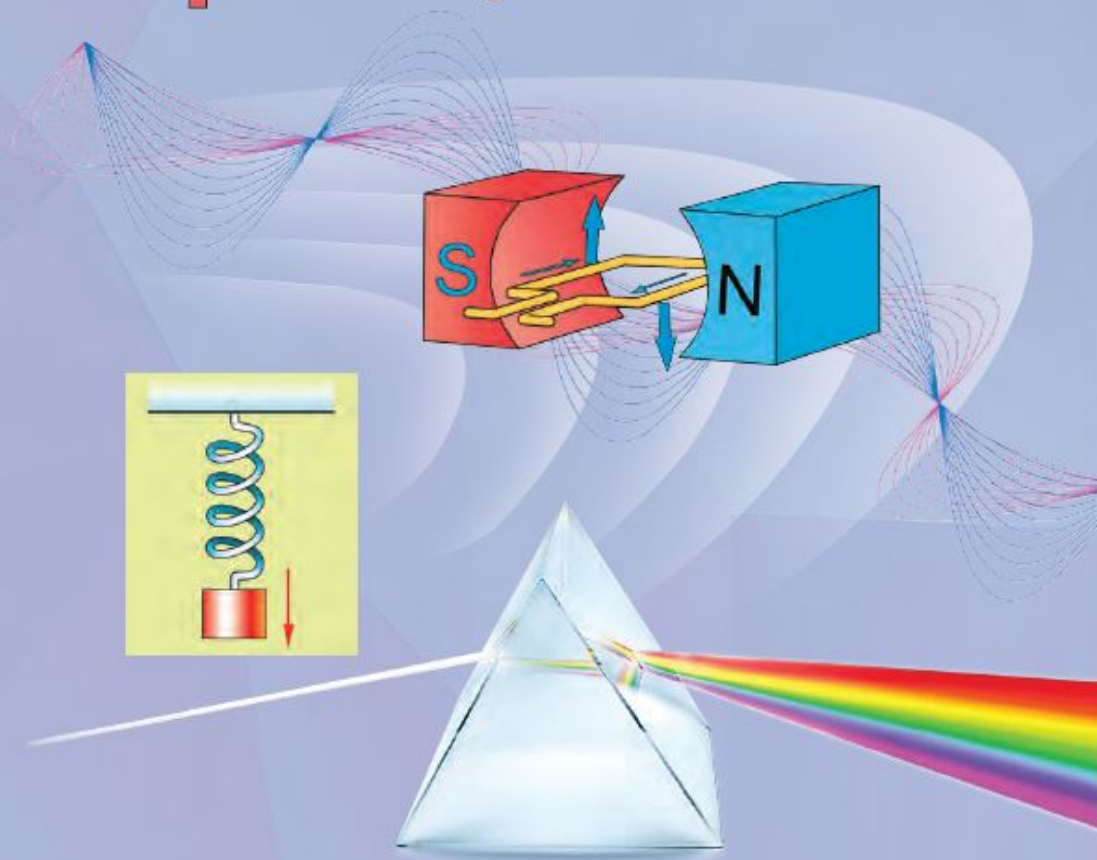


У. У. Дарафейчык, М. А. Сілянкоў

# ЗБОРНІК

## задач па фізіцы 11



УДК 53(075.3=161.3)

ББК 22.3я721

Д20

Р э ц е н з е н т ы:

кафедра фізікі ўстановы адукацыі «Беларускі дзяржаўны тэхналагічны ўніверсітэт» (кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт *В. В. Тульеў*);

настаўнік фізікі кваліфікацыйнай катэгорыі «настаўнік-метадыст» дзяржаўнай установы адукацыі «Сярэдняя школа № 21 г. Бабруйска» *С. В. Крычко*

**Дарафейчык, У. У.**

Д20      Зборнік задач па фізіцы : вучэб. дапаможнік для 11-га кл. устаноў адукацыі, якія рэалізуюць адукац. праграмы агул. сярэд. адукацыі з бел. мовай навучання і выхавання (базы і павыш. узроўні) / У. У. Дарафейчык, М. А. Сілянкоў. — Мінск : Нацыянальны інстытут адукацыі, 2023. — 320 с. : іл.

ISBN 978-985-893-273-2.

Зборнік змяшчае задачы розных відаў і ўзроўняў складанасці, адказы і даведачныя матэрыялы. Заданні размешчаны ў парадку павелічэння складанасці. Адрасуецца вучням 11-га класа ўстаноў адукацыі, якія рэалізуюць адукацыйныя праграмы агульнай сярэдняй адукацыі, што вывучаюць фізіку на базавым і павышаным узроўнях.

УДК 53(075.3=161.1)

ББК 22.3я721

ISBN 978-985-893-273-2

© Дарафейчык У. У., Сілянкоў М. А., 2023

© Афармленне. НМУ «Нацыянальны інстытут адукацыі», 2023

У. У. Дарафейчык, М. А. Сілянкоў

# ЗБОРНІК

## задач па фізіцы

Вучэбны дапаможнік для **11** класа  
ўстаноў адукацыі, якія рэалізуюць  
адукацыйныя праграмы агульнай сярэдняй адукацыі  
з беларускай мовай навучання і выхавання  
(базавы і павышаны ўзроўні)

*Дарушчана  
Міністэрствам адукацыі  
Рэспублікі Беларусь*

Мінск



Нацыянальны інстытут адукацыі  
2023

Правообладатель Национальный институт образования

## Ад аўтараў

Авалодаць ведамі школьнага курса фізікі — гэта значыць не толькі навучыцца разумець фізічныя з’явы і заканамернасці, але і ўмець прымяняць іх на практыцы. Любое выкарыстанне агульных палажэнняў фізікі для вырашэння канкрэтнага, прыватнага пытання ёсць рашэнне фізічнай задачы. Уменне рашаць задачы робіць веды дзейнымі, якія практычна прымяняюцца. Дадзены зборнік задач уяўляе адзін са складальнікаў вучэбна-метадычнага комплексу і адпавядае вучэбным праграмам базавага і павышанага ўзроўняў вывучэння фізікі для 11-га класа ўстаноў агульнай сярэдняй адукацыі. Зборнік уключае якасныя, графічныя, тэставыя, таблічныя і разліковыя задачы розных узроўняў складанасці. Задачи для вывучэння на павышаным узроўні адзначаны зорччай (\*). Агульная колькасць задач, размешчаных у зборніку, дастатковая для таго, каб выкарыстоўваць яго не толькі для рашэння тыповых задач на ўроках, але і для арганізацыі дыферэнцыяваных дамашніх заданняў і самаадукацыі. У пачатку кожнай главы прыведзена табліца, якая змяшчае асноўныя формулы і законы, неабходныя пры рашэнні задач дадзенай тэмы. У межах кожнай главы задачы размешчаны па прынцыпе ад простага да складанага і адпавядаюць чаргоvasці вывучэння тэм.



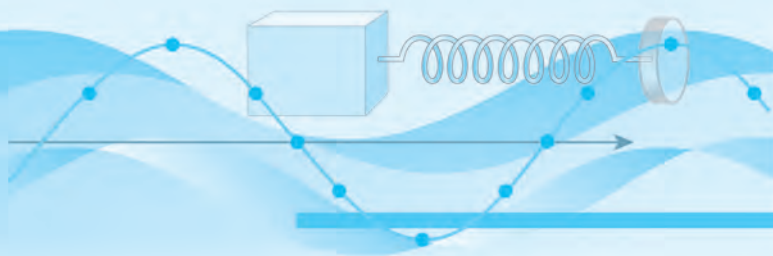
Адказы да задач і дадаткі прадстаўлены ў канцы зборніка. У дадатках прыведзены табліцы, якія змяшчаюць даведачны матэрыял, што адносіцца да задач усіх глаў дапаможніка: дзесятковыя прыстаўкі да назваў адзінак, асноўныя фізічныя пастаянныя, шчыльнасць рэчываў, перыядычная сістэма хімічных элементаў Д. І. Мендзялеева, а таксама табліца масы некаторых часціц і атамаў. Іншыя даведачныя даныя, неабходныя для рашэння канкрэтных задач, для зручнасці даюцца ў тэкстах саміх задач, напрыклад, удзельная цеплаёмістасць рэчыва, работа выхаду электрона. Большасць задач рэкамендуецца рашаць у Міжнароднай сістэме адзінак (СІ). Калі ў канчатковай формуле фізічныя велічыні, якія ўваходзяць у яе, аднародныя, то пераводзіць іх у адзінкі СІ неабавязкова.



# ВАГАННІ І ХВАЛІ



- I. Механічныя ваганні і хвалі
- II. Электрамагнітныя ваганні і хвалі



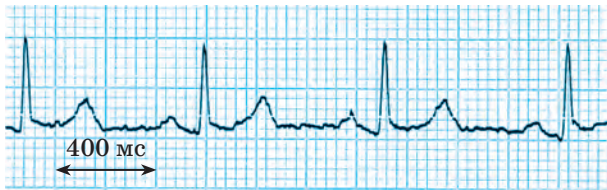
## I. МЕХАНІЧНЫЯ ВАГАННІ І ХВАЛІ

Фізічная велічыня або ўраўненне	Формула	Фізічныя велічыні, якія ўваходзяць у формулу
Ураўненне гарманічных ваганняў	$a_x(t) + \omega^2 x(t) = 0$	$a_x(t)$ — праекцыя паскарэння цела ў момант часу $t$ ; $\omega$ — цыклічная частата ваганняў; $x(t)$ — каардыната цела, якое вагаецца, у момант часу $t$
Кінематычны закон гарманічных ваганняў	$x(t) = x_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0)$ або $x(t) = x_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0)$	$x(t)$ — каардыната цела, якое вагаецца, у момант часу $t$ ; $x_{\max}$ — амплітуда ваганняў; $\varphi_0$ — пачатковая фаза ваганняў
Фаза ваганняў	$\varphi = \omega t + \varphi_0$	$\varphi$ — фаза ваганняў у момант часу $t$ ; $\omega$ — цыклічная частата ваганняў; $\varphi_0$ — пачатковая фаза ваганняў
Праекцыя скорасці гарманічных ваганняў	$*v_x(t) = x_{\max} \omega \cos(\omega t + \varphi_0)$ або $*v_x(t) =$	$v_x(t)$ — праекцыя скорасці на вось $Ox$ у момант часу $t$ ; $x_{\max}$ — амплітуда ваганняў;

Фізічная велічыня або ўраўненне	Формула	Фізічныя велічыні, якія ўваходзяць у формулу
	$= -x_{\max} \omega \sin(\omega t + \varphi_0),$ <p style="text-align: center;">дзе <math>v_{\max} = x_{\max} \omega</math></p>	$\omega$ — цыклічная частата ваганняў; $\varphi_0$ — пачатковая фаза ваганняў; $v_{\max}$ — амплітуда скорасці
Праекцыя паскарэння гарманічных ваганняў	$*a_x(t) = -x_{\max} \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0)$ <p style="text-align: center;">або</p> $*a_x(t) = -x_{\max} \omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0),$ <p style="text-align: center;">дзе <math>a_{\max} = x_{\max} \omega^2</math></p>	$a_x(t)$ — праекцыя паскарэння на вось $Ox$ у момант часу $t$ ; $x_{\max}$ — амплітуда ваганняў; $\omega$ — цыклічная частата ваганняў; $\varphi_0$ — пачатковая фаза ваганняў; $a_{\max}$ — амплітуда паскарэння
Перыяд ваганняў спружыннага маятніка	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	$T$ — перыяд ваганняў; $m$ — маса грузу маятніка; $k$ — жорсткасць спружыны
Перыяд ваганняў матэматычнага маятніка	$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	$T$ — перыяд ваганняў; $l$ — даўжыня ніткі маятніка; $g$ — модуль паскарэння свабоднага падзення
Даўжыня хвалі	$\lambda = vT$	$\lambda$ — даўжыня хвалі; $v$ — модуль скорасці распаўсюджвання хвалі; $T$ — перыяд хвалі

З а ў в а г а. У дадзенай главе лічыць: усе цвёрдыя целы рухаюцца паступальна, калі гэта не агаворана ва ўмове задачы; усе ніткі бязважкімі і нерасцяжнымі, усе спружыны, стужкі, жгуты і г. д. бязважкімі.

- Вымерайце, колькі разоў ваша сэрца скарачаецца за адну мінуту. а) З якой частатой скарачаецца ваша сэрца? б) Чаму роўны перыяд сардэчных скарачэнняў? в) На малюнку 1 прадстаўлены фрагмент кардыяграмы здаровага чалавека. Колькі скарачэнняў за адну мінуту выконвае сэрца гэтага чалавека?

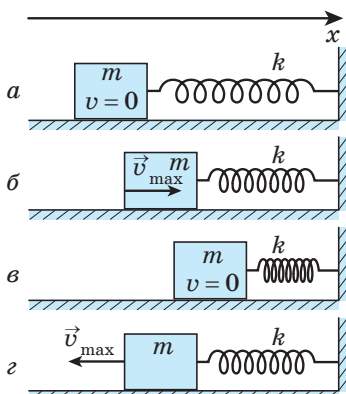


Мал. 1

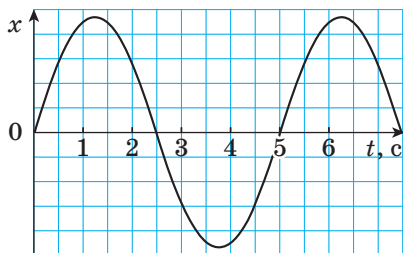
- Паплавок, які часткова апушчаны ў ваду, за прамежак часу  $\Delta t = 8$  с выканаў  $N = 16$  поўных ваганняў. Вызначыце перыяд і частату ваганняў паплаўка.
- Шарык, падвешаны да спружыны, за прамежак часу  $\Delta t = 16$  с выканаў  $N = 13$  поўных ваганняў. Вызначыце цыклічную частату ваганняў.
- Цыклічная частата ваганняў арэляў  $\omega = 0,4\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце частату і лік поўных ваганняў за прамежак часу  $\Delta t = 25$  с.
- Частата ўзмахаў крыламі камара, які ляціць,  $\nu_k = 500$  Гц, а перыяд ваганняў крылаў чмяля, які ляціць,  $T_q = 5,0$  мс. Параўнайце цыклічныя частоты ваганняў крылаў насякомых.
- Груз, падвешаны да спружыны, выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж вертыкальнай восі  $Oy$ . Вызначыце частату ваганняў, калі груз са становішча раўнавагі да

ніжняга крайняга становішча праходзіць за мінімальны прамежак часу  $\Delta t = 0,25$  с.

7. Будучы фізік Андрэй вырашыў вымераць частату ваганняў паплаўка, які калыхаецца на хвалях у возеры. Калі паплавок першы раз апынуўся ў самым ніжнім пункце, Андрэй уключыў секундамер. Калі паплавок пяты раз апынуўся ў гэтым пункце, Андрэй спыніў секундамер, які паказаў час  $t = 5$  с. Вызначыце частату ваганняў паплаўка.
8. Амплітуда гарманічных ваганняў некаторага пункта струны  $x_{\max} = 1,0$  мм. Вызначыце шлях, які прайшоў гэты пункт струны за прамежак часу  $\Delta t = 0,20$  с, калі яго частата ваганняў  $\nu = 1,0$  кГц.
9. На гладкай гарызантальнай плоскасці знаходзіцца груз, прымацаваны да свабоднага канца спружыны, другі канец якой замацаваны (мал. 2). Груз выконвае гарманічныя ваганні, пры гэтым амплітуда ваганняў скорасці роўна  $v_{\max}$ . На малюнку 3 прадстаўлены графік залежнасці каардынаты грузу ад часу. Груз, выконваючы ваганні, паслядоўна праходзіць станы, паказаныя на малюнку 2. Укажыце, у якія моманты часу назіраліся гэтыя станы.



Мал. 2



Мал. 3

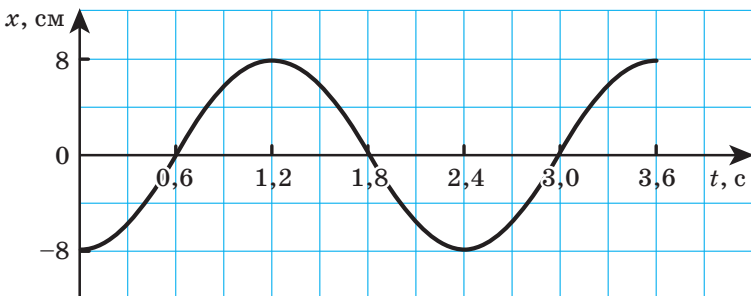
10. Шарык, падвешаны на пругкім жгуце, выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Oy$  па законе:  $y(t) = A \sin(Bt + C)$ , дзе  $A = 10$  см,  $B = 2,5\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$  і  $C = \frac{\pi}{4}$  рад. Вызначыце: а) амплітуду ваганняў; б) цыклічную частату; в) пачатковую фазу; г) перыяд ваганняў; д) шлях, пройдзены шарыкам за перыяд ваганняў.
11. Гіра, падвешаная да эластычнай стужкі, выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Oy$  па законе:  $y(t) = A \cos(Bt)$ , дзе  $A = 0,04$  м,  $B = \frac{2\pi}{3} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце: а) амплітуду ваганняў; б) цыклічную частату; в) пачатковую фазу; г) пачатковую каардынату; д) каардынату гіры ў момант часу  $t = 3$  с; е) лік ваганняў, выкананых гірай за прамежак часу  $\Delta t = 15$  с.
12. Цыліндр, падвешаны да спружыны, выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Oy$  па законе:  $y(t) = A \sin(Bt + C)$ , дзе  $A = 12$  см,  $B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$  і  $C = \frac{\pi}{6}$  рад. Вызначыце: а) каардынаты цыліндра ў моманты часу  $t_1 = 0$  с і  $t_2 = 1$  с; б) фазы ваганняў цыліндра ў моманты часу  $t_1 = 0,5$  с і  $t_2 = 5$  с; в) праекцыю перамяшчэння цыліндра на вось  $Oy$  за прамежак часу ад  $t_1 = \frac{1}{3}$  с да  $t_2 = \frac{4}{3}$  с.
13. Каардыната маленькага шарыка, які выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$ , змяняецца па законе:  $x(t) = A \cos(Bt)$ , дзе  $A = 50$  мм,  $B = 2\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце, лічачы ад моманту пачатку адліку часу: а) мінімальны прамежак часу, калі каардыната шарыка будзе  $x = 0$  м; б) праекцыю перамяшчэння шарыка на вось  $Ox$  за час  $t_1 = 0,75$  с; в) шлях шарыка за час  $t_2 = 1,5$  с.



14. Пасля ўдару струна гітары пачала вагацца з амплітудай  $x_{\max} = 2$  мм, выдаваючы гук «соль» малой актавы ( $\nu = 196$  Гц). Вызначыце: а) \*модуль максімальнай скорасці пунктаў струны адносна нерухомага паветра; б) \*модуль максімальнага паскарэння пунктаў струны; в) шлях, які адносна нерухомага паветра прайшоў бы за адну секунду пункт струны, амплітуда ваганняў якога  $x_{\max}$ , калі б затуханне ваганняў струны не адбылася.
15. \*Каардыната кубіка масай  $m = 200$  г, які выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$ , змяняецца па законе:  $x(t) = A \cos(Bt)$ , дзе  $A = 50$  см,  $B = \frac{\pi}{3} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце: а) модуль максімальнай скорасці; б) модуль максімальнага паскарэння; в) модуль максімальнай раўнадзейнай сіл, якія дзейнічаюць на кубік; г) максімальную кінетычную энергію кубіка; д) модуль максімальнага імпульсу кубіка.
16. \*Каардыната шарыка масай  $m = 80$  г, які падвешаны на спружыне і выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Oy$ , змяняецца па законе:  $y(t) = A \sin(Bt + C)$ , дзе  $A = 14$  см,  $B = \frac{\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$  і  $C = \frac{\pi}{3}$  рад. Вызначыце: а) праекцыю скорасці ў момант часу  $t_1 = 1,0$  с; б) праекцыю паскарэння ў момант часу  $t_2 = 2,0$  с; в) праекцыю імпульсу шарыка ў момант часу  $t_3 = 3,0$  с; г) праекцыю раўнадзейнай сіл, якія дзейнічаюць на шарык у момант часу  $t_4 = 4,0$  с.
17. Брусок выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$  з частатой  $\nu = 0,50$  Гц і амплітудай  $x_{\max} = 10$  см. У пачатковы момант часу брусок рухаўся ў напрамку восі  $Ox$ , а яго каардыната была  $x_0 = 0$  м. Напішыце ўраўненне

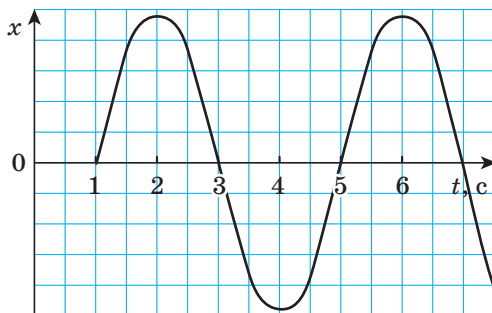
залежнасці: а) каардынаты бруска ад часу; б) \*праекцыі скорасці на вось  $Ox$  ваганняў бруска ад часу; в) \*праекцыі паскарэння на вось  $Ox$  ваганняў бруска ад часу. Вызначыце шлях і модуль перамяшчэння бруска за паўперыяд ваганняў, лічачы ад пачатку адліку часу.

18. Кубік масай  $m = 400$  г выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$  з перыядам  $T = 1,0$  с і амплітудай  $x_{\max} = 40$  мм. У пачатковы момант часу каардыната кубіка  $x_0 = x_{\max}$ . Каардыната становішча раўнавагі кубіка  $x = 0$  м. Напішыце: а) кінематычны закон гарманічных ваганняў кубіка; б) \*ураўненне залежнасці праекцыі імпульсу кубіка на вось  $Ox$  ад часу; в) \*ураўненне залежнасці праекцыі раўнадзейнай сіл, якія дзейнічаюць на кубік, на вось  $Ox$  ад часу. Вызначыце шлях і праекцыю перамяшчэння кубіка за прамежак часу  $\Delta t = 0,75$  с, лічачы ад пачатку адліку часу.
19. На малюнку 4 прадстаўлены графік залежнасці каардынаты грузу, які выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$ , ад часу. Вызначыце: а) амплітуду ваганняў; б) перыяд ваганняў; в) частату ваганняў; г) цыклічную частату; д) \*моманты часу, калі модуль скорасці грузу максімальны.



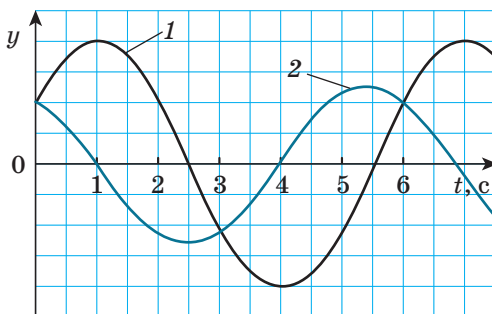
Мал. 4

20. Ваганні спружыннага маятніка, якія апісаны ўраўненнем  $x = A\cos(\omega t + \varphi_0)$ , пачаліся ў момант часу  $t_0 = 1,0$  с. На малюнку 5 паказаны графік залежнасці каардынаты маятніка ад часу. Вызначыце пачатковую фазу ваганняў.



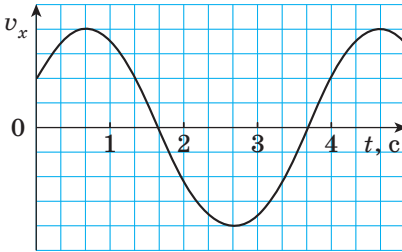
Мал. 5

21. На малюнку 6 прадстаўлены графікі залежнасці каардынаты грузаў 1 і 2, якія падвешаны на спружынах і выконваюць гарманічныя ваганні з аднолькавай частотой. Вызначыце рознасць фаз ваганняў грузаў, калі модуль гэтай рознасці  $|\Delta\varphi| < \pi$ . Знайдзіце пачатковы і канчатковы моманты прамежку часу, на працягу якога грузы адначасова рухаліся ўверх у напрамку восі  $Oy$ .

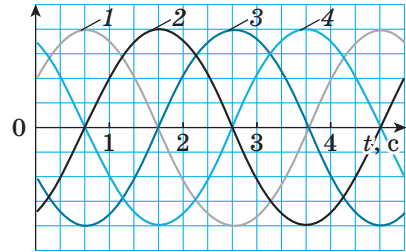


Мал. 6

22. \*На малюнку 7 прадстаўлены графік залежнасці праекцыі скорасці матэрыяльнага пункта на вось  $Ox$  ад часу. Вызначыце, які графік на малюнку 8 адпавядае графіку: а) залежнасці каардынаты матэрыяльнага пункта ад часу; б) залежнасці праекцыі паскарэння матэрыяльнага пункта на вось  $Ox$  ад часу.

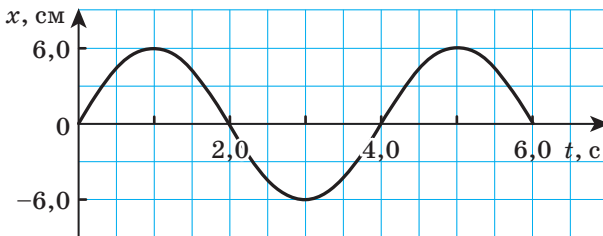


Мал. 7



Мал. 8

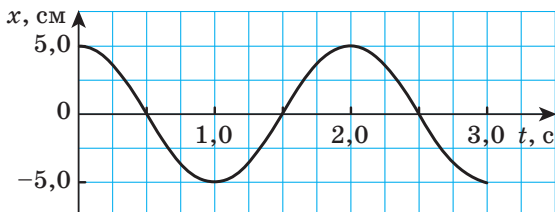
23. На малюнку 9 прадстаўлены графік гарманічных ваганняў бруска ўздоўж восі  $Ox$ . 1) \*Вызначыце модуль максімальнай скорасці і модуль максімальнага паскарэння бруска. 2) Запішыце кінематычны закон ваганняў бруска. 3) Знайдзіце сярэнюю скорасць шляху бруска за перыяд ваганняў.



Мал. 9

24. На малюнку 10 прадстаўлены графік гарманічных ваганняў маленькай муфты, якая прымацавана да спружыны і рухаецца ўздоўж восі  $Ox$ . Запішыце: а) кінематычны закон гарманічных ваганняў муфты; б) \*ураўненне залежнасці праекцыі скорасці муфты на вось  $Ox$  ад часу;

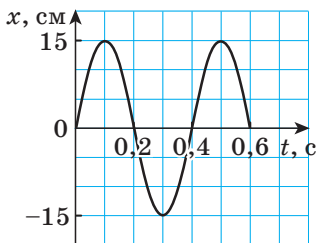
в) \*ураўненне залежнасці праекцыі паскарэння муфты на вось  $Ox$  ад часу.



Мал. 10

25. На малюнку 11 прадстаўлены графік гарманічных ваганняў грузу на спружыне. 1) \*Пабудуйце графікі залежнасці праекцыі скорасці і праекцыі паскарэння грузу на вось  $Ox$  ад часу. 2) Знайдзіце зрушэнне (каардынату) грузу, які вагаецца: а) у моманты часу

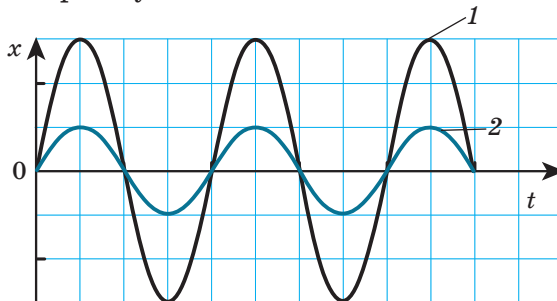
$t_0 = 0,0$  с,  $t_1 = 0,10$  с,  $t_2 = 0,25$  с; б) пры фазах  $\varphi_1 = \frac{\pi}{6}$  рад,  $\varphi_2 = \frac{\pi}{3}$  рад,  $\varphi_3 = \frac{3\pi}{2}$  рад.



Мал. 11

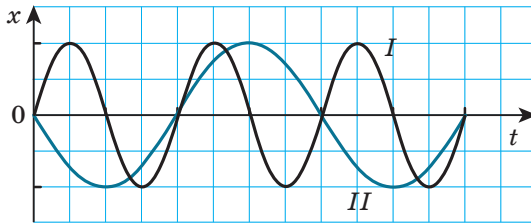
26. \*Два маленькія грузы выконваюць гарманічныя ваганні. Модуль максімальнай скорасці першага грузу  $v_{1\max} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Вызначыце модуль максімальнай скорасці другога грузу, калі перыяд яго ваганняў у  $n = 3$  разы, а амплітуда ваганняў у  $k = 6$  разоў большыя адпаведна за перыяд і амплітуду ваганняў першага грузу.

