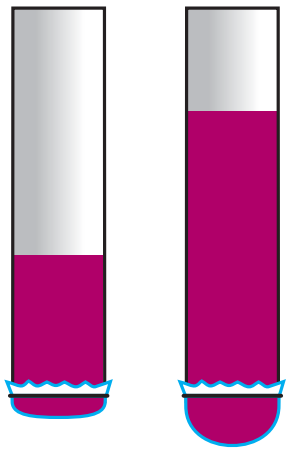
Кантрольныя пытанні

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

Правообладатель Народная асвета

§ 31. Ціск вадкасці, абумоўлены яе вагой

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.

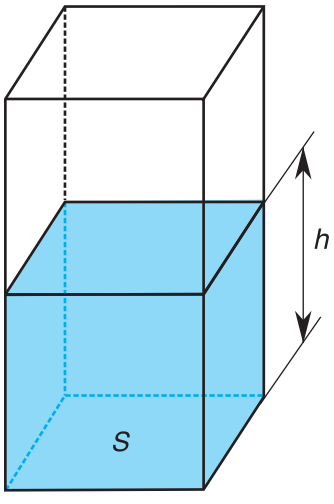


Мал. 182

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

Прычынай павелічэння прагіну 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, *statios* — 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: $F = P = gm$.



Мал. 183

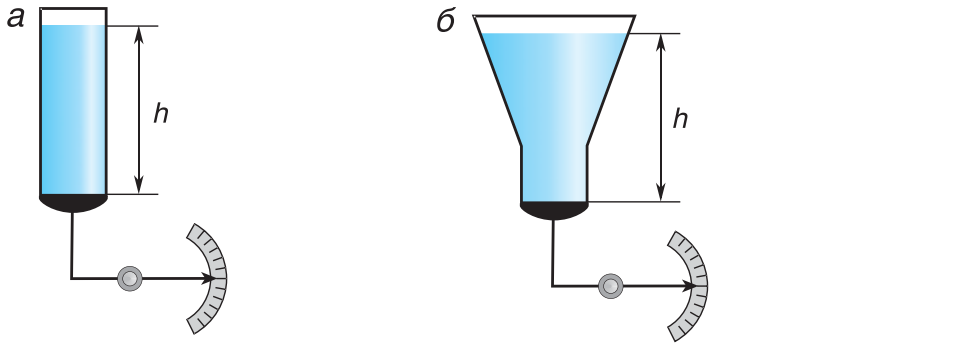
Выразім масу m вадкасці праз шчыльнасць ρ і аб'ём V. Маса: $m = \rho V$. Аб'ём $V = Sh$, тады $m = \rho Sh$. Падставім у формулу ціску, атрымаем:

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

$$\boxed{p = g\rho h}.$$

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

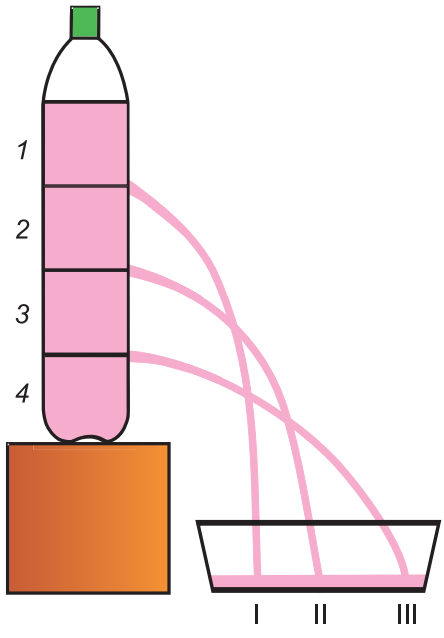
Правообладатель Народная асвета



Мал. 184

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 $p = g\rho h$ 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. Нальём у пластыкавую бутэльку з праколатымі ў сценцы адтулінамі падфарбаваную ваду (мал. 185). Назіранні за выцякаючымі струменямі паказваюць, што гідрастатычны ціск дзейнічае і на сценку бутэлькі. Яго велічыня ўзрастае па меры павелічэння вышыні слупа вады ў бутэльцы над адтулінай, таму струмень III падае далей, чым струмень I. Каб растлумачыць гэту з'яву, падзелім мысленна 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 ўтвараемы 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 на дно і сценку каля дна пасудзіны.



Мал. 185

Правообладатель Народная асвета

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 $g\rho h$.

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. Чым вызначаецца 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, выраблены 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 ціскне на рыб не толькі звонку, але і знутры, г. зн. адбываецца кампенсацыя сіл ціску.

Прыклад рашэння задачы

Вызначыце глыбіню вадаёма, на якой ціск вады $p = 100$ кПа. Якая сіла ціску вады дзейнічае на ракушку з плошчай паверхні $S = 10$ см^2, якая ляжыць на дне? Каэфіцыент g прыміце роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Правообладатель Народная асвета

Дадзена:

$p = 100$ кПа $= 1{,}0 \cdot 10^5$ Па

$S = 10$ см^2 $= 1{,}0 \cdot 10^{-3}$ м^2

$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$

h — ?

F — ?

Рашэнне

Ціск вады на глыбіні h роўны:

$$p = g\rho h, \text{ адкуль } h = \frac{p}{g\rho},$$

дзе $\rho = 1{,}0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ (шчыльнасць вады).

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

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: $h = 10$ м; $F = 0{,}10$ кН.

Практыкаванне 13

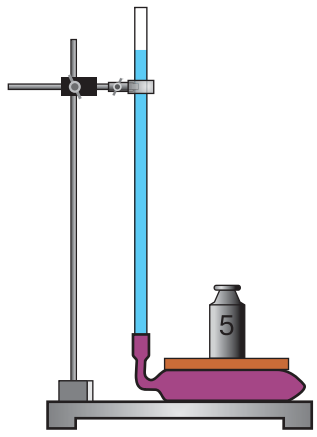
1. Ці аднолькавы ціск на дно дзвюх пасудзін, у якія наліты да аднолькавай вышыні вада і газа? Чаму?

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

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

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

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



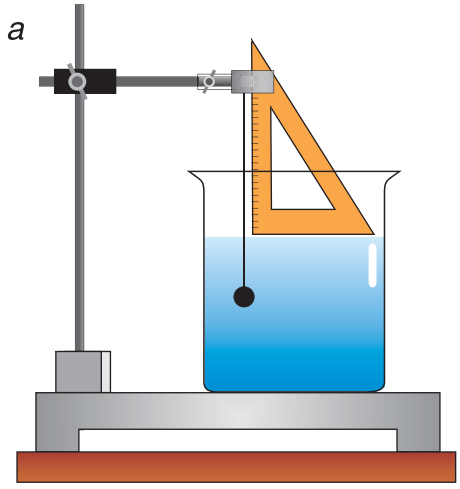
Мал. 186

6. Пасудзіна ў форме куба з кантам $a = 1$ 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 ўтворыцца вада, маса якой дакладна роўна масе лёду, які растаў.

Правообладатель Народная асвета

§ 32. Сазлучаныя сасуды



Мал. 187

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

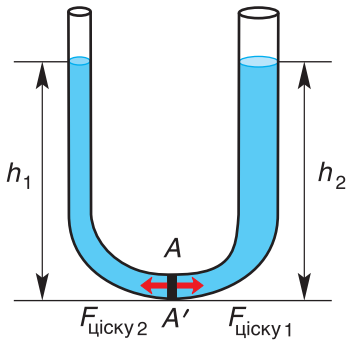
Возьмем некалькі злучаных паміж сабой адкрытых сасудаў. Іх называюць сазлучанымі. Будзем наліваць у адзін з іх ваду. Вада перацячэ ў астатнія сасуды і ўстановіцца ва ўсіх сасудах на адным узроўні (мал. 188) (калі яны не вельмі вузкія). Чаму гэта адбываецца?

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 аднолькавыя па модулі, але процілеглыя па напрамку сілы. 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. $g\rho h_1 = g\rho h_2$.

Пасля скарачэння атрымаем: $h_1 = h_2$.

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

Мал. 188



Мал. 189

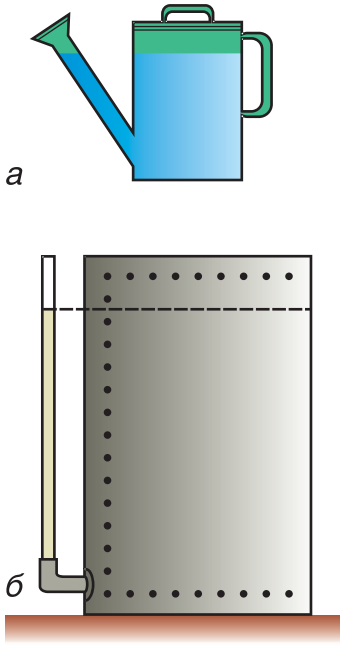
Правообладатель Народная асвета

З сазлучанымі сасудамі вы сустракаецеся пастаянна: гэта чайнікі, лейкі для паліву (мал. 190, *а*), вадамерныя трубкі ў вялікіх ёмістасцях з вадой або палівам (мал. 190, *б*). На прынцыпе дзеяння сазлучаных сасудаў працуе, напрыклад, бяспомпавы фантан (мал. 191).

Складаную сістэму сазлучаных сасудаў выкарыстоўваюць у дачных пасёлках і вёсках у вежавым водаправодзе. Схема найпрасцейшага водаправода прадстаўлена на малюнку 192. Вада з артэзіянскай крыніцы помпамі (*1*) падаецца ў бак воданапорнай 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 вышынёй слупа вады ў вежы над узроўнем крана. Таму чым вышэйшы паверх, тым ціск вады ў кране меншы. Каб вада змагла дасягаць усіх паверхаў, вежы будуюць высокімі.

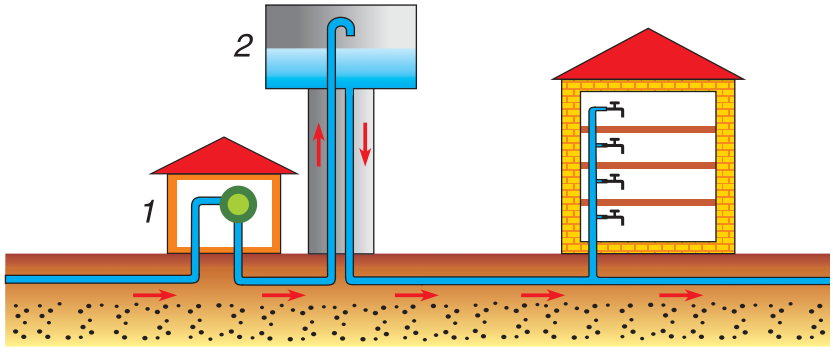
А калі вам спатрэбіцца строга гарызантальна ўстанавіць паверхню стала ці пральнай машыны? Як у гэтым выпадку вам змогуць дапамагчы сазлучаныя сасуды? *Прывядзіце яшчэ прыклады выкарыстання сазлучаных сасудаў.*

Усе атрыманыя ў гэтым параграфе заканамернасці справядлівыя для шырокіх сасудаў, у якіх паверхні вадкасці плоскія. У вельмі вузкіх сасудах паверхні вадкасці скрыўляюцца (мал. 193) і дадзеныя заканамернасці не выконваюцца.

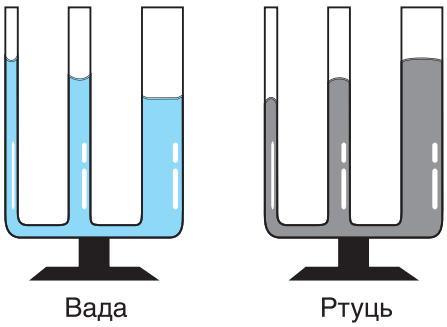


Мал. 190

Мал. 191



Мал. 192



Мал. 193

Правообладатель Народная асвета

Галоўныя вывады

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

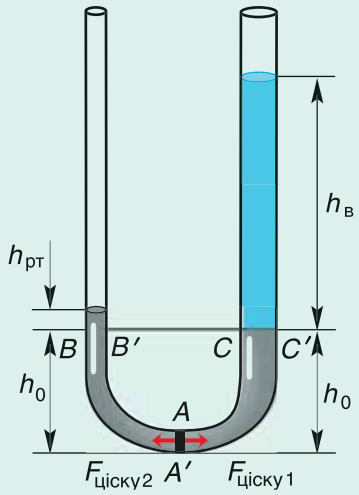
Кантрольныя пытанні

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?
5. Выкарыстоўваючы інтэрактыўную мадэль «Водаправод», пакажыце, як працуе вежавы водаправод.

Для дапытлівых

Што мы будзем назіраць, калі ў сазлучаныя сасуды наліты розныя вадкасці, напрыклад ртуць і вада (гл. мал.)? У такім выпадку для раўнавагі тонкага слоя AA' трэба, каб ціск, утвараемы 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.

Правообладатель Народная асвета

Прыклад рашэння задачы

Паверхня вады ў воданапорнай 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:

$h = 40$ м

$g = 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$

p — ?