27. \*Цыклічная частата ваганняў аднаго з шарыкаў, якія выконваюць гарманічныя ваганні,  $\omega_1 = 36 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ , другога —  $\omega_2 = 9 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце, у колькі разоў адрозніваюцца модулі максімальных паскарэнняў шарыкаў, калі амплітуды іх ваганняў аднолькавыя.
28. \*Маленькі груз, рухаючыся ўздоўж восі  $Ox$ , выконвае гарманічныя ваганні з перыядам  $T = 1,2 \text{ с}$ . У некаторы момант часу адхіленне грузу ад становішча раўнавагі  $x = 70 \text{ мм}$ . Вызначыце модуль паскарэння грузу ў гэты момант часу.
29. \*Маленькі брусок, рухаючыся ўздоўж восі  $Ox$ , выконвае гарманічныя ваганні з амплітудай  $A = 5 \text{ см}$ . Вызначыце модуль максімальнай скорасці бруска, калі яго модуль максімальнага паскарэння  $a_{\text{max}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .
30. \*Два аднолькавыя шарыкі выконваюць гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$ . На малюнку 12 прадстаўлены графікі залежнасці каардынаты шарыкаў ад часу. Вызначыце, у колькі разоў адрозніваюцца: а) модулі максімальных скорасцей шарыкаў; б) модулі максімальных паскарэнняў шарыкаў; в) максімальныя кінетычныя энергіі шарыкаў.



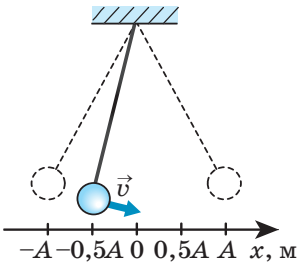
Мал. 12

31. \*Два маленькія цыліндры роўнай масы выконваюць гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$ . На малюнку 13 прадстаўлены графікі залежнасці каардынаты цыліндраў ад часу. Вызначыце, у колькі разоў адрозніваюцца: а) модулі максімальных імпульсаў цыліндраў; б) модулі максімальных раўнадзейных сіл, якія дзейнічаюць на цыліндры.

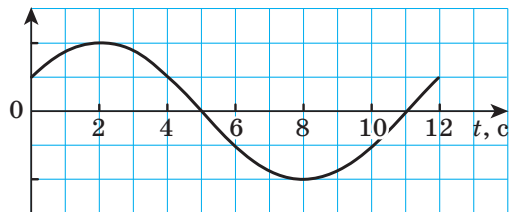


Мал. 13

32. Груз, падвешаны на нітцы, выконвае гарманічныя ваганні з амплітудай  $A$ . На малюнку 14 паказаны становішча і скорасць груза ў некаторы момант часу  $t_0$ . Вызначыце: а) момант часу  $t_0$  і змяненне фазы ваганняў за адну секунду, калі графік на малюнку 15 характарызуе залежнасць каардынаты  $x$  груза ад часу  $t$ ; б) \*момант часу  $t_0$ , калі графік на малюнку 15 характарызуе залежнасць праекцыі паскарэння  $a_x$  груза на вось  $Ox$  ад часу  $t$ ; в) \*момант часу  $t_0$ , калі графік на малюнку 15 характарызуе залежнасць праекцыі скорасці  $v_x$  груза на вось  $Ox$  ад часу  $t$ .

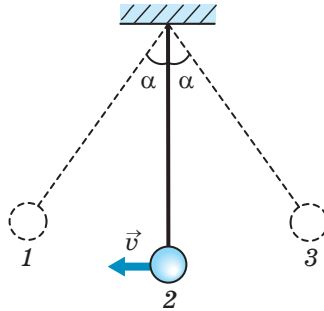


Мал. 14



Мал. 15

33. Шарык, падвешаны на нітцы, выконвае гарманічныя ваганні. На малюнку 16 паказаны становішча шарыка і напрамак скорасці яго руху ў некаторы момант часу  $t_0$ . У крайніх становішчах нітка адхіляецца ад вертыкалі на вугал  $\alpha = \frac{\pi}{10}$  рад. (Гэты вугал лічыце малым:  $\sin \frac{\pi}{10} = \frac{\pi}{10}$ .) Вызначыце: а) фазу ваганняў, калі шарык прыйдзе ў пункт 3, калі ў пункце 2 фаза ваганняў шарыка роўна нулю; б) \*перыяд ваганняў шарыка, калі ў пункце 2 яго вуглавая скорасць  $\omega = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .



Мал. 16

34. \*Груз, прымацаваны да лёгкай спружыны, выконвае гарманічныя ваганні з амплітудай  $x_{\text{max}} = 40$  мм. Вызначыце модуль максімальнай раўнадзейнай сілы, прыкладзеных да грузу, калі маса грузу  $m = 200$  г, а цыклічная частата ваганняў  $\omega = 10 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .
35. \*Груз масай  $m = 450$  г, прымацаваны да лёгкай спружыны, выконвае гарманічныя ваганні з цыклічнай частотой  $\omega = 8,0 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце амплітуду ваганняў, калі модуль максімальнага імпульсу грузу  $p_{\text{max}} = 0,18 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ .



36. \*Груз масай  $m = 60$  г выконвае свабодныя гарманічныя ваганні з амплітудай  $x_{\max} = 16$  см і цыклічнай частатой  $\omega = 5\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце максімальную кінетычную энергію ваганняў грузу.
37. \*Вызначыце амплітуду гарманічных ваганняў шарыка, калі яго максімальная кінетычная энергія  $(W_{\text{к}})_{\max} = 0,1$  Дж, а модуль максімальнай раўнадзейнай сілы, якія дзейнічаюць на шарык,  $F_{\max} = 10$  Н.
38. \*Залежнасць каардынаты бруска масай  $m = 500$  г, які выконвае свабодныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$ , апісваецца ўраўненнем  $x(t) = A \sin(Bt)$ , дзе  $A = 40$  см,  $B = 2\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце максімальную кінетычную энергію ваганняў бруска.
39. \*Маленькі шарык масай  $m = 10$  г выконвае вертыкальныя гарманічныя ваганні. Вызначыце сярэднюю скорасць руху шарыка паміж крайнімі становішчамі, калі максімальная кінетычная энергія шарыка, які вагаецца,  $(W_{\text{к}})_{\max} = 0,20$  Дж.
40. \*Невялікі шарык, падвешаны на лёгкай спружыне, выконвае вертыкальныя гарманічныя ваганні з амплітудай  $x_{\max} = 2,0$  см. Максімальная кінетычная энергія шарыка, які вагаецца,  $(W_{\text{к}})_{\max} = 0,30$  мДж. Пры якім зрушэнні (каардынаце) ад становішча раўнавагі праекцыя раўнадзейнай сілы, што дзейнічаюць на шарык,  $F_x = -22,5$  мН, калі каардынатная вось  $Ox$  накіравана вертыкальна, а каардыната, якая адпавядае становішчу раўнавагі шарыка,  $x_0 = 0$  мм?
41. \*Цыліндр выконвае гарманічныя ваганні пад дзеяннем сілы, модуль максімальнага значэння якой  $F_{\max} = 20$  Н. Вызначыце цыклічную частату ваганняў цыліндра, калі яго модуль максімальнага імпульсу  $p_{\max} = 4,0 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ .

42. \*Каардыната грузу, які выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$ , мае выгляд:  $x(t) = A \sin(Bt + C)$ , дзе  $A$ ,  $B$ ,  $C$  — канстанты, пры гэтым  $-\pi < C \leq \pi$ . Максимальная кінетычная энергія грузу  $(W_k)_{\max} = 30$  мкДж, модуль максимальной раўнадзейнай сіл, якія дзейнічаюць на груз,  $F_{\max} = 1,5$  мН. Запішыце кінематычны закон гарманічных ваганняў грузу, калі перыяд ваганняў  $T = 2$  с, пачатковая фаза  $\varphi_0 = \frac{\pi}{3}$  рад.
43. \*Запішыце кінематычны закон гарманічных ваганняў грузу, калі модуль яго максимальной паскарэння  $a_{\max} = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}^2}$ , перыяд ваганняў  $T = 2$  с, зрушэнне грузу ад становішча раўнавагі ў пачатковы момант  $x_0 = 2,5$  см. Ваганні выконваюцца па законе:  $x(t) = A \sin(Bt + C)$ , дзе  $A$ ,  $B$ ,  $C$  — канстанты, пры гэтым  $-\pi < C \leq \pi$ .
44. Груз выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$ . У пачатковы момант часу груз знаходзіўся ў становішчы раўнавагі і яго каардыната была  $x_0 = 0$ , а ў момант часу  $t = 0,20$  с каардыната грузу ўпершыню стала  $\frac{x_{\max}}{\sqrt{2}}$ , дзе  $x_{\max}$  — амплітуда ваганняў. Вызначыце перыяд ваганняў грузу.
45. Перыяд гарманічных ваганняў бруска, які вагаецца ўздоўж восі  $Ox$ ,  $T = 2,4$  с. Вызначыце, праз які мінімальны прамежак часу брусок зрушыцца са становішча раўнавагі на адлегласць, роўную палове амплітуды.
46. Невялікі груз выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$ . Адлегласць паміж пунктамі максимальной адхілення грузу ад становішча раўнавагі падзелена на чатыры роўныя адрэзкі. Вызначыце адносіны прамежку

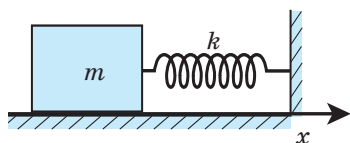
часу, за які груз праходзіць адзін з крайніх адрэзкаў, да прамежку часу, за які груз праходзіць адзін з сярэдніх адрэзкаў.

47. \*Брусок выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$  з перыядам  $T = 6$  с. Вызначыце, праз які мінімальны прамежак часу пасля пачатку адліку часу праекцыя скорасці руху бруска будзе роўнай палове праекцыі яго максімальнай скорасці. У пачатковы момант часу брусок знаходзіўся ў становішчы раўнавагі.
48. Шарык, падвешаны на спружыне, выконвае гарманічныя ваганні, якія апісаны ўраўненнем  $y(t) = y_{\max} \cos(\omega t)$ , дзе  $\omega = \frac{\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Лічачы, што шарык прыйшоў у рух у момант пачатку адліку часу, вызначыце прамежак часу, за які шарык пройдзе шлях, роўны: а) амплітудзе ваганняў; б) тром амплітудам ваганняў; в) дзвюм з паловай амплітудам ваганняў.
49. Амплітуда гарманічных ваганняў маленькага бруска, які вагаецца ўздоўж восі  $Ox$ ,  $x_{\max} = 4$  см. У пачатковы момант часу яго праекцыя скорасці дадатная, а каардыната  $x_0 = 2$  см. Вызначыце, праз які мінімальны прамежак часу каардыната бруска зноў стане  $x = 2$  см, калі перыяд ваганняў  $T = 1,8$  с.
50. \*Шарык выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$ . Пры зрушэнні ад становішча раўнавагі на  $x_1 = 4$  см яго праекцыя скорасці  $v_{1x} = 6 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ , а пры зрушэнні на  $x_2 = 3$  см яго праекцыя скорасці  $v_{2x} = 8 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ . Вызначыце цыклічную частату, амплітуду ваганняў, модуль максімальнай скорасці ваганняў шарыка.

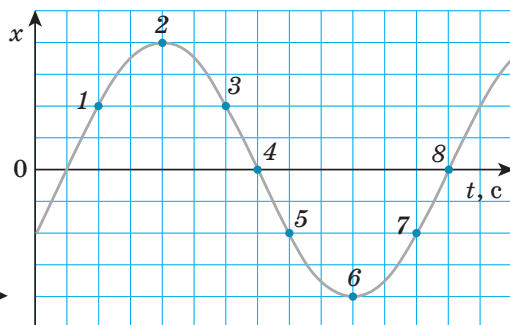
51. \*Па слізкай дарожцы насустрач гаспадару, віляючы хвастом з частатой  $\nu = 4$  Гц, бяжыць сабака. Маса хваста сабакі складае  $\alpha = 2\%$  масы сабакі. Пры якой мінімальнай амплітудзе ваганняў хваста сабака не зможа бегчы роўна, калі каэфіцыент трэння паміж лапамі сабакі і дарожкай  $\mu = 0,1$ ?

З а ў в а г а. Цела сабакі і яго хвост лічыце матэрыяльнымі пунктамі.

52. На гладкай гарызантальнай плоскасці знаходзіцца груз, прымацаваны да свабоднага канца спружыны, другі канец якой замацаваны (мал. 17). Груз выконвае свабодныя гарманічныя ваганні. На малюнку 18 паказаны графік залежнасці каардынаты груза ад часу. Ваганні груза пачаліся ў момант часу  $t_0 = 0$  с. а) Якія дзеянні правялі непасрэдна перад пачаткам ваганняў: 1) сціснулі спружыну; 2) груз змясцілі ў становішча раўнавагі; 3) спружыну расцягнулі; 4) грузу надалі скорасць у напрамку восі  $Ox$ ; 5) груз адпусцілі без пачатковай скорасці; 6) грузу надалі скорасць супраць напрамку восі  $Ox$ ? б) Укажыце пункты, у якіх зваротная сіла накіравана супраць напрамку руху грузу.



Мал. 17



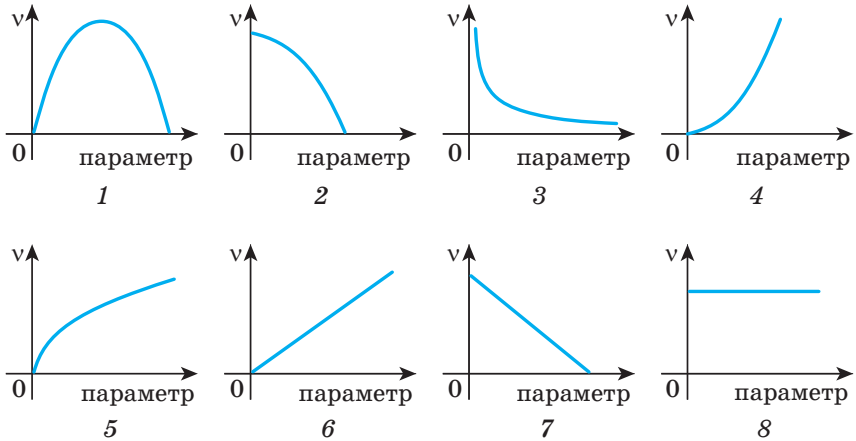
Мал. 18

53. Прывядзіце ў адпаведнасць дзеянне, праведзенае са спружынным маятнікам, з яго ўплывам на частату свабодных ваганняў маятніка.

Дзеянне	Частата ваганняў маятніка
А. Паменшылі масу грузу. Б. Паменшылі жорсткасць спружыны. В. Паменшылі амплітуду ваганняў. Г. Перавезлі маятнік з Зямлі на Месяц	1. Павялічылася. 2. Паменшылася. 3. Не змянілася

54. На гладкай гарызантальнай плоскасці знаходзіцца груз масай  $m = 0,25$  кг, прымацаваны да свабоднага канца спружыны, другі канец якой замацаваны (мал. 17). Вызначыце цыклічную частату свабодных гарманічных ваганняў грузу, калі жорсткасць спружыны  $k = 100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ .
55. Цыліндр масай  $m = 320$  г выконвае гарманічныя ваганні на спружыне жорсткасцю  $k = 50 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ . Вызначыце перыяд ваганняў цыліндра.
56. Груз, падвешаны на гумавым шнур, выконвае свабодныя гарманічныя ваганні ў вертыкальнай плоскасці. У колькі разоў зменіцца перыяд ваганняў, калі груз падвесіць на тым жа шнур, складзеным удвая?
57. Аднародную спружыну разрэзалі на дзве часткі з адносінамі даўжынь  $1 : 2$ . Да яе кароткай часткі прымацавалі груз масай  $m$ , а да доўгай — груз масай  $2m$ . У колькі разоў адрозніваюцца частоты ваганняў атрыманых спружынных маятнікаў?

58. Якой лічбай на малюнку 19 абазначаны графік залежнасці частаты свабодных гарманічных ваганняў спружынага маятніка ад масы?



Мал. 19

59. Якой лічбай на малюнку 19 абазначаны графік залежнасці частаты свабодных гарманічных ваганняў спружынага маятніка ад жорсткасці спружыны?
60. Аднародны алюмініевы шарык, падвешаны да спружыны, выконвае гарманічныя ваганні. У колькі разоў павялічыцца перыяд ваганняў, калі да спружыны падвесіць замест алюмініевага аднародны медны шарык такога ж аб'ёму?
61. Шкляны і драўляны аднародныя кубікі, падвешаныя на аднолькавых спружынах, выконваюць гарманічныя ваганні. Шчыльнасць шкла  $\rho_{\text{ш}} = 2,4 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ , шчыльнасць драўніны  $\rho_{\text{д}} = 0,6 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Вызначыце адносіны частот ваганняў кубікаў, калі рабро шклянога кубіка ў чатыры разы меншае за рабро драўлянага.

62. Для ўзважвання касманаўтаў на борце МКС выкарыстоўваецца вымяральнік масы, што ўяўляе сабой платформу, прымацаваную да спружыны, другі канец якой замацаваны на корпусе станцыі. Адзін з касманаўтаў, маса якога  $m_1 = 75$  кг, прыціснуўшыся да платформы, выконвае тры свабодныя ваганні за час  $t_1 = 3,0$  с. Вызначыце масу другога касманаўта, які выконвае тры ваганні за час  $t_2 = 3,2$  с. Масы спружыны і платформы не прымаць да ўвагі.
63. У цяперашні час прыладай, што іграе ролю маятніка ў гадзінніку-ходзіках, з'яўляецца кварцавая пласціна, частата ўласных ваганняў якой вельмі слаба залежыць ад тэмпературы і іншых знешніх фактараў. Як і для спружыннага маятніка, перыяд ваганняў кварцавай пласціны прама прапарцыянальны квадратаму кораню масы пласціны. Гэта ўласцівасць выкарыстоўваецца для вырабу звышадчувальных вагаў. Няхай маса пласціны  $m_1 = 0,1$  г, частата ўласных ваганняў  $\nu = 1\,000\,000$  Гц. На пласціну змясцілі ўзор, і частата ваганняў змянілася на  $|\Delta\nu| = 10$  Гц. Вызначыце масу ўзору.
64. Да дзвюх лёгкіх спружын рознай жорсткасці падвешаны грузы роўнай масы. Пры гэтым адносіны падаўжэнняў спружын  $\frac{\Delta l_1}{\Delta l_2} = 2$ . Вызначыце адносіны поўных механічных энергій спружынных маятнікаў, калі адносіны іх амплітуд ваганняў  $\frac{x_{2\max}}{x_{1\max}} = 2$ .
65. \*Да жгута і спружыны падвешаны аднолькавыя грузы, якія выконваюць свабодныя гарманічныя ваганні ў вертыкальным напрамку з аднолькавай максімальнай скорасцю. Вызначыце адносіны амплітуд ваганняў, калі адносіны жорсткасці жгута да жорсткасці спружыны  $\frac{k_{\text{ж}}}{k_{\text{сп}}} = 4$ .

66. Шарык, падвешаны на спружыне жорсткасцю  $k = 25 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ , выконвае свабодныя гарманічныя ваганні ў вертыкальным напрамку. Вызначыце масу шарыка, калі  $N = 25$  ваганняў шарык выканаў за прамежак часу  $\Delta t = 16$  с.
67. На спружыне падвешаны груз, які знаходзіцца ў спакоі. Пры гэтым абсалютнае падаўжэнне спружыны  $\Delta l = 6,4$  см. Груз зрушылі вертыкальна ўніз і адпусцілі. Вызначыце перыяд свабодных гарманічных ваганняў грузу.
68. \*Ласцік, прывязаны да пругкага жгута жорсткасцю  $k = 10 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ , выконвае свабодныя гарманічныя ваганні ў вертыкальным напрамку з амплітудай  $x_{\max} = 40$  мм. Вызначыце масу ласціка, калі модуль яго максімальнай скорасці  $v_{\max} = 80 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ .
69. \*На гладкай гарызантальнай плоскасці знаходзіцца брусок масай  $m = 100$  г, прымацаваны да свабоднага канца спружыны, другі канец якой замацаваны (мал. 17). Жорсткасць спружыны  $k = 40 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ . Брусок выконвае свабодныя гарманічныя ваганні. Вызначыце амплітуду ваганняў, калі модуль максімальнага імпульсу бруска  $p_{\max} = 0,050 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ .
70. \*На гладкай гарызантальнай плоскасці знаходзіцца груз масай  $m = 160$  г, прымацаваны да свабоднага канца спружыны, другі канец якой замацаваны (мал. 17). Жорсткасць спружыны  $k = 80 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ . Груз выконвае свабодныя гарманічныя ваганні з амплітудай  $x_{\max} = 40$  мм. Вызначыце модуль максімальнага паскарэння грузу.



71. Шарык масай  $m = 50$  г, падвешаны на спружыне, выконвае свабодныя гарманічныя ваганні ў вертыкальным напрамку з амплітудай  $x_{\max} = 50$  мм. Вызначыце модуль максімальнай раўнадзейнай сілы, якія дзейнічаюць на шарык. Жорсткасць спружыны  $k = 3,2 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ . Колькі поўных ваганняў выконвае маятнік за прамежак часу  $\Delta t = 6,28$  с?
72. Аднародны чугуны груз, падвешаны да пругкай спружыны жорсткасцю  $k = 20 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ , выконвае свабодныя гарманічныя ваганні ўздоўж вертыкальнай восі. Шлях  $s = 48$  мм ад крайняга верхняга да крайняга ніжняга становішча груз праходзіць за прамежак часу  $\Delta t = 0,28$  с. Вызначыце: а) лік ваганняў за прамежак часу  $\Delta t_1 = 42$  с; б) аб'ём грузу; в) модулі максімальнай скорасці і максімальнага паскарэння грузу.
73. \*Нерухомы груз масай  $m = 100$  г, падвешаны на спружыне, расцягвае яе на  $\Delta l = 10$  см. Груз зрушылі вертыкальна ўніз на  $x_{\max} = 10$  см і адпусцілі. Вызначыце максімальную кінетычную энергію і модуль максімальнага імпульсу грузу ў час свабодных гарманічных ваганняў.
74. \*Груз масай  $m$ , падвешаны на спружыне, выконвае свабодныя гарманічныя ваганні ў вертыкальным напрамку з амплітудай  $A$  і перыядам  $T$ . Вызначыце модуль сілы, з якой спружына падзейнічае на груз у той момант часу, калі груз дасягне ніжняга пункта траекторыі.
75. Ртуць масай  $m = 40,8$  г, якая знаходзіцца ў U-падобным ртутным манометры, вывелі са становішча раўнавагі. Вызначыце перыяд уласных ваганняў ртуці ў манометры, калі дыяметр трубка манометра  $d = 4,0$  мм. Сілы трэння і паверхневага нацяжэння не прымаць да ўвагі.

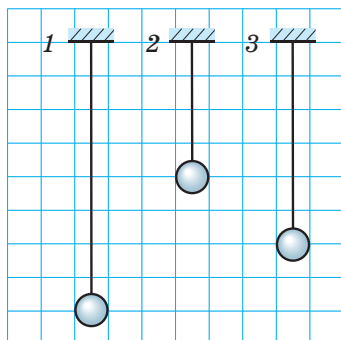
76. Да драўлянага бруска масай  $m = 810$  г прымацавана бязважкая гарызантальная спружына жорсткасцю  $k = 9,00 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ . Брусок слізгае па гладкай гарызантальнай плоскасці (спружына знаходзіцца наперадзе бруска) і сутыкаецца па нармалі з вертыкальнай сцяной. Вызначыце прамежак часу, на працягу якога спружына будзе дакранацца да сцяны.
77. \*Шарык, падвешаны на спружыне, зрушылі са становішча раўнавагі вертыкальна ўніз на  $\Delta l = 3$  см і надалі яму накіраваную вертыкальна ўніз скорасць, модуль якой  $v_0 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , пасля чаго шарык стаў выконваць свабодныя гарманічныя ваганні, цыклічная частата якіх  $\omega = 25 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце амплітуду ваганняў.
78. \*Брусок масай  $m_1 = 246$  г, які ляжыць на гладкай падлозе, злучаны са сцяной спружынай, вось якой гарызантальная. У брусок трапляе шрацінка масай  $m_2 = 4$  г, якая ляціць уздоўж восі спружыны са скорасцю, модуль якой  $v_0 = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Брусок разам з затрыманай у ім шрацінкай пачынае вагацца з амплітудай  $x_{\max} = 8$  см. Вызначыце цыклічную частату свабодных гарманічных ваганняў.
79. Цыліндрычны паплавок масай  $m$  і плошчай асновы  $S$  плавае, часткова апусціўшыся ў ваду. Пасля таго як, павялічыўшы глыбіню апусчэння паплаўка, яго адпусцілі, паплавок пачаў выконваць вертыкальныя гарманічныя ваганні. Вызначыце частату гэтых ваганняў. Шчыльнасць вады роўная  $\rho$ . Сілу супраціўлення не прымаць да ўвагі.

- 80.** \*У вадзе плавае ў вертыкальным становішчы драўляны цыліндр. Цыліндр трошкі глыбей апусцілі ў ваду і адпусцілі. Пасля гэтага ён пачаў вагацца з амплітудай  $x_{\max} = 1,0$  см. Вызначыце плошчу асновы цыліндра, калі яго максімальная кінетычная энергія  $(W_{\text{к}})_{\max} = 2,4$  мДж. Супраціўленне вады не прымаць да ўвагі.
- 81.** Цыліндр знаходзіцца ў вертыкальным становішчы на мяжы падзелу дзвюх вадкасцей і дзеліцца гэтай мяжой на дзве роўныя часткі. Даўжыня цыліндра  $l$ . Шчыльнасць ніжняй вадкасці  $\rho_1$ , верхняй —  $\rho_2$ . Цыліндр трошкі зрушылі па вертыкалі ўніз і адпусцілі. Не ўлічваючы сілу супраціўлення вадкасці, знайдзіце перыяд малых вертыкальных ваганняў цыліндра.
- 82.** Прывядзіце ў адпаведнасць дзеянне, праведзенае з матэматычным маятнікам, з яго ўплывам на перыяд свабодных гарманічных ваганняў маятніка.

Дзеянне	Перыяд ваганняў маятніка
А. Паменшылі масу грузу. Б. Паменшылі даўжыню ніткі. В. Паменшылі амплітуду ваганняў. Г. Перавезлі маятнік на Месяц	1. Павялічыўся. 2. Паменшыўся. 3. Не змяніўся

- 83.** Матэматычны маятнік выканаў  $N_1 = 30$  поўных ваганняў, а спружынны маятнік за такі ж прамежак часу —  $N_2 = 12$  поўных ваганняў. У колькі разоў перыяд ваганняў спружыннага маятніка большы за перыяд ваганняў матэматычнага маятніка?
- 84.** Адзін з матэматычных маятнікаў выканаў  $N_1 = 20$  поўных ваганняў, а другі за такі ж прамежак часу —  $N_2 = 40$  поўных ваганняў. Вызначыце адносіны даўжынь гэтых маятнікаў.

85. На малюнку 20 паказаны тры матэматычныя маятнікі. Вызначыце перыяд ваганняў першага і другога маятнікаў, калі перыяд ваганняў трэцяга маятніка  $T_3 = 1,8$  с.



Мал. 20

86. У капліцы мемарыяльнага комплексу на Буйніцкім полі ў Магілёўскім раёне ўсталяваны маятнік Фуко (мал. 21), які дэманструе сутачнае абарачэнне Зямлі. Вызначыце перыяд ваганняў маятніка, калі даўжыня падвеса  $l = 25$  м.

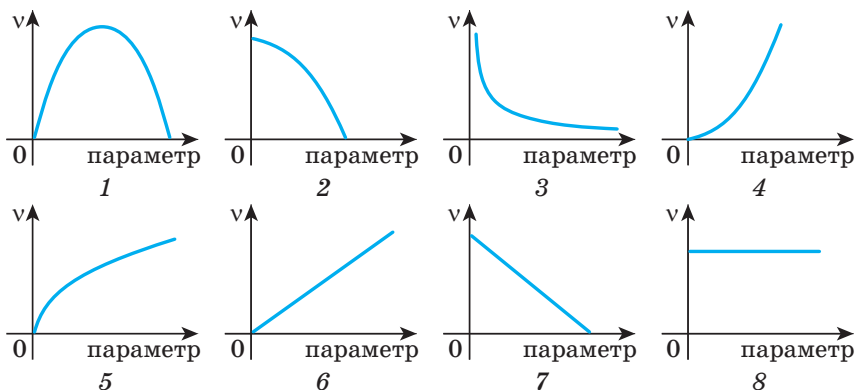


Мал. 21

87. Вызначыце даўжыню матэматычнага маятніка, частата свабодных ваганняў якога  $\nu = 0,65$  Гц.

88. Якой лічбай на малюнку 22 абазначаны графік залежнасці частаты свабодных гарманічных ваганняў матэматычнага маятніка ад даўжыні маятніка?

89. Якой лічбай на малюнку 22 абазначаны графік залежнасці частаты свабодных гарманічных ваганняў матэматычнага маятніка ад масы?



Мал. 22

90. Спружынны і матэматычны маятнікі выконваюць свабодныя гарманічныя ваганні з аднолькавым перыядам. Вызначыце масу груза спружыннага маятніка, калі жорсткасць спружыны  $k = 10 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ , а даўжыня матэматычнага маятніка  $l = 50$  см.

91. Два матэматычныя маятнікі выконваюць свабодныя гарманічныя ваганні: адзін — з перыядам  $T_1 = 1,2$  с, другі — з перыядам  $T_2 = 0,50$  с. Вызначыце перыяд свабодных гарманічных ваганняў матэматычнага маятніка, даўжыня якога роўная суме даўжынь дадзеных маятнікаў.

92. Пры памяншэнні даўжыні матэматычнага маятніка на  $\Delta l = 6,9$  см цыклічная частата яго ваганняў павялічылася ў  $n = 1,3$  раза. Вызначыце перыяд ваганняў маятніка з першапачатковай даўжынёй.

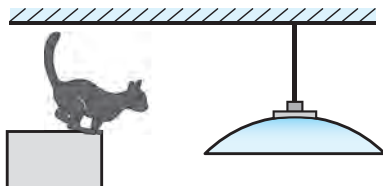
93. Два матэматычныя маятнікі выконваюць свабодныя гарманічныя ваганні. За аднолькавы час адзін матэматычны маятнік выканаў  $N_1 = 50$  ваганняў, а другі —  $N_2 = 25$  ваганняў. Знайдзіце дыўжыні маятнікаў, калі адзін з іх карацейшы за другі на  $\Delta l = 33$  см.
94. Два матэматычныя маятнікі выконваюць гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$  з перыядамі  $T_1 = 6,0$  с і  $T_2 = 5,0$  с. У некаторы момант часу іх каардынаты  $x$  былі аднолькавыя і маятнікі рухаліся ў адным напрамку. Праз які мінімальны прамежак часу каардынаты  $x$  маятнікаў і іх напрамкі скарасцей адпаведна зноў супадуць?
95. \*Матэматычны маятнік выконвае свабодныя гарманічныя ваганні з амплітудай  $x_{\max} = 45$  мм. Вызначыце модуль максімальнага паскарэння маятніка, калі даўжыня маятніка  $l = 90$  см.



Мал. 23

96. \*Амплітуда свабодных гарманічных ваганняў маятніка Фуко (мал. 23), устаноўленага ў Беларускаім дзяржаўным педагагічным універсітэце імя Максіма Танка,  $x_{\max} = 1,3$  м, а яго даўжыня  $l = 7,5$  м. Вызначыце модуль максімальнай скорасці руху маятніка.

97. \*Матэматычны маятнік масай  $m = 500$  г і даўжынёй  $l = 1,5$  м выконвае свабодныя гарманічныя ваганні. Вызначыце амплітуду ваганняў, калі модуль максімальнай раўнадзейнай сілы, прыкладзенай да маятніка,  $F_{\max} = 0,16$  Н.
98. \*Матэматычны маятнік масай  $m = 40$  г і даўжынёй  $l = 0,8$  м выконвае свабодныя гарманічныя ваганні з амплітудай  $x_{\max} = 2$  см. Вызначыце максімальную кінетычную энергію маятніка.
99. \*Шарык масай  $m = 80$  г, падвешаны на бязважкай нерасцяжнай нітцы, выконвае свабодныя гарманічныя ваганні з амплітудай  $x_{\max} = 12$  см. Вызначыце даўжыню ніткі, калі модуль максімальнага імпульсу шарыка  $p_{\max} = 0,024 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ .
100. \*Пасля таго як кацяня (мал. 24) заскочыла на нерухомаю люстру, люстра з кацянём пачала вагацца з амплітудай  $A = 20$  см і перыядам  $T = 1,5$  с. Вызначыце праекцыю скорасці кацяняці на гарызантальную вось падчас скачка, калі маса кацяняці ў два разы меншая за масу люстры. Кацяня і люстру лічыце матэрыяльнымі пунктамі.



Мал. 24

101. \*На тросе даўжынёй  $L = 10$  м, замацаваным на страле пад'ёмнага крана, нерухома вісіць груз. Страла крана пачала рухацца ў гарызантальным напрамку з пастаяннай скорасцю  $v = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Вызначыце: а) амплітуду

ваганняў грузу адносна стралы; б) модуль максімальнай скорасці грузу адносна зямлі; в) праз які мінімальны час пасля пачатку руху модуль скорасці грузу адносна зямлі стане роўны нулю.

- 102.** Матэматычны маятнік даўжынёй  $l$  выконвае свабодныя гарманічныя ваганні ўздоўж вертыкальнай сцяны. Пад пунктам падвеса маятніка на адлегласці  $0,36l$  ад яго ў сцяну забіты цвік, які абмяжоўвае рух ніткі маятніка. Вызначыце перыяд ваганняў такога маятніка.
- 103.** Вызначыце адносіны перыядаў гарманічных ваганняў матэматычных маятнікаў роўнай даўжыні на некаторай планеце і на Зямлі, калі маса планеты ў  $n = 9,0$  раза большая за масу Зямлі, а яе радыус у  $k = 2,0$  раза большы за радыус Зямлі.
- 104.** Стальны шарык масай  $m = 10$  г, падвешаны на бязважкай нерасцяжнай нітцы, выконвае над полюсам магніта свабодныя гарманічныя ваганні з перыядам  $T_1 = 0,5$  с. Калі прыбраць магніт, перыяд ваганняў шарыка стане  $T_2 = 1,0$  с. Вызначыце модуль сілы прыцягнення шарыка да магніта.
- 105.** У нерухомым ліфце знаходзіцца маятнік, перыяд свабодных гарманічных ваганняў якога  $T_0 = 0,88$  с. Вызначыце перыяд свабодных ваганняў гэтага маятніка, калі:  
а) ліфт будзе рухацца з накіраваным уніз паскарэннем, модуль якога  $a_1 = 3,6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ; б) ліфт будзе рухацца з накіраваным уверх паскарэннем, модуль якога  $a_2 = 2,1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .
- 106.** Абавязковым атрыбутам кабіны касмічнага карабля з'яўляецца мяккая цацка (мал. 25), якая не толькі іграе ролю талісмана, але і дапамагае касманаўтам улавіць момант надыходжання бязважжасці. Пры вывадзе ка-



смічнага карабля на каляземную арбіту паскарэнне можа дасягаць велічыні  $3g$ . Вызначыце максімальныя адносінны частаты малых ваганняў цацкі пры вывадзе ракеты на каляземную арбіту да частаты ваганняў цацкі на Зямлі да палёту. Як цацка дапамагае касманаўтам устанавіць момант надыходжання бязважкасці?

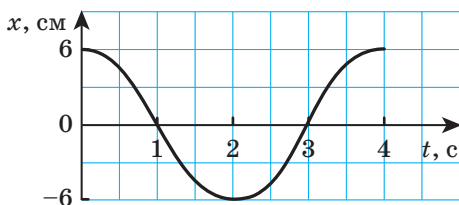


Мал. 25

107. Шарык, які мае масу  $m$  і дадатны зарад  $q$ , падвешаны на бязважкай непроводнай нітцы даўжынёй  $l$  у аднародным электростатычным полі, лініі напружанасці якога накіраваны вертыкальна ўверх. Вызначыце перыяд свабодных малых ваганняў шарыка, калі модуль напружанасці электростатычнага поля роўны  $E$ .
108. Дадатна зараджаны шарык масай  $m = 30$  г, падвешаны на нерасцяжнай нітцы над дадатна зараджанай гарызантальнай плоскасцю, выконваў свабодныя гарманічныя ваганні з перыядам  $T_0 = 2,0$  с. Модуль сілы, з якой электрычнае поле дзейнічала на шарык,  $F = 0,10$  Н. Потым шарык перазарадзілі так, што яго зарад стаў адмоўным, але модуль зараду застаўся ранейшым. Вызначыце перыяд ваганняў шарыка пасля перазарадкі.

- 109.** Спружынны маятнік, які складаецца з бязважкай спружыны і прымацаванага да яе грузу масай  $m = 100$  г, выконвае гарманічныя ваганні ў гарызантальнай плоскасці з частатой  $\nu = 2,0$  Гц і амплітудай  $x_{\max} = 2,0$  см (мал. 17). Вызначыце патэнцыяльную энергію спружыны ў момант часу, калі груз зрушаны ад становішча раўнавагі на адлегласць, роўную палове амплітуды.
- 110.** Маятнік, які складаецца з невялікага прадмета масай  $m = 100$  г і лёгкага жгута, выконвае свабодныя гарманічныя ваганні ў вертыкальным напрамку з частатой  $\nu = 1,5$  Гц. Вызначыце амплітуду ваганняў прадмета, калі максімальная кінетычная энергія маятніка  $(W_{\text{к}})_{\max} = 16$  мДж.
- 111.** Невялікі груз, падвешаны на спружыне жорсткасцю  $k = 3,2 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ , выконвае свабодныя гарманічныя ваганні ў вертыкальным напрамку. Вызначыце амплітуду ваганняў, калі пры праходжанні становішча раўнавагі кінетычная энергія грузу  $W_{\text{к}} = 4,0$  мДж.
- 112.** Маленькі кубік масай  $m = 10$  г, прымацаваны да спружыны, выконвае свабодныя гарманічныя ваганні ўздоўж гарызантальнай восі  $Ox$ . Вызначыце сярэднюю скорасць руху кубіка паміж крайнімі становішчамі, калі максімальная патэнцыяльная энергія спружыны  $(W_{\text{п}})_{\max} = 0,20$  Дж.
- 113.** Два спружынныя маятнікі аднолькавай масы ўздоўж гарызантальнай восі выконваюць свабодныя гарманічныя ваганні, амплітуды якіх аднолькавыя. Частата ваганняў аднаго з маятнікаў на  $\eta = 34$  % большая за частату ваганняў другога. У колькі разоў адрозніваюцца поўныя механічныя энергіі маятнікаў?

114. Груз масай  $m = 0,95$  кг, які прымацаваны да sprужыны і знаходзіцца на гладкай гарызантальнай плоскасці, выконвае свабодныя гарманічныя ваганні (мал. 17). На малюнку 26 прадстаўлены графік залежнасці каардынататы грузу ад часу. Вызначыце кінетычную энергію грузу ў момант часу  $t_1 = 2$  с і патэнцыяльную энергію sprужыны ў момант часу  $t_2 = 4$  с.



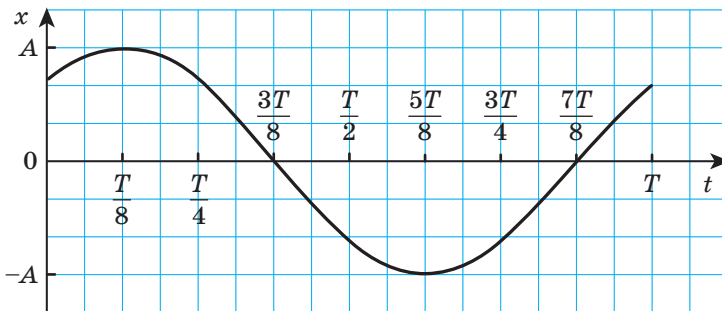
Мал. 26

115. \*Ураўненне ваганняў sprужыннага маятніка мае выгляд:  $x(t) = A \sin(Bt)$ , дзе  $A = 10$  см,  $B = \frac{\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Пабудуйце графікі залежнасці кінетычнай, патэнцыяльнай і поўнай энергіі маятніка ад часу. Маса маятніка  $m = 10$  г.
116. На sprужыне жорсткасцю  $k = 25 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$  нерухома вісіць пластмасавы шарык, склеены з дзвюх частак. У некаторы момант часу частка шарыка масай  $\Delta m = 60$  г адклеіваецца, а застаўшаяся частка шарыка пачынае выконваць на sprужыне вертыкальныя свабодныя гарманічныя ваганні. Вызначыце максімальную кінетычную энергію sprужыннага маятніка.
117. Да свабоднага канца гарызантальнай sprужыны прымацаваны брусок, які знаходзіцца на гладкай гарызантальнай паверхні (мал. 17). Пасля таго як брусок вывелі са становішча раўнавагі і адпусцілі, ён пачаў выконваць свабодныя гарманічныя ваганні з перыядам

$T = 2,4$  с. Праз які мінімальны прамежак часу: а) кінетычная энергія бруска будзе роўная патэнцыяльнай энергіі sprужыны; б) кінетычная энергія бруска будзе ў 3 разы большая за патэнцыяльную энергію sprужыны?

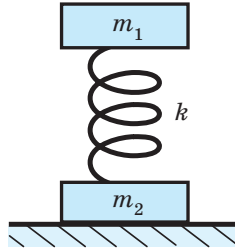
- 118.** Да свабоднага канца гарызантальнай sprужыны прымацаваны брусок, які знаходзіцца на гладкай гарызантальнай паверхні (мал. 17). Брусок выконвае свабодныя гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$  з перыядам  $T = 1,2$  с. Максімальная патэнцыяльная энергія sprужыннага маятніка  $(W_{п})_{\max} = 18$  мДж. У пачатковы момант часу праекцыя скорасці і каардыната бруска дадатныя, а патэнцыяльная энергія маятніка  $W_{п1} = 4,5$  мДж. Праз які мінімальны прамежак часу патэнцыяльная энергія маятніка зноў стане  $W_{п2} = 4,5$  мДж?
- 119.** Да свабоднага канца гарызантальнай sprужыны прымацаваны брусок, які знаходзіцца на гладкай гарызантальнай паверхні (мал. 17). Брусок вывелі са становішча раўнавагі і адпусцілі, у выніку чаго ён стаў выконваць свабодныя гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$ . Вызначыце адносіны кінетычнай энергіі бруска да патэнцыяльнай энергіі sprужыны праз час  $t$  пасля пачатку ваганняў, калі частата ваганняў роўна  $\nu$ .
- 120.** Да свабоднага канца гарызантальнай sprужыны прымацаваны брусок, які знаходзіцца на гладкай гарызантальнай паверхні і выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж восі  $Ox$  (мал. 17). Залежнасць каардынаты бруска ад часу мае выгляд:  $x(t) = A \sin(Bt + C)$ , дзе  $A = 4,0$  см,  $B = \frac{4\pi}{5} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ,  $C = \frac{\pi}{3}$  рад. Вызначыце кінетычную энергію бруска ў момант часу  $t = 2,5$  с, калі поўная энергія гэтага sprужыннага маятніка  $W = 40$  мДж.

- 121.** Да свабоднага канца гарызантальнай спружыны прымацаваны брусок, які знаходзіцца на гладкай гарызантальнай паверхні (мал. 17). Залежнасць каардынаты бруска, які выконвае ваганні ўздоўж восі  $Ox$ , ад часу мае выгляд:  $x(t) = A \cos(Bt + C)$ , дзе  $A = 16$  см,  $B = \frac{13\pi}{15} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ,  $C = \frac{\pi}{30}$  рад. Модуль максімальнай раўнадзейнай сіл, прыкладзеных да бруска,  $F_{\text{max}} = 700$  мН. Вызначыце патэнцыяльную энергію гэтага маятніка ў момант часу  $t = 1,5$  с.
- 122.** Кінематычны закон гарманічных ваганняў груза мае выгляд:  $x(t) = A \cos(Bt + C)$ , дзе  $A = 16$  см,  $B = \frac{11\pi}{15} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ,  $C = \frac{13\pi}{10}$  рад. Вызначыце модуль максімальнай раўнадзейнай сіл, якія дзейнічаюць на груз, калі ў момант часу  $t = 0,50$  с яго кінетычная энергія  $W_{\text{к}} = 21$  мДж.
- 123.** На малюнку 27 прыведзены графік залежнасці каардынаты матэрыяльнага пункта, які выконвае гарманічныя ваганні з перыядам  $T$  уздоўж восі  $Ox$ , ад часу. Вызначыце кінетычную энергію матэрыяльнага пункта ў момант часу  $t = \frac{T}{24}$ , калі ў гэты момант патэнцыяльная энергія пункта  $W_{\text{п}} = 36$  мДж.



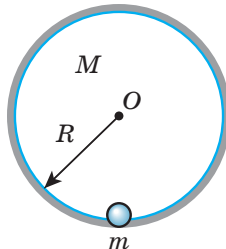
Мал. 27

124. Два невялікія сталёныя дыскі масамі  $m_1$  і  $m_2$  прымацаваны да лёгкай спружыны жорсткасцю  $k$ , вось якой вертыкальная (мал. 28). Пры якой мінімальнай амплітудзе ваганняў верхняга дыска ніжні дыск пачне падскокваць над сталом, на якім ён ляжыць?



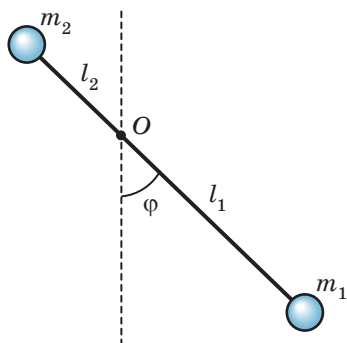
Мал. 28

125. Да гумавага жгута жорсткасцю  $k$  прымацаваны груз масай  $m$ , які можа выконваць свабодныя вертыкальныя ваганні. Пры якой мінімальнай амплітудзе ваганні грузу не будуць гарманічнымі?
126. \*Веласіпеднае кола масай  $M$  і радыусам  $R$  можа вярцецца без трэння вакол нерухомай гарызантальнай восі, якая праходзіць праз цэнтр кола (мал. 29). Да вобада кола прымацаваны груз масай  $m$ . Кола, якое знаходзілася ў становішчы раўнавагі, павярнулі вакол восі на невялікі вугал і адпусцілі. Вызначыце перыяд малых ваганняў кола.



Мал. 29

127. \*Вакол гарызантальнай восі  $O$  без трэння можа вярцецца лёгкі рычаг (мал. 30). На канцах рычага ўмацаваны невялікія грузы, масы якіх аднолькавыя:  $m_1 = m_2$ . Адлегласць ад восі вярчэння да грузу  $m_1$  і  $m_2$  адпаведна роўна  $l_1$  і  $l_2$ . Рычаг, які знаходзіўся ў становішчы ўстойлівай раўнавагі, адхілілі на невялікі вугал ад вертыкалі і адпусцілі. Вызначыце частату ваганняў рычага.



Мал. 30

128. Уласная частата ваганняў матэматычнага маятніка  $\nu = 0,5$  Гц. Вызначыце, які павінен быць перыяд ваганняў знешняй сілы, што дзейнічае на маятнік, каб у сістэме ўзнік рэзананс.
129. Да свабоднага канца лёгкай гарызантальнай спружыны прымацаваны брусок масай  $m = 0,50$  кг, які знаходзіцца на гладкай гарызантальнай паверхні. На брусок уздоўж восі спружыны дзейнічае пераменная сіла, частата ваганняў якой  $\nu = 20$  Гц. Ці назіраецца рэзананс у гэтай сістэме, калі жорсткасць спружыны  $k = 200 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ ?
130. У вагоне цягніка вучань падвесіў на пругкім жгуце жорсткасцю  $k = 5,0 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$  невялікую бірульку масай  $m = 50$  г і

заўважыў, што пры скорасці руху цягніка, модуль якой  $v = 19 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , адбываюцца ваганні бірулькі з найбольшай амплітудай. Па гэтых даных ён вызначыў адлегласць паміж стыкамі рэек. Які вынік атрымаў вучань, правёўшы гэты дослед?

131. Дачнік ідзе са скорасцю, модуль якой  $v = 65 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ , і нясе

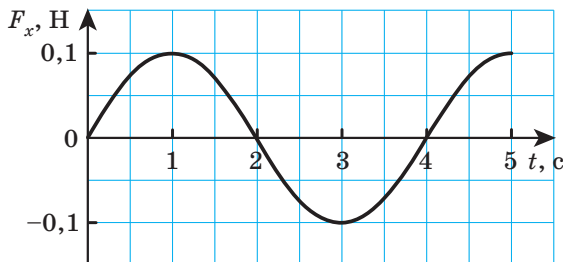
два вядры з вадой. Дачнік заўважыў, што пры даўжыні кроку  $l = 78 \text{ см}$  вада ў вёдрах найбольш моцна раскалыхваецца. Вызначыце перыяд уласных ваганняў вады ў вёдрах.

132. Сіла, залежнасць модуля якой ад часу мае выгляд:

$$F(t) = F_{\max} \cos(Bt), \text{ дзе } F_{\max} = 0,02 \text{ Н}, B = 2 \frac{\text{рад}}{\text{с}},$$

дзеянне на груз матэматычнага маятніка, выклікаючы рэзананс. Вызначыце даўжыню ніткі маятніка.

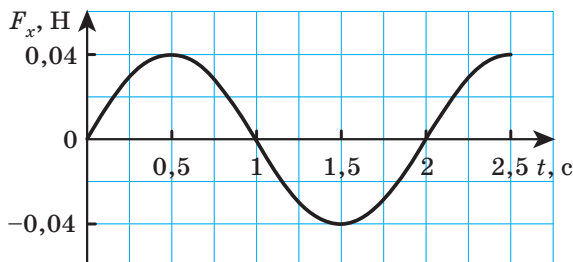
133. \*На малюнку 31 паказаны графік залежнасці праекцыі на вось  $Ox$  знешняй сілы, якая дзейнічае на груз матэматычнага маятніка. Маса грузу маятніка  $m = 200 \text{ г}$ . Вызначыце модуль максімальнага імпульсу грузу, калі пад дзеяннем знешняй сілы ў сістэме «матэматычны маятнік» назіраецца рэзананс. Пры гэтым амплітуда ваганняў  $x_{\max} = 50 \text{ см}$ .



Мал. 31



134. Перыядычная сіла, модуль залежнасці якой ад часу мае выгляд:  $F(t) = F_{\max} \cos(Bt)$ , дзе  $F_{\max} = 0,05$  Н,  $B = 2\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ , дзейнічае на спружынны маятнік, выклікаючы рэзананс. Вызначыце жорсткасць спружыны маятніка, калі маса грузу маятніка  $m = 400$  г.
135. Пад дзеяннем знешняй сілы спружынны маятнік выконвае гарманічныя ваганні ўздоўж гарызантальнай восі  $Ox$ . На малюнку 32 паказаны графік залежнасці праекцыі на вось  $Ox$  знешняй сілы ад часу. Маса грузу маятніка  $m = 200$  г. Вызначыце максімальную патэнцыяльную энергію маятніка, калі пад дзеяннем знешняй сілы ў сістэме ваганняў назіраецца рэзананс. Пры гэтым амплітуда ваганняў  $x_{\max} = 20$  см.



Мал. 32

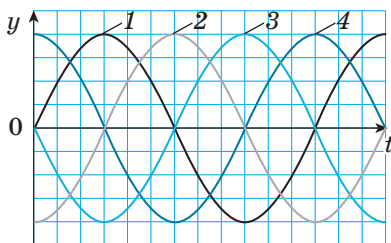
136. Кроплі вады, якія адрываюцца ад кропельніцы праз аднолькавыя прамежкі часу, свабодна падаюць і трапляюць на гарызантальную пласцінку, замацаваную на вертыкальнай лёгкай спружыне. Цыклічная частата ўласных ваганняў пласцінкі  $\omega_0 = 16 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце адлегласць паміж кропляй, якая адрываецца ад кропельніцы, і кропляй, якая падае бліжэй да яе, калі пласцінка вагаецца з рэзананснай частатой.

137. Максимальная патэнцыяльная энергія спружыннага маятніка масай  $m = 10$  г, які выконвае прымусовыя ваганні,  $(W_{\text{п}})_{\text{max}} = 100$  мкДж. Вызначыце частату знешняй перыядычнай сілы, якая дзейнічае на груз маятніка, калі ён вагаецца з рэзананснай частатой. Амплітуда ваганняў  $x_{\text{max}} = 4,5$  см.
138. У возеры на хвалях вагаецца ў вертыкальным становішчы цыліндрычны паплавок масай  $m = 7,4$  г і плошчай папярочнага сячэння  $S = 0,20$  см<sup>2</sup>. Пры якім перыядзе хваль вышыня часткі паплаўка, якая выступае над вадой, будзе найбольшай?
139. Дыяпазон частот, якія выдае кларнет, складае 140—1980 Гц. Вызначыце: а) максімальны перыяд ваганняў гуку, які выдае кларнет; б) мінімальную даўжыню гукавай хвалі, калі скорасць гуку  $v = 330 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .
140. Дэльфіны здольныя выдаваць гукі частатой да  $\nu = 200$  кГц. Вызначыце мінімальную даўжыню гукавой хвалі, якую выдаюць дэльфіны. Скорасць гуку ў вадзе  $v = 1,5 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ .
141. На малюнку 33 паказаны марскія хвалі, модуль скорасці распаўсюджвання якіх  $v = 80 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ . Вызначыце частату хвалі.



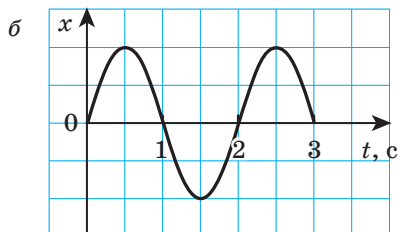
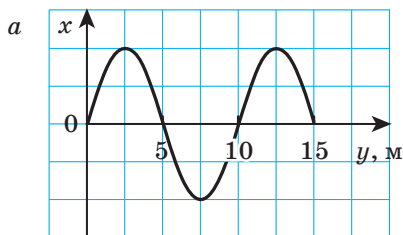
Мал. 33

142. Уздоўж струны распаўсюджваецца гарманічная хваля. На малюнку 34 пад нумарам 1 прадстаўлены графік залежнасці каардынаты пункта  $A$  струны, які вагаецца, ад часу. Якой лічбай абазначаны графік ваганняў пункта  $B$  струны, калі пункт  $B$  знаходзіцца на чвэрць даўжыні хвалі далей ад крыніцы хваль, чым пункт  $A$ ? Адказ абгрунтуйце.



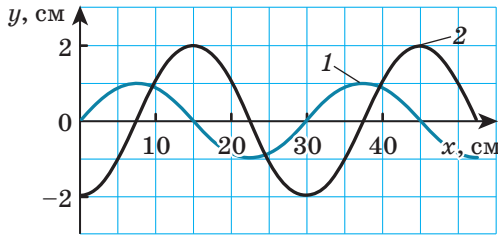
Мал. 34

143. На малюнку 35, *a* адлюстраваны пругкі жгут, па якім распаўсюджваецца папярочная хваля, а на малюнку 35, *б* — графік ваганняў аднаго з пунктаў жгута. Вызначыце скорасць хвалі.



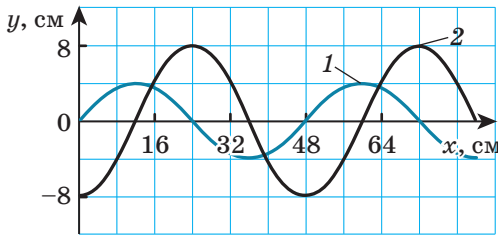
Мал. 35

144. На малюнку 36 прадстаўлены дзве папярочныя хвалі, якія распаўсюджваюцца па пругкіх жгутах. Частата хвалі  $\nu_1 = \nu_2 = 1,25$  Гц. Вызначыце: а) даўжыні хваль; б) \*модулі максімальных паскарэнняў пунктаў жгута; в) модулі скорасці распаўсюджвання хваль.



Мал. 36

145. На малюнку 37 прадстаўлены дзве папярочныя хвалі, якія распаўсюджваюцца па пругкіх жгутах. Перыяды хваль  $T_1 = T_2 = 1,2$  с. Знайдзіце: а) даўжыню першай хвалі; б) модуль скорасці распаўсюджвання другой хвалі; в) \*модулі максімальных паскарэнняў пунктаў жгуту.



Мал. 37

146. На адным беразе ракі стаіць вандроўнік і выдае гукавы сігнал, які адбіваецца ад скалы, што размешчана на другім беразе ракі. Вызначыце шырыню ракі, калі час распаўсюджвання гукавога сігналу ад вандроўніка да скалы і назад  $\Delta t = 0,50$  с. Скорасць гуку ў паветры

$$v = 0,34 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

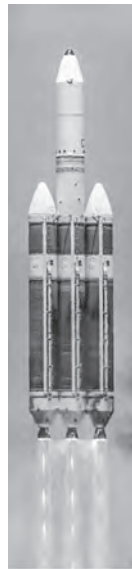
147. Рэха ад стрэлу дайшло да стралка праз прамежак часу  $\Delta t = 4,0$  с пасля стрэлу. Вызначыце скорасць гуку ў паветры, калі адлегласць ад стралка да перашкоды, ад якой адбылося адбіванне гукавой хвалі,  $l = 660$  м.
148. Лодка рухаецца са скорасцю  $v_1 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  насустрач хвалям, якія распаўсюджваюцца са скорасцю  $v_2 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Вызначыце частату вертыкальных ваганняў лодкі, калі даўжыня хвалі  $\lambda = 2,5$  м.
149. Ультрагукавы рэхалот працуе на частаце  $\nu = 40$  кГц. Скорасць гуку ў вадзе  $v = 1,4 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ . Вызначыце даўжыню ультрагукавой хвалі ў вадзе. Знайдзіце глыбіню мора, калі гукавая хваля, пасланая вертыкальна ўніз з паверхні мора, вярнулася назад праз прамежак часу  $\Delta t = 4,0$  с.
150. Даўжыня хвалі, якая распаўсюджваецца па нацягнутай вяроўцы,  $\lambda = 88$  см. На якой мінімальнай адлегласці адзін ад аднаго знаходзяцца пункты вяроўкі: а) якія вагаюцца ў супрацьфазе; б) рознасць фаз ваганняў паміж якімі  $\Delta\varphi = \frac{\pi}{4}$  рад?
151. Модуль скорасці распаўсюджвання хвалі ўздоўж гумавага шнура  $v = 3,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Частата хвалі  $\nu = 2,0$  Гц. Вызначыце рознасць фаз ваганняў паміж пунктамі, якія аддалены адзін ад аднаго на адлегласць: а)  $l_1 = 75$  см; б)  $l_2 = 1,2$  м.
152. Вызначыце скорасць гуку ў вадзе, калі крыніца гуку, якая вагаецца з перыядам  $T = 2,0$  мс, узбуджае ў вадзе хвалі даўжынёй  $\lambda = 2,8$  м.