Рашэнне

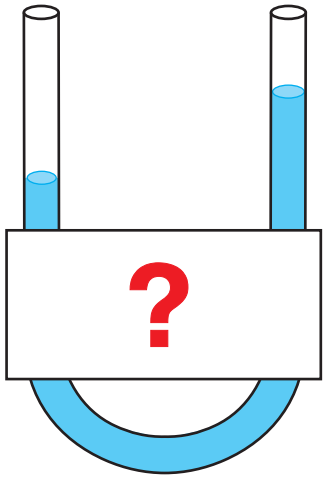
Ціск у кране ўтвараецца слупом вады вышынёй $h = 40$ м; $p = g\rho h$, дзе ρ — шчыльнасць вады; $\rho = 1{,}0 \cdot 10^3\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

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

Адказ: $p = 4{,}0 \cdot 10^5$ 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. 194). У якой з трубак затрымаўся паветраны пузыр?



Мал. 194

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

а) маса вады m_1 і m_2;

б) аб'ёмы вады V_1 і V_2;

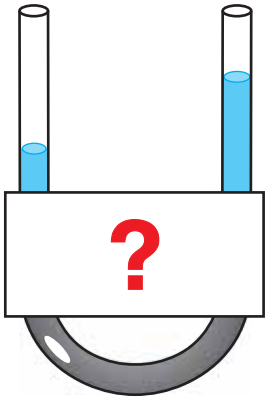
в) вышыні ўзроўняў паверхняў вады h_1 і h_2;

г) 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 воданапорнай 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 $P = 1{,}2$ Н.

Правообладатель Народная асвета

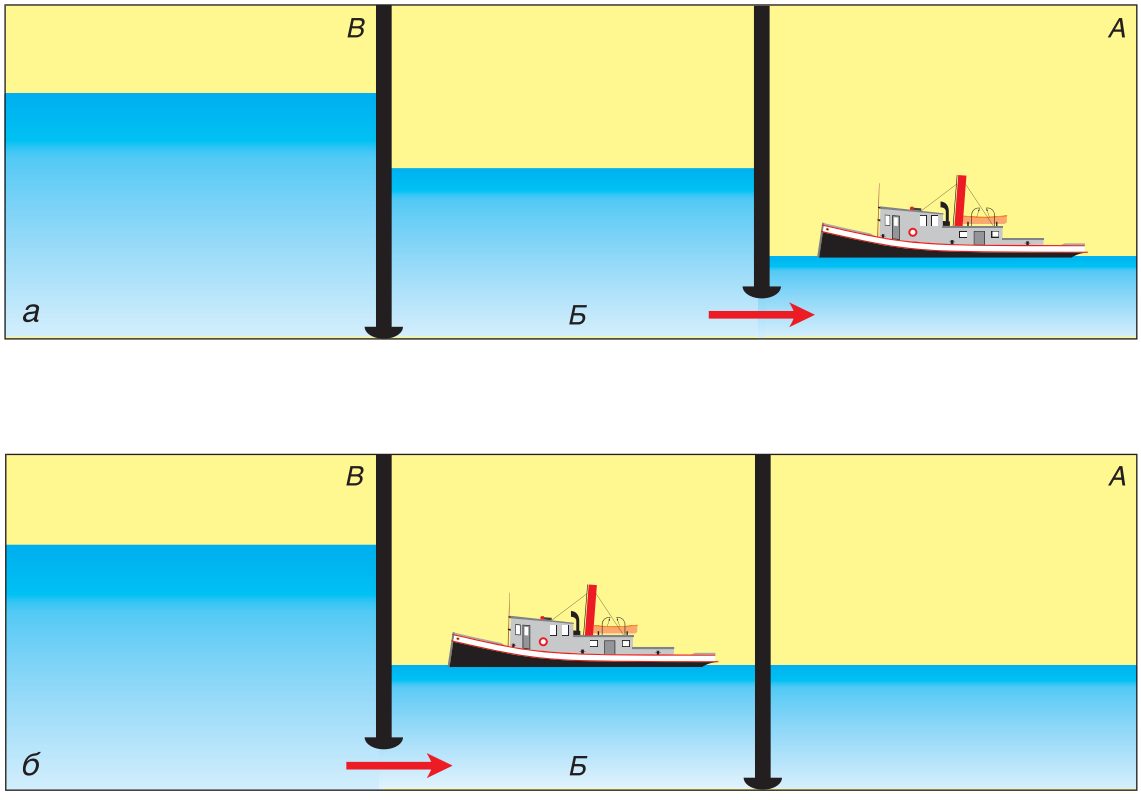


Мал. 195

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

6. У U-падобную трубку спачатку налілі ртуць, а зверху — ваду (мал. 195). Вышыня слупа вады ў левым калене h_1, а ў правым — h_2. Разлічыце рознасць узроўняў ртуці для выпадку, калі $h_1 = 40$ см, $h_2 = 67{,}2$ см.

7. На малюнку 196 схематычна паказана будова шлюза — тэхнічнага збудавання, якое дазваляе ажыццяўляць праход караблёў па рэках, якія маюць розныя ўзроўні паверхняў вады. Уважліва разгледзьце малюнак і апішыце, як адбываецца праход караблёў з ніжняга ўзроўню *А* на верхні ўзровень *В* праз шлюзавую камеру *Б*. Карыстайцеся інтэрактыўнай мадэллю «Двухкамерны шлюз» (Наглядная фізіка. Уводзіны).



Мал. 196

Правообладатель Народная асвета

§ 33. Газы і іх вага

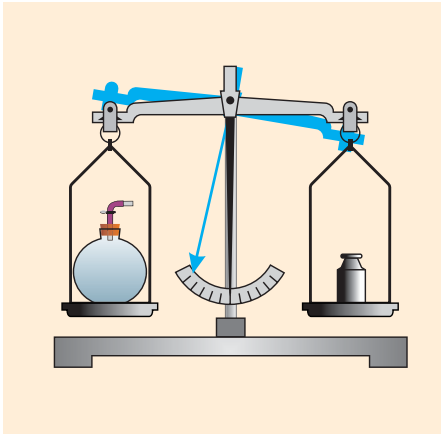
Тое, што вадкасць мае вагу, нікога не здзіўляе. Кожны з вас адчуваў вагу, трымаючы ў руцэ вядро вады (мал. 197), бутэльку алею ці напітку. Аднак мы не адчуваем змянення вагі футбольнага мяча пры яго напампоўванні паветрам. Чаму?

Мал. 197

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 пры дапамозе помпы паветра і ўзважым паўторна пасудзіну. Яна стала лягчэйшай (мал. 198). Дадаўшы на шалю з пасудзінай гіры, можна вызначыць масу адпампаванага паветра і яго вагу.



Мал. 198

Паветраны слой, які акружае нашу 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 прыцяжэнне Зямлі імкнецца размясціць іх каля паверхні, што прыводзіць да неаднароднасці атмасферы. Яе шчыльнасць прыкметна памяншаецца 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 400 км, дзе лятаюць спадарожнікі, аб атмасферы можна гаварыць толькі ўмоўна, паколькі яе шчыльнасць $\rho_3 = 3 \cdot 10^{-12} \ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Правообладатель Народная асвета

Галоўныя вывады

1. Газы валодаюць масай і вагой.
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

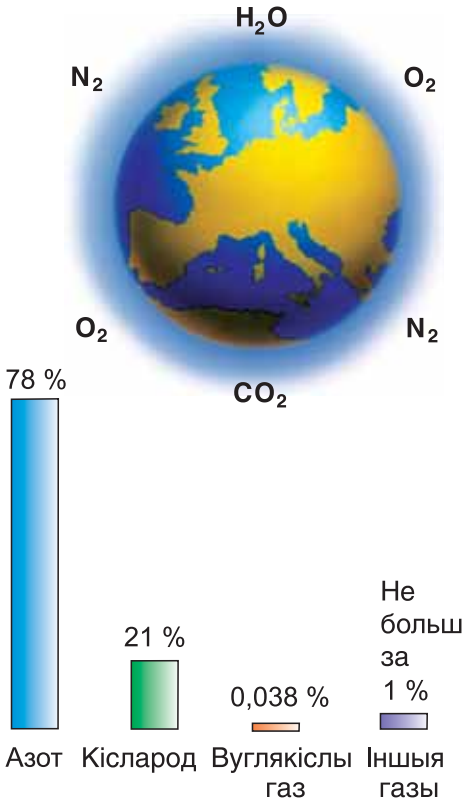
Звярніце ўвагу на тое, што прыведзеныя ў табліцы 3 (с. 73) шчыльнасці газаў даюцца пры нармальных умовах, г. зн. пры строга вызначанай тэмпературы і ціску. Пры сціскванні газаў (і звычайнага паветра) іх шчыльнасці могуць павялічвацца ў шмат разоў. Такія моцна сціснутыя газы, па-першае, вельмі зручныя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

Правообладатель Народная асвета

§ 34. Атмасферны ціск

Вы ведаеце, што атмасфера Зямлі — газавая абалонка, якая складаецца з азоту, кіслароду, вуглякіслага газу, вадзяной пары і іншых газаў (мал. 199).

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



Мал. 199

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 (прымем яе за 1 м^2) — сіла 100 000 Н. Гэта роўна вазе дзесяцітоннага МАЗа! Як жа мы жывём пад такім гіганцкім ціскам?

Атмасферны ціск можна вылічыць. Вынік гэтых разлікаў не можа не здзіўляць.

Успомнім глыбакаводных рыб. Падобна да іх, мы проста не заўважаем гэтай велізарнай сціскаючай сілы, паколькі яна кампенсуецца роўнай ёй расшыраючай сілай, якая ствараецца ціскам паветра ўнутры нас (яно растворана нават у нашай крыві).

Мал. 200

Правообладатель Народная асвета

Мал. 201

Дык што ж, атмасферны ціск наогул нельга выявіць? Для адказу звернемся да доследу. Возьмем шклянку з вадой, накрыем яе лістом паперы, перавернем, прытрымліваючы рукой ліст, а затым прымем руку (гл. мал. 200 на с. 121). Мы бачым, што вада са шклянкі не выліваецца, ліст не адрываецца. Сіла атмасфернага ціску, прыкладзеная да ліста паперы, кампенсуе дзеянне вагі налітай вады і разрэджанага паветра ў шклянцы.

Апусціце іголку шпрыца ў падфарбаваную ваду і падымайце поршань уверх. Вы ўбачыце, што вадкасць падымаецца ўслед за поршнем (мал. 201) у напрамку, процілеглым дзеянню сілы цяжару. Сіла атмасфернага ціску прымушае сок падымацца ўверх па трубачцы (мал. 202). Доследаў, у якіх выяўляецца дзеянне атмасфернага ціску, шмат.

Мал. 202

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 ртуццю. Верхні канец трубкі закрываўся, трубка пераварочвалася і апускалася ў шырокую пасудзіну з ртуццю, пасля чаго адтуліна адкрывалася. Частка ртуці выцякала з трубкі ў пасудзіну. У трубцы заставаўся слуп ртуці вышынёй H каля 76 см (760 мм) (мал. 203, *б*).

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

Правообладатель Народная асвета

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

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

$$p_{1\text{ мм рт. сл}} = g\rho h =$$

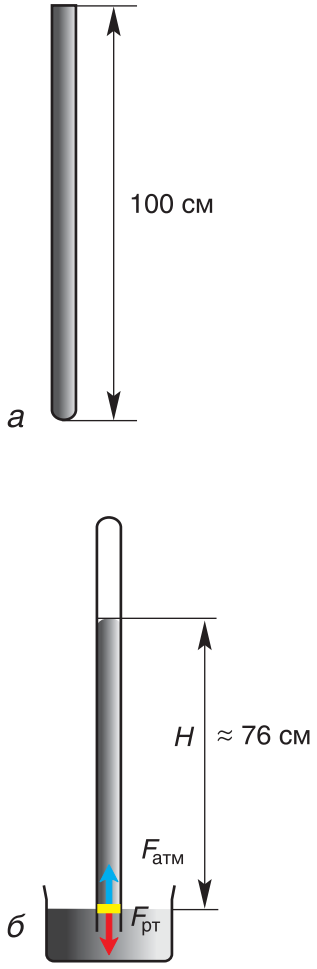
$$= 9{,}8\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 13\,600\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0{,}001\ \text{м} \approx 133\ \text{Па}.$$

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):

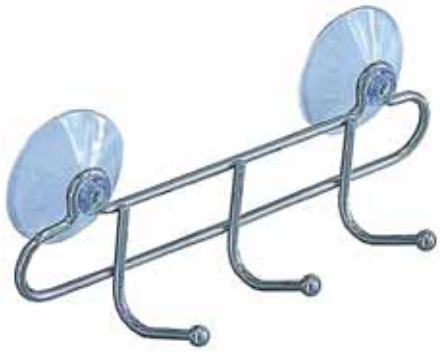
$$1\ \text{атм} = 760\ \text{мм рт. сл.} = 101\,293\ \text{Па}.$$

У большасці выпадкаў мы будзем карыстацца акругленым значэннем: 1 атм ≈ 100 кПа.

Атмасферны ціск адыгрывае вельмі важную ролю ў шматлікіх бытавых і тэхнічных прыладах. Ён не толькі дазваляе карыстацца піпеткай або шпрыцам для набору лекаў, але і дае магчымасць простага і недарагога спосабу пад'ёму вады (гл. заданне 8 у практыкаванні 15, с. 125). Знаёмыя шматлікім 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

Правообладатель Народная асвета

Галоўныя вывады

1. Утрымліваемая зямным прыцяжэннем атмасфера Зямлі ўтварае 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

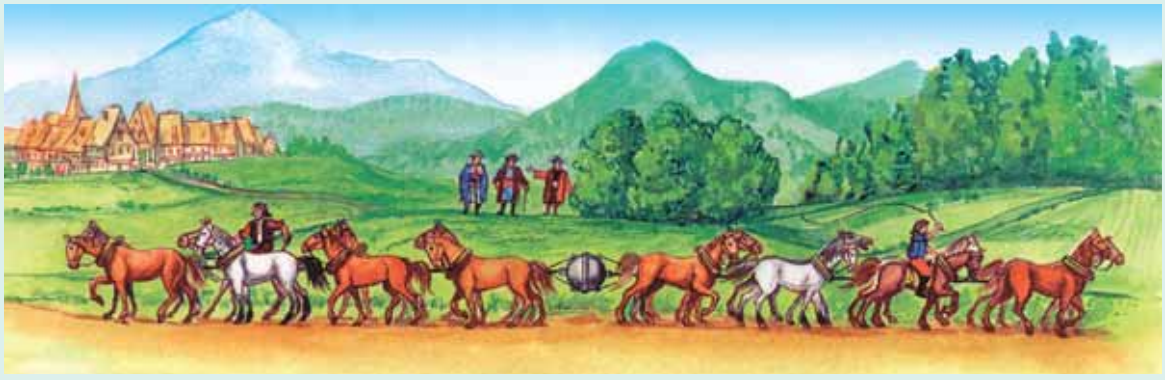
1. Што называецца атмасферным ціскам?
2. У чым прычына існавання атмасфернага ціску?
3. У чым значэнне доследу Тарычэлі?
4. Назавіце ўсе вядомыя вам адзінкі атмасфернага ціску.

Дамашняе заданне

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

Для дапытлівых

У сярэдзіне XVII ст. у нямецкім горадзе Магдэбургу вучоны Ота фон Герыке правёў дослед-спектакль. З прасторы паміж двума аднолькавымі меднымі паўшар'ямі было выпампавана 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.



Правообладатель Народная асвета

Практыкаванне 15

1. Чаму цяжка піць сок з бутэлькі 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 = 90 кПа.

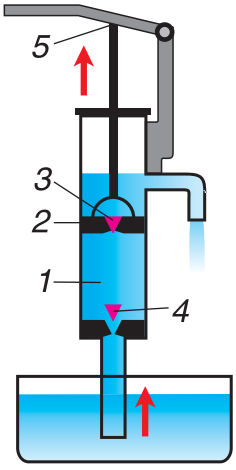
5. Чаму ў доследзе Тарычэлі выкарыстоўвалася ртуць, а не вада?

6. Пры якім значэнні атмасфернага ціску на вокладку кнігі плошчай паверхні S = 4,0 дм^2, якая ляжыць на стале, дзейнічае сіла ціску F = 3,6 кН?

7. Растлумачце прынцып дзеяння медыцынскага шпрыца і піпеткі (мал. 205).

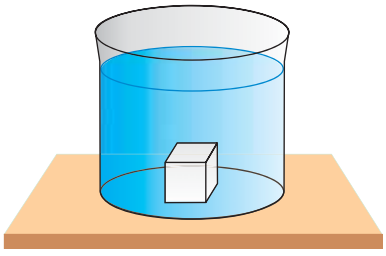
Мал. 205

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



Мал. 206

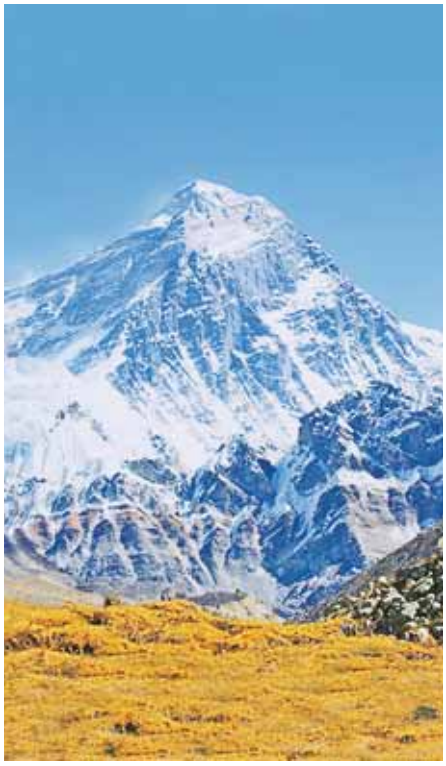
9. Кубік з кантам, роўным a = 50 мм, масай 900 г ляжыць на дне пасудзіны (мал. 207), у якую наліта вада на вышыню h = 15 см. Вызначыце вертыкальную сілу, якую трэба прыкласці ў цэнтры верхняй грані кубіка, каб адарваць яго ад дна. Вада пад кубік не пранікае. Атмасферны ціск p = 760 мм рт. сл. Каэфіцыент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



Мал. 207

Правообладатель Народная асвета

§ 35. Вымярэнне атмасфернага ціску. Барометры і манометры



Мал. 208

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, паколькі маса малекул вады прыкметна меншая за масу іншых малекул атмасферы — азоту і кіслароду. 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 несціскаемая. Таму ціск вадкасці ад вышыні слупа залежыць прама прапарцыянальна ($p = g\rho h$). 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).

Мал. 209

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

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

Прыборы, што вымяраюць вышыню па такім прынцыпе, называюць *альтыметрамі* (ад лац. *altius* — вышэй і *metron* — мера) (мал. 209).

Правообладатель Народная асвета

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, с. 123). 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.

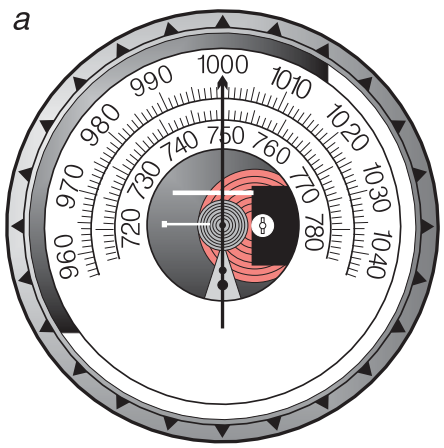
Знешні выгляд і ўнутраная будова барометра-анероіда прадстаўлены на малюнку 210, *а, б*. Галоўнай часткай анероіда з'яўляецца металічная скрыначка з хвалістымі (гафрыраванымі) верхняй і ніжняй паверхнямі. Паветра са скрыначкі часткова адпампавана.

Пры павелічэнні атмасфернага ціску павялічваецца сіла ціску на скрыначку. Скрыначка сціскаецца і расцягвае спружыну, прымацаваную да яе. Спружына звязана са стрэлкай, якая перамяшчаецца па шкале ў бок большых значэнняў ціску.

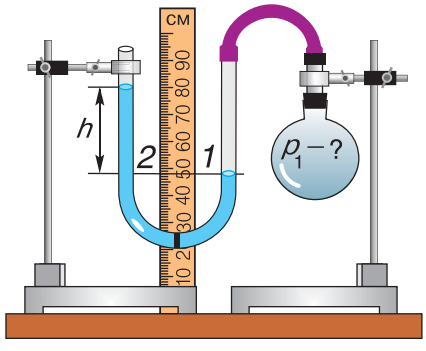
Калі ціск зніжаецца, сіла ціску на скрыначку памяншаецца, сілы пругкасці выпростваюць скрыначку, і стрэлка перамяшчаецца па шкале ў процілеглы бок.

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

Для вымярэння рознасці паміж ціскам у пасудзіне і атмасферным ціскам выкарыстоўваюць *манометры*. Найпрасцейшы манометр — вадкасны. Ён уяўляе сабой разгледжаную намі раней U-падобную трубку з вадкасцю (гл. мал. 189, с. 114). Адно калена трубкі (мал. 211) далучаецца да пасудзіны, ціск у якой трэба вымераць. Другое калена адкрытае. Калі ўзровень паверхні вадкасці ў калене, злучаным з пасудзі-

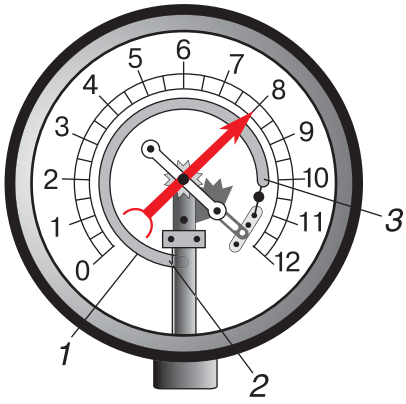


Мал. 210



Мал. 211

Правообладатель Народная асвета



Мал. 212

Мал. 213

най, ніжэйшы, чым у адкрытым, значыць, ціск газу p_1 у пасудзіне большы за атмасферны p_0 на велічыню ціску слупа вадкасці вышынёй h, г. зн. $p_1 - p_0 = g\rho h$.

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 танкасценная металічная трубка (*1*), сагнутая ў дугу. Адзін канец (*3*) трубкі 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 выпростваецца 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 вымяраецца ціск?
3. Ці можна, маючы барометр, вымераць вышыню гары? Што можна сказаць аб дакладнасці такіх вымярэнняў? Чаму?
4. Чаму нельга вымераць вялікія ціскі вадкасным манометрам?
5. Які барометр вымярае ціск дакладней — ртутны ці барометр-анероід? Чаму?

Правообладатель Народная асвета

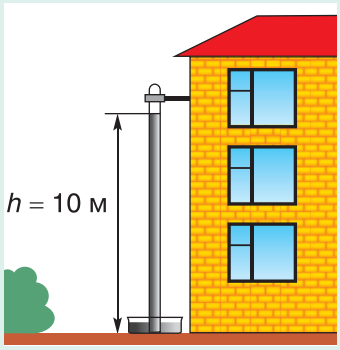
Для дапытлівых

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

$$g\rho h = 2p_0 - p_0,$$

адкуль

$$h = \frac{p_0}{g\rho}.$$



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:

$p_1 = 750$ мм рт. сл.

$p_2 = 740$ мм рт. сл.

H — ?

Рашэнне

Рознасць паміж ціскам каля падножжа гары і на яе вяршыні:

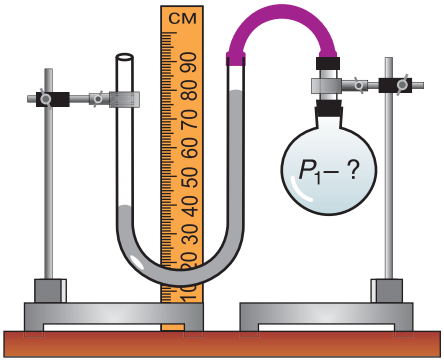
$$p_1 - p_2 = 750\ \text{мм рт. сл.} - 740\ \text{мм рт. сл.} = 10\ \text{мм рт. сл.}$$

Улічым, што на 1 мм рт. сл. ціск памяншаецца пры пад'ёме прыкладна на вышыню $h_0 = 12$ м. Тады вышыня гары:

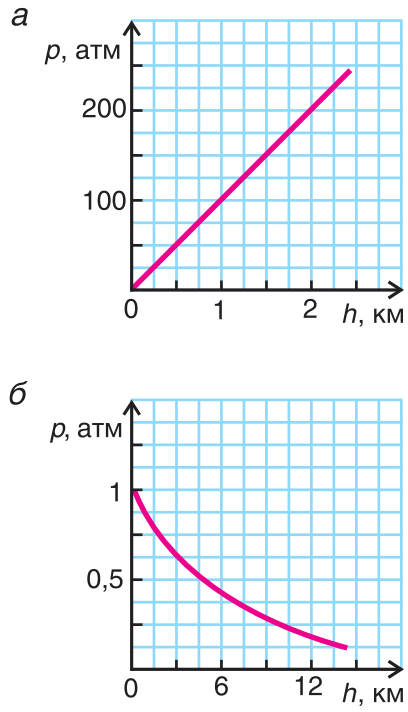
$$H = 12\ \frac{\text{м}}{\text{мм рт. сл.}} \cdot 10\ \text{мм рт. сл.} = 120\ \text{м}.$$

Адказ: $H = 120$ м.

Правообладатель Народная асвета



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 адрозніваца атмасферны ціск на апошнім і першым паверхах будынка?

4. Вызначыце ціск газу ў колбе (мал. 214), калі у манометры выкарыстана ртуць. Якія значэнні ціску можна вымяраць гэтым манометрам?

5. На графіках паказана змяненне ціску са змяненнем адлегласці ад паверхні Зямлі ў водным (мал. 215, *а*) і паветраным (мал. 215, *б*) акіянах Зямлі. Якую інфармацыю вы можаце атрымаць з графікаў?

6. Унутры касмічных караблёў (у бязважкасці) касманаўты дыхаюць паветрам. Ці ўтварае гэта паветра ціск? Ці можна гэты ціск называць атмасферным?

7. Выкарыстоўваючы інтэрактыўныя мадэлі (Наглядная фізіка. Уводзіны), пазнаёмцеся з устройствам і прынцыпам дзеяння барометра-анероіда і металічнага манометра.