153. Хваля распаўсюджваецца ўздоўж нацягнутага гумавага шнура, даўжыня якога  $L = 2,56$  м. Рознасць фаз ваганняў двух пунктаў шнура, якія знаходзяцца на адлегласці  $l = 0,20$  м адзін ад аднаго,  $\Delta\varphi = \frac{5\pi}{8}$  рад. Частата ваганняў  $\nu = 2,0$  Гц. Вызначыце, за які прамежак часу хваля праходзіць ад аднаго канца шнура да другога.
154. Вызначыце даўжыню гукавой хвалі ў вадзе, калі ў паветры яе даўжыня  $\lambda_1 = 1$  м. Скорасць гуку ў паветры  $v_1 = 0,34 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ , у вадзе —  $v_2 = 1,36 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ .
155. Рыбалоў заўважыў, што за прамежак часу  $\Delta t = 10$  с паплавок выканаў на хвалях  $n = 20$  ваганняў, а адлегласць паміж суседнімі грабянямі хваль  $l = 1,2$  м. Вызначыце модуль скорасці распаўсюджвання хваль па паверхні хвалі.
156. Батыскаф, які ўсплыў на адлегласці  $s = 200$  м ад берага, выклікаў хвалі на паверхні вады. Хвалі дайшлі да берага за час  $\Delta t_0 = 40$  с, пры гэтым за наступны прамежак часу  $\Delta t = 30$  с адбылося  $N = 60$  усплэскаў хваль аб бераг. Вызначыце адлегласць паміж суседнімі грабянямі хваль.
157. Адлегласць паміж грабянямі марской хвалі  $l = 15$  м. Вызначыце, які шлях пройдзе хваля за прамежак часу  $\Delta t = 55$  с, калі частата хвалі  $\nu = 0,080$  Гц.
158. \*У некаторым асяроддзі распаўсюджваецца папярочная гарманічная хваля, модуль скорасці якой  $v = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Амплітуда ваганняў пунктаў асяроддзя  $x_{\max} = 2,0$  мм, а модуль іх максімальнага паскарэння  $a_{\max} = 0,32 \frac{\text{км}}{\text{с}^2}$ . Вызначыце даўжыню хвалі.

159. \*Уздоўж струны распаўсюджваецца папярочная гарманічная хваля даўжынёй  $\lambda = 63$  см са скорасцю, модуль якой  $v = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Вызначыце амплітуду ваганняў пунктаў струны, калі модуль максімальнага паскарэння пунктаў струны  $a_{\max} = 0,32 \frac{\text{км}}{\text{с}^2}$ .
160. Даўжыня гукавой хвалі пры пераходзе з паветра ў вадупавялічваецца на  $\Delta\lambda = 0,53$  м. Скорасць гукавой хвалі ў паветры  $v_1 = 0,34 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ , а ў вадзе —  $v_2 = 1,4 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ . Вызначыце частату ваганняў крыніцы хвалі.
161. Пуцявы абходчык, прыклаўшы вуха да рэйкі, пачуў гук пачаўшага рух цягніка, а праз прамежак часу  $\Delta t = 2$  с да яго дайшоў гудок лакаматыва пры адпраўленні. На якой адлегласці ад станцыі знаходзіўся абходчык? Скорасць гукавых хваль у паветры  $v_1 = 0,33 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ , у жалезе —  $v_2 = 5 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ .
162. З пункта  $A$  ў пункт  $B$  двойчы быў адпраўлены гукавы сігнал, частата якога  $\nu = 50$  Гц, пры гэтым у першы раз скорасць гуку была  $v_1 = 330 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . У другі раз тэмпература паветра стала вышэй, таму скорасць гуку павысілася да  $v_2 = 340 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Лік хваль, якія ўкладваюцца на адлегласці  $AB$ , у другі раз аказаўся, як і ў першы раз, цэлым, але паменшыўся на дзве хвалі. Вызначыце адлегласць паміж пунктамі  $A$  і  $B$ .
163. Ультрагукавы вымяральнік росту чалавека, усталяваны над галавой на зададзенай вышыні, вылучыў

ультрагукавы імпульс, які адбіўся ад чалавека і быў прыняты вымяральнікам праз прамежак часу  $t$  пасля вылучэння. Скорасць гуку ў паветры  $v = 330 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Вызначыце пагрэшнасць вымярэння росту, калі пагрэшнасць вымярэння часу  $\Delta t = 15$  мкс.

164. На фатаграфіі (мал. 38) паказана ракета Delta IV. Даўжыня ракеты  $L = 72$  м, шырыня  $h = 15$  м. У струмені газу, што выходзіць з сопла рэактыўнага рухавіка са скорасцю, модуль якой  $v = 3,6 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ , адбываюцца ваганні, пры гэтым зоны сціскання і пашырэння нерухомыя адносна ракеты. Выканаўшы неабходныя вымярэнні па фатаграфіі, вылічыце частату ваганняў рэактыўнага струменя.



Мал. 38





## II. ЭЛЕКТРАМАГНІТНЫЯ ВАГАННІ І ХВАЛІ

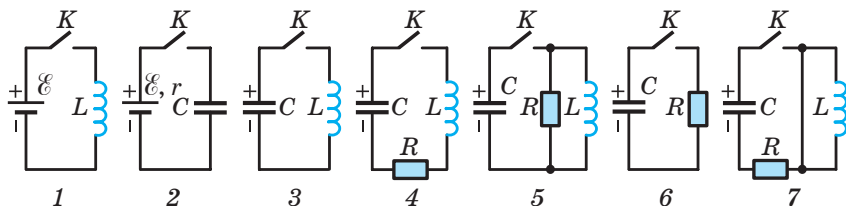
Формула або закон	Формула	Фізічныя велічыні, якія ўваходзяць у формулу
Формула Томсана	$T = 2\pi\sqrt{LC}$	$T$ — перыяд ваганняў у вагальным контуры; $L$ — індуктыўнасць катушкі; $C$ — электраёмістасць кандэнсатара
Энергія электрычнага поля кандэнсатара	$W_C = \frac{CU^2}{2}$	$W_C$ — энергія электрычнага поля кандэнсатара; $C$ — электраёмістасць кандэнсатара; $U$ — напружанне на абкладках кандэнсатара
Энергія магнітнага поля катушкі	$W_L = \frac{LI^2}{2}$	$W_L$ — энергія магнітнага поля катушкі; $L$ — індуктыўнасць катушкі; $I$ — сіла току ў катушцы
Энергія ў ідэальным вагальным контуры	$W = W_C + W_L$ ; $W = (W_C)_{\max}$ ; $W = (W_L)_{\max}$	$W$ — поўная энергія ў вагальным контуры; $W_C$ — энергія электрычнага поля кандэнсатара; $W_L$ — энергія магнітнага поля катушкі; $(W_C)_{\max}$ — максімальная энергія электрычнага поля кандэнсатара; $(W_L)_{\max}$ — максімальная энергія магнітнага поля катушкі

Формула або закон	Формула	Фізичныя велічыні, якія ўваходзяць у формулу
Закон захавання энергіі ў ідэальным вагальным контуры	$W = \text{const};$ $\frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} =$ $= \frac{CU^2(t)}{2} +$ $+ \frac{LI^2(t)}{2} = \text{const}$	<p><math>W</math> — поўная энергія ў вагальным контуры;</p> <p><math>\frac{CU_0^2}{2}</math> — максімальная энергія кандэнсатара;</p> <p><math>\frac{LI_0^2}{2}</math> — максімальная энергія катушкі;</p> <p><math>\frac{CU^2(t)}{2} + \frac{LI^2(t)}{2}</math> — поўная энергія вагальнага контуру ў момант часу <math>t</math></p>
Значэнне сілы току, якая дзейнічае ў ланцугу пераменнага току	$*I_{\text{дз}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$	<p><math>I_{\text{дз}}</math> — дзеючае значэнне сілы току ў ланцугу пераменнага току;</p> <p><math>I_0</math> — максімальнае значэнне сілы току ў ланцугу пераменнага току</p>
Значэнне напружання, якое дзейнічае ў ланцугу пераменнага току	$*U_{\text{дз}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$	<p><math>U_{\text{дз}}</math> — дзеючае значэнне напружання ў ланцугу пераменнага току;</p> <p><math>U_0</math> — максімальнае значэнне напружання ў ланцугу пераменнага току</p>
Сярэдняя магутнасць у ланцугу пераменнага току	$*\langle P \rangle = I_{\text{дз}} U_{\text{дз}}$	<p><math>\langle P \rangle</math> — сярэдняя магутнасць пераменнага току;</p> <p><math>I_{\text{дз}}</math> — дзеючае значэнне сілы току ў ланцугу пераменнага току;</p> <p><math>U_{\text{дз}}</math> — дзеючае значэнне напружання ў ланцугу пераменнага току</p>

Формула або закон	Формула	Фізічныя велічыні, якія ўваходзяць у формулу
Каэфіцыент трансфармацыі	Пры рэжыме халастога ходу: $k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2};$ пры рэжыме нагрукі: $* k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2 + Ir}$	$k$ — каэфіцыент трансфармацыі; $N_1$ і $N_2$ — лік віткоў у першаснай і другаснай абмотках; $U_1$ і $U_2$ — напружанне на першаснай і другаснай абмотках трансфарматара; $I$ — сіла току ў другаснай абмотцы; $r$ — актыўнае супраціўленне другаснай абмоткі
Даўжыня электрамагнітнай хвалі	$\lambda = cT$	$\lambda$ — даўжыня электрамагнітнай хвалі ў вакууме; $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ — скорасць распаўсюджвання электрамагнітнай хвалі ў вакууме; $T$ — перыяд ваганняў

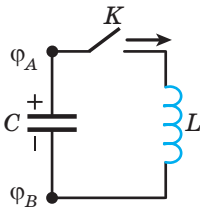
165. Чаму ў электрычным ланцугу, які складаецца з кандэнсатара і лямпачкі, не могуць узнікаць электрамагнітныя ваганні?

166. Укажыце нумары электрычных ланцугоў (мал. 39), у якіх пасля замыкання ключа  $K$  могуць адбывацца: а) свабодныя электрамагнітныя ваганні; б) свабодныя незатухаючыя электрамагнітныя ваганні.

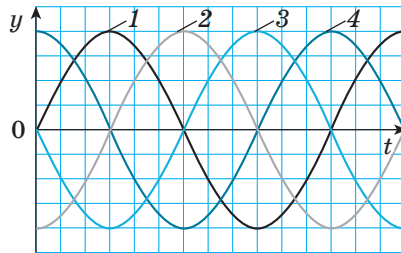


Мал. 39

167. Ваганні якіх велічынь, пералічаных ніжэй, адбываюцца ў вагальным контуры ў час свабодных ваганняў: а) перыяд ваганняў напружання на кандэнсатары; б) фаза ваганняў сілы току ў контуры; в) зарад кандэнсатара; г) энергія магнітнага поля катушкі; д) амплітуда ваганняў напружання на катушцы; е) сіла току ў катушцы; ж) цыклічная частата ваганняў сілы току ў контуры; з) фаза ваганняў індукцыі магнітнага поля ў катушцы; і) амплітуда ваганняў напружанасці электрычнага поля ў кандэнсатары; к) напружанне на абкладках кандэнсатара; л) поўная энергія контуру; м) пачатковая фаза ваганняў зараду кандэнсатара?
168. У электрычным ланцугу, адлюстраваным на малюнку 40, паказаны знакі зараду пласцін кандэнсатара  $C$  да замыкання ключа  $K$ . У момант часу  $t_0 = 0$  с ключ замкнулі. Дадатны напрамак току паказаны стрэлкай. Якой лічбай на малюнку 41 абазначаны: а) графік залежнасці сілы току ў ланцугу ад часу; б) графік залежнасці рознасці патэнцыялаў ( $\varphi_A - \varphi_B$ ) на кандэнсатары ад часу? Абгрунтуйце адказы.



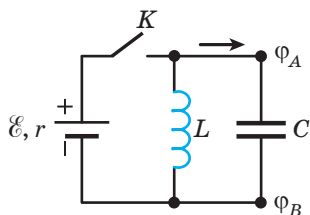
Мал. 40



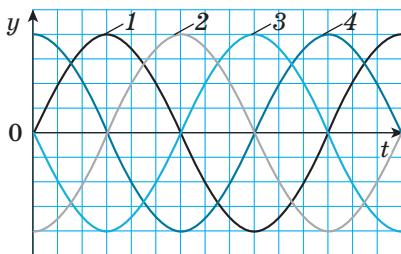
Мал. 41

169. У электрычным ланцугу, адлюстраваным на малюнку 42, у пачатковы момант часу ключ  $K$  замкнуты і праз катушку працякае пастаянны ток. У момант часу  $t_0 = 0$  с ключ разамкнулі. Дадатны напрамак току ўказаны стрэлкай. Якой лічбай на малюнку 43 абазначаны

ны: а) графік залежнасці сілы току ў ланцугу ад часу; б) графік залежнасці рознасці патэнцыялаў ( $\varphi_A - \varphi_B$ ) на кандэнсатары ад часу? Абгрунтуйце адказы.

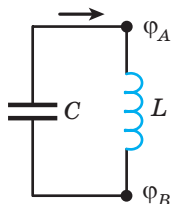


Мал. 42

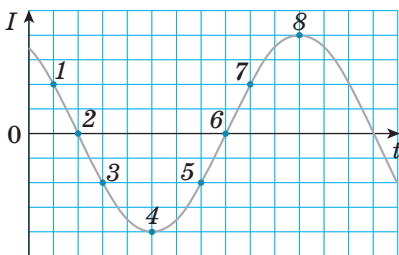


Мал. 43

**170.** У ідэальным вагальным контуры, адлюстраваным на малюнку 44, адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. Дадатны напрамак току паказаны стрэлкай. На малюнку 45 прадстаўлены графік залежнасці сілы току ў контуры ад часу. Укажыце нумары пунктаў на графіку, якія адпавядаюць момантам часу, калі: а) адбываецца зарадка кандэнсатара; б) энергія катушкі максімальная; в) рознасць патэнцыялаў ( $\varphi_A - \varphi_B$ ) на катушцы максімальная.



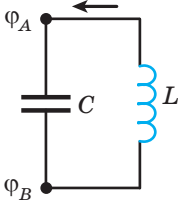
Мал. 44



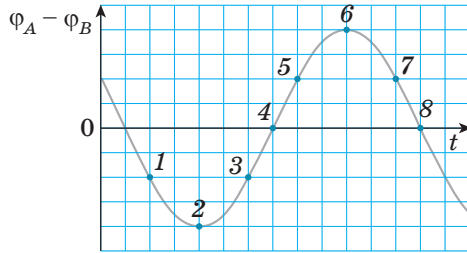
Мал. 45

**171.** У ідэальным вагальным контуры, адлюстраваным на малюнку 46, адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. На малюнку 47 прадстаўлены графік залежнасці рознасці патэнцыялаў на кандэнсатары ад часу.

Укажыце нумары пунктаў на графіку, якія адпавядаюць момантам часу, калі: а) ток працякае ў напрамку, указаным стрэлкай; б) сіла току ў ланцугу роўна нулю; в) энергія катушкі максімальная.

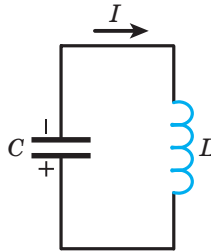


Мал. 46



Мал. 47

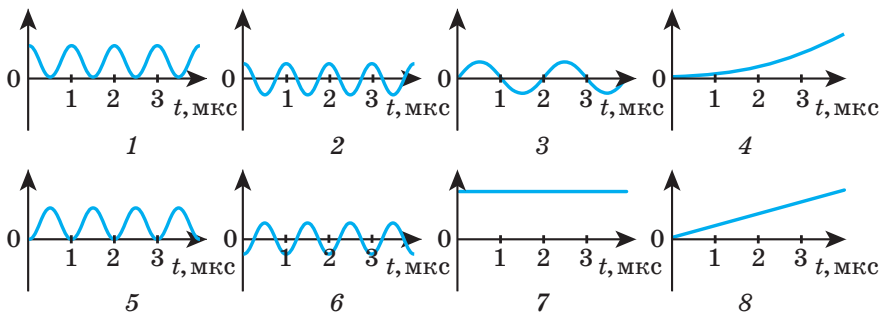
172. У вагальным контуры адбываюцца гарманічныя ваганні з перыядам  $T$ . На малюнку 48 паказаны зарады пласцін кандэнсатара і напрамак току ў некаторы момант часу. На працягу якога максімальнага прамежку часу ўказаная палярнасць пласцін і напрамак току будуць заставацца пастаяннымі? Абгрунтуйце адказ.



Мал. 48

173. Пры даследаванні свабодных ваганняў у вагальным контуры былі пабудаваны графікі, якія характарызуюць залежнасць ад часу: а) сілы току; б) энергіі кандэнсатара; в) поўнай энергіі контуру; г) фазы ваганняў. На жаль, восі ардынат на графіках не былі падпісаны. Акрамя

таго, былі дададзены іншыя графікі, якія не датычацца гэтых даследаванняў. З графікаў, прадстаўленых на малюнку 49, выберыце графікі залежнасці ўсіх даследаваных параметраў ад часу.



Мал. 49

- 174.** Вызначыце перыяд свабодных электрамагнітных ваганняў у ідэальным вагальным контуры, які складаецца з кандэнсатара ёмістасцю  $C = 7,0$  мкФ і катушкі індуктыўнасцю  $L = 2,8$  мГн.
- 175.** Вызначыце электраёмістасць кандэнсатара, які ўключаны ў ідэальны вагальны контур, калі перыяд свабодных электрамагнітных ваганняў у ім  $T = 1,88$  мс. Індуктыўнасць катушкі, падключанай да кандэнсатара,  $L = 6,0$  мГн.
- 176.** Частата свабодных электрамагнітных ваганняў у ідэальным вагальным контуры  $\nu = 10$  кГц. Вызначыце індуктыўнасць катушкі, калі ёмістасць кандэнсатара, які ўключаны ў контур,  $C = 50$  нФ.
- 177.** Цыклічная частата свабодных электрамагнітных ваганняў у ідэальным вагальным контуры  $\omega = 1,0 \cdot 10^5 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .  
Вызначыце электраёмістасць кандэнсатара контуру, калі індуктыўнасць катушкі  $L = 5,0$  мГн.

178. Вагальны контур складаецца з кандэнсатара ёмістасцю  $C = 20$  мкФ і катушкі, індуктыўнасць якой змяняецца ў межах ад  $L_1 = 40$  мГн да  $L_2 = 10$  мГн. Вызначыце інтэрвал змянення частаты свабодных электрамагнітных ваганняў у гэтым контуры.
179. У радыёэлектронных прыладах для электроннага кіравання частотой уласных ваганняў у вагальным контуры ў якасці кандэнсатара выкарыстоўваецца варыкап — паўправадніковы прыбор, ёмістасць якога залежыць ад прыкладзенага да яго пастаяннага напружання. На колькі працэнтаў павялічылася частата ўласных ваганняў вагальнага контуру, калі электраёмістасць варыкапа змянілася ад  $C_1 = 24$  пФ да  $C_2 = 12$  пФ?
180. Два вагальныя контуры складаюцца з аднолькавых кандэнсатараў і аднолькавых катушак. У адну з катушак устаўляюць жалезны стрыжань, які павялічвае яе індуктыўнасць у  $n = 4$  разы. У колькі разоў будуць адрознівацца частоты свабодных ваганняў у вагальных контурах?
181. Перыяд свабодных электрамагнітных ваганняў у ідэальным вагальным контуры  $T_1 = 5,0$  мкс. Вызначыце, які будзе перыяд ваганняў, калі адлегласць паміж абкладкамі плоскага паветранага кандэнсатара, што ўключаны ў контур, павялічыць у  $n = 4$  разы.
182. Вызначыце перыяд свабодных электрамагнітных ваганняў у ідэальным вагальным контуры, які складаецца з катушкі індуктыўнасцю  $L = 30$  мкГн і плоскага кандэнсатара з плошчай пласцін  $S = 4,5$  см<sup>2</sup>, размешчаных на адлегласці  $d = 0,32$  мм адна ад адной. Кандэнсатар запоўнены рэчывам з дыэлектрычнай пранікальнасцю  $\epsilon = 4,0$ .
183. Ідэальны вагальны контур складаецца з катушкі індуктыўнасцю  $L = 1,0$  мГн і кандэнсатара, абкладкамі якога



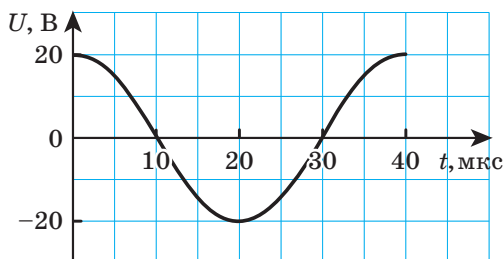
з'яўляюцца дзве круглыя пласціны радыусам  $r = 9,4$  мм кожная. Адлегласць паміж пласцінамі  $d = 2,0$  мм. Вызначыце перыяд свабодных электрамагнітных ваганняў у контуры. Прастора паміж пласцінамі запоўнена дыэлектрыкам, дыэлектрычная пранікальнасць якога  $\varepsilon = 3,0$ .

- 184.** Пасля павялічвання ёмістасці кандэнсатара ідэальнага вагальнага контуру на  $\Delta C = 0,16$  мкФ частата ўласных электрамагнітных ваганняў паменшылася ў  $n = 3$  разы. Вызначыце пачатковую ёмістасць кандэнсатара, калі індуктыўнасць катушкі засталася ранейшай.
- 185.** Пасля павялічвання індуктыўнасці катушкі ідэальнага вагальнага контуру на  $\Delta L = 30$  мГн перыяд уласных электрамагнітных ваганняў у контуры павялічыўся ў  $n = 4,0$  раза. Вызначыце канчатковую індуктыўнасць катушкі, калі электраёмістасць кандэнсатара засталася ранейшай.
- 186.** Прынцып работы аднаго з тыпаў металашукальнікаў наступны. У вагальным контуры ствараюць незатухаючыя ваганні, якія адбываюцца на ўласнай частаце контуру. Некаторыя прадметы, калі іх наблізіць да катушкі, змяняюць яе індуктыўнасць. Пры гэтым адбываецца змяненне ўласнай частаты вагальнага контуру, якое рэгіструецца частатамерам. а) Якія з прадметаў могуць заўважна змяніць індуктыўнасць катушкі: 1) гліняны збан; 2) медная манета; 3) жалезная падкова? б) Разлічыце, на колькі працэнтаў змянілася індуктыўнасць катушкі, калі пасля набліжэння да катушкі залатога бранзалета частата ўласных ваганняў контуру змянілася ад 10 000 Гц да 10 010 Гц.
- 187.** Ідэальны вагальны контур складаецца з кандэнсатара ёмістасцю  $C = 8,0$  пФ і катушкі індуктыўнасцю  $L = 0,2$  мГн. Вызначыце максімальнае напружанне на

абкладках кандэнсатара, калі пры свабодных электрамагнітных ваганнях максімальная сіла току ў контуры  $I_0 = 40$  мА.

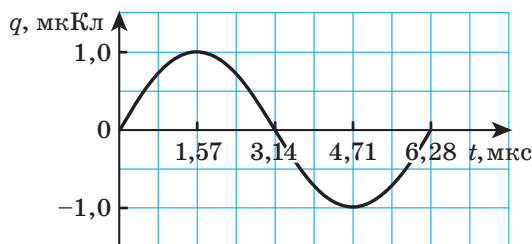
188. У ідэальны вагальны контур уключаны кандэнсатар ёмістасцю  $C = 2,0$  мкФ. Пры свабодных электрамагнітных ваганнях амплітуда напружання на яго абкладках  $U_0 = 5,0$  В. Вызначыце энергію магнітнага поля катушкі ў момант часу, калі імгненнае напружанне на кандэнсатары  $U = 3,0$  В.
189. У ідэальным вагальным контуры, які складаецца з катушкі індуктыўнасцю  $L = 10$  мГн і кандэнсатара ёмістасцю  $C = 1,0$  мкФ, адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. Вызначыце амплітуду сілы току ў контуры, калі ў некаторы момант часу напружанне на кандэнсатары  $U = 30$  В, а сіла току ў контуры ў гэты момант часу  $I = 0,40$  А.
190. У ідэальным вагальным контуры, які складаецца з катушкі і плоскага паветранага кандэнсатара, адбываюцца свабодныя незатухаючыя ваганні з перыядам  $T_1 = 5,0$  мкс. Амплітуда ваганняў напружання  $U_{01} = 1$  В. У момант часу калі сіла току ў контуры роўна нулю, адлегласць паміж абкладкамі кандэнсатара імгненна павялічылі ў  $n = 4$  разы. Вызначыце перыяд электрамагнітных ваганняў у контуры пасля гэтых змяненняў і амплітуду ваганняў напружання.
191. У ідэальным вагальным контуры, які складаецца з катушкі індуктыўнасцю  $L = 0,40$  Гн і кандэнсатара ёмістасцю  $C = 20$  мкФ, адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. Амплітуда сілы току ў контуры  $I_0 = 0,10$  А. Вызначыце напружанне на кандэнсатары ў момант часу, калі энергія электрычнага поля кандэнсатара роўна энергіі магнітнага поля катушкі.

192. У ідэальным вагальным контуры адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. Індуктыўнасць катушкі  $L = 0,20$  Гн, а амплітуда ваганняў сілы току  $I_0 = 30$  мА. Вызначыце энергію электрычнага поля кандэнсатара ў момант часу, калі імгненнае значэнне сілы току стане ў  $n = 3,0$  раза меншае за амплітуднае значэнне.
193. У ідэальным вагальным контуры, які складаецца з катушкі індуктыўнасцю  $L = 44$  мГн і кандэнсатара ёмістасцю  $C = 30$  мкФ, адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. У некаторы момант часу сіла току ў катушцы  $I_1 = 2,0$  А, напружанне на кандэнсатары  $U_1 = 100$  В. Вызначыце зарад кандэнсатара ў момант часу, калі сіла току ў катушцы  $I_2 = 1,0$  А.
194. У ідэальным вагальным контуры адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. Максімальны зарад кандэнсатара  $q_0 = 20$  мкКл. Амплітуда сілы току ў контуры  $I_0 = 0,80$  А. Вызначыце перыяд электрамагнітных ваганняў у контуры.
195. У ідэальным вагальным контуры адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. На малюнку 50 прадстаўлены графік залежнасці напружання на кандэнсатары ў ідэальным вагальным контуры ад часу. Вызначыце максімальную сілу току ў катушцы, калі электраёмнасць кандэнсатара  $C = 600$  нФ.



Мал. 50

196. У ідэальным вагальным контуры адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. У некаторы момант часу зарад кандэнсатара  $q_1 = 80$  мкКл, сіла току ў катушцы  $I_1 = 0,60$  А. Вызначыце цыклічную частату электрамагнітных ваганняў у контуры, калі амплітуднае значэнне сілы току ў контуры  $I_0 = 1,0$  А.
197. У вагальным контуры адбываюцца свабодныя незатухаючыя электрамагнітныя ваганні. На малюнку 51 прадстаўлены графік залежнасці зараду кандэнсатара ад часу. Індуктыўнасць контуру  $L = 10$  мГн. Вызначыце поўную энергію контуру.



Мал. 51

198. У ідэальным вагальным контуры адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. Катушка індуктыўнасцю  $L = 0,15$  Гн далучана да плоскага кандэнсатара з плошчай пласцін  $S = 20$  см<sup>2</sup> і адлегласцю паміж імі  $d = 1,77$  мм. Максімальная сіла току ў катушцы  $I_0 = 0,20$  мА, а максімальнае напружанне на абкладках кандэнсатара  $U_0 = 10$  В. Вызначыце дыэлектрычную пранікальнасць рэчыва, якое запаўняе прастору паміж пласцінамі кандэнсатара.
199. Пры раўнамерным змяненні сілы току на  $\Delta I = -0,32$  А за час  $\Delta t = 20$  мс у катушцы ўзнікае ЭРС самаіндукцыі  $\mathcal{E}_c = 4,0$  В. Падключыўшы гэту катушку да кандэнсатара электраёмнасцю  $C = 40$  нФ, стварылі ідэальны

вагальны контур. Вызначыце максімальны зарад кандэнсатара, калі пры свабодных гарманічных электрамагнітных ваганнях максімальная сіла току ў катушцы  $I_0 = 2,0$  А.