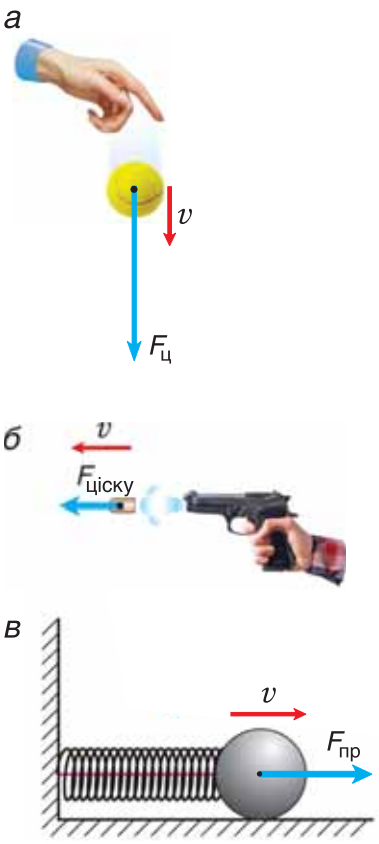
Правообладатель Народная асвета

5 Работа. Магутнасць. Энергія

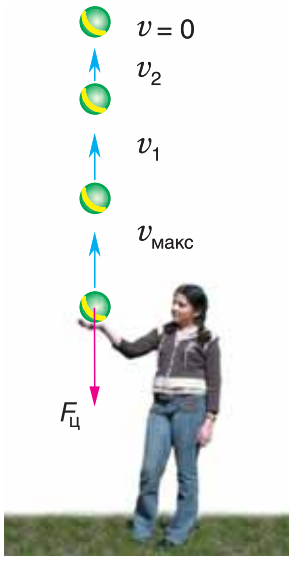
- Ці можа выконваць работу сіла трэння?
- Якім малатком — лёгкім ці цяжкім — можна забіць цвік, зрабіўшы меншую колькасць удараў?
- У чым сэнс прыказкі: «Што патраціў пры пад'ёме на гару, вярнуў пры спуску»?

Правообладатель Народная асвета

§ 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 ў выніках дзеяння сілы цяжару на мяч (мал. 216, *а*), сілы ціску газу на кулю ў пісталеце (мал. 216, *б*) і сілы пругкасці сціснутай спружыны на шарык пасля перапальвання ніткі (мал. 216, *в*)? 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 просты 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 сані) і ад пройдзенага санкамі шляху. Чым большыя сіла і шлях, тым большая выконваецца работа. Гэта выснова справядліва для ўсіх цел, якія рухаюцца пад дзеяннем сілы.

Такім чынам, **механічная работа — фізічная велічыня, прапарцыянальная дзеючай на цела сіле і пройдзенаму шляху.**

Правообладатель Народная асвета

Абазначым работу літарай A. Тады, **калі напрамак сілы супадае з напрамкам руху цела,**

работа = сіла · шлях, або $A = F \cdot s$.

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 джоўль = 1 ньютан · 1 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:

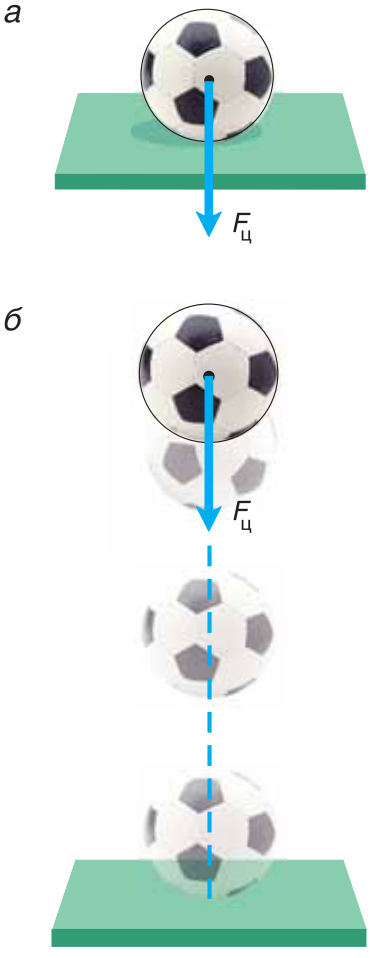
$$1 \text{ мДж} = 0{,}001 \text{ Дж} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Дж};$$
$$1 \text{ мкДж} = 0{,}000001 \text{ Дж} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}.$$

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 стале (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 (гл. 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 абсалютнай велічыні. У гэтым выпадку скорасць руху пастаянная. Напрыклад, электрацягнік на дадзеным участку шляху рухаецца раўнамерна. Гэта значыць, што раўнадзейная сіл (цягі рухавіка і супраціўлення руху) роўна нулю. Але і сіла цягі, і сіла супраціўлення выконваюць работу. Толькі работа сілы цягі $A_ц > 0$, а сілы супраціўлення $A_{супр} < 0$. Сума ж іх роўна нулю, г. зн. $A = A_ц + A_{супр} = 0$.

Мал. 218



Мал. 219

Правообладатель Народная асвета

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. Адзінка работы ў СІ — 1 джоўль (1 Дж).

Кантрольныя пытанні

1. Што характарызуе механічная работа?
2. Ад чаго залежыць значэнне выкананай работы?
3. Што прынята ў СІ за 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 будуецца. 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:

$m = 500$ кг $= 5{,}0 \cdot 10^2$ кг

$A = 100$ кДж $= 1{,}0 \cdot 10^5$ Дж

$h_0 = 4{,}0$ м

$g = 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$

N — ? $A_\text{р}$ — ?

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 $A = gmN_1 \cdot h_0$.

Адсюль $N_1 = \frac{A}{gmh_0}$; $N_1 = \frac{1{,}00 \cdot 10^5\ \text{Дж}}{10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 5{,}0 \cdot 10^2\ \text{кг} \cdot 4{,}0\ \text{м}} = 5$; $N = N_1 + 1 = 6$.

Паколькі рух пліты раўнамерны, то раўнадзейная сіл, прыкладзеных да яе, $F_\text{р} = 0$ і работа $A_\text{р} = 0$.

Адказ: пліта паднята на 6-ы паверх; работа раўнадзейнай сіл $A_\text{р} = 0$.

Правообладатель Народная асвета

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 $F = 50{,}0$ 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 дадзенай і наступных задачах прыміце $g = 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

5. Трактар, выцягваючы аўтамабіль, што завязнуў, працягнуў яго на шляху $s = 10$ м. Сіла нацяжэння буксіровачнага троса выканала 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?

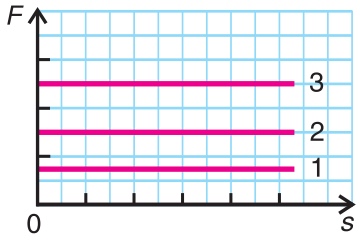
7. Пры пад'ёме вядра з вадой масай $m = 10$ кг на вышыню $h = 1{,}0$ м сілай пругкасці троса была выканана работа $A = 120$ Дж. Ці раўнамерна паднімалі вядро?

8. Хакеіст б'е клюшкай па нерухомай шайбе. Якія сілы дзейнічалі на шайбу ў момант удару і пры слізганні шайбы? Якой была іх работа?

9. Пры разгоне аўтамабіля раўнадзейная сіл, прыкладзеных да яго, выканала работу $A = 100$ кДж. Якой павінна быць тармозячая 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 сіла выканала большую работу? У колькі разоў?



Мал. 220

Правообладатель Народная асвета

§ 37. Карысная і выкананая работа. Каэфіцыент карыснага дзеяння

Мал. 221

Ацэньваючы работу машыны, механізму і інш., гавораць аб іх каэфіцыенце карыснага дзеяння (ККДз). Але што такое ККДз? Што азначаюць словы «карыснае дзеянне»? А што такое некарыснае 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, $m_в = 2{,}0$ 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: $A_{кар} = gmh$. А вось работа па пад'ёме самога вядра не з'яўляецца карыснай: $A = gm_вh$. Уся ж выкананая (поўная работа) роўная:

$$A_{вык} = A_{кар} + A = g(m + m_в)h.$$

Якую долю складае карысная работа ад выкананай?

$$\frac{A_{кар}}{A_{вык}} = \frac{gmh}{g(m + m_в)h} = \frac{m}{m + m_в}.$$

Мал. 222

Абазначым адносіну $\frac{A_{кар}}{A_{вык}}$ 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**.

$$\eta = \frac{A_{кар}}{A_{вык}} \cdot 100\ \%.$$

Такім чынам, ККДз (эфектыўнасць работы) у дадзеным выпадку роўны 83 %.

Правообладатель Народная асвета

Разгледзім яшчэ адзін прыклад. Хлопчык разганяе санкі, дзейнічаючы сілай F у напрамку іх руху (мал. 222). Выкананая (поўная) работа тут $A_{вык} = F \cdot s$. Мэта хлопчыка — павялічыць скорасць руху санак. Але на санкі дзейнічае яшчэ сіла трэння слізгання $F_{тр}$. Яна тармозіць рух санак. Значыць, работа хлопчыка па пераадоленні сілы трэння не з'яўляецца карыснай:

$$A = -F_{тр} \cdot s.$$

Карыснай жа работай была

$$A_{кар} = A_{вык} - A = (F - F_{тр})s.$$

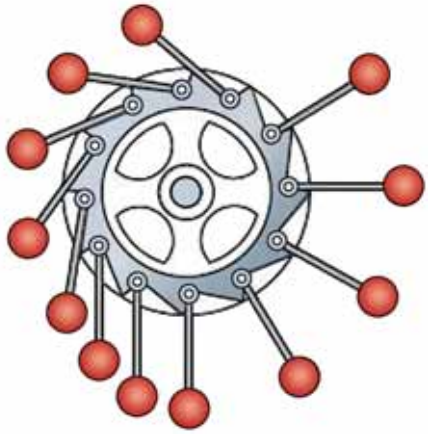
Тады доля карыснай работы (ККДз)

$$\eta = \frac{A_{кар}}{A_{вык}} = \frac{F - F_{тр}}{F} \cdot 100\ \%.$$

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 (мал. 223), але ўсе спробы аказаліся марнымі. *(Самастойна пазнаёмцеся ў Інтэрнэце або даведачнай літаратуры з інфармацыяй пра вечны рухавік.)* У рабоце любой машыны, механізму 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 заўсёды меншы за 100 %.

Правообладатель Народная асвета

Кантрольныя пытанні

1. З чаго складаецца выкананая любым механізмам, машынай механічная работа?
2. Чаму работа па пераадоленні сілы трэння слізгання з'яўляецца некарыснай?
3. Як вызначыць ККДз?
4. Разгледзеўшы прыведзеныя ў тэксце параграфа прыклады, дайце параду, як павысіць ККДз.
5. Ці можа ККДз 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 $A_{вык} = 40$ кДж. Колькі мяхоў бульбы масай $m_0 = 40$ кг кожны было паднята са сховішча? Прыміце $g = 10\ \frac{Н}{кг}$.

Дадзена:

$h = 3{,}6$ м

$\eta = 90\ \% = 0{,}90$

$A_{вык} = 40$ кДж $= 4 \cdot 10^4$ Дж

$m_0 = 40$ кг

$g = 10\ \frac{Н}{кг}$

N — ?

Рашэнне

Ведаючы выкананую работу і ККДз, можна знайсці карысную работу па пад'ёме мяшкоў бульбы:

$$A_{кар} = \eta \cdot A_{вык}.$$

Карысная работа — гэта работа пад'ёмнай прылады па пераадоленні сілы цяжару, якая дзейнічае на бульбу:

$$A_{кар} = gmh.$$

Маса $m = m_0 \cdot N$, дзе N — лік мяхоў бульбы. Тады $gm_0Nh = \eta \cdot A_{вык}$, адкуль

$$N = \frac{\eta \cdot A_{вык}}{gm_0h} = \frac{0{,}90 \cdot 4 \cdot 10^4\ Дж}{10\ \frac{Н}{кг} \cdot 40\ кг \cdot 3{,}6\ м} = 25.$$

Адказ: $N = 25$ мяхоў.

Правообладатель Народная асвета

Практыкаванне 18

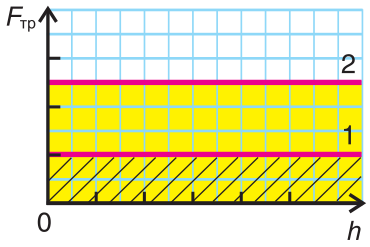
1. Пры рабоце помпы з ККДз $\eta = 80\ \%$ была выканана работа $A_{вык} = 4{,}2$ кДж. Знайдзіце значэнне карыснай работы.

2. Знайдзіце 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.

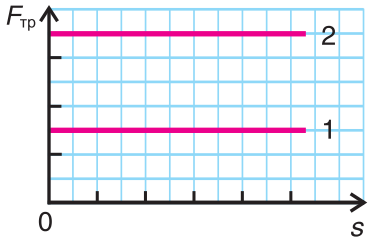
3. Які ККДз прылады, у якой значэнне карыснай работы ў 8 разоў перавышае значэнне некарыснай?

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 падымаецца чатыры чалавекі агульнай масай $m = 300$ кг? Масу пустой кабіны прыняць роўнай $m_1 = 60$ кг.



Мал. 224



Мал. 225

6. Пры разгоне спартыўных санак на шляху $s = 10$ м спартсменамі была выканана работа $A_{вык} = 2{,}0$ кДж. Лічачы значэнне сілы трэння, якая перашкаджае разгону, пастаянным і роўным $F_{тр} = 20$ Н, знайдзіце значэнне ККДз у разгледжаным выпадку.

7. На малюнку 224 прыведзены графікі залежнасці сілы трэння ад вышыні пры пад'ёме грузаў аднолькавай масы двума рознымі пад'ёмнікамі. Якую інфармацыю можна атрымаць, ацэньваючы зафарбаваную і заштрыхаваную плошчы? Ці можна па гэтых плошчах параўнаць каэфіцыенты карыснага дзеяння дадзеных пад'ёмнікаў? Адказ абгрунтуйце.

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.

Правообладатель Народная асвета

§ 38. Магутнасць. Адзінкі магутнасці

Мал. 226

Набываючы аўтамабіль (мал. 226), газонакасілку, мікрахвалевую печ (мал. 227) 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 падымаецца 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.

Мал. 227

Фізічная велічыня, роўная адносіне работы да прамежку часу, за які гэта работа выконваецца, называецца магутнасцю. Абазначаецца магутнасць літарай P.

$$\text{Магутнасць} = \frac{\text{работа}}{\text{прамежак часу}}, \text{ або } P = \frac{A}{t}.$$

Мал. 228

За 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 Д. Уата (гл. форзац 1). Для вымярэння вялікіх магутнасцей выкарыстоўваюць кратныя адзінкі: гектават (гВт), кілават (кВт), мегават (МВт). Звярніце ўвагу:

$$1 \text{ гВт} = 100 \text{ Вт} = 1 \cdot 10^2 \text{ Вт};$$
$$1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт} = 1 \cdot 10^3 \text{ Вт};$$
$$1 \text{ МВт} = 1\,000\,000 \text{ Вт} = 1 \cdot 10^6 \text{ Вт}.$$

Правообладатель Народная асвета

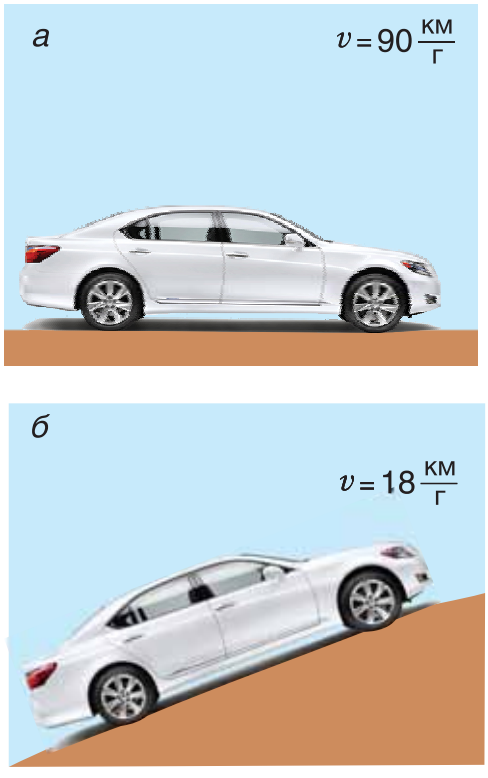
Для малых магутнасцей выкарыстоўваюцца долевыя адзінкі: міліват (мВт), мікрават (мкВт):

$$1\ \text{мВт} = 0{,}001\ \text{Вт} = 1 \cdot 10^{-3}\ \text{Вт};$$
$$1\ \text{мкВт} = 0{,}000001\ \text{Вт} = 1 \cdot 10^{-6}\ \text{Вт}.$$

У быце часта неабдумана 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 адзінкі — сілу і скорасць. Магутнасць $P = \frac{A}{t}$, але работа $A = F \cdot s$, шлях $s = vt$. Тады

$$\boxed{P = Fv}.$$

Магутнасць 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 скорасць выканання работы.
2. 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.

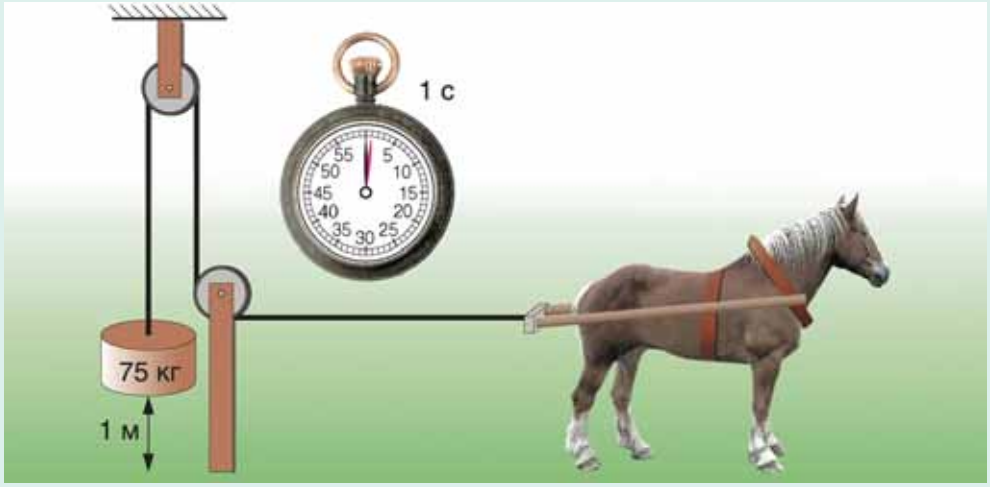
Кантрольныя пытанні

1. Што характарызуе магутнасць?
2. У якіх адзінках у СІ вымяраецца магутнасць?
3. Як разумець выраз: «Магутнасць адной установкі ў 2 разы большая за магутнасць другой»?
4. Ці правільнае сцверджанне: «Значэнне магутнасці прама прапарцыянальна рабоце і адваротна прапарцыянальна прамежку часу»? Чаму?
5. Ці можа механізм малой магутнасці выканаць вялікую работу?

Правообладатель Народная асвета

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 к. с. = 736 Вт.

У гэтых пазасістэмных адзінках магутнасць першага беларускага трактара МТЗ-2 (1953 г.) была роўна 37 к. с. Асвоены ў 2010 г. трактар «Беларус-3023» мае рухавік магутнасцю 300 к. с. *Перавядзіце гэтыя значэнні магутнасці ў адзінкі СІ самастойна і параўнайце іх.*

Прыклад рашэння задачы

На ўроку фізкультуры хлопчык масай $m = 40$ кг падняўся па канаце на вышыню $h = 5{,}0$ м за прамежак часу $t = 10$ с. Вызначыце сярэднюю магутнасць, якую развівае хлопчык пры пад'ёме. Каэфіцыент $g = 10\,\frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Правообладатель Народная асвета

Дадзена:	Рашэнне
$m = 40$ кг $h = 5{,}0$ м $t = 10$ с $g = 10\,\frac{\text{Н}}{\text{кг}}$	Пры пад'ёме па канаце работа мускульнай сілы рук ідзе на пераадоленне сілы цяжару. $A = gmh.$ Тады $P = \frac{A}{t} = \frac{gmh}{t}$, $P = \frac{10\,\frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 40\ \text{кг} \cdot 5{,}0\ \text{м}}{10\ \text{с}} = 200\ \text{Вт} = 0{,}20\ \text{кВт}.$
P — ?	

Адказ: $P = 0{,}20$ кВт.

Практыкаванне 19

1. Рухавіком электравоза «Штадлер», які курсіруе па беларускай чыгунцы, выканана работа $A = 150$ МДж за час $t = 1$ мін. Вызначыце магутнасць рухавіка.

2. Якую работу выконвае за час $t = 1{,}0$ г трактар «Беларус МТЗ-80» з рухавіком магутнасцю $P = 59$ кВт? Адказ запішыце ў Дж і кВт · г.

3. За які час можа забрацца па канаце на вышыню $h = 4{,}0$ м спартсмен масай $m = 80$ кг, калі максімальная магутнасць, якую ён развівае, роўна $P = 0{,}80$ кВт?

4. Якую масу цэглы можна падняць раўнамерна за час $t = 20$ с на вышыню $h = 16$ м, выкарыстоўваючы пад'ёмнік магутнасцю $P = 2{,}0$ 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 $P = 60$ кВт.

6. Гружаны аўтамабіль масай $m = 4{,}0$ 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, яго ж 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.

Правообладатель Народная асвета

§ 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 $E_к$) 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 і, па-другое, пры іх спыненні сілай, якая тармозіць, 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:**

$$K = \frac{mv^2}{2}.$$

Правообладатель Народная асвета

Павелічэнне скорасці руху цела, напрыклад у 4 разы, прыводзіць да нарастання кінетычнай энергіі ў 16 разоў. Пра гэта павінны пастаянна памятаць аўтамабілісты і пешаходы.

Звярніце ўвагу!

Галоўныя вывады

1. Кінетычная энергія выражае здольнасць цел, якія рухаюцца, выконваць работу.
2. Кінетычная энергія, як і работа, вымяраецца ў джоўлях.
3. Кінетычная энергія цела залежыць ад яго масы і 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

Скорасць руху гружанага аўтамабіля масай $m = 4{,}0$ т павялічылася ад $v_1 = 36\ \frac{\text{км}}{\text{г}}$ да $v_2 = 54\ \frac{\text{км}}{\text{г}}$ на шляху $s = 25$ м. Вызначыце сілу цягі рухавіка аўтамабіля і работу, якую выканала гэтая сіла. Супраціўленне руху не ўлічваць.

Дадзена:

$m = 4{,}0$ т $= 4{,}0 \cdot 10^3$ кг

$v_1 = 36\ \frac{\text{км}}{\text{г}} = 10\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$v_2 = 54\ \frac{\text{км}}{\text{г}} = 15\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$s = 25$ м

A — ?

$F_{\text{цягі}}$ — ?

Рашэнне

Каб павялічыць кінетычную энергію ад $K_1 = \frac{mv_1^2}{2}$ да $K_2 = \frac{mv_2^2}{2}$, сіла цягі павінна была выканаць работу:

$$A = K_2 - K_1;\ A = \frac{m}{2}\left(v_2^2 - v_1^2\right);$$

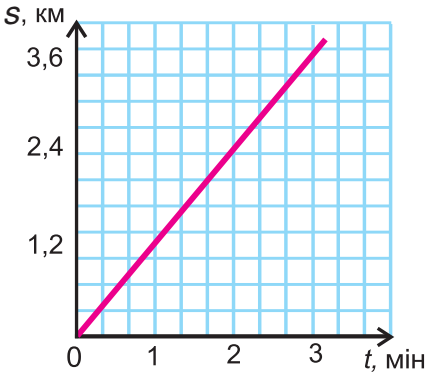
$$A = \frac{4{,}0 \cdot 10^3\ \text{кг}}{2}\left(225\ \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 100\ \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}\right) = 2{,}5 \cdot 10^5\ \text{Дж}.$$

Але работа $A = F_{\text{цягі}} \cdot s$. Адсюль $F_{\text{цягі}} = \frac{A}{s};\ F_{\text{цягі}} = \frac{2{,}5 \cdot 10^5\ \text{Дж}}{25\ \text{м}} = 10\ \text{кН}.$

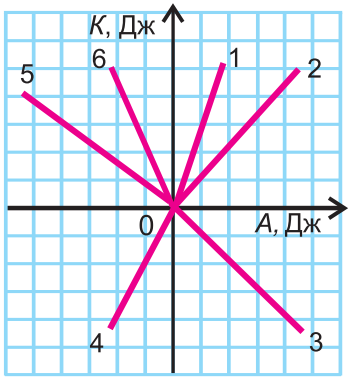
Адказ: $A = 2{,}5 \cdot 10^5$ Дж; $F_{\text{цягі}} = 10$ кН.

Правообладатель Народная асвета

Практыкаванне 20



Мал. 233



Мал. 234

1. Якую кінетычную энергію мае птушка масай $m = 80$ г, якая ляціць са скорасцю $v = 18\ \frac{\text{км}}{\text{г}}$?

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 $v = 36\ \frac{\text{км}}{\text{г}}$ сіла цягі выканала работу $A = 120$ кДж. Якую работу выканала 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?

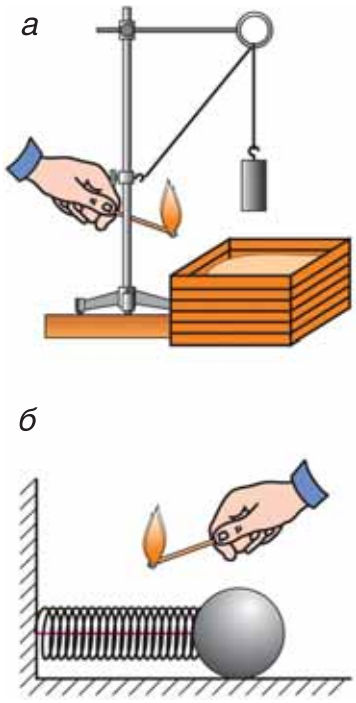
9. Кардонная скрыня масай $m = 0{,}40$ кг, падаючы з вышыні $h = 10$ м, дасягнула скорасці $v = 10\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Вызначыце сярэдняе значэнне сілы супраціўлення паветра. Каэфіцыент g прыміце роўным $10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Правообладатель Народная асвета

§ 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.**



Мал. 235

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 цеціву. З гэтых і іншых прыкладаў вынікае, што **патэнцыяльная энергія — гэта энергія, абумоўленая ўзаемным раз-**

Мал. 236

Правообладатель Народная асвета

Мал. 237

мяшчэннем цел 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, пральных машын, рухаюцца некаторыя дзіцячыя цацкі. Патэнцыяльная энергія паднятай з дапамогай плаціны вады прымушае працаваць гідраэлектрастанцыі (мал. 237).