- 200.** Зараджаны кандэнсатар ёмістасцю  $C = 2,0$  мкФ падключылі да катушкі індуктыўнасцю  $L = 80,0$  мГн. Праз які мінімальны прамежак часу пасля падключэння: а) энергія электрычнага поля кандэнсатара стане роўнай энергіі магнітнага поля катушкі; б) энергія магнітнага поля катушкі стане ў тры разы большай за энергію электрычнага поля кандэнсатара?
- 201.** Вызначыце адносіны энергіі магнітнага поля катушкі да энергіі электрычнага поля кандэнсатара ў ідэальным вагальным контуры: а) праз час  $t = \frac{T}{6}$  пасля пачатку ваганняў, дзе  $T$  — перыяд ваганняў; б) у момант часу, калі імгненнае напружанне на кандэнсатары будзе ў чатыры разы меншае за амплітуднае. У пачатковы момант часу зарад кандэнсатара быў максімальным.
- 202.** У ідэальным вагальным контуры, індуктыўнасць катушкі якога  $L = 0,08$  Гн, адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. Сіла току змяняецца па законе:  $I(t) = B \cos(Ct + D)$ , дзе  $B = 10$  мА,  $C = 1 \cdot 10^5 \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ,  $D = \frac{\pi}{3}$  рад. Вызначыце: а) частату электрамагнітных ваганняў; б) энергію магнітнага поля катушкі ў пачатковы момант часу і ў момант часу, роўны амаль трэці перыяду электрамагнітных ваганняў.
- 203.** У ідэальным вагальным контуры адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. Залежнасць напружання на абкладках кандэнсатара, электраёмістасць якога  $C = 260$  нФ, мае выгляд:  $U(t) = A \cos(Bt)$ ,

дзе  $A = 100 \text{ В}$ ,  $B = 2,0 \cdot 10^3 \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце: а) перыяд электрамагнітных ваганняў; б) максімальную энергію магнітнага поля катушкі; в) максімальную сілу току ў катушцы.

**204.** У ідэальным вагальным контуры адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. Напружанне на кандэнсатары змяняецца па законе:  $U(t) = A \cos(Bt)$ , дзе  $A = 50 \text{ В}$ ,  $B = 1,0 \cdot 10^5 \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце індуктыўнасць катушкі, калі максімальны зарад кандэнсатара  $q_0 = 5,0 \text{ мкКл}$ .

**205.** У ідэальным вагальным контуры адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. Напружанне на абкладках кандэнсатара і сіла току ў катушцы змяняюцца па законе:  $U(t) = A \cos(Bt)$  і  $I(t) = C \sin(Dt)$  адпаведна, дзе  $A = 3,0 \text{ В}$ ,  $B = 6,0 \cdot 10^3 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ,  $C = -2,0 \text{ А}$ ,  $D = 6,0 \cdot 10^3 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце максімальны магнітны паток у катушцы і максімальную энергію контуру.

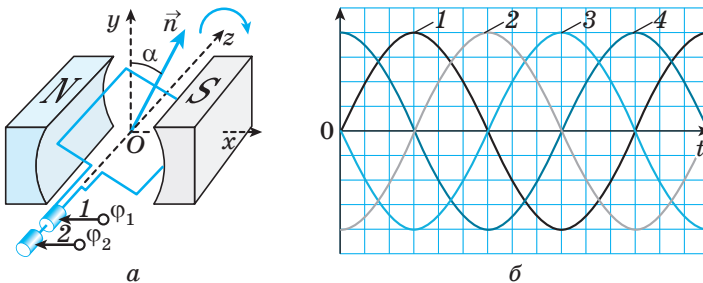
**206.** У ідэальным вагальным контуры адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. Напружанне на абкладках кандэнсатара змяняецца з цягам часу па законе:  $U(t) = A \sin(Bt)$ , дзе  $A = 20 \text{ В}$ ,  $B = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Ёмістасць кандэнсатара  $C = 5 \text{ мкФ}$ . Пабудуйце графікі залежнасці: а) зараду кандэнсатара і сілы току ў катушцы ад часу; б) энергіі электрычнага поля кандэнсатара і энергіі магнітнага поля катушкі ад часу.

**207.** У ідэальным вагальным контуры адбываюцца свабодныя электрамагнітныя ваганні. Зарад на абкладках плоскага паветранага кандэнсатара ёмістасцю  $C = 2 \text{ нФ}$  у вагальным контуры змяняецца з цягам часу па законе:

$q(t) = A \cos(Bt)$ , дзе  $A = 10$  нКл,  $B = 1 \cdot 10^4 \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Пабудуйце

графікі залежнасці: а) напружання на кандэнсатары і сілы току ў катушцы ад часу; б) модуля напружана-сці электрычнага поля ў кандэнсатары ад часу, калі адлегласць паміж абкладкамі кандэнсатара  $d = 2,0$  мм; в) магнітнага патоку ў катушцы ад часу.

**208.** Прамавугольная драцяная рамка раўнамерна верціцца па гадзіннай стрэлцы ў магнітным полі паміж полюсамі магніта (мал. 52, а). Лініі магнітнай індукцыі гарызантальныя і паралельныя восі  $Ox$ . На слізаючых кантактах 1 і 2, якія падключаны да рамкі, вымяраюць рознасць патэнцыялаў  $\phi_1$  і  $\phi_2$ . У пачатковы момант часу вугал паміж вертыкальнай воссю  $Oy$  і нармаллю да рамкі  $\alpha = 0^\circ$ . Укажыце: а) нумар графіка на малюнку 52, б, які характарызуе залежнасць магнітнага патоку праз паверхню, што абмежавана рамкай, ад часу; б) нумар графіка, які характарызуе залежнасць рознасці патэнцыялаў  $\phi_1 - \phi_2$  ад часу. Абгрунтуйце адказы.



Мал. 52

**209.** Драцяная рамка, якая складаецца з  $N = 100$  віткоў тонкага проваду, раўнамерна верціцца ў аднародным магнітным полі вакол восі, што ляжыць у плоскасці рамкі і перпендыкулярная вектару індукцыі магнітнага поля. Плошча плоскай паверхні, ахопленая

рамкай,  $S = 400 \text{ см}^2$ . Цыклічная частата вярчэння рамкі  $\omega = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Модуль індукцыі магнітнага поля

$B = 10 \text{ мТл}$ . У пачатковы момант часу магнітны паток праз плоскасць рамкі быў максімальны. Вызначыце: а) залежнасць магнітнага патоку, які пранізвае плоскасць кожнага вітка рамкі, ад часу; б) максімальны паток магнітнай індукцыі, які пранізвае плоскасць кожнага вітка рамкі; в) залежнасць ЭРС індукцыі, якая ўзнікае ў рамцы, ад часу; г) максімальнае значэнне ЭРС індукцыі, якая ўзнікае ў рамцы; д) ЭРС індукцыі, якая ўзнікае ў рамцы, у момант часу  $t = 3,14 \text{ с}$ .

- 210.** Драцяное кольца раўнамерна верціцца ў аднародным магнітным полі вакол восі, якая праходзіць праз яго дыяметр і перпендыкулярная вектару магнітнай індукцыі. Плошча плоскай паверхні, абмежаванай кольцам,  $S = 0,2 \text{ м}^2$ . Модуль індукцыі магнітнага поля  $B = 0,01 \text{ Тл}$ .

Вуглавая скорасць вярчэння кольца  $\omega = 50 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце максімальную сілу току, які працякае ў кольцы, калі кольца выраблена з кавалка проваду, супраціўленне якога  $R = 50 \text{ мОм}$ .

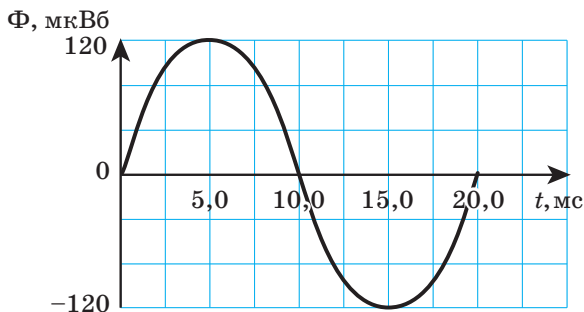
- 211.** Драцяную рамку, якая складаецца з  $N = 100$  віткоў тонкага проваду, раўнамерна верціць у аднародным магнітным полі з індукцыяй, модуль якой  $B = 10 \text{ мТл}$ . Плошча плоскай паверхні, ахопленай рамкай,  $S = 400 \text{ см}^2$ . Лініі магнітнай індукцыі перпендыкулярныя восі вярчэння. Вызначыце максімальнае значэнне ЭРС індукцыі, якая ўзнікае ў рамцы, калі частата вярчэння рамкі  $\nu = 1,6 \text{ с}^{-1}$ .

- 212.** Квадратная рамка, вырабленая з некалькіх віткоў тонкага дроту, раўнамерна верціцца вакол восі, якая супадае з адной са старон рамкі, з вуглавой скорасцю



$\omega = 50 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Рамка знаходзіцца ў аднародным магнітным полі, модуль індукцыі якога  $B = 20$  мТл, а лініі індукцыі перпендыкулярныя восі вярчэння. Вызначыце лік віткоў дроту, калі даўжыня ўсяго дроту  $l = 24$  м, а максімальная ЭРС індукцыі, якая ўзнікае ў рамцы,  $\mathcal{E}_0 = 1,2$  В.

- 213.** Драцяная рамка, якая складаецца з  $N = 240$  віткоў тонкага проваду, раўнамерна верціцца ў аднародным магнітным полі вакол восі, якая перпендыкулярна вектару магнітнай індукцыі. На малюнку 53 прадстаўлены графік залежнасці магнітнага патоку, які пранізвае кожны віток рамкі, ад часу. Вызначыце максімальную ЭРС індукцыі, якая ўзнікае ў рамцы.



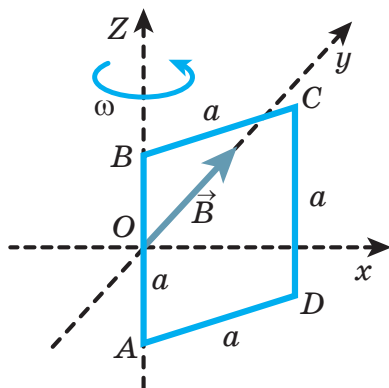
Мал. 53

- 214.** Напружанне на рэзістары, па якім працякае пераменны электрычны ток, змяняецца па законе:

$$U(t) = U_0 \sin(At + B), \text{ дзе } A = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}, B = \frac{\pi}{6} \text{ рад. У момант часу } t = 2,0 \text{ с імгненнае напружанне } U = 9,0 \text{ В.}$$

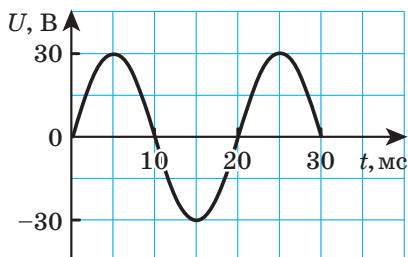
Вызначыце частату ваганняў сілы току, амплітуднае і дзеючае значэнні напружання, амплітуднае і дзеючае значэнні сілы току ў рэзістары, калі супраціўленне рэзістара  $R = 9,0$  Ом.

215. Драцяная квадратная рамка са стараной  $a = 25$  см раўнамерна верціцца ў аднародным магнітным полі вакол стараны  $AB$  з перыядам  $T = 20$  мс (мал. 54). У пачатковы момант часу лініі індукцыі магнітнага поля перпендыкулярны плоскасці рамкі. Модуль максімальнай сілы Ампера, якая дзейнічае на старану  $AB$ ,  $(F_A)_{\max} = 1,0$  мН. Запішыце ўраўненне залежнасці сілы току, які ўзнікае ў рамцы, ад часу і пабудуйце графік гэтай залежнасці. Супраціўленне дроту  $R = 0,314$  Ом.



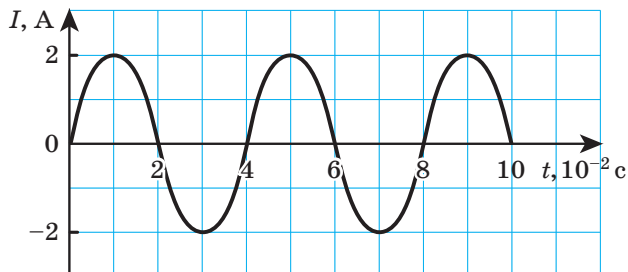
Мал. 54

216. \*Сіла току, які працякае ў награвальным элеменце праца, змяняецца па законе:  $I(t) = B \sin(Ct)$ , дзе  $B = 5,0$  А,  $C = 314 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце: а) дзеючае значэнне сілы току, які працякае ў награвальным элеменце; б) амплітуднае і дзеючае значэнні напружання на награвальным элеменце, калі яго супраціўленне  $R = 44$  Ом.
217. \*На малюнку 55 прадстаўлены графік залежнасці напружання на рэзістары ад часу. Вызначыце дзеючае значэнне напружання на рэзістары і лік поўных ваганняў напружання за прамежак часу  $\Delta t = 1,0$  мін.



Мал. 55

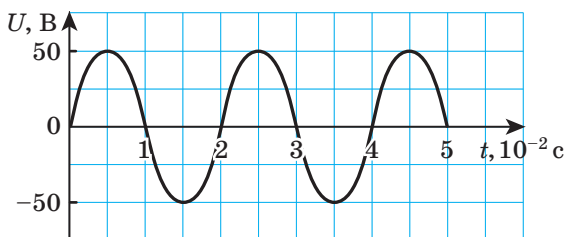
- 218.** \*На малюнку 56 представлено графік залежності сили струму, який працює в ланцугу, від часу. Визначте значення сили струму і циклічну частоту коливань сили струму. Запишіть рівняння залежності сили струму від часу.



Мал. 56

- 219.** \*Амперметр, включений в ланцюг перемінного струму, показує силу струму  $I = 2,2$  А. Визначте максимальну силу струму в ланцугу.
- 220.** Напруження в мережі перемінного струму, виміряне вольтметром,  $U = 200$  В. Патлумачте, чи можна в цю мережу включити конденсатор, робоче напруження якого  $U_{\text{роб}} = 250$  В.
- 221.** Чому неважливі мигаючі лампочки напалвання, включених у освітлювальну мережу перемінного струму?

- 222.** Электраплітку можна падключаць да крыніц пастаяннага і пераменнага току. Ці будуць адрознівацца напавы спіралі электрапліткі, калі напружанні, вымераныя вальтметрамі, у абодвух выпадках аднолькавыя?
- 223.** У рэзістары, уключаным у ланцуг пераменнага току, сіла току змяняецца па законе:  $I = I_0 \sin \varphi$ , дзе  $I_0 = 0,80$  А. Вызначыце супраціўленне рэзістара, калі ў некаторы момант часу пры фазе ваганняў сілы току  $\varphi = \frac{\pi}{6}$  рад напружанне на рэзістары  $U = 16$  В.
- 224.** Рэзістар супраціўленнем  $R = 20$  Ом уключаны ў ланцуг пераменнага току. На малюнку 57 прадстаўлены графік залежнасці напружання на рэзістары ад часу. Вызначыце колькасць цеплаты, якая вылучаецца ў рэзістары за час, роўны чатыром перыядам ваганняў пераменнага току.



Мал. 57

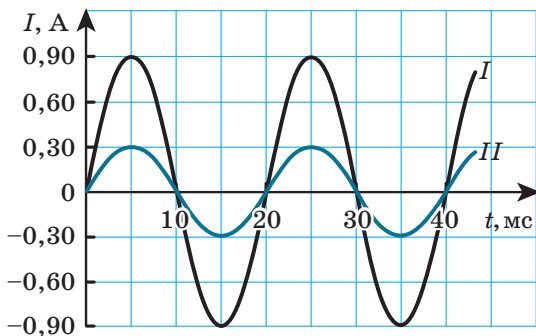
- 225.** \*У сетку пераменнага току ўключаны электрачайнік, супраціўленне награвальнага элемента якога  $R = 40$  Ом. Вызначыце колькасць цеплаты, якая вылучаецца ў награвальным элеменце за час  $t = 2,5$  мін, калі амплітуднае значэнне напружання пераменнага току  $U_0 = 311$  В.
- 226.** \*Да генератара пераменнага току падключылі электрапеч, супраціўленне награвальнай спіралі якой  $R = 220$  Ом. Вызначыце колькасць цеплаты, якая вылучаецца печчу

за прамежак часу  $\Delta t = 10$  мін, калі амплітуднае значэнне сілы току  $I_0 = 10$  А.

**227.** \*Ніхромавы дрот даўжынёй  $l = 8,0$  м і плошчай папярочнага сячэння  $S = 0,80$  мм<sup>2</sup> уключаны ў сетку пераменнага току. Вызначыце колькасць цеплаты, якая вылучаецца ў дроте за прамежак часу  $\Delta t = 3,5$  мін, калі максімальнае напружанне ў сетцы  $U_0 = 310$  В. Удзельнае супраціўленне ніхрому  $\rho = 1,1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ .

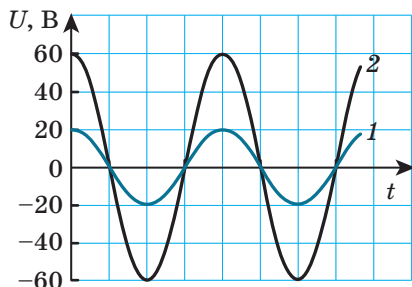
**228.** \*Да крыніцы пераменнага току, напружанне на клеммах якой змяняецца па гарманічным законе, падключаны рэзістар, які спажывае магутнасць  $P = 350$  Вт. Вызначыце амплітуднае значэнне напружання на рэзістары, калі дзеючае значэнне сілы току ў ланцугу  $I_{\text{дз}} = 9,0$  А.

**229.** \*На малюнку 58 прадстаўлены графікі залежнасці сілы току ў рэзістарах, злучаных паралельна і падключаных да крыніцы пераменнага току, ад часу. Вызначыце колькасць цеплаты, якая вылучаецца ў кожным рэзістары за час  $t = 10T$  ( $T$  — перыяд ваганняў сілы току), калі дзеючае значэнне напружання на рэзістарах  $U_{\text{дз}} = 80$  В. Вызначыце дзеючае значэнне сілы току ў ланцугу.



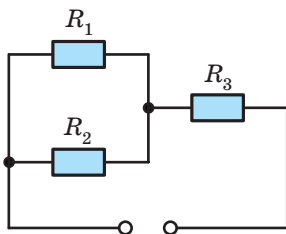
Мал. 58

- 230.** \*Да крыніцы пераменнага напружання падключаны два рэзістары супраціўленнямі  $R_1 = 12$  Ом і  $R_2 = 36$  Ом, злучаныя паслядоўна. На малюнку 59 прадстаўлены графікі залежнасці напружання на рэзістарах ад часу. Вызначыце сярэднюю цеплавую магутнасць, якая вылучаецца на кожным рэзістары.



Мал. 59

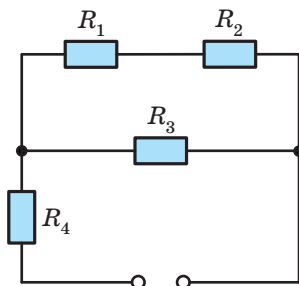
- 231.** \*У электрычны ланцуг пераменнага току ўключаны тры рэзістары (мал. 60), супраціўленні якіх  $R_1 = 30$  Ом,  $R_2 = 20$  Ом і  $R_3 = 38$  Ом. Напружанне на канцах ланцуга змяняецца па законе:  $U(t) = A \sin(Bt)$ , дзе  $A = 40$  В,  $B = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце колькасць цеплаты, якая вылучаецца ў ланцугу за перыяд ваганняў напружання.



Мал. 60

- 232.** \*Да крыніцы пераменнага току падключылі электрычны ланцуг, які складаецца з чатырох рэзістараў (мал. 61), супраціўленні якіх  $R_1 = 50$  Ом,  $R_2 = 20$  Ом,  $R_3 = 70$  Ом

і  $R_4 = 25$  Ом. Вызначыце колькасць цеплаты, якая вылучаецца ў гэтым ланцугу за час  $t = 40$  с, калі амплітуднае значэнне сілы току ў ланцугу  $I_0 = 2,5$  А.



Мал. 61

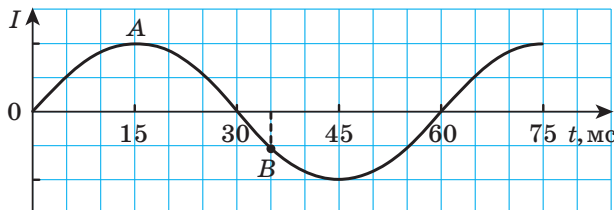
- 233.** \*Кіпяцільнік працуе ад сеткі пераменнага току з дзеючым значэннем напружання  $U_{\text{дз}} = 220$  В. Пры тэмпературы  $t_1 = 20$  °С супраціўленне вальфрамавай спіралі кіпяцільніка  $R_1 = 48$  Ом. Вызначыце масу вады, якая ператварылася ў пару пры тэмпературы кіпення  $t_2 = 100$  °С за час  $\tau = 1,0$  мін. Тэмпературны каэфіцыент супраціўлення металу спіралі  $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3}$  К<sup>-1</sup>. Удзельная цеплата параўтварэння вады  $L = 2,26 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$ .

З а ў в а г а. Залежнасць супраціўлення металаў ад тэмпературы мае выгляд:  $R = R_0(1 + \alpha t)$ , дзе  $R_0$  — супраціўленне металу пры тэмпературы 0 °С,  $\alpha$  — тэмпературны каэфіцыент супраціўлення металу.

- 234.** \*Воданагравальнік працуе ад сеткі пераменнага току, у якой сіла току змяняецца па законе:  $I(t) = B \sin(Ct)$ , дзе  $B = 5,0$  А,  $C = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Пры тэмпературы  $t_0 = 0$  °С супраціўленне спіралі воданагравальніка  $R_0 = 50$  Ом. Тэмпературны каэфіцыент супраціўлення матэрыялу спіралі  $\alpha = 6,0 \cdot 10^{-3}$  К<sup>-1</sup>. Вызначыце аб'ём вады, якая ператварылася пры яе кіпенні ў пару за час  $\tau = 1,0 \cdot 10^4 T$ , дзе  $T$  — перыяд ваганняў сілы току.

Тэмпература кіпення вады  $t_k = 100^\circ\text{C}$ . Страты цеплаты складаюць  $\eta = 20\%$ . Удзельная цеплата параўтварэння вады  $L = 2,26 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$ .

235. \*Сіла току на ўчастку ланцуга з актыўным супраціўленнем  $R = 50$  Ом змяняецца па гарманічным законе (мал. 62). У момант часу  $t_A = 15$  мс сіла току на ўчастку ланцуга роўна  $I_A$ , а ў момант часу  $t_B = 35$  мс яна роўна  $I_B$ . Рознасць сіл токаў  $I_A - I_B = 6,0$  А. Вызначыце колькасць цеплаты, якая вылучаецца ў ланцугу за перыяд ваганняў сілы току.

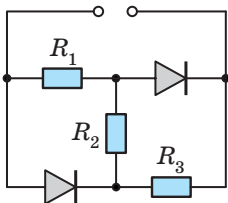


Мал. 62

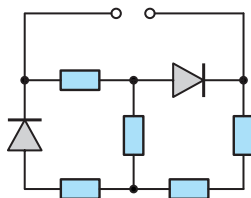
236. \*Неонавая лямпа ўключана ў асвятляльную сетку, у якой частата ваганняў пераменнага току  $\nu = 50$  Гц. Вызначыце час, на працягу якога гарыць неонавая лямпа за кожны перыяд, калі: а) лямпа запальваецца і гасне пры напружанні на яе электродах у два разы меншым за амплітуднае значэнне напружання ў сетцы; б) лямпа запальваецца і гасне пры напружанні, роўным дзеючаму значэнню напружання пераменнага току.
237. \*Да крыніцы пераменнага напружання падключылі электрычны ланцуг (мал. 63), які складаецца з двух ідэальных дыёдаў і трох рэзістараў, супраціўленні якіх  $R_1 = 60$  Ом,  $R_2 = 120$  Ом,  $R_3 = 120$  Ом. Вызначыце сярэдняю цеплавую магутнасць, якая вылучаецца ў ланцугу, калі максімальнае значэнне напружання на клеммах крыніцы  $U_0 = 60$  В.



238. \*Да крыніцы пераменнага напружання падключылі электрычны ланцуг (мал. 64), які складаецца з двух ідэальных дыёдаў і пяці аднолькавых рэзістараў супраціўленнем  $R = 40$  Ом кожны. Вызначыце колькасць цеплаты, якая вылучаецца ў ланцугу за час, роўны дзясці перыядам ваганняў сілы току, калі напружанне на клеммах крыніцы змяняецца па законе:  $U(t) = A \sin(Bt)$ , дзе  $A = 80$  В,  $B = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

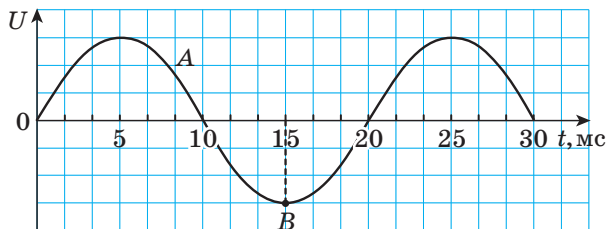


Мал. 63



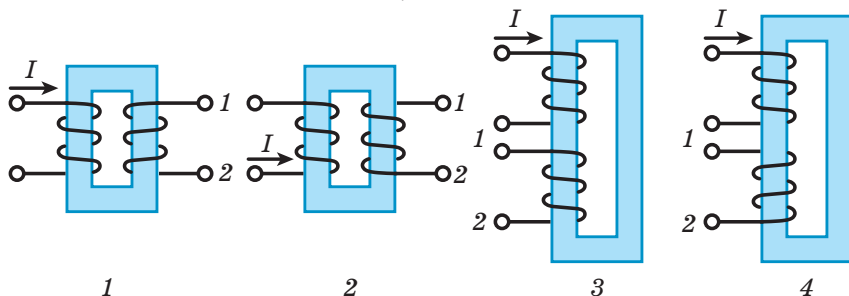
Мал. 64

239. \*На малюнку 65 прадстаўлена залежнасць напружання на электраплітцы, якая мае награвальны элемент супраціўленнем  $R = 60$  Ом, ад часу. У момант часу  $t_A = \frac{25}{3}$  мс напружанне на электраплітцы роўна  $U_A$ , а ў момант часу  $t_B = 15$  мс роўна  $U_B$ . Рознасць напружанняў  $U_A - U_B = 450$  В. На электраплітцы награвецца вада масай  $m = 2,0$  кг. Вызначыце змяненне тэмпературы вады за час  $t = 7,0$  мін, калі ККДз электрапліткі  $\eta = 80\%$ .



Мал. 65

- 240.** На малюнку 66 адлюстраваны ідэальныя трансфарматыры. Праз першасную абмотку кожнага трансфарматара працякае ток у напрамку, паказаным стрэлкай, сіла току павялічваецца. Да клем  $1$  і  $2$  падключылі рэзістар. Укажыце нумары малюнкаў, на якіх: а) лініі індукцыі магнітнага поля, створанага токам у першаснай абмотцы, унутры гэтай абмоткі накіраваны ўверх; б) лініі індукцыі магнітнага поля, створанага токам у першаснай абмотцы, унутры другаснай абмоткі накіраваны ўверх; в) лініі індукцыі магнітнага поля, створанага індукцыйным токам у другаснай абмотцы, унутры гэтай абмоткі накіраваны ўверх; г) у другаснай абмотцы індукцыйны ток працякае ад клеммы  $1$  да клеммы  $2$ ; д) патэнцыял клеммы  $1$  большы за патэнцыял клеммы  $2$ .



Мал. 66

- 241.** Трансфарматар, які змяшчае ў першаснай абмотцы  $N_1 = 480$  віткоў, паніжае напружанне ад  $U_1 = 880$  В да  $U_2 = 220$  В. Вызначыце каэфіцыент трансфармацыі і лік віткоў другаснай абмоткі, калі трансфарматар працуе ў рэжыме халастога ходу.

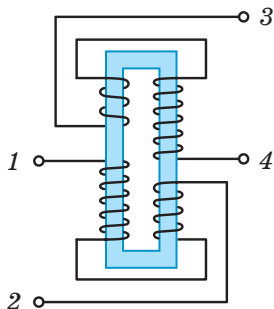
З а ў в а г а. У задачах 241—252 дадзены дзеючыя значэнні напружання або сілы току.

- 242.** Вызначыце напружанне на першаснай абмотцы трансфарматара, якая мае  $N_1 = 1000$  віткоў, калі на другаснай абмотцы, якая складаецца з  $N_2 = 3500$  віткоў, на-

пружанне  $U_2 = 105$  В. Трансфарматар працуе ў рэжыме халастога ходу.