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 валейбольнай сеткай?

Дамашняе заданне

Складзіце план для эксперыментальнага вымярэння патэнцыяльнай энергіі вучэбнага дапаможніка «Фізіка-7», які ляжыць на вашым пісьмовым стале, адносна паверхні падлогі.

Правообладатель Народная асвета

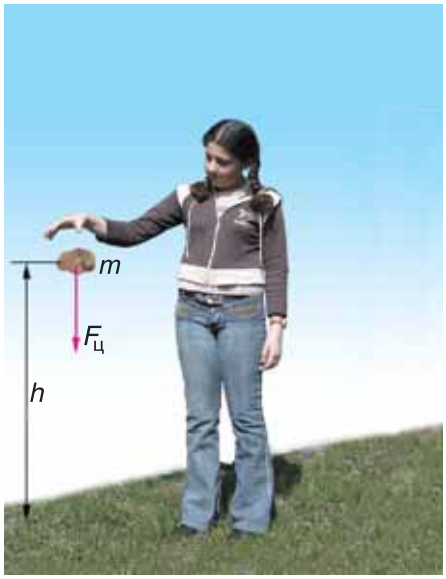
§ 41. Разлік патэнцыяльнай энергіі

Кінетычная энергія цела, якая залежыць ад яго масы і скорасці, выражаецца формулай $K = \frac{mv^2}{2}$. Гэта формула справядлівая і для планеты Зямля, што імчыцца са скорасцю $v = 30\ \frac{км}{с}$ па арбіце вакол Сонца, і для нябачнага 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:

$$A_ц = F_ц h = gmh.$$



Мал. 238

Гэта і ёсць патэнцыяльная энергія паднятага цела:

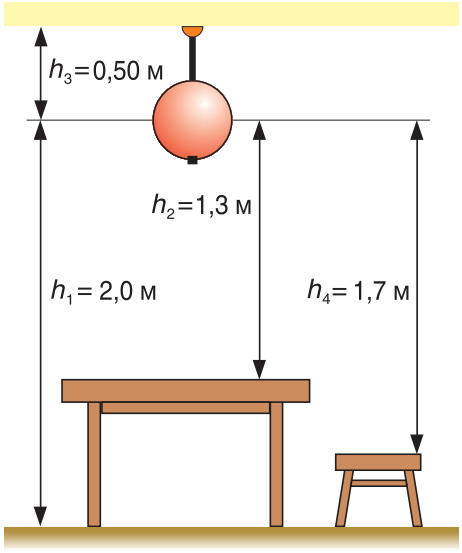
$$\boxed{П = gmh}.$$

Значэнне патэнцыяльнай энергіі **адноснае.** Так, адносна падлогі патэнцыяльная энергія свяцільні (мал. 239) масай $m = 1{,}0$ кг, цэнтр цяжару якой размешчаны на вышыні h_1 ад падлогі, роўна:

$$П_1 = gmh_1 = 9{,}8\ \frac{Н}{кг} \cdot 1{,}0\ кг \cdot 2{,}0\ м \approx 20\ Дж.$$

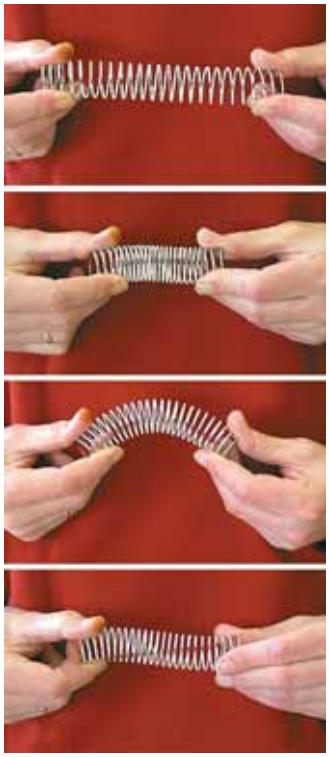
Адносна столі ($h_3 = -0{,}50$ м) яна роўна:

$$П_2 = gmh_3 = -9{,}8\ \frac{Н}{кг} \cdot 1{,}0\ кг \cdot 0{,}50\ м \approx -5{,}0\ Дж.$$



Мал. 239

Правообладатель Народная асвета



Мал. 240

Таму, прыводзячы значэнне патэнцыяльнай энергіі, неабходна называць узровень, адносна якога яна зададзена, — **нулявы ўзровень патэнцыяльнай энергіі** (гэта можа быць, напрыклад, якая-небудзь паверхня — паверхня падлогі, століі, 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 любым выпадку. І чым больш пругкая дэфармацыя, тым большая патэнцыяльная энергія спружыны. У дадзеным прыкладзе разлік патэнцыяльнай энергіі прыйдзецца весці па розных формулах. Больш дэталёва з гэтым вы пазнаёміцеся ў 9-м класе.

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 прыцяжэння Зямлі, і дэфармаванага цела?
2. Што такое нулявы ўзровень патэнцыяльнай энергіі?
3. Ці можа патэнцыяльная энергія цела быць адначасова роўнай нулю і адрознівацца ад нуля?
4. Ці роўныя патэнцыяльныя энергіі паднятага на аднолькавую вышыню цела на Зямлі і на Месяцы?
5. Чаму роўна патэнцыяльная энергія намаляванай на малюнку 239 (с. 149) свяцільні адносна сядзення табурэткі? Адносна паверхні стала?

Правообладатель Народная асвета

Прыклад рашэння задачы

Парафінавы аднародны кубік з даўжынёй канта $a = 10$ см ляжыць на стале на вышыні $h_1 = 0{,}80$ м ад падлогі. Вызначыце патэнцыяльную энергію кубіка адносна паверхняў: а) падлогі; б) стала. Якую работу трэба выканаць, каб падняць кубік з падлогі на стол? Каэфіцыент $g = 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Дадзена:

$a = 10$ см $= 0{,}10$ м

$h_1 = 0{,}80$ м

$\rho = 900\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$g = 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$

$П_1$ — ?

$П_2$ — ?

A — ?

Рашэнне

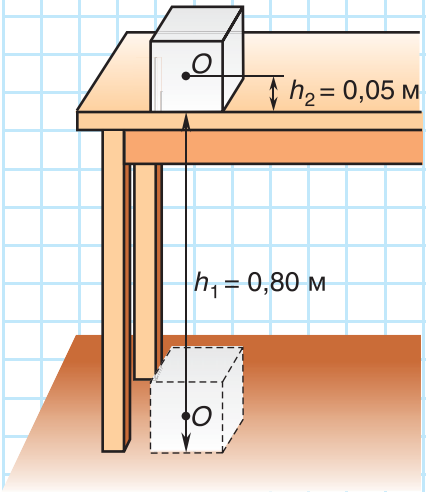
Патэнцыяльная энергія кубіка адносна паверхні падлогі (мал. 241) вызначаецца становішчам яго цэнтра (пункта O):

$$П_1 = gm(h_1 + 0{,}5a).$$

Маса кубіка $m = \rho V$, аб'ём $V = a^3$, тады:

$$П_1 = g\rho a^3(h_1 + 0{,}5a);$$

$$П_1 = 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 900\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0{,}0010\ \text{м}^3 \cdot 0{,}85\ \text{м} = 7{,}7\ \text{Дж}.$$



Мал. 241

Патэнцыяльная энергія кубіка адносна паверхні стала:

$$П_2 = g\rho a^3 h_2;$$

$$h_2 = \frac{a}{2};$$

$$П_2 = \frac{g\rho a^3 a}{2};$$

$$П_2 = 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 900\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0{,}0010\ \text{м}^3 \cdot 0{,}050\ \text{м} = 0{,}45\ \text{Дж}.$$

Работа па пад'ёме кубіка на вышыню h_1 роўна змяненню яго патэнцыяльнай энергіі. Атрымліваем:

$$A = П_1 - П_2 = 7{,}7\ \text{Дж} - 0{,}45\ \text{Дж} = 7{,}25\ \text{Дж} \approx 7{,}3\ \text{Дж}.$$

Адказ: $П_1 = 7{,}7$ Дж; $П_2 = 0{,}45$ Дж; $A = 7{,}3$ Дж.

Правообладатель Народная асвета

Практыкаванне 21

1. Расцягнутая спружына мае патэнцыяльную энергію $П = 2$ Дж. Што гэта азначае?

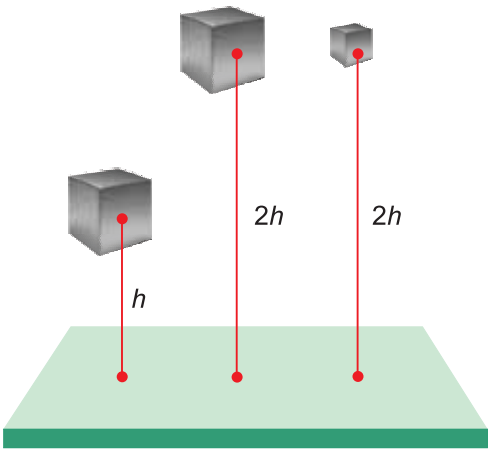
2. З якой глыбіні быў падняты кавалак сільвініту (пароды, што змяшчае калій, галоўнага мінеральнага багацця Беларусі) аб'ёмам $V = 5$ дм^3, калі яго патэнцыяльная энергія ўзрасла на $\Delta П = 41$ кДж? Шчыльнасць сільвініту прыміце роўнай падвоенай шчыльнасці вады.

3. Кропля дажджу масай $m = 60$ мг падае з пастаяннай скорасцю $\upsilon = 10{,}0\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$. 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 $П = 4$ 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 $\upsilon = 5{,}0\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$ на працягу прамежку часу $t = 5{,}0$ с.



Мал. 242

7. Якую патэнцыяльную энергію мае 1,0 м^3 вады горнай ракі на вышыні $h = 320$ м? Параўнайце гэту энергію з кінетычнай энергіяй аўтамабіля масай $m = 10$ т, які мае скорасць $\upsilon = 54\ \frac{\text{км}}{\text{г}}$.

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?

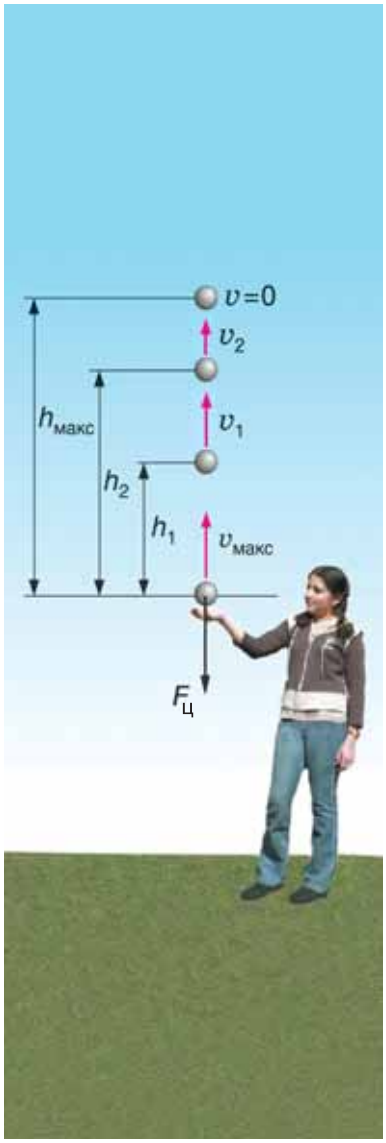
9. Параўнайце патэнцыяльныя энергіі трох металічных кубікаў (мал. 242), выраблены з аднаго і таго ж матэрыялу.

Правообладатель Народная асвета

§ 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 выяўляецца гэта сувязь?

Прасочым за рухам кінутага ўверх металічнага шарыка (мал. 243). У ніжнім пункце траекторыі сіла ўздзеяння рукі на шарык надае яму кінетычную энергію. Шарык рухаецца ўверх. Скорасць яго руху, а значыць, і кінетычная энергія памяншаюцца. Але ці знікае кінетычная энергія бясследна? Паднімаючыся ўсё вышэй, шарык набывае ўсё большую патэнцыяльную энергію (успомніце: $П = gmh$). У верхнім пункце скорасць і кінетычная энергія шарыка роўныя 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).



Мал. 243

Калі супраціўленне паветра малое (і 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**

Правообладатель Народная асвета

Мал. 244

Мал. 245

Мал. 246

цела (сістэмы цел), роўная суме кінетычнай і патэнцыяльнай энергій ($E = K + П$), захоўваецца. 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 паднімецца 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.

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 ўжо працуе Гродзенская ГЭС магутнасцю 17 МВт. Устаноўленая магутнасць Віцебскай ГЭС на Заходняй Дзвіне — 40 МВт.

Кінетычную энергію ветру чалавек пачаў выкарыстоўваць з дапамогай паруса (мал. 245), затым стаў прымяняць у ветраных млынах. У апошнія гады ў нашай краіне пачата будаўніцтва ветраэлектрастанцый (мал. 246). Яны ўнікальныя тым, што не аказваюць шкоднага ўздзеяння на навакольнае асяроддзе. У многіх краінах паспяхова выкарыстоўваюць энергію прыліваў і адліваў вады мораў і акіянаў. Там створаны прыліўныя электрастанцыі.

Правообладатель Народная асвета

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, адлюстраваным на малюнку 243 (с. 153), 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 $g = 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

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 *1*:

$$E_1 = K_1 + \Pi_1 = K_1.$$

Поўная механічная энергія каменя ў пункце *2*:

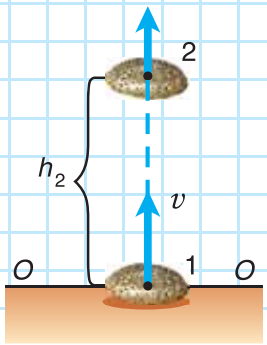
$E_2 = \Pi_2 + K_2 = E_1$, або $K_1 = \Pi_2 + K_2$; $K_1 = \frac{mv^2}{2}$.

Па ўмове $K_2 = 0{,}25\Pi_2$. Значыць,

$$\frac{mv^2}{2} = 1{,}25\Pi_2 = 1{,}25gmh_2;\ v^2 = 2{,}5gh_2;$$

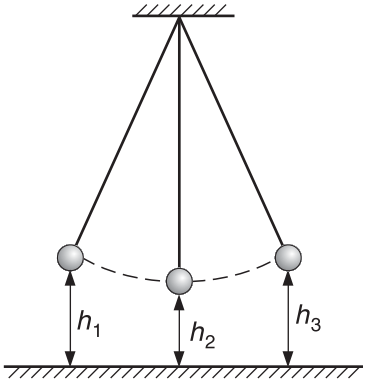
$$h_2 = \frac{v^2}{2{,}5g};\ h_2 = \frac{400\ \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2{,}5 \cdot 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 16\ \text{м}.$$

Адказ: $h_2 = 16$ м.



Мал. 247

Правообладатель Народная асвета



Мал. 248

Практыкаванне 22

1. Апішыце ператварэнне энергіі пры ваганні падвешанага на нітцы шарыка (мал. 248).

2. Ці захоўваецца поўная механічная энергія пры:

а) падзенні мяча з невялікай вышыні;

б) падзенні мяча з вялікай вышыні;

в) 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 лічыце 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 поўную, кінетычную і патэнцыяльную энергіі на вышыні $h = 1{,}0$ м. Супраціўленне паветра не ўлічваць.

6. Камень, кінуты вертыкальна ўверх, дасягнуў вышыні $h = 20$ м. На якую вышыню ён паднімецца пры наданні яму ў 2 разы большай пачатковай скорасці? Супраціўленне паветра не ўлічваць.

7. Якую патэнцыяльную энергію вы маеце, калі стаіце на лыжах на вяршыні гары вышынёй $h = 20$ м? Якую скорасць руху вы мелі б у канцы спуску з гары, калі б уся патэнцыяльная энергія перайшла ў кінетычную?

8. Шарык кінулі 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.

9. Ці аднолькавая скорасць вылету шарыка са спружыннага пісталета, калі ствол яго ўстанавіць:

а) гарызантальна; б) вертыкальна ўверх?

10. З дапамогай інтэрактыўных мадэлей 1, 2 з раздзела «Работа і магутнасць. Энергія. Простыя механізмы» прадэманструйце выкананальнасць закону захавання механічнай энергіі.

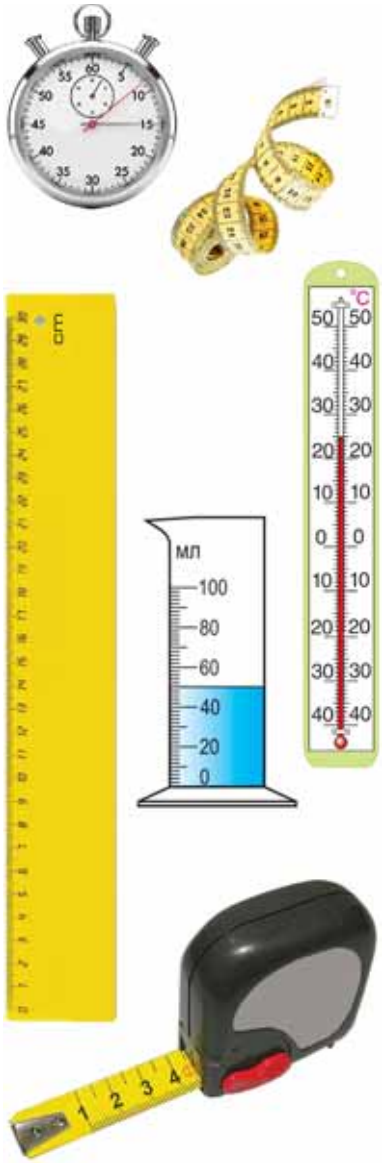
Правообладатель Народная асвета

Лабараторны эксперымент

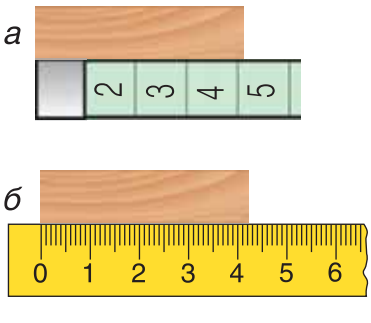
«Адзін дослед я стаўлю вышэй за тысячу меркаванняў, народжаных толькі ўяўленнем».

М. В. Ламаносаў

Правообладатель Народная асвета



Мал. 249



Мал. 250

Лабараторная работа № 1

Вызначэнне цаны дзялення шкалы вымяральнага прыбора

Мэта: навучыцца вызначаць цану дзялення шкалы вымяральнага прыбора і ацэньваць дакладнасць 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. Чым вызначаецца дакладнасць вымярэнняў дадзеным прыборам?

Ход работы

1. Вызначыце і запішыце ў табліцу цану дзялення шкалы прадстаўленых на малюнку прыбораў.

2. Вызначыце і запішыце ў табліцу дакладнасць вымярэнняў прыборамі, прадстаўленымі на малюнку.

Вымяральны прыбор	Цана дзялення шкалы, *C*	Дакладнасць вымярэння
Лінейка		
Рулетка		
Мерная стужка		
Мензурка		
Тэрмометр бытавы		
Секундамер		

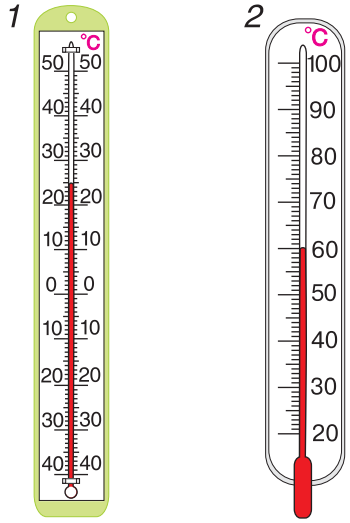
Кантрольныя пытанні

1. Як дакладнасць вымярэння звязана з цаной дзялення шкалы прыбора?
2. Ці аднолькавая дакладнасць вымярэння даўжыні бруска мернай стужкай (мал. 250, *а*) і лінейкай (мал. 250, *б*)? Чаму?

Правообладатель Народная асвета

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 дадзеным прыборам?



Мал. 251

Мал. 252

Вывады

Суперзаданне

Для чаго ў шкалах высокадакладных стрэлачных прыбораў (мал. 252) выкарыстоўваюць люстраную палосу?

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. З якой дакладнасцю можна вымераць даўжыню гэтымі прыборамі?

Мал. 253

Ход работы

1. Ацаніце «на вока» даўжыню стальніцы вучэбнага стала. Значэнне даўжыні пазначце ў табліцы.

2. Пры дапамозе лінейкі вымерайце найбольшую адлегласць (пядзю) паміж кончыкамі растапыраных пальцаў вашай рукі — указальнага і вялікага (мал. 253). У табліцы на с. 160 пасля слова «пядзя» ў дужках пазначце значэнне вашай пядзі.

Правообладатель Народная асвета

3. Вымерайце пядзямі 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—5. Зрабіце вывады.

№	Вымяральны прыбор	Даўжыня стальніцы l, см
1	«На вока»	
2	Пядзя	
3	Мерная стужка	
4	Лінейка	

Кантрольныя пытанні

1. Якое з праведзеных вымярэнняў даўжыні стальніцы вучэбнага стала найбольш дакладнае? Чаму?

2. Выразіце вынік, атрыманы ў вымярэнні 4, у міліметрах (мм), дэцыметрах (дм), метрах (м) і кіламетрах (км).

3. У якіх адзінках найбольш зручна выражаць даўжыню стальніцы? Абгрунтуйце адказ.

Вывады

Суперзаданне

Вымерайце дыяметр тонкага дроту.

Лабараторная работа № 3

Вымярэнне аб'ёму

Мэта: навучыцца вымяраць аб'ёмы вадкасцей, цвёрдых цел правільнай і адвольнай формы і ёмістасці пасудзін.

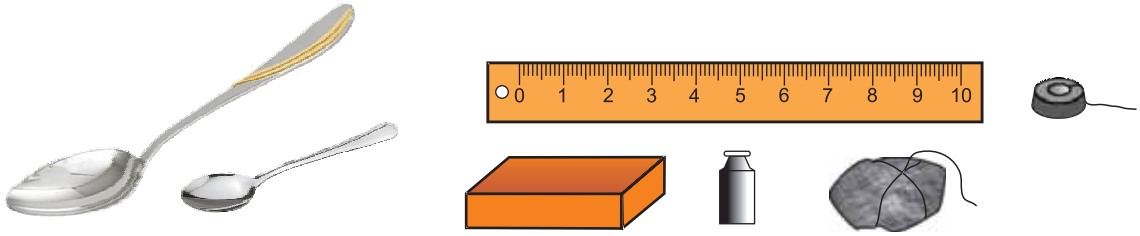
Абсталяванне: лінейка, прамавугольны брусок, мензурка, цвёрдыя целы няправільнай формы, пасудзіна з вадой, чайная і сталовая лыжкі (мал. 254).

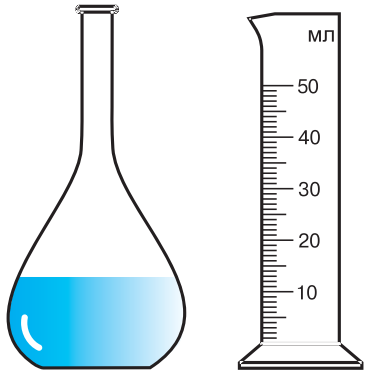
Праверце сябе

1. У якіх адзінках вымяраюць аб'ём мензуркай?

2. Якая сувязь дадзеных адзінак з $см^3$, $дм^3$ і $м^3$?

Правообладатель Народная асвета





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 мл = 1 см^3, то аб'ёмы вадкасцей выражаюць як у мілілітрах, так і ў кубічных сантыметрах. Аднак аб'ёмы цвёрдых цел выражаць у мілілітрах не прынята.

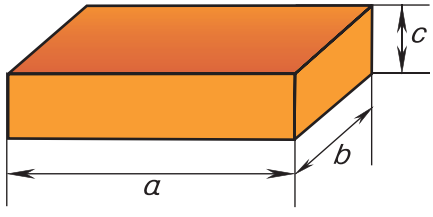
Ход работы

1. Наліваючы ў мензурку ваду пры дапамозе чайнай і сталовай лыжак, вымерайце ўмяшчальнасць гэтых лыжак. Вынікі запішыце ў табліцу.

Мал. 255

Від пасудзіны	Лік N налітых лыжак	Аб'ём налітай вады, мл	Умяшчальнасць лыжкі, мл
Лыжка чайная			
Лыжка сталовая			

2. Вымерайце пры дапамозе лінейкі аб'ём цвёрдага цела правільнай формы (мал. 256). Вынікі вымярэнняў і вылічэнняў запішыце ў табліцу.



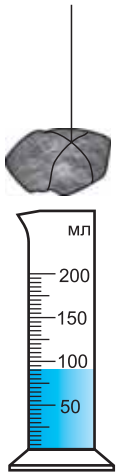
Мал. 256

Памеры бруска			Аб'ём бруска	
Даўжыня a, мм	Шырыня b, мм	Вышыня c, мм	V, мм^3	V, см^3

Правообладатель Народная асвета

3. Вымерайце пры дапамозе мензуркі аб'ёмы цвёрдых цел няправільнай формы, якія можна змясціць у мензурку. Вынікі запішыце ў табліцу.

Назва цела	Аб'ём вады V_1, мл	Аб'ём вады з целам V_2, мл	Аб'ём цела $V = V_2 - V_1$, см^3



Мал. 257

Кантрольныя пытанні

1. Прамымі або ўскоснымі вымярэннямі былі вызначаны аб'ёмы бруска і цел няправільнай формы?

2. Як можна павысіць дакладнасць вымярэння ёмістасці пасудзіны (чайнай і сталовай лыжак)?

Вывады

Суперзаданне

Прапануйце і апішыце ў дэталях спосаб вымярэння аб'ёму цвёрдага цела, якое немагчыма змясціць у мензурку (мал. 257).

Лабараторная работа № 4

Вывучэнне нераўнамернага руху

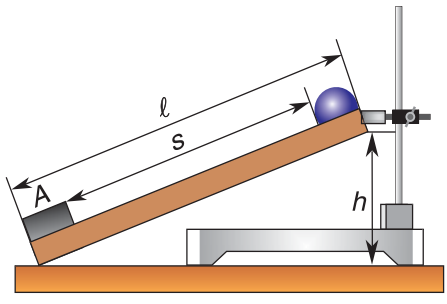
Мэта: навучыцца вымяраць сярэднюю скорасць нераўнамернага руху.