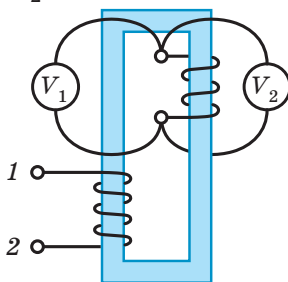
- 243.** Напружанне на першаснай абмотцы трансфарматара павялічылася на  $\Delta U = 10$  В, пры гэтым напружанне на другаснай абмотцы змянілася ад  $U_1 = 10$  В да  $U_2 = 12$  В. Вызначыце пачатковае напружанне на першаснай абмотцы. Трансфарматар працуе ў рэжыме халастога ходу.
- 244.** Пры ўключэнні першаснай абмоткі трансфарматара ў сетку пераменнага току ў другаснай абмотцы ўзнікае напружанне  $U_2 = 120$  В. Пры ўключэнні ў гэту ж сетку другаснай абмоткі на клеммах першаснай абмоткі ўзнікае напружанне  $U_1 = 30$  В. У колькі разоў лік віткоў першаснай абмоткі трансфарматара меншы за лік віткоў другаснай абмоткі? Трансфарматар працуе ў рэжыме халастога ходу.
- 245.** Трансфарматар паніжае напружанне ад  $U_1 = 210$  В да  $U_2 = 42$  В. Дадатковая абмотка, якая складаецца з аднаго вітка, замкнута на вальтметр, які паказвае напружанне  $U = 0,50$  В. Вызначыце лік віткоў у першаснай і другаснай абмотках. Трансфарматар працуе ў рэжыме халастога ходу.
- 246.** Сонечная батарэя выпрацоўвае пастаяннае напружанне  $U_0 = 24$  В, якое з дапамогай транзістарнага пераўтваральніка ператвараецца ў пераменнае напружанне з амплітудным значэннем  $U_0 = 24$  В. Вызначыце каэфіцыент трансфармацыі трансфарматара, які трэба прымяніць, каб энергію, выпрацаваную батарэяй, можна было выкарыстоўваць для сілкавання электрапрыбораў, разлічаных на падключэнне да бытавой сеткі пераменнага напружання  $U = 220$  В. Трансфарматар працуе ў рэжыме халастога ходу.

247. На малюнку 67 адлюстраваны віткі абмотак трансфарматара і схема іх злучэння. На клемы 1 і 2 пададзена пераменнае напружанне  $U_{12} = 20$  В. Вызначыце напружанне на клеммах 3 і 4.



Мал. 67

248. На клемы 1 і 2 першаснай абмоткі трансфарматара, адлюстраванага на малюнку 68, пададзена пераменнае напружанне  $U = 12$  В. Якое напружанне пакажуць вальтметры  $V_1$  і  $V_2$ ?



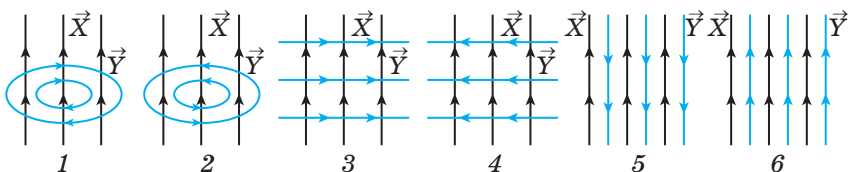
Мал. 68

249. \*Першасная абмотка паніжаючага трансфарматара, якая змяшчае  $N_1 = 1200$  віткоў, уключана ў сетку пераменнага току з напружаннем  $U_1 = 220$  В. Напружанне на клеммах другаснай абмоткі  $U_2 = 20$  В, яе супраціўленне  $r = 1,0$  Ом. Сіла току ў другаснай абмотцы  $I_2 = 2,0$  А. Вызначыце каэфіцыент трансфармацыі, лік віткоў у другаснай абмотцы і ККДз трансфарматара.

250. \*Сіла току ў першаснай абмотцы трансфарматара  $I_1 = 0,5$  А, напружанне на яе канцах  $U_1 = 220$  В. Сіла току ў другаснай абмотцы  $I_2 = 11$  А, напружанне на яе канцах  $U_2 = 9,5$  В. Вызначыце ККДз трансфарматара.
251. \*Паніжаючы трансфарматар з каэфіцыентам трансфармацыі  $k = 8$  уключаны ў сетку з напружаннем  $U_1 = 220$  В. Вызначыце напружанне на другаснай абмотцы трансфарматара, калі яе супраціўленне  $r = 0,20$  Ом, а супраціўленне карыснай нагрузкі, падключанай да другаснай абмоткі,  $R = 2,0$  Ом.
252. \*Першасная абмотка паніжаючага трансфарматара з каэфіцыентам трансфармацыі  $k = 10$  уключана ў сетку пераменнага току з напружаннем  $U_1 = 120$  В. Супраціўленне другаснай абмоткі  $r = 1,2$  Ом, сіла току ў ёй  $I_2 = 5,0$  А. Вызначыце супраціўленне нагрузкі, падключанай да трансфарматара.
253. \*Першасная абмотка паніжаючага трансфарматара складаецца з  $N_1 = 1200$  віткоў, другасная — з  $N_2 = 60$  віткоў. Трансфарматар уключаны ў сетку пераменнага току з дзеючым значэннем напружання  $U_1 = 220$  В. Актыўнае супраціўленне першаснай абмоткі трансфарматара вельмі малое (не прымаць да ўвагі). На другаснай абмотцы, супраціўленне якой  $r = 0,80$  Ом, за прамежак часу  $\Delta t = 4,0$  с вылучаецца колькасць цеплаты  $Q_2 = 5,0$  Дж. Вызначыце сярэдняю магутнасць, якая спажываецца лямпачкай, падключанай да другаснай абмоткі трансфарматара.
254. \*Першасная абмотка трансфарматара, уключаная ў сетку з дзеючым значэннем напружання  $U_1 = 380$  В, мае  $N_1 = 2400$  віткоў. Дзеючае значэнне напружання на клеммах другаснай абмоткі  $U_2 = 11$  В, а яе супраціўленне  $r = 0,20$  Ом. Вызначыце лік віткоў у другаснай абмотцы, калі магутнасць, якая спажываецца нагрузкай, падключанай да трансфарматара,  $P = 22$  Вт.

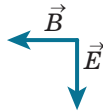
255. \*Электраэнергію неабходна перадаваць ад генератара пераменнага току да спажывўца па лініі электраперадачы (ЛЭП). Пры гэтым магутнасць, якую атрымлівае спажывец, павінна быць  $P = 20$  кВт, а магутнасць страт у ЛЭП не павінна перавышаць  $k = 0,10$  магутнасці, якую атрымлівае спажывец. Вызначыце дапушчальнае супраціўленне лініі электраперадачы, калі дзеючае значэнне напружання на клеммах генератара  $U_{\text{дз}} = 1,1$  кВ.
256. \*Электраэнергія перадаецца ад электрастанцыі да спажывўца па лініі электраперадачы. Пры гэтым дзеючае значэнне напружання на спажывўцу  $U_{\text{дз}} = 600$  В, а магутнасць, якую атрымлівае спажывец,  $P = 8,0$  кВт. Вызначыце супраціўленне ЛЭП, калі страты магутнасці ў ёй складаюць  $\alpha = 5,0$  % перадаваемай магутнасці.
257. \*Ад генератара электраэнергія перадаецца спажывўцу па правадах супраціўленнем  $R_0 = 39$  Ом. Вызначыце супраціўленне спажывўца, калі ККДз лініі электраперадачы  $\eta = 0,95$ .
258. \*На якую максімальную адлегласць можна перадаваць электраэнергію ад генератара пераменнага напружання, дзеючае значэнне якога на клеммах  $U_{\text{дз}} = 5$  кВ, каб нагрузка з супраціўленнем  $R = 1,6$  кОм спажывала магутнасць не меншую за  $P = 10$  кВт? Удзельнае супраціўленне злучаючых правадоў  $\rho = 2,8 \cdot 10^{-8}$  Ом · м, іх папярочнае сячэнне  $S = 4,2$  мм<sup>2</sup>. Унутранае супраціўленне генератара не прымаць да ўвагі.
259. \*Спажывец электрычнай энергіі складаецца з дзвюх паралельна злучаных ламп магутнасцю  $P = 30$  Вт кожная. У ланцугу павінен працякаць ток, дзеючае значэнне якога  $I_{\text{дз}} = 2,0$  А, а страты магутнасці ў падводзячых правадах пры гэтым не павінны перавышаць  $\alpha = 10$  % карыснай магутнасці. Вызначыце максімальнае дзеючае значэнне напружання на клеммах крыніцы пераменнага току.

- 260.** \*Ад генератара з дзеючым значэннем ЭРС  $\mathcal{E}_{\text{дз}}$ , які мае на выхадзе магутнасць  $P$ , энергія перадаецца спажыўцу па лініі электраперадачы супраціўленнем  $R$ . Вызначыце ККДз лініі электраперадачы. Унутранае супраціўленне генератара не прымаць да ўвагі.
- 261.** \*Электрычная энергія ад генератара пераменнага напружання з унутраным супраціўленнем  $r$  і максімальным значэннем ЭРС  $\mathcal{E}_0$  перадаецца спажыўцу на адлегласць  $l$  па двухправаднай лініі электраперадачы. Удзельнае супраціўленне матэрыялу правадоў лініі  $\rho$ , іх дыяметр  $d$ . Вызначыце, якая колькасць цеплаты вылучаецца ў спажыўца за час  $t$ , калі супраціўленне спажыўца  $R_c$ .
- 262.** \*Ад генератара электрастанцыі магутнасцю  $P = 5,0$  МВт па лініі электраперадачы супраціўленнем  $R = 36$  Ом было перададзена спажыўцу  $\eta = 95$  % энергіі. Вызначыце дзеючае значэнне напружання на клеммах генератара.
- 263.** \*Як вядома, пры змяненні магнітнага поля ўзнікае віхравое электрычнае поле, а пры змяненні электрычнага поля — магнітнае поле. Якой лічбай на малюнку 69 абазначана: а) правільнае адлюстраванне ліній напружанасці  $\vec{Y}$  электрычнага поля, калі модуль індукцыі  $\vec{X}$  аднароднага магнітнага поля павялічваецца; б) правільнае адлюстраванне ліній індукцыі  $\vec{Y}$  магнітнага поля, калі модуль напружанасці  $\vec{X}$  аднароднага электрычнага поля памяншаецца?



Мал. 69

264. \*Патрабуецца перадаць магутнасць  $P = 2,5$  кВт на адлегласць  $l = 2,0$  км па двухправаднай ЛЭП, пры гэтым страты на награванне правадоў не павінны перавышаць  $\alpha = 3,0$  % перадаваемай энергіі. Якая маса правадоў, калі дзеючае значэнне напружання на клеммах генератара пераменнага току  $U_{\text{дз}} = 2,0$  кВ, шчыльнасць матэрыялу правадоў  $\rho = 2,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ , іх удзельнае супраціўленне  $\rho_0 = 2,8 \cdot 10^{-8}$  Ом  $\cdot$  м?
265. На малюнку 70 адлюстраваны напрамкі вектараў напружанасці электрычнага поля і магнітнай індукцыі ў электрамагнітнай хвалі ў некаторы момант часу. У якім напрамку распаўсюджваецца электрамагнітная хваля?



Мал. 70

266. На малюнку 71 паказаны напрамак распаўсюджвання электрамагнітнай хвалі. Укажыце ўсе дапушчальныя напрамкі вектара магнітнай індукцыі ў гэтай хвалі: 1) улева; 2) управа; 3) уверх; 4) уніз; 5) улева і ўніз; 6) управа і ўверх; 7) ад нас; 8) да нас.

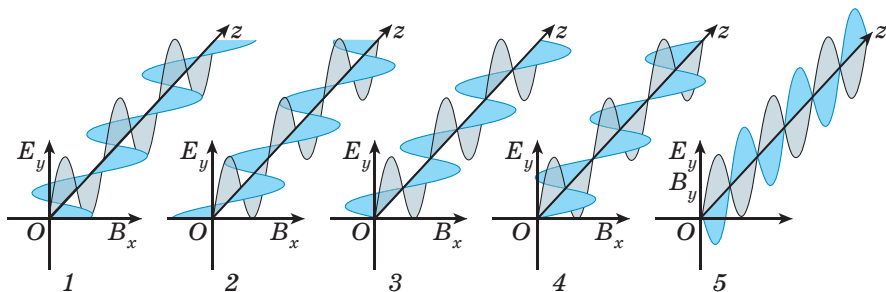


Мал. 71

267. Вызначыце даўжыню хвалі электрамагнітнага выпраменьвання ўнутры мікрахвалевай печы, калі яго частата  $\nu = 2450$  МГц.
268. Вызначыце даўжыню электрамагнітнай хвалі ў вакууме і бензоле, калі частата хвалі  $\nu = 7,5 \cdot 10^{11}$  Гц. Дыэлектрычная пранікальнасць бензолу  $\epsilon = 2,3$ .



**269.** На малюнку 72 паказаны залежнасці праекцый напружанасці электрычнага поля і індукцыі магнітнага поля на каардынатныя восі  $Ox$  і  $Oy$  ад каардынаты  $z$  у некаторы момант часу. Укажыце нумар малюнка, на якім паказана электрамагнітная хваля, якая распаўсюджваецца супраць напрамку восі  $Oz$ .



Мал. 72

**270.** Наземная станцыя, якая перадае даныя, адправіла іх праз спадарожнік, што знаходзіцца на геастацыянарнай арбіце. радыус гэтай арбіты  $R = 4,22 \cdot 10^4$  км, радыус Зямлі  $R_3 = 6,4 \cdot 10^3$  км. Вызначыце мінімальны час, праз які наземная прыёмная станцыя можа пачаць атрымліваць даныя.

**271.** Спадарожніковая сістэма навігацыі працуе па наступным прынцыпе. З паведамленняў, якія пастаянна перадаюцца навігацыйнымі спадарожнікамі, можна атрымаць інфармацыю пра каардынаты спадарожніка і дакладны час адпраўкі паведамлення. У прыёмніку няма дакладнага гадзінніка, але рознасць часу распаўсюджвання сігнала ад розных спадарожнікаў да прыёмніка можна даведацца з вялікай дакладнасцю. Па гэтых даных лёгка разлічыць каардынаты прыёмніка. Няхай прыёмнік і два спадарожнікі знаходзяцца на восі  $Ox$ . Каардынаты спадарожнікаў  $x_1 = -100,000$  км,  $x_2 = 50,000$  км. Сігнал ад першага спадарожніка да прыёмніка распаўсюджваўся на  $\Delta t = 100$  мкс даўжэй, чым сігнал ад другога спадарожніка. Вызначыце каардынату прыёмніка.

272. Паміж двума камп'ютарамі, размешчанымі на адлегласці  $L = 300$  м адзін ад аднаго, адбываецца перадача даных са скорасцю  $1 \frac{\text{Гбит}}{\text{с}}$  з дапамогай радыёхвалі (па тэхналогіі *Wi-Fi*) і з такой жа скорасцю па аптычным валакне. Скорасць святла ў аптавалакне  $v = 200\,000 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ . Вызначыце: а) на колькі біт спазняюцца даныя, якія атрымліваюцца па аптавалакне, у параўнанні з данымі, якія атрымліваюцца па *Wi-Fi*; б) чаму роўна даўжыня ўчастка электрамагнітнай хвалі, на якой пераносіцца адзін біт інфармацыі; в) колькі біт інфармацыі адначасова знаходзіцца на шляху ад крыніцы выпраменьвання да прыёмніка пры перадачы інфармацыі па аптавалакне; г) якая колькасць інфармацыі перадаецца за час  $t = 10$  с па радыёканале і па аптавалакне.
273. Вызначыце даўжыню электрамагнітнай хвалі, частата якой роўна частаце гуку, характэрнай для чалавечай мовы, калі даўжыня гукавой хвалі  $\lambda_r = 100$  см, а скорасць гуку  $v = 330 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .
274. На якой адлегласці ад радара знаходзіцца самалёт, калі электрамагнітная хваля, адпраўленая радарам і адбітая самалётам, вярнулася назад праз прамежак часу  $\Delta t = 24$  мкс пасля выпраменьвання?
275. Радар выпраменіў электрамагнітны імпульс у бок карабля, які знаходзіцца на адлегласці  $l = 0,90$  км. Вызначыце прамежак часу паміж момантамі выпраменьвання і прыёму імпульсу, адбітага караблём.
276. Радар выпраменіў у бок аўтамабіля, што набліжаўся да яго, два кароткія электрамагнітныя імпульсы, якія ішлі адзін за адным праз прамежак часу  $\Delta t_1 = 0,20$  с. Імпульсы, адбіўшыся ад аўтамабіля, былі прыняты радарам. Пры гэтым розніца паміж часам распаўсюджвання пер-

шага і другога імпульсу склала  $\Delta t = 44$  нс. Вызначыце модуль скорасці руху аўтамабіля.

- 277.** Шырыня аднаго з дыяпазонаў даўжынь радыёхваль, якія выкарыстоўваюцца для сеткі 5G,  $\Delta\lambda = 0,7$  см, пры гэтым шырыня дыяпазону частот  $\Delta\nu = 1,0$  ГГц. Вызначыце максімальную даўжыню хвалі гэтага дыяпазону.
- 278.** Прыёмны вагальны контур радыёпрыёмніка складаецца з катушкі індуктыўнасцю  $L = 2,0$  мкГн і кандэнсатара ёмістасцю  $C = 1,8$  нФ. На якую даўжыню хвалі настроены радыёпрыёмнік?
- 279.** Вызначыце даўжыню хвалі радыёвыпраменьвання перадачыка, калі ў вагальным контуры, які задае частату перадачыка, максімальны зарад кандэнсатара  $q_0 = 20$  нКл, максімальная сіла току ў катушцы  $I_0 = 1,0$  А.
- 280.** Сіла току ў адкрытым вагальным контуры змяняецца па законе:  $I(t) = I_0 \sin(\omega t)$ , дзе  $\omega = 6 \cdot 10^5 \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Вызначыце даўжыню хвалі, якая выпраменьваецца.
- 281.** Які інтэрвал частот можа перакрыць адзін з дыяпазонаў радыёпрыёмніка, у якім прыёмны вагальны контур складаецца з катушкі індуктыўнасцю  $L = 1,0$  мкГн і кандэнсатара, ёмістасць якога змяняецца ад  $C_1 = 40$  пФ да  $C_2 = 100$  пФ?
- 282.** Вызначыце, у колькі разоў трэба павялічыць ёмістасць кандэнсатара ў прыёмным вагальным контуры радыёкіраванай цацкі, які настроены на частату  $\nu = 6,0 \cdot 10^6$  Гц, каб цацкай можна было кіраваць з дапамогай сігналаў радыёперадачыка, што працуе на даўжыні хвалі  $\lambda = 100$  м.
- 283.** Радыёпрыёмнік, у якім прыёмны вагальны контур складаецца з катушкі і плоскага паветранага кандэнсатара, настроены на даўжыню хвалі  $\lambda_1 = 300$  м. Пры гэтым

адлегласць паміж пласцінамі кандэнсатара  $d_1 = 6,4$  мм. Вызначыце, на колькі трэба змяніць адлегласць паміж пласцінамі кандэнсатара, каб настроіць прыёмнік на даўжыню хвалі  $\lambda_2 = 240$  м.

- 284.** Пры раўнамерным убыванні сілы току са скорасцю  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = -0,5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$  у катушцы індукцыруецца ЭРС самаіндукцыі  $\mathcal{E}_c = 2,0$  мкВ. Вызначыце электраёмістасць кандэнсатара, з якім трэба злучыць дадзеную катушку, каб гэты ланцуг можна было выкарыстоўваць як прыёмны вагальны контур у радыёпрыёмніку, настроеным на даўжыню хвалі  $\lambda = 300$  м.
- 285.** Прынцып працы аднаго з прасцейшых радыёмікрафонаў наступны. У вагальным контуры, які задае частату электрамагнітных ваганняў у радыёперадатчыку, выкарыстоўваюцца катушка індуктыўнасці і кандэнсатарны мікрафон, які складаецца з размешчаных на невялікай адлегласці адна ад другой электраправоднай мембраны і металічнай пласціны, што ўтвараюць кандэнсатар. Пад дзеяннем гукавага ціску мембрана выгінаецца, змяняецца адлегласць паміж мембранай і пласцінай, што прыводзіць да змянення ёмістасці кандэнсатара і, такім чынам, частаты радыёхваль, якія выпраменьваюцца радыёперадатчыкам. Пры адсутнасці гуку частата ваганняў у перадатчыку  $\nu_0 = 433\,000$  кГц, а адлегласць паміж мембранай і пласцінай  $h_0 = 0,10$  мм, вызначыце: а) змяненне даўжыні хвалі радыёвыпраменьвання пры павелічэнні частаты ваганняў у перадатчыку пад дзеяннем гукавага ціску на  $\Delta\nu = 10$  кГц; б) змяненне адлегласці паміж мембранай і пласцінай пры гэтым змяненні частаты на  $\Delta\nu = 10$  кГц.



# ОПТИКА

III. Хвелевая оптика

IV. Геаметрычная оптика

V. Лінзы

### III. ХВАЛЕВАЯ ОПТЫКА

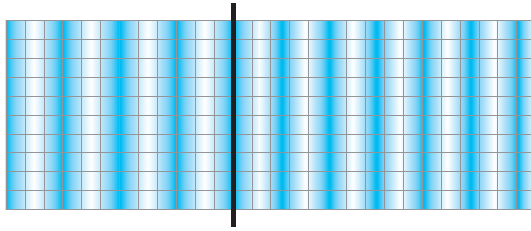
Формула або ўмова	Формула	Фізічныя велічыні, якія ўваходзяць у формулу
Даўжыня хвалі святла	$\lambda = cT$ або $\lambda = \frac{c}{\nu}$ , дзе $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ — скорасць святла ў вакууме	$\lambda$ — даўжыня хвалі ў вакууме; $T$ — перыяд ваганняў хвалі; $\nu$ — частата хвалі
Абсалютны паказчык праламлення рэчыва	$n = \frac{c}{v}$	$n$ — абсалютны паказчык праламлення рэчыва; $c$ — скорасць святла ў вакууме; $v$ — скорасць святла ў рэчыве
Даўжыня хвалі святла ў рэчыве	$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$	$\lambda_n$ — даўжыня хвалі ў рэчыве; $\lambda$ — даўжыня хвалі ў вакууме; $n$ — абсалютны паказчык праламлення рэчыва
Аптычная рознасць ходу хваль	$\delta = d_2 n_2 - d_1 n_1$	$d_1$ і $d_2$ — геаметрычныя даўжыні шляхоў, пройдзеных хвалямі; $n_1$ і $n_2$ — абсалютны паказчык праламлення рэчыва, у якім

Формула або ўмова	Формула	Фізічныя велічыні, якія ўваходзяць у формулу
		распаўсюджваюцца першая і другая хвалі адпаведна
Рознасць фаз ваганняў у пункце назірання інтэрферэнцыі	$\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta d}{\lambda_n}$	$\Delta d$ — геаметрычная рознасць ходу хваль; $\lambda_n$ — даўжыня хвалі ў рэчыве
Умова інтэрферэнцыйнага максімуму	$\delta = 2m \frac{\lambda}{2}, \text{ дзе}$ $m = 0; \pm 1; \pm 2; \dots$	$\delta$ — аптычная рознасць ходу хваль; $\lambda$ — даўжыня хвалі ў вакууме
Умова інтэрферэнцыйнага мінімуму	$\delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2},$ дзе $m = 0; \pm 1; \pm 2; \dots$	$\delta$ — аптычная рознасць ходу хваль; $\lambda$ — даўжыня хвалі ў вакууме
Формула дыфракцыйнай рашоткі	Пры нармальным падзенні святла на дыфракцыйную рашотку: $d \sin\theta = m\lambda, \text{ дзе}$ $m = 0; \pm 1; \pm 2; \dots$	$d$ — перыяд рашоткі; $\theta$ — вугал дыфракцыі; $m$ — парадак спектра (максімуму); $\lambda$ — даўжыня хвалі

**286.** Колькі сутак распаўсюджваецца святло ад Сірыуса да Зямлі, калі адлегласць паміж імі  $l = 8,1 \cdot 10^{13}$  км?

**287.** 21 ліпеня 1969 года астранаўты праграмы «Апалон-11» усталювалі на Месяцы першы вугалковы адбівальнік. Вызначыце час, праз які лазерны імпульс, які выпраменіўся з Зямлі, дасягае адбівальніка і вяртаецца назад. Адлегласць ад Зямлі да Месяца  $l = 3,84 \cdot 10^8$  м.

288. Монахраматычнае выпраменьванне з даўжынёй хвалі  $\lambda = 616$  нм, якое распаўсюджваецца ў вакууме, падае на кварцавую пласцінку. Вызначыце даўжыню светлавой хвалі ў кварцы, абсалютны паказчык праламлення якога  $n = 1,54$ .
289. На малюнку 73 адлюстравана плоская светлавая хваля, якая праходзіць праз мяжу вакуум — празрыстае шкло. Знайдзіце абсалютны паказчык праламлення празрыстага шкла.

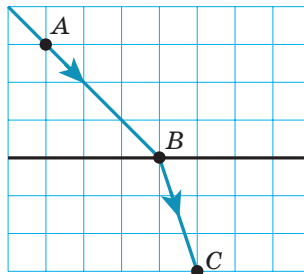


Мал. 73

290. У шкле распаўсюджваецца святло з даўжынёй хвалі  $\lambda_n = 0,50$  мкм. Вызначыце абсалютны паказчык праламлення шкла, калі частата светлавой хвалі  $\nu = 0,40 \cdot 10^{15}$  Гц.
291. Даўжыня хвалі монахраматычнага святла, якое распаўсюджваецца ў кедравым алеі,  $\lambda_n = 450$  нм. Вызначыце перыяд ваганняў хвалі, калі абсалютны паказчык праламлення кедровага алею  $n = 1,52$ .
292. Зялёнае святло з даўжынёй хвалі  $\lambda_1 = 540$  нм, якое распаўсюджваецца ў паветры, падае на шклянную пласцінку. Вызначыце даўжыню хвалі і частату гэтага святла ў пласцінцы, калі скорасць святла ў шкле  $v = 2,0 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .
293. Монахраматычная хваля святла распаўсюджваецца ў вакууме. Пры гэтым на адрэзку  $AB$  укладваецца  $N_1 = 70$  даўжынй хваль. Колькі даўжынй хваль будзе ўкладвацца на адрэзку  $AB$ , калі хваля будзе распаўсюджвацца ў празрыстым асяроддзі, паказчык праламлення якога  $n = 1,4$ ?



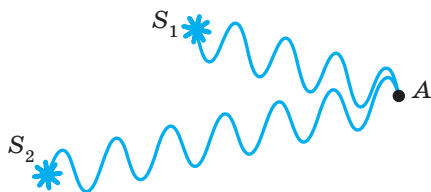
294. Чырвоное святло з даўжынёй хвалі  $\lambda = 720$  нм, якое распаўсюджваецца ў вакууме, падае на тонкую празрыстую плёнку. Таўшчыня плёўкі  $h = 3,8 \cdot 10^{-5}$  м, абсалютны паказчык праламлення рэчыва плёўкі  $n = 1,8$ . Вызначыце, у колькі разоў таўшчыня плёўкі большая за даўжыню хвалі святла, якое распаўсюджваецца ў вакууме.
295. Вызначыце даўжыню адрэзка, на якім укладваецца столькі ж даўжынёў хваль монахраматычнага святла ў вакууме, колькі іх укладваецца на адрэзку даўжынёй  $l_1 = 60$  мм у гліцэрыне. Абсалютны паказчык праламлення гліцэрыны  $n = 1,45$ .
296. Вызначыце адносіны таўшчыні шкляной пласцінкі да таўшчыні алмазнай пласцінкі, калі час распаўсюджвання сіняга святла ў шкляной пласцінцы ў тры разы больш, чым у алмазнай. Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n_{\text{ш}} = 1,8$ . Скорасць святла ў алмазе  $v_{\text{ал}} = 1,25 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .
297. На малюнку 74 адлюстраваны светлавы прамень, які праламляецца на мяжы паветра — фіяніт. Вызначыце час, за які ў фіяніце святло прыходзіць з пункта  $B$  у пункт  $C$ , калі ў паветры з пункта  $A$  ў пункт  $B$  святло прыходзіць за час  $t_1 = 3$  нс, а абсалютны паказчык праламлення фіяніту  $n = 2,24$ .



Мал. 74

298. Прынцып працы лазернага дальнамера заснаваны на тым, што вымяраецца час, за які святло, што выпраменьваецца дальнамерам і адбіваецца ад аб'екта, які даследуецца, вяртаецца назад. Паколькі скорасць святла вядома, па гэтых даных можна вызначыць адлегласць да аб'екта. С дапамогай лазернага дальнамера, які размешчаны паблізу ад паверхні вадаёма, спрабуюць вымераць яго глыбіню, накіраваўшы лазерны прамень на дно. Якія будуць паказанні ў дальнамера, калі сапраўдная глыбіня вадаёма  $h = 1,0$  м, абсалютны паказчык праламлення вады  $n = 1,33$ ?
299. Дзве кагерэнтныя хвалі, якія выпраменьваліся адной крыніцай, распаўсюджваюцца ў вакууме і прыходзяць у пункт назірання з рознасцю ходу  $\Delta d = 0,25\lambda$ , дзе  $\lambda$  — даўжыня хвалі. Вызначыце рознасць фаз гэтых хваль у пункце назірання.
300. Дзве кагерэнтныя хвалі ад адной крыніцы, якія распаўсюджваюцца ў вакууме, прыходзяць у пункт назірання з рознасцю ходу  $\Delta d = 0,24$  мкм. Вызначыце даўжыню хвалі, калі рознасць фаз хваль у гэтым пункце  $\Delta\phi = \pi$  рад.
301. На шляху аднаго з двух светлавых прамянёў, якія прыходзяць у адзін пункт, змясцілі плоскапаралельную пласцінку, таўшчыня якой  $h = 1,2$  мм. Вызначыце аптычную рознасць ходу, якую ўнесла пласцінка, калі абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,5$ . Пласцінка размешчана перпендыкулярна праменю святла.
302. Уздоўж восі цыліндрычнай трубкай, запоўненай празрыстай вадкасцю, распаўсюджваецца монахраматычная хваля. Даўжыня трубкай  $l_1 = 10$  см. Другая монахраматычная хваля распаўсюджваецца ўздоўж восі шклянога стрыжня даўжынёй  $l_2 = 12$  см. Аптычная рознасць ходу першай і другой хвалі  $\delta = 5,0$  см. Вызначыце абсалютны паказчык праламлення вадкасці, калі абсалютны паказчык праламлення шкла  $n_2 = 1,5$ . Даўжыні гэтых хваль у вакууме аднолькавыя.