Абсталяванне: лабараторны штатыў, металічны жолаб, шарык, мерная стужка, цыліндрычны ўпор, транспарцір, секундамер.

Праверце сябе

1. Што трэба ведаць, каб вызначыць сярэднюю скорасць руху?

2. Ці залежыць значэнне сярэдняй скорасці ад абранага прамежку часу?



Мал. 258

Ход работы

1. Прыборныя вымярэнні.

Замацуйце жолаб у штатыве (мал. 258), падабраўшы ўхіл прыкладна 1 : 20 (ухілам называюць адносіну вышыні пад'ёму h да даўжыні l). У ніжняй частцы жолаба размясціце ўпор A.

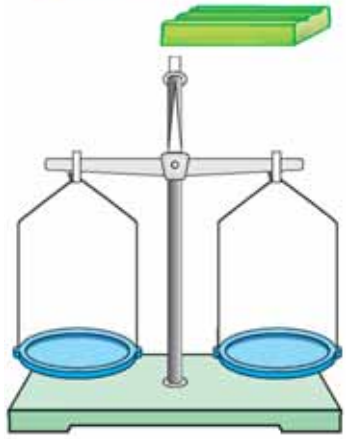
2. Адпусціце шарык з верхняга пункта жолаба адначасова з запускам секундамера і вымерайце час руху шарыка да ўдару аб упор A.

Правообладатель Народная асвета

3. Вымерайце мернай стужкай пройдзены шарыкам шлях s і знайдзіце сярэднюю скорасць $<\upsilon>$ яго руху.

4. Павялічце ў 2 разы ўхіл жолаба і паўтарыце вымярэнні пунктаў 2—4. Запішыце вынікі ў табліцу.

Ухіл $\frac{h}{l}$	Шлях s, см	Час спуску t, с	Сярэдняя скорасць спуску $<\upsilon>$, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$



Кантрольныя пытанні

1. Які фізічны сэнс велічыні $<\upsilon>$, што вымяраецца?

2. У якім вымярэнні (пры большым або меншым ухіле) скорасць была знойдзена з большай дакладнасцю? Чаму?

3. Ці можна сцвярджаць, што змяненне ўхілу ў 2 разы прыводзіць да змянення сярэдняй скорасці руху ў 2 разы?

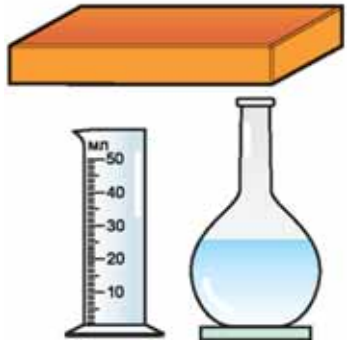
Вывады

Суперзаданне

Выкарыстаўшы мерную стужку, секундамер і транспарцір, вымерайце сярэднюю скорасць руху шарыка, што вагаецца на нітцы. Вазьміце нітку даўжынёй 30—40 см, вугал паміж крайнімі становішчамі ніткі 20—30°.

Лабараторная работа № 5

Вымярэнне шчыльнасці рэчыва



Мал. 259

Мэта: навучыцца вымяраць шчыльнасць рэчыва.

Абсталяванне: вагі, разнавагі, прамавугольны брусок, лінейка, кавалак пластыліну, мензурка, колба з вадой (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.

Правообладатель Народная асвета

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 атрымаецца, што маса гіры большая 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 ўзважвалася.

Скончыўшы ўзважванне, 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 або ўскосных вымярэнняў вамі была вызначана шчыльнасць рэчыва? Патлумачце свой адказ.

2. Якая са шчыльнасцей (рэчыва бруска або пластыліну) была вызначана з большай дакладнасцю? Адказ абгрунтуйце.

3. Шчыльнасць якіх цел (цвёрдых, вадкіх, газападобных) вызначаць найбольш цяжка? Чаму?

Вывады

Суперзаданне

Як вымераць шчыльнасць рэчыва цвікоў і вызначыць, што гэта за рэчыва, выкарыстаўшы толькі вагі і мензурку з вадой?

Правообладатель Народная асвета

Лабараторная работа № 6

Вывучэнне сілы трэння

Мэта: навучыцца вызначаць сілу трэння слізгання; высветліць фактары, якія ўплываюць на яе значэнне, і параўнаць сілы трэння слізгання і качэння.

Абсталяванне: дошка драўляная, палоска пластмасы (можна выкарыстоўваць пластмасавую стальніцу), драўляны брусок, набор грузаў, дзве цыліндрычныя палачкі або два алоўка, дынамометр.

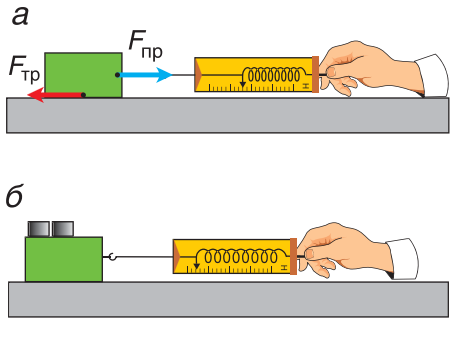
Праверце сябе

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 пругкасці $F_{пр}$ спружыны дынамометра, якая колькасна роўна сіле трэння. Паўтарыце вымярэнні не менш за тры разы, знайдзіце сярэдняе значэнне гэтай сілы.
3. Паўтарыце вымярэнні, перасоўваючы брусок са змешчанымі на ім грузамі (мал. 260, *б*) масай па 100 г (па чарзе з двума, чатырма і шасцю грузамі). Зрабіце выснову 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 выснову.
5. Выкарыстоўваючы брусок з шасцю грузамі, змясціце пад яго дзве круглыя палачкі і вымерайце сілу трэння качэння. Параўнайце сілы трэння слізгання і качэння і зрабіце выснову.

Складзіце табліцу і ўнясіце ў яе даныя праведзеных вамі вымярэнняў.



Мал. 260

Кантрольныя пытанні

1. Якія прычыны ўзнікнення сілы трэння?
2. Чаму ва ўсіх вымярэннях неабходна перасоўваць брусок раўнамерна?

Вывады

Суперзаданне

Даследуйце, як сіла трэння слізгання залежыць ад плошчы судакранання цел, якія труцца.

Правообладатель Народная асвета

Адказы да практыкаванняў

Практыкаванне 3. 1. $C = 5\ \frac{\text{мін}}{\text{дзял}}$. **2.** $t = 24$ °C. **3.** $N = 3$ дзяленні. **4.** $t = 26$ °C; з дакладнасцю да 2 °C.

Практыкаванне 4. 3. $s = 4{,}3$ км. **4.** $\frac{t_2}{t_1} = 2{,}5$. **5.** $t = 6$ 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.** $s = 56$ м; $\langle v \rangle = 4{,}1\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$. **8.** $t =$ = 16 г 30 мін.

Практыкаванне 6. 3. $m = 3{,}6$ т. **5.** Полая. **6.** $l = 40$ м.

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. $P = F_{\text{ц}} = 14$ Н. **5.** $m = 0{,}1$ кг. **6.** Чыгун; $P = F_{\text{ц}} =$ = 70 Н.

Практыкаванне 10. 3. $F_{\text{р}} = 200$ Н. **4.** $l_1 = 5$ см.

Практыкаванне 12. 6. Павялічыцца ў 12 разоў. **8.** $p = 0{,}18$ МПа. **10.** $b = 25$ см; $c = 10$ см.

Практыкаванне 13. 2. $p = 200$ кПа; $F = 16$ Н. **3.** $h_1 = 0{,}10$ мм; $h_2 = 10$ м. **4.** $S = 60$ см^2. **5.** $h_{\text{в}} = 9{,}0$ см; $h_{\text{м}} = 10$ см; $h'_{\text{в}} = h'_{\text{м}} = 9{,}5$ см. **6.** $\frac{F_1}{F_2} = 2$.

Практыкаванне 14. 4. $P = 0{,}6$ Н. **5.** $h = 9{,}0$ см. **6.** $\Delta h = 2{,}0$ см.

Практыкаванне 15. 6. $p = 90$ кПа. **9.** $F = 0{,}26$ кН.

Практыкаванне 16. 3. $\Delta p = 15{,}8$ мм рт. сл. **4.** $p = 48$ кПа.

Практыкаванне 17. 4. а) $A_1 = 100$ Дж; б) $A_2 = -100$ Дж. **7.** Нераўнамерна. **9.** $F_{\text{тар}} = 2{,}0$ кН; $F_{\text{пр}}$ і $F_{\text{ц}}$. **10.** $h = 100$ м; $A_{\text{ц}} = 80$ кДж; $A_{\text{р}} = 40$ кДж.

Практыкаванне 18. 2. $A_{\text{вык}} = 5{,}0$ МДж; $A_{\text{кар}} = 3{,}5$ МДж. **3.** $\eta = 89$ %. **5.** $\eta = 83$ %. **6.** $\eta = 90$ %.

Практыкаванне 19. 2. $A = 2{,}12 \cdot 10^8$ Дж (59 кВт · г). **3.** $t = 4$ с. **4.** $m =$ = 0,20 т. **5.** $F_{\text{супр}} = 3{,}0$ кН. **6.** $P = 60$ кН.

Практыкаванне 20. 2. $K = 0{,}20$ МДж. **6.** $|A_{\text{тр}}| = 20$ кДж. 9. $\langle F_{\text{супр}} \rangle =$ = 2 Н.

Практыкаванне 21. 6. $|\Delta П| = 17{,}5$ кДж; $\Delta K = 0$. **8.** $A = 66$ кДж.

Практыкаванне 22. 3. $h = 20$ м. **5.** $E = 9{,}6$ Дж; $П = 3{,}0$ Дж; $K =$ = 6,6 Дж. **6.** $h = 80$ м. **8.** $h = 15$ м.

Правообладатель Народная асвета

ПРАДМЕТНЫ ПАКАЗАЛЬНІК

Атам 31
Барометры 127
Вымярэнні
— прамыя 15
— ускосныя 15
Графік
— скорасці 60
— шляху 59
Дыфузія 34
Законы
— захавання механічнай энергіі 154, 155
— Паскаля 109
Інерцыя 69
Каэфіцыент карыснага дзеяння 136
Магутнасць 140
Малекулы 30
Манометры 127
Маса 71
Механічная работа 132
Механічны рух
— паступальны 55
— пераменны 64
— раўнамерны 56
Міжнародная сістэма адзінак 18
Сазлучаныя сасуды 114
Сіла
— вага 85
— пругкасці 82
— раўнадзейная 91
— трэння 95
— цяжару 79
Скорасць руху
— нераўнамернага 64
— раўнамернага 56
Стан рэчыва
— вадкі 31, 40, 41
— газападобны 31, 40, 41
— цвёрды 31, 40, 41
Тэмпература 46
Тэрмометр 46
Цеплавое расшырэнне 43
Цеплавы рух 34
Узаемадзеянне малекул 37, 38
Фізіка 6
Фізічнае цела 9
Фізічная велічыня 8
Фізічная з'ява 8
Цана дзялення шкалы 24
Ціск
— атмасферны 121
— гідрастатычны 110
— цвёрдых цел 100
Шчыльнасць рэчыва 72
Энергія
— кінетычная 144
— патэнцыяльная 147, 148

Літаратура

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. Савицкая, С. Распутай время : роман [Электронный ресурс] / С. Савицкая // Золотое перо Руси. Писатель Светлана Савицкая. — Режим доступа : http://svetskaz.ru/shablon.phtml?lnk=2. — Дата доступа : 09.02.2017.

3. 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.

4. Храмов, Ю. А. Физики : биографический справочник. — М. : Наука, 1983.

5. Щипачев, С. Избранные произведения : в 2 т. / С. Щипачев. — М. : Художественная литература, 1970.

Правообладатель Народная асвета

(Назва і нумар установы адукацыі)

Навучальны год	Імя і прозвішча навучэнца	Стан вучэбнага дапаможніка пры атрыманні	Адзнака навучэнцу за карыстанне вучэбным дапаможнікам
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			

Вучэбнае выданне

Ісачанкава Ларыса Арцёмаўна
Ляшчынскі Юрый Дзмітрыевіч

ФІЗІКА

Вучэбны дапаможнік для 7 класа
ўстаноў агульнай сярэдняй адукацыі з беларускай мовай навучання

Заг. рэдакцыі *Г. А. Бабаева*. Рэдактар *А. І. Чыгрынава*. Мастацкія рэдактары *А. М. Багушэвіч, Л. А. Дашкевіч, А. А. Жданоўская*. Тэхнічнае рэдагаванне і камп'ютарная вёрстка *І. І. Дуброўскай, Т. В. Свірыдзенка*. Карэктары *В. С. Бабеня, А. П. Тхір, Г. В. Алешка*.

Падпісана ў друк 06.07.2017. Фармат 84 × $108^{1}/_{16}$. Папера афсетная. Гарнітура школьная. Друк афсетны. Ум. друк. арк. 17,64+0,42 форз. Ул.-выд. арк. 11,6+0,3 форз. Тыраж 15 950 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.

ААТ «Паліграфкамбінат імя Я. Коласа».
Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 2/3 ад 04.10.2013. Вул. Каржанеўскага, 20, 220024, Мінск.

Правообладатель Народная асвета