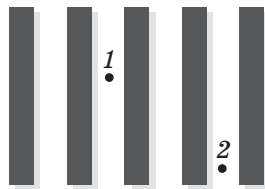
- 303.** Вызначыце, колькі даўжынь укладваецца ў аптычную рознасць ходу дзвюх кагерэнтных хваль з даўжынёй хвалі  $\lambda = 600$  нм, якія распаўсюджваюцца ў вакууме, калі адна з іх дасягае экрана пазней за другую на  $\Delta t = 1,2 \cdot 10^{-14}$  с.
- 304.** Дзве кагерэнтныя хвалі, якія выпраменьваліся адной крыніцай святла, прыходзяць у некаторы пункт прасторы з аптычнай рознасцю ходу  $\delta = 6,0$  мкм. Вызначыце, што будзе назірацца ў гэтым пункце (інтэрферэнцыйны максімум, мінімум або ні тое, ні другое), калі даўжыня хвалі святла, якое выпраменьваецца крыніцай: а)  $\lambda = 400$  нм; б)  $\lambda = 480$  нм; в)  $\lambda = 500$  нм.
- 305.** У пункт А прыходзяць дзве кагерэнтныя хвалі ад крыніц  $S_1$  і  $S_2$  (мал. 75). Вызначыце: а) што будзе назірацца ў пункце А (інтэрферэнцыйны максімум, мінімум або ні тое, ні другое); б) рознасць ходу хваль у пункце А. Растлумачце атрыманыя вынікі.



Мал. 75

- 306.** У некаторы пункт прыходзяць дзве кагерэнтныя электрамагнітныя хвалі. Амплітуда ваганняў напружанасці электрычнага поля, створанага першай хваляй,  $E_1 = 1 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ , другой хваляй —  $E_2 = 3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ . Укажыце магчымыя амплітуды ваганняў напружанасці электрычнага поля ў разглядаемым пункце: а)  $0 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ ; б)  $1 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ ; в)  $2 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ ; г)  $3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ ; д)  $4 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ ; е)  $5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ . Растлумачце атрыманы вынік.

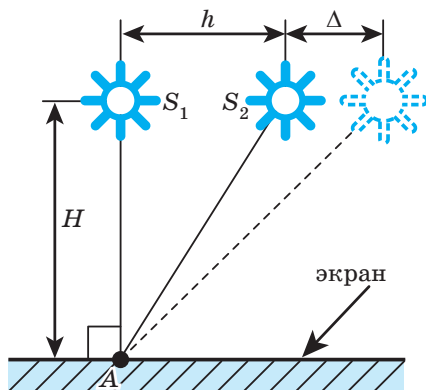
307. Дзве кагерэнтныя хвалі, якія выпраменьваліся адной крыніцай святла з даўжынёй хвалі  $\lambda = 600$  нм, распаўсюджваюцца ў паветры і прыходзяць у пункт назірання з рознасцю ходу  $\delta$ . Інтэрферэнцыйны максімум або мінімум назіраецца ў гэтым пункце, калі: а)  $\delta_1 = 1,8$  мкм; б)  $\delta_2 = 1,5$  мкм; в)  $\delta_3 = 2,1$  мкм?
308. Дзве кагерэнтныя светлавыя хвалі, якія выпраменьваліся адной крыніцай, распаўсюджваюцца ў паветры і прыходзяць у цэнтр экрана з рознасцю ходу  $\Delta d = 0,90$  мкм. Вызначыце даўжыню хвалі святла, якое выпраменьваецца крыніцай, калі ў цэнтры экрана назіраецца інтэрферэнцыйны максімум другога парадку.
309. У прыборы Юнга пры асвятленні дзвюх шчылін монахраматычным святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda = 0,65$  мкм на экране атрымана інтэрферэнцыйная карціна, чорна-белая фатаграфія якой паказана на малюнку 76. Аптычная рознасць ходу хваль, якія прыходзяць у пункт 1, роўна нулю. Вызначыце аптычную рознасць ходу хваль у пункце 2.



Мал. 76

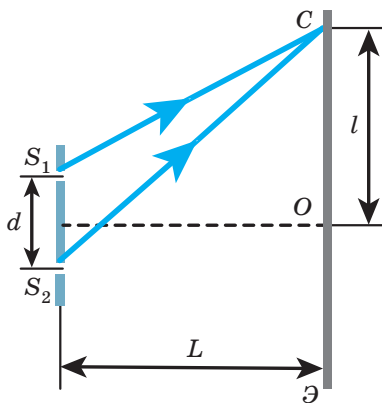
310. У некаторы пункт экрана прыходзіць святло ад крыніцы выпраменьвання з частатой  $\nu = 5,0 \cdot 10^{14}$  Гц. Аслабленне або ўзмацненне будзе назірацца пасля таго, як у гэты пункт пачне прыходзіць святло ад другой крыніцы, якая выпраменьвае хвалі ў адной фазе з першай крыніцай? Амплітуда хваль ад абедзвюх крыніц у пункце назірання аднолькавая, аптычная рознасць ходу хваль  $\delta = 9,0 \cdot 10^{-7}$  м.

311. Дзве крыніцы  $S_1$  і  $S_2$  сінфазна (у адной фазе) выпраменьваюць у вакууме светлавая хвалі з частатой  $\nu = 6,0 \cdot 10^{14}$  Гц. Інтэрферэнцыйны максімум або мінімум назіраецца ў пункце, які ляжыць на адрэзку  $S_1S_2$  і размешчаны на аддаленні  $\Delta l = 0,25$  мкм ад сярэдзіны гэтага адрэзка?
312. Мыльную плёнку асвятляюць бачным святлом, спектр якога змяшчае даўжыні хваль ад  $\lambda_{\min} = 0,38$  мкм да  $\lambda_{\max} = 0,76$  мкм. Паміж светлавымі хвалямі, якія адбіваюцца ад паверхней плёўкі, узнікае аптычная рознасць ходу  $\delta = 1,8$  мкм. Вызначыце даўжыні хваль свята, якое адбілася ад мыльнай плёўкі і якое: а) максімальна ўзмоцненае; б) максімальна аслабленае.
313. Дзве пунктавыя кагерэнтныя крыніцы свята  $S_1$  і  $S_2$ , якія выпраменьваюць у вакууме монахраматычныя светлавая хвалі ў адной фазе, знаходзяцца на аднолькавай адлегласці  $H = 50$  см ад экрана (мал. 77). Пры адлегласці паміж крыніцамі  $h = 2$  мм у пункце  $A$  назіраецца інтэрферэнцыйны максімум. Чаму роўная даўжыня хвалі свята, якое выпраменьваецца крыніцамі, калі для назірання ў пункце  $A$  інтэрферэнцыйнага мінімуму крыніцу свята  $S_2$  трэба зрушыць управа на мінімальную адлегласць  $\Delta = 50$  мкм?



Мал. 77

314. У доследзе Юнга адлегласць паміж шчылінамі  $S_1$  і  $S_2$  (мал. 78)  $d = 0,75$  мм. Адлегласць ад шчылін да экрана  $L = 9,6$  м. Шчыліны асвятляюцца монахраматычным святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda = 500$  нм, якое распаўсюджваецца ў паветры. Вызначыце: а) аптычную рознасць ходу хваль, якія прыходзяць у пункт  $C$  экрана, што размешчаны на адлегласці  $l = 32$  мм ад цэнтральнага максімуму; б) што назіраецца ў пункце  $C$  экрана — узмацненне або аслабленне святла; в) шырыню інтэрферэнцыйнай паласы — адлегласць на экране паміж двума суседнімі інтэрферэнцыйнымі максімумамі; г) на колькі трэба павялічыць даўжыню хвалі, каб адлегласць паміж суседнімі інтэрферэнцыйнымі максімумамі на экране засталася нязменнай, калі прастору паміж шчылінамі і экранам запоўніць празрыстай вадкасцю, абсалютны паказчык праламлення якой  $n = 1,3$ .



Мал. 78

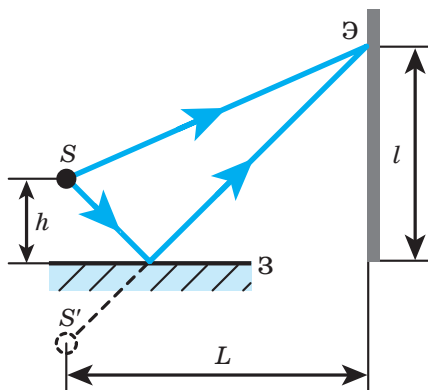
315. \*Дзве ўяўныя кагерэнтныя крыніцы, атрыманыя з дапамогай біпрызмаў Фрэнеля, выпраменьваюць святло з даўжынямі хваль  $\lambda = 560$  нм. Гэтыя крыніцы знаходзяцца ў паветры на адлегласці  $L = 3,2$  м ад экрана. Вызначыце адлегласць паміж крыніцамі святла, калі на адлегласці  $x = 28$  мм ад цэнтра экрана назіраецца трэ-

цяя цёмная паласа. У колькі разоў зменіцца адлегласць паміж інтэрферэнцыйнымі максімумамі на экране, калі адлегласць паміж крыніцамі павялічыць у два разы?

- 316.** \*На адлегласці  $L = 4,0$  м ад экрана знаходзяцца дзве ўяўныя кагерэнтныя крыніцы святла, атрыманыя з дапамогай білюстраў Фрэнеля. Крыніцы выпраменьваюць хвалі, перыяд якіх  $T = 2,0 \cdot 10^{-15}$  с. Вызначыце адлегласць паміж інтэрферэнцыйнымі максімумамі нулявога і другога парадкаў на экране, калі адлегласць паміж крыніцамі святла  $d = 0,10$  мм. Хвалі распаўсюджваюцца ў паветры.

За ўвага. Білюстра Фрэнеля складаецца з двух плоскіх люстраў, злучаных паміж сабой і размешчаных пад вуглом, набліжаным да разгорнутага.

- 317.** \*Дослед Лойда заключаецца ў атрыманні на экране Э інтэрферэнцыйнай карціны ад пунктавай монахраматычнай крыніцы святла  $S$  і яе ўяўнага відарыса  $S'$ , атрыманага ў люстры З (мал. 79). Вызначыце адлегласць ад крыніцы святла да люстра, калі шырыня інтэрферэнцыйнай паласы на экране  $l = 1,4$  мм. Даўжыня хвалі святла  $\lambda = 0,7$  мкм. Адлегласць ад крыніцы святла да экрана  $L = 4$  м.



Мал. 79

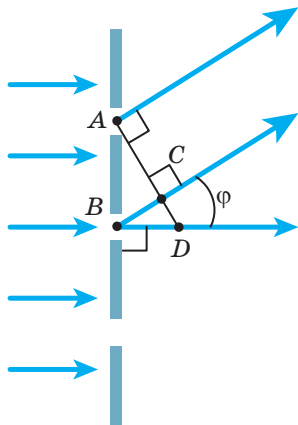
- 318.** \*Адлегласць паміж уяўнымі кагерэнтнымі крыніцамі святла, атрыманымі з дапамогай біпрызмы Фрэнеля,  $d = 1$  мм. Адлегласць ад кожнай крыніцы святла да экрана  $l = 3$  м. На біпрызму падае белае святло, мінімальная даўжыня хвалі якога  $\lambda_1 = 380$  нм, максімальная —  $\lambda_2 = 780$  нм. Вызначыце шырыню першага спектра на экране.
- 319.** \*На мыльную плёнку з паказчыкам праламлення  $n = 1,3$ , якая знаходзіцца ў паветры, падае нармальна монахраматычнае святло з даўжынёй хвалі  $\lambda = 0,52$  мкм. Пры якой найменшай таўшчыні плёкі адбітае святло ў выніку інтэрферэнцыі акажацца максімальна ўзмоцненым?
- З а ў в а г а. Пры адбіванні святла ад аптычна больш шчыльнага асяроддзя страчваецца палова хвалі.
- 320.** \*Белае святло падае нармальна на шкляную плёнку, таўшчыня якой  $h = 0,40$  мкм. Паказчык праламлення шкла  $n = 1,5$ . Вызначыце ўсе даўжыні хваль, што ляжаць у межах бачнага спектра (інтэрвал даўжынь хваль  $380—750$  нм), якія ў адбітым святле: а) максімальна ўзмоцненыя; б) максімальна аслабленыя. Пласцінка знаходзіцца ў паветры.
- 321.** \*Пры нармальным падзенні на мыльную плёнку святла з даўжынёй хвалі  $\lambda_1 = 495$  нм святло амаль не адбіваецца. Пры павелічэнні даўжыні хвалі інтэнсіўнасць адбітага святла павялічваецца і пры даўжыні хвалі  $\lambda_2 = 660$  нм дасягае максімуму. Вызначыце таўшчыню плёкі. Абсалютны паказчык праламлення мыльнага раствору  $n = 1,32$ .
- 322.** \*Лінза аб'ектыва кінакамеры пакрыта празрыстай плёкай таўшчынёй  $h = 0,30$  мкм. Ці забяспечыць гэта плёка прасвятленне аб'ектыва для святла з даўжынёй хвалі  $\lambda = 552$  нм, калі абсалютны паказчык праламлення плёкі  $n_{\text{п}} = 1,38$ ?



З а ў в а г а. Прасвятленне оптыкі — гэта тэхналогія апрацоўкі паверхні аптычных прыбораў для зніжэння інтэнсіўнасці адбітага святла ад іх аптычных паверхней, якія мяжуюць з паветрам. На паверхню аптычнай дэталі наносяць тонкую плёнку, паказчык праламлення якой меншы за паказчык праламлення шкла  $n_{\text{п}} < n_{\text{ш}}$ . Прамень, адбіты ад паверхні плёўкі, і прамень, адбіты ад мяжы плёўкі і шкла, кагерэнтныя. Падабраўшы таўшчыню плёўкі такую, каб пры інтэрферэнцыі яны пагасілі б адзін аднаго, можна ўзмацніць святло, якое праходзіць, г. зн. прасвятляць оптыку.

- 323.** \*Абсалютны паказчык праламлення плёўкі, нанесенай на аб'ектыў фотаапарата,  $n_{\text{п}} = 1,25$ . Вызначыце таўшчыню плёўкі, калі яна забяспечвае прасвятленне аб'ектыва пры даўжыні хвалі святла  $\lambda = 0,55$  мкм і парадку інтэрферэнцыі  $m = 3$ .
- 324.** \*Зімой на шкле грамадскага транспарту ўтвараюцца тонкія ледзяныя коркі, якія афарбоўваюць усё бачнае скрозь іх у каляровыя палосы. Раствлумачце паходжанне гэтых палос.
- 325.** \*Пры асвятленні шклянога кліна з вельмі малым вуглом  $\gamma = 20''$  монахраматычным святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda = 628$  нм, якое падае перпендыкулярна да яго паверхні, на кліне назіраюцца інтэрферэнцыйныя палосы. Вызначыце адлегласць паміж дзвюма суседнімі светлымі палосамі, калі абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,50$ .
- 326.** \*Паміж краямі дзвюх аднолькавых адшліфаваных плоскіх шкляных пласцінак змешчаны тонкі дрот дыяметра  $d = 0,06$  мм. Працілеглыя канцы пласцінак шчыльна прыціснуты адзін да аднаго, утвараючы паветраны клін. Перпендыкулярна паверхні пласцінкі, даўжыня якой  $l = 12$  см, падае монахраматычнае святло, у выніку чаго на пласцінцы назіраюцца інтэрферэнцыйныя светлыя палосы, адлегласць паміж якімі  $r = 0,6$  мм. Вызначыце даўжыню хвалі святла, якое падае на пласцінку.

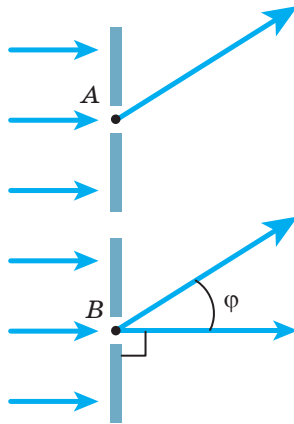
327. На дыфракцыйную рашотку з перыядам  $d = 4,2$  мкм нармальна падае монахраматычнае святло. Вызначыце даўжыню хвалі святла, калі вугал паміж напрамкам на дыфракцыйны максімум трэцяга парадку і нармальлю  $\theta = 30^\circ$ .
328. На дыфракцыйную рашотку з перыядам  $d = 3,0$  мкм, якая знаходзіцца ў паветры, нармальна падае монахраматычнае святло. Вызначыце перыяд ваганняў светлавой хвалі, калі вугал паміж напрамкамі на дыфракцыйныя максімумы другога парадку  $\varphi = 60^\circ$ .
329. На дыфракцыйную рашотку нармальна падае монахраматычнае святло з даўжынёй хвалі  $\lambda$ . Вугал паміж напрамкам на першы дыфракцыйны максімум і нармальлю роўны  $\varphi$  (мал. 80). Укажыце адрэзак, даўжыня якога роўна  $\lambda$ .



Мал. 80

330. На дыфракцыйную рашотку нармальна падае монахраматычнае святло. Вызначыце даўжыню светлавой хвалі, калі аптычная рознасць ходу хваль, якія распаўсюджваюцца ад суседніх шчылін рашоткі ў напрамку галоўнага дыфракцыйнага максімуму другога парадку, роўна  $\delta = 1,22$  мкм.

- 331.** На дыфракцыйную рашотку нармальна падае монахраматычнае святло з даўжынёй хвалі  $\lambda$ . Вугал паміж напрамкам на галоўны дыфракцыйны максімум трэцяга парадку і нармальлю роўны  $\varphi$  (мал. 81). Вызначыце: а) перыяд рашоткі; б) рознасць ходу хваль, якія распаўсюджваюцца з пунктаў  $A$  і  $B$  у напрамку максімуму трэцяга парадку.



Мал. 81

- 332.** На дыфракцыйную рашотку, якая мае  $N = 300 \frac{\text{штр}}{\text{мм}}$ , нармальна падае святло з даўжынёй хвалі  $\lambda = 400 \text{ нм}$ . Вызначыце вугал паміж напрамкам на дыфракцыйны максімум другога парадку і нармальлю.
- 333.** На дыфракцыйную рашотку, якая мае  $N = 80$  штрыхоў на  $l = 1 \text{ мм}$ , нармальна падае монахраматычнае святло. Вызначыце даўжыню хвалі святла, калі вугал паміж напрамкамі на суседнія дыфракцыйныя максімумы другога і трэцяга парадкаў  $\varphi_{23} = 2^\circ 30'$ . Вуглы дыфракцыі лічыць малымі.
- 334.** На дыфракцыйную рашотку нармальна падае святло з даўжынёй хвалі  $\lambda = 550 \text{ нм}$ . Непасрэдна за рашоткай знаходзіцца тонкая лінза з фокуснай адлегласцю

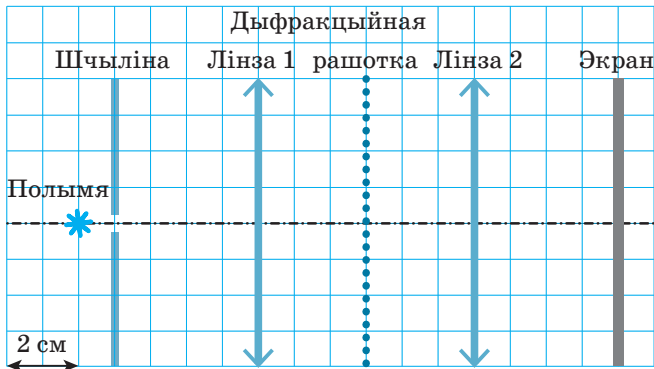
$F = 2,0$  м, у факальнай плоскасці якой усталяваны экран. Вызначыце перыяд дыфракцыйнай рашоткі, калі на экране адлегласць паміж дыфракцыйным максімумам нулявога і першага парадкаў  $l = 11$  см.

- 335.** На дыфракцыйную рашотку, на кожным міліметры якой нанесена  $N = 75$  штрыхоў, падае нармальна лазерны прамень з даўжынёй хвалі  $\lambda = 500$  нм. На экране, аддаленым ад рашоткі на  $L = 3,2$  м, бачны светлыя пункты на роўных адлегласцях адзін ад аднаго. Вызначыце: а) на якой адлегласці адзін ад аднаго размешчаны гэтыя пункты; б) якой стане адлегласць паміж імі, калі адлегласць ад дыфракцыйнай рашоткі да экрана павялічыць на  $\eta = 25$  %.
- 336.** На дыфракцыйную рашотку, якая мае  $N = 100$  штрыхоў на даўжынні  $l = 1,0$  мм, нармальна падае белае святло (інтэрвал даўжыннь хваль  $\lambda_{\min} = 380$  нм —  $\lambda_{\max} = 780$  нм). Непасрэдна за рашоткай размешчана тонкая лінза з фокуснай адлегласцю  $F = 2$  м, у факальнай плоскасці якой знаходзіцца экран. Вызначыце шырыню дыфракцыйнага спектра першага парадку на экране.
- 337.** На дыфракцыйную рашотку нармальна падае монахраматычнае святло з даўжынёй хвалі  $\lambda = 520$  нм. Вызначыце, які максімальны парадак дыфракцыйнага спектра можна назіраць на экране з дапамогай гэтай рашоткі, калі яе перыяд  $d = 2,5$  мкм.
- 338.** На дыфракцыйную рашотку, якая знаходзіцца ў паветры і змяшчае  $N = 500$  штрыхоў на даўжынні  $l = 1,0$  мм, нармальна падае монахраматычнае святло з частатой  $\nu = 5 \cdot 10^{14}$  Гц. Вызначыце лік дыфракцыйных максімумаў на экране.
- 339.** На дыфракцыйную рашотку з перыядам  $d = 3,0$  мкм, якая знаходзіцца ў паветры, нармальна падае монахраматычнае святло з частатой  $\nu = 4,0 \cdot 10^{14}$  Гц. Вызначыце

найбольшы парадак дыфракцыйнага максімуму, які назіраецца на экране, і вугал паміж напрамкамі на яго і нармальлю да рашоткі.

- 340.** На дыфракцыйную рашотку, якая знаходзіцца ў паветры і мае  $N = 5000$  штрыхоў на адрэзку даўжынёй  $l = 1$  см, падае нармальна паралельны пучок монахраматычнага святла з перыядам ваганняў  $T = 1,55 \cdot 10^{-15}$  с. Вызначыце лік дыфракцыйных максімумаў, напрамкі на якія знаходзяцца ў межах вугла  $\beta = 60^\circ$ . Бісектрыса вугла перпендыкулярна плоскасці рашоткі. Экран, на якім назіраюцца дыфракцыйныя максімумы, размешчаны перпендыкулярна рашотцы.
- 341.** На дыфракцыйную рашотку, перыяд якой  $d_1 = 1,2$  мкм, падае нармальна лазерны прамень з даўжынёй хвалі  $\lambda = 500$  нм. Непасрэдна за рашоткай усталявана тонкая лінза, у фокальнай плоскасці якой знаходзіцца экран. На колькі павялічыцца на экране лік дыфракцыйных максімумаў, калі гэтую дыфракцыйную рашотку замяніць іншай рашоткай, перыяд якой  $d_2 = 2,2$  мкм? Ці зменіцца адлегласць паміж максімумамі?
- 342.** На дыфракцыйную рашотку, шырыня непразрыстага ўчастка якой  $a = 1,2$  мкм, а празрыстага —  $b = 0,8$  мкм, па нармалі падае лазерны прамень з даўжынёй хвалі  $\lambda = 700$  нм. На плоскім экране, які размешчаны перпендыкулярна плоскасці рашоткі, назіраецца рад светлых пунктаў. Вызначыце адлегласць паміж крайнімі пунктамі, калі адлегласць ад цэнтра дыфракцыйнай рашоткі да аднаго з крайніх пунктаў  $L = 3,0$  м.
- 343.** \*На дыфракцыйную рашотку нармальна падае паралельны светлавы пучок, даўжыні хваль якога заключаны ў межах  $\lambda_{\min} = 400$  нм —  $\lambda_{\max} = 500$  нм. Ці перакрываюцца дыфракцыйныя спектры розных парадкаў, калі перыяд дыфракцыйнай рашоткі: а)  $d_1 = 2$  мкм; б)  $d_2 = 3$  мкм?

344. На дифракційну ґратку нормальна падає немонахроматичне світло. Спектри чацвѣртага і пятага парадкаў часткова перакрываюцца. Вызначыце, якая даўжыня хвалі спектра пятага парадку накладваецца на даўжыню хвалі  $\lambda_1 = 520$  нм спектра чацвѣртага парадку.
345. \*На малюнку 82 адлюстравана аптычная схема спектрометра. Шчыліна спектрометра знаходзіцца ў фокальнай плоскасці лінзы 1, а экран — у фокальнай плоскасці лінзы 2. Перыяд дыфракцыйнай ґраткі  $d = 900$  нм. Даследуемым аб'ектам з'яўляецца полымя газавай гарэлкі, у якое змясцілі крышталік кухоннай солі. Полымя афарбавана ў жоўты колер, абумоўлены тым, што атамы натрыю выпраменьваюць світло з даўжынямі хвалі  $\lambda_1 = 589,0$  нм,  $\lambda_2 = 589,6$  нм. Вызначыце адлегласць паміж спектральнымі лініямі на экране.



Мал. 82

## IV. ГЕАМЕТРЫЧНАЯ ОПТЫКА

Фізічная велічыня або закон	Формула	Велічыні, якія ўваходзяць у формулу
Закон адбіцця святла	$\alpha = \beta$	$\alpha$ — вугал падзення; $\beta$ — вугал адбіцця
Формула сферычнага люстра з вялікім радыусам крывізны	$* \pm \frac{1}{F} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$ або $* \pm \frac{2}{R} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$	$F$ — фокусная адлегласць люстра; $d$ — адлегласць ад прадмета да люстра; $f$ — адлегласць ад люстра да відарыса; $R$ — радыус люстра
Лінейнае (папярочнае) павелічэнне ў сферычным люстры	$* \Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$	$\Gamma$ — лінейнае (папярочнае) павелічэнне ў сферычным люстры; $H$ — вышыня відарыса; $h$ — вышыня прадмета; $f$ — адлегласць ад люстра да відарыса; $d$ — адлегласць ад прадмета да люстра
Аптычная сіла сферычнага люстра	$* D = \pm \frac{1}{F}$	$D$ — аптычная сіла люстра; $F$ — фокусная адлегласць люстра
Абсалютны паказчык	$n = \frac{c}{v}$	$n$ — абсалютны паказчык праламлення святла;

Фізичная величина або закон	Формула	Величини, які ўваходзяць у формулу
прапамлення святла		$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ — скорасць распаўсюджвання святла ў вакууме; $v$ — скорасць распаўсюджвання святла ў асяроддзі
Адносны паказчык праламлення двух асяроддзяў	$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$	$n_{21}$ — адносны паказчык праламлення другога асяроддзя адносна першага; $n_1$ і $n_2$ — абсалютныя паказчыкі праламлення першага і другога асяроддзя
Закон праламлення святла	$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21}$	$\alpha$ — вугал падзення; $\gamma$ — вугал праламлення; $n_{21}$ — адносны паказчык праламлення другога асяроддзя адносна першага
Гранічны вугал поўнага адбіцця святла	$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$	$\alpha_0$ — гранічны вугал поўнага адбіцця святла; $n_1$ і $n_2$ — абсалютныя паказчыкі праламлення першага і другога асяроддзя ( $n_2 < n_1$ )
Формула тонкай лінзы	$\pm \frac{1}{F} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$	$F$ — фокусная адлегласць лінзы; $d$ — адлегласць ад прадмета да лінзы; $f$ — адлегласць ад лінзы да відарыса



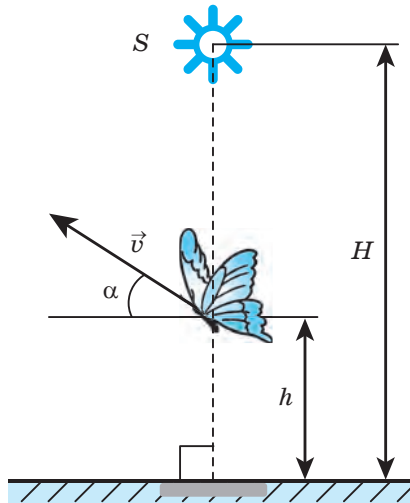
Фізічная велічыня або закон	Формула	Велічыні, якія ўваходзяць у формулу
Лінейнае (папярочнае) павелічэнне тонкай лінзы	$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$	$\Gamma$ — лінейнае (папярочнае) павелічэнне ў лінзе; $H$ — вышыня відарыса; $h$ — вышыня прадмета; $f$ — адлегласць ад лінзы да відарыса; $d$ — адлегласць ад прадмета да лінзы
Аптычная сіла тонкай лінзы	$D = \pm \frac{1}{F}$	$D$ — аптычная сіла лінзы; $F$ — фокусная адлегласць лінзы
Павелічэнне лупы	$\Gamma = 1 + \frac{d_0}{F}$ або $\Gamma = \frac{d_0}{F}$	$\Gamma$ — павелічэнне лупы; $d_0 = 0,25$ м — адлегласць найлепшага зроку; $F$ — фокусная адлегласць лінзы

- 346.** Вугал паміж сонечнымі прамянямі і гарызантальнай паверхняй зямлі  $\varphi = 60^\circ$ . Вызначыце даўжыню ценю, які адкідае Нацыянальная бібліятэка Беларусі (мал. 83), вышыня якой  $h = 73,7$  м.



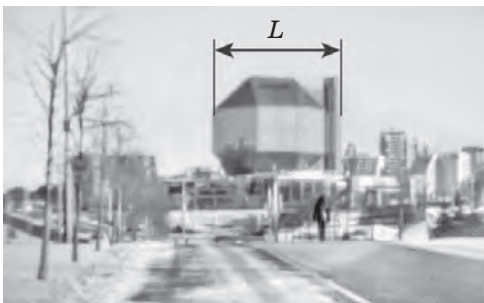
Мал. 83

347. Крöpfкaвaя крyнїцa свaтлa знaхoдзїццa нa aдлeглacцї  $L = 4,0$  м aд плoскaгa экрaнa. Нa шлyхy свeтлaвyх прaмaнїй пaрaлeлeлнa экрaнy рaзмeшчaнy тoнкї нeпрaзрyстy дьск рaдьyсaм  $r = 15$  см. Вьзнaчьцe aдлeглacць пaмїж дьскaм ї экрaнaм, кaлї рaдьyс цeнy нa экрaнe  $R = 60$  см. Крyнїцa свaтлa знaхoдзїццa нa вoсї дьскa.
348. Фyтбoлнaє пoлe aсвaтлaєццa прaжeктaрaм, yмaцaвaнyм нa мaчцe вьшнїй  $H = 18,3$  м. Aдлeглacць aд мaчтy дa штaнгї фyтбoлнaй брaмy  $L = 19,5$  м. Вьзнaчьцe дaўжьнy цeнy, якї aдкїдвaє штaнгa, кaлї яe вьшнїя  $h = 2,44$  м.
349. Хлoпчьк рoстaм  $h = 160$  см їдзe з пaстaяннaй скoрaсцy, мoдyль якoй  $v = 3,6 \frac{\text{км}}{\text{г}}$ , дa слyпa, нa вьршнї нy якoгa вїсїць лїхтaр. У нeкoтoрy мoмaнт чaсy дaўжьня цeнy, якї aдкїдвaє хлoпчьк,  $l_1 = 2,0$  м. Вьзнaчьцe, прaз якї прaмeжaк чaсy пaсля гeтaгa дaўжьня цeнy хлoпчькa стaнe  $l_2 = 1,5$  м, кaлї вьшнїя слyпa  $H = 8$  м.



Мал. 84

- 350.** Матылёк пралятае пад ліхтаром са скорасцю  $\vec{v}$  ( $v = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ), накіраванай пад вуглом  $\alpha = 60^\circ$  да гарызонту (мал. 84). Ліхтар  $S$  знаходзіцца на вышыні  $H = 4$  м. Вызначыце модуль скорасці, з якой рухаецца цень матылька па зямлі ў той момант, калі матылёк знаходзіцца дакладна пад ліхтаром на вышыні  $h = 1,5$  м.
- 351.** \*Прасцейшым прыборам, які дазваляе атрымаць аптычны відарыс прадмета, з'яўляецца камера-абскура, якая ўяўляе сабой святлонепранікальную скрыню з невялікай адтулінай у адной са сценак і белым экранам на процілеглай сценцы. Светлавыя прамяні ад аб'екта, праходзячы праз адтуліну, утвараюць перавернуты відарыс на экране. На малюнку 85 прадстаўлена фатаграфія Нацыянальнай бібліятэкі, атрыманая з дапамогай фотаапарата, у якім замест аб'ектыва ўсталявана пласціна з адтулінай дыяметрам  $d = 0,3$  мм. Шырыня фотаматрыцы  $l = 23,5$  мм, адлегласць паміж фотаматрыцай і адтулінай  $h = 50$  мм. Вызначыце: а) выканаўшы неабходныя вымярэнні па фатаграфіі, на якой адлегласці ад бібліятэкі знаходзіўся фотаапарат, калі шырыня будынка  $L = 85$  м; б) пры якой найбольшай адлегласці паміж двума лямпачкамі на будынку бібліятэкі іх відарысы на фотаматрыцы будуць злівацца.



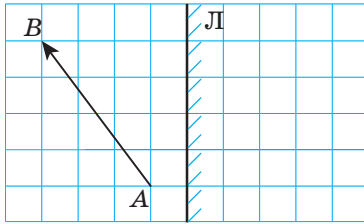
Мал. 85

- 352.** \*На адлегласці  $L_1 = 1,0$  м ад кропкавай крыніцы, якая выпраменьвае святло ва ўсіх напрамках аднолькава, знаходзіцца сонечная батарэя плошчай  $S = 10$  см<sup>2</sup>, плоскасць якой перпендыкулярна светлавым прамяням, якія падаюць на яе. Максімальная электрычная магутнасць, якая выпрацоўваецца батарэяй,  $P_1 = 1,2$  мВт. Вызначыце: а) якую максімальную магутнасць зможа выпрацоўваць сонечная батарэя, калі яе змясціць на адлегласці  $L_2 = 2,0$  м ад крыніцы; б) якую максімальную электрычную магутнасць можна атрымаць, калі ўсё святло ад крыніцы накіраваць на сонечную батарэю; в) як зрабіць так, каб ўсё святло ад крыніцы падала на батарэю.
- 353.** У Нясвіжы знаходзіцца адзін з найлепшых у Еўропе палацава-замкавых комплексаў, уключаных у Сусветную спадчыну ЮНЕСКА. Сам замак акружвае роў з вадой (мал. 86). Адлегласць ад паверхні вады да вяршыні вежы  $h = 45$  м. Вызначыце адлегласць ад вяршыні вежы да яе адбітка ў вадзе.



Мал. 86

- 354.** На малюнку 87 паказаны прадмет  $AB$  і люстра  $L$ . Адлегласць ад пункта  $A$  да люстры  $l_A = 50$  мм. Пабудуйце адбітак прадмета ў люстры і вызначыце даўжыню адбітка.



Мал. 87

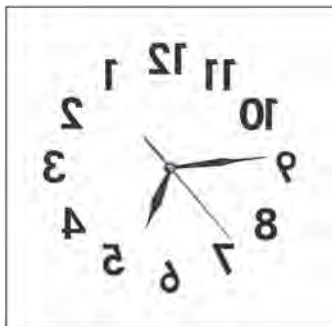
- 355.** На гарызантальнай паверхні зямлі стаіць чалавек, каля ног якога ляжыць маленькае плоскае люстра. Вочы чалавека знаходзяцца на ўзроўні  $H = 1,73$  м ад паверхні зямлі. Вугал падзення сонечных прамянёў на люстра  $\alpha = 30^\circ$ . На якую адлегласць чалавек павінен адысці ад люстра, каб убачыць адбітак Сонца ў люстры?



Мал. 88

- 356.** Чалавек стаіць на адлегласці  $L = 63$  м ад манумента-абеліска Перамогі (мал. 88) і бачыць відарыс яго вяршыні ў гладкай гарызантальнай плітцы. Вызначыце вышыню манумента, калі вочы чалавека знаходзяцца на ўзроўні  $h = 1,9$  м ад паверхні пліткі, а адлегласць ад чалавека да пліткі  $l = 3,0$  м.

357. У якіх выпадках зручна вызначаць час па незвычайным насценным гадзінніку са зваротным цыферблатам (мал. 89)? Прывядзіце прыклады, хто карыстаецца такім гадзіннікам.



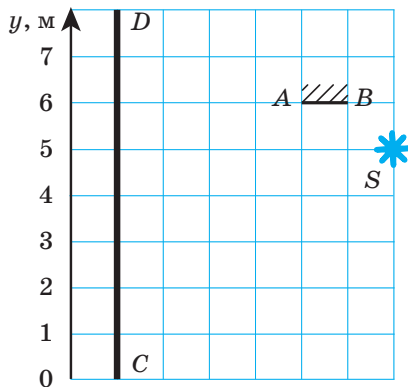
Мал. 89

358. Табліца Сіўцава (мал. 90) прызначана для праверкі вастрыні зроку. Памеры табліцы патрабуюць праводзіць абследаванне зроку з адлегласці 5 м. Часам, напрыклад на марскім караблі, урачы праводзяць абследаванне ў малых па плошчы памяшканнях. Патлумачце, як практычна можна правесці праверку зроку, не парушаючы медыцынскіх інструкцый. Які аптычны прыбор для гэтага спатрэбіцца?



Мал. 90

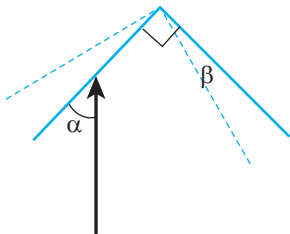
- 359.** Вугал паміж праменем святла, які падае на плоскае люстра, і плоскасцю люстра  $\varphi = 43^\circ$ . Вызначыце: а) вугал падзення; б) вугал адбіцця; в) вугал паміж працягам праменя, які падае, і праменем, які адбіваецца.
- 360.** На столі пакоя замацавана кропкавая крыніца святла. Пад ёй на падлозе ляжыць люстра ў выглядзе дыска радыусам  $r = 15$  см. Вызначыце радыус светлага «зайчыка», атрыманага на столі пакоя, калі цэнтр люстра, кропкавая крыніца святла і цэнтр «зайчыка» размешчаны на адной вертыкальнай прамой.
- 361.** На малюнку 91 адлюстраваны кропкавая крыніца святла  $S$ , плоскае люстра  $AB$  і дарога, па якой з пункта  $C$  у пункт  $D$  ідзе чалавек. Укажыце пачатковую і канцавую каардынаты ўчастка шляху, на якім чалавек будзе бачыць дзве крыніцы святла.



Мал. 91

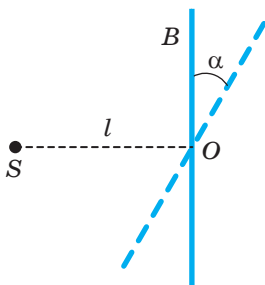
- 362.** Два плоскія люстры ўтвараюць двухгранны вугал  $\varphi = 90^\circ$ . Прамень святла падае на адно з люстраў пад вуглом  $\alpha = 55^\circ$ , адбіваецца ад яго, трапляе на другое люстра і, у сваю чаргу, адбіваецца ад яго. Вызначыце вугал адбіцця праменя ад другога люстра. Прамяні размешчаны ў плоскасці, перпендыкулярнай рабру двухграннага вугла.

363. Прамень святла падае на сістэму з двух люстраў, вугал паміж плоскасцямі якіх  $90^\circ$  (мал. 92). Вугал  $\alpha = 45^\circ$ . На які вугал адхіліцца прамень, які адбіўся, ад першапачатковага напрамку пасля павароту сістэмы люстраў на вугал  $\beta = 10^\circ$ ?



Мал. 92

364. На плоскае гарызантальнае люстра падаў прамень святла пад вуглом  $\alpha = 30^\circ$ . Люстра павярнулі на вугал  $\Delta\varphi = 10^\circ$  вакол восі, якая ляжыць у плоскасці люстра і перпендыкулярная плоскасці, у якой знаходзяцца прамень, што падае, і прамень, што адбіваецца. Пры гэтым напрамак праменя, які падае, не змяніўся. Вызначыце: а) на колькі павялічыўся вугал адбіцця праменя; б) якім стаў вугал паміж праменем, што падае, і праменем, што адбіваецца; в) на які вугал павярнуўся прамень, які адбіваецца.



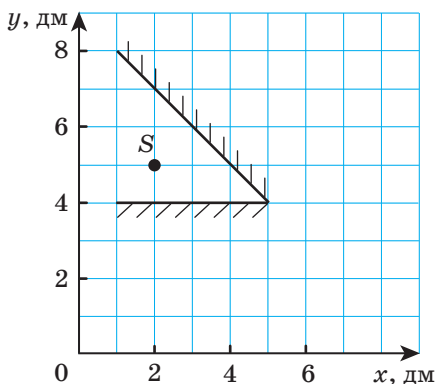
Мал. 93

365. Маленькая святлодыёдная лямпачка  $S$  знаходзіцца на адлегласці  $l = 20$  см ад люстраной плоскай вітрыны  $B$  (мал. 93). Вітрыну павярнулі на вугал  $\alpha = 30^\circ$  вакол восі,



якая перпендыкулярна плоскасці малюнка і праходзіць праз пункт  $O$ . Вызначыце модуль перамяшчэння відарыса святлодыёднай лямпачкі.

- 366.** Сонечны прамень складае з паверхняй зямлі вугал  $\varphi = 40^\circ$ . Вызначыце, пад якім вуглом да гарызонту трэба размясціць плоскае люстра, каб прамень пасля адбіцця быў накіраваны: а) вертыкальна ўніз; б) вертыкальна ўверх; в) гарызантальна ў бок Сонца; г) гарызантальна ад Сонца.
- 367.** На малюнку 94 адлюстраваны два плоскія люстры і кропкавая крыніца святла  $S$ . Укажыце каардынаты пунктаў, у якіх будуць размешчаны ўсе відарысы крыніцы.



Мал. 94

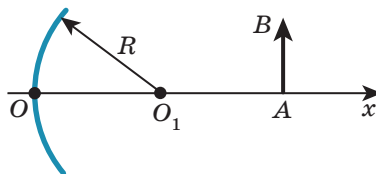
- 368.** Два плоскія люстры ўтвараюць двухгранны вугал  $\varphi = 90^\circ$ . Паміж імі змешчана кропкавая крыніца святла. Відарыс крыніцы ў адным люстры знаходзіцца на адлегласці  $l_1 = 6,0$  см, а ў другім — на адлегласці  $l_2 = 8,0$  см ад крыніцы. Вызначыце адлегласць паміж гэтымі відарысамі.
- 369.** На гарызантальным стале размешчана плоскае люстра. Па сталю коціцца шарык. Вызначыце вугал паміж люстрам і сталом, калі модуль скорасці аддалення шарыка

ад асновы люстра роўны модулю скорасці аддалення шарыка ад яго відарыса ў люстры.

- 370.** Плоскае люстра перамяшчаюць па напрамку нармалі са скорасцю, модуль якой  $v = 1 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ . Вызначыце модуль скорасці, з якой павінна рухацца ўздоўж нармалі да люстра кропкавая крыніца святла, каб яе відарыс у плоскім люстры: а) быў нерухомым адносна зямлі; б) рухаўся ад люстра адносна зямлі са скорасцю, модуль якой  $v_1 = 1 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ .

- 371.** Кропкавая крыніца святла рухаецца вертыкальна ўверх паралельна плоскасці люстра з пастаяннай скорасцю, модуль якой  $v_1 = 3 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ . Люстра перамяшчаюць гарызантальна са скорасцю, модуль якой  $v_2 = 2 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ . Вызначыце модуль скорасці руху відарыса крыніцы святла адносна зямлі.

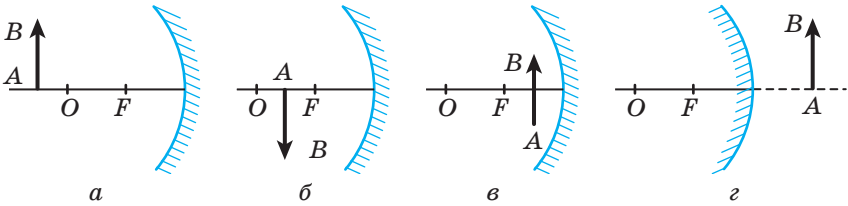
- 372.** На малюнку 95 адлюстравана тонкае двухбаковае сферычнае люстра з радыусам крывізны  $R$ . Галоўная аптычная вось люстра супадае з гарызантальнай воссю  $Ox$ . Полюс  $O$  люстра знаходзіцца ў пачатку каардынат. На галоўнай аптычнай восі знаходзіцца вертыкальная стрэлка  $AB$ . Прывядзіце ў адпаведнасць каардынату  $x$  стрэлкі, каардынату  $x'$  яе відарыса, арыентацыю відарыса і знак адносін паміж вышынёй відарыса і вышынёй стрэлкі. Абгрунтуйце адказ.



Мал. 95

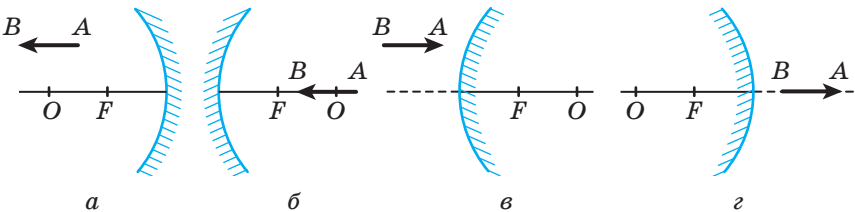
Каардыната стрэлкі	Каардыната відарыса	Арыентацыя відарыса	Знак адносін паміж вышынёй відарыса і вышынёй стрэлкі
А) $x < 0$ Б) $0 < x < \frac{R}{2}$ В) $\frac{R}{2} < x < R$ Г) $x = R$ Д) $x > R$	а) $x' < 0$ б) $0 < x' < \frac{R}{2}$ в) $\frac{R}{2} < x' < R$ г) $x' = R$ д) $x' > R$	1) Прамы 2) Перавернуты	I) $<$ II) $=$ III) $>$

**373.** Пабудуйце відарыс прадмета  $AB$  у сферычным люстры (мал. 96,  $a-g$ ).



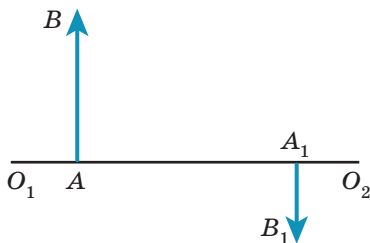
Мал. 96

**374.** Пабудуйце відарыс прадмета  $AB$  (мал. 97,  $a-g$ ) у сферычным люстры.



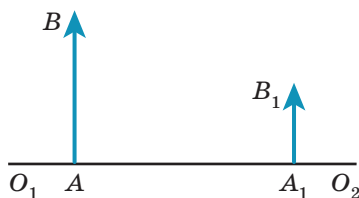
Мал. 97

375. З дапамогай сферычнага люстра атрыманы відарыс  $A_1B_1$  прадмета  $AB$  (мал. 98). Вызначыце пабудовай становішча люстра і яго фокуса.



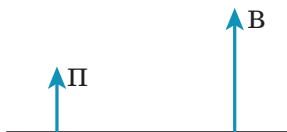
Мал. 98

376. З дапамогай сферычнага люстра атрыманы відарыс  $A_1B_1$  (мал. 99) прадмета  $AB$ . Вызначыце пабудовай становішча люстра і яго фокуса.

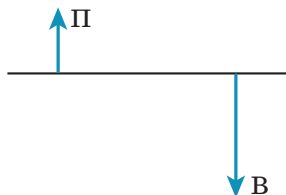


Мал. 99

377. На малюнках 100 і 101 паказаны галоўная аптычная вось сферычнага люстра, прадмет П і відарыс В прадмета, атрыманы з дапамогай гэтага люстра. Прывядзіце ў адпаведнасць нумар малюнка, тып люстра і месцазнаходжаньня люстра. Абгрунтуйце свой адказ.



Мал. 100



Мал. 101

Нумар малюнка	Тып люстра	Месцазнаходжанне люстра
А) Мал. 100. Б) Мал. 101	а) Выпуклае. б) Увагнутае	1) Лявей за прадмет. 2) Правей за відарыс. 3) Паміж прадметам і відарысам, бліжэй да прадмета. 4) Паміж прадметам і відарысам, бліжэй да відарыса. 5) Пасярэдзіне паміж прадметам і відарысам

- 378.** \*Найлепшае месца для размяшчэння прыёмніка знаходзіцца на адлегласці  $L = 40$  см ад цэнтра спадарожнікавай антэны. Вызначыце радыус крывізны паверхні антэны.
- 379.** \*Прадмет знаходзіцца на адлегласці  $d = 12$  см ад ўвагнутага сферычнага люстра з фокуснай адлегласцю  $F = 10$  см. Вызначыце адлегласць ад люстра да відарыса прадмета.
- 380.** \*Наяўны відарыс прадмета знаходзіцца на адлегласці  $f = 35$  см ад ўвагнутага сферычнага люстра з фокуснай адлегласцю  $F = 10$  см. Вызначыце адлегласць ад прадмета да люстра.
- 381.** \*Вызначыце павелічэнне, створанае ўвагнутым сферычным люстрам, якое стаматолаг выкарыстоўвае пры лячэнні зуба пацыента, калі радыус крывізны люстра  $R = 32$  мм, а адлегласць ад зуба да люстра  $d = 20$  мм.
- 382.** \*З дапамогай увагнутага сферычнага люстра атрымалі наяўны відарыс прадмета, які знаходзіцца на адлегласці  $d = 39$  см ад люстра з павелічэннем  $\Gamma = 12$ . Вызначыце час, за які святло праходзіць ад полюса люстра да галоўнага фокуса.

- 383.** \*У гандлёвай зале ўсталявана агляднае выпуклае сфэрычнае люстра радыусам  $R = 6,0$  м (мал. 102). Пакупнік ростам  $h = 1,8$  м знаходзіцца ў гандлёвай зале на адлегласці  $d = 7,0$  м ад люстра. Вызначыце вышыню відарыса пакупніка ў люстры.



Мал. 102

- 384.** \*Выпуклае сфэрычнае люстра дае відарыс, паменшаны ў  $k = 4$  разы. Вызначыце радыус крывізны люстра, калі прадмет размешчаны на адлегласці  $d = 30$  см ад яго.
- 385.** \*Перад выпуклым сфэрычным люстрам размешчаны прадмет вышынёй  $h = 12$  см. Вышыня відарыса гэтага прадмета ў люстры  $H = 30$  мм. Вызначыце радыус крывізны люстра, калі прадмет размяшчаецца на адлегласці  $d = 45$  см ад яго.
- 386.** \*З дапамогай увагнутага сфэрычнага люстра атрымалі наяўны відарыс, які ў  $\Gamma = 3,0$  раза большы за прадмет. Вызначыце фокусную адлегласць люстра, калі адлегласць паміж прадметам і яго відарысам  $l = 20$  см.
- 387.** \*Пункт, які свеціцца, знаходзіцца на галоўнай аптычнай восі ўвагнутага сфэрычнага люстра на адлегласці  $d = 30$  см ад яго полюса. Вызначыце адлегласць паміж пунктам, які свеціцца, і яго відарысам у люстры, калі фокусная адлегласць люстра  $F = 20$  см.

- 388.** \*Полымя свечкі знаходзіцца на адлегласці  $d = 1,5$  м ад выпуклага сферычнага люстра з фокуснай адлегласцю  $F = -0,5$  м. Вызначыце адносіны вышыні відарыса полымя да вышыні самога полымя.
- 389.** \*Прамень, які падае на ўвагнутае сферычнае люстра з радыусам крывізны  $R = 50$  см, перасякае яго галоўную аптычную вось у пункце  $A$ , размешчаным на адлегласці  $l = 20$  см ад люстра. Пасля адбіцця ад люстра працяг праменя перасякае вось у пункце  $B$ . Вызначыце адлегласць  $AB$ .
- 390.** \*Пункт, які свеціцца, размешчаны на адлегласці  $d = 1$  м ад выпуклага люстра, а становішча яго відарыса дзеліць напалову адрэзак галоўнай аптычнай восі паміж полюсам люстра і яго фокусам. Вызначыце радыус крывізны люстра.
- 391.** \*На гары Алімп у Грэцыі ад сферычнага люстра запальваюць агонь алімпійскага факела (мал. 103). Вызначыце: а) фокусную адлегласць увагнутага сферычнага люстра, калі факел і яго наяўны відарыс адстаяць ад галоўнага фокуса люстра на адлегласцях  $l_1 = 8,0$  см і  $l_2 = 72,0$  см адпаведна; б) дыяметр відарыса Сонца, атрыманага з дапамогай гэтага люстра, калі дыяметр Сонца  $D = 1,4 \cdot 10^6$  км, адлегласць ад Зямлі да Сонца  $L = 1,5 \cdot 10^8$  км.

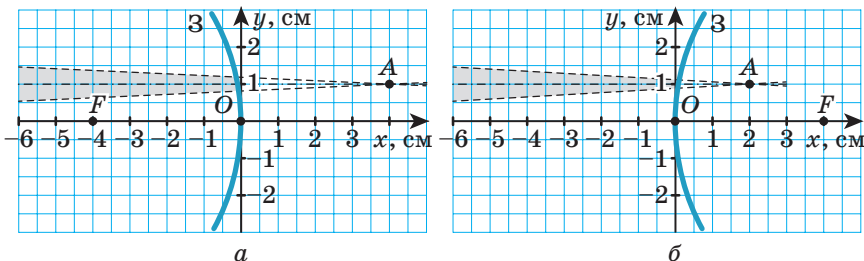


Мал. 103

392. \*З дапамогай ўвагнутага сферычнага люстра з радыусам крывізны  $R = 120$  см атрымалі прамы відарыс прадмета з павелічэннем  $\Gamma = 4$ . Вызначыце, на якой адлегласці ад люстра знаходзіцца прадмет.
393. \*Фокус увагнутага сферычнага люстра размешчаны на адлегласці  $a = 24$  см ад прадмета і на адлегласці  $b = 54$  см ад яго наяўнага відарыса. Вызначыце павелічэнне люстра.
394. \*Маленькая лампачка размешчана перад люстраным шарам дыяметрам  $D = 60$  см. Адлегласць ад лампачкі да цэнтра шара  $l = 55$  см. Вызначыце адлегласць ад лампачкі да яе відарыса ў шары.
395. \*Адлегласць паміж прадметам і яго відарысам у выпуклым сферычным люстры  $l = 20$  см. Вызначыце аптычную сілу люстра, калі павелічэнне, сфарміраванае люстрам,  $\Gamma = 0,5$ .
396. \*Фокусная адлегласць увагнутага люстра  $F = 30$  см. Пункт, які свеціцца, знаходзіцца на адлегласці  $s = 6,0$  см ад фокуса. Вызначыце адлегласць ад люстра да відарыса прадмета ў ім.
397. \*Увагнутае сферычнае люстра дае наяўны відарыс, які ў  $k_1 = 4$  разы меншы за прадмет. Калі прадмет перасунуць на адлегласць  $l = 10$  см бліжэй да люстра, відарыс застанецца наяўным, але меншым за прадмет у  $k_2 = 2$  разы. Вызначыце фокусную адлегласць люстра.
398. \*Вузкі пучок светлавых прамянёў, які сходзіцца, падае на ўвагнутае сферычнае люстра з радыусам крывізны  $R = 80$  см. Вызначыце адлегласць ад люстра да пункта, у якім перасякаюцца ўсе прамяні пучка, адбітыя ад люстра. Вядома, што працягі прамянёў, якія падаюць на люстра, перасякаюцца на галоўнай аптычнай восі на адлегласці  $d = 60$  см ад полюса люстра.



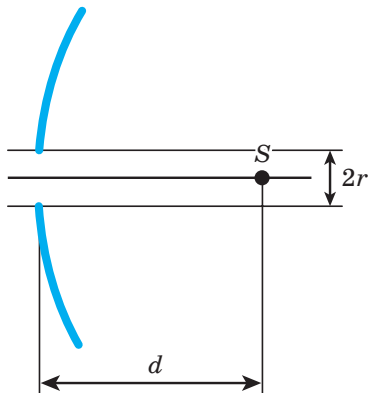
- 399.** \*Вузкі пучок светлавых прамянёў, які сходзіцца, падае на выпуклае сферычнае люстра з фокуснай адлегласцю  $F = -45$  см. Вызначыце адлегласць ад люстра да пункта, у якім перасякаюцца ўсе прамяні пучка, што адбіліся ад люстра. Вядома, што працягі прамянёў, якія падаюць на люстра, перасякаюцца на галоўнай аптычнай восі на адлегласці  $d = 30$  см ад полюса люстра.
- 400.** \*Канічны пучок светлавых прамянёў, вось якога паралельна восі  $Ox$ , сходзіцца ў пункце  $A$  (мал. 104, а, б). Перад пунктам сыходжання прамянёў змясцілі: а) увагнутае сферычнае люстра (мал. 104, а); б) выпуклае сферычнае люстра (мал. 104, б). Галоўны фокус люстра знаходзіцца ў пункце  $F$ . Укажыце каардынаты пункта, у якім будуць сыходзіцца прамяні або іх працягі пасля адбіцця ад люстра.



Мал. 104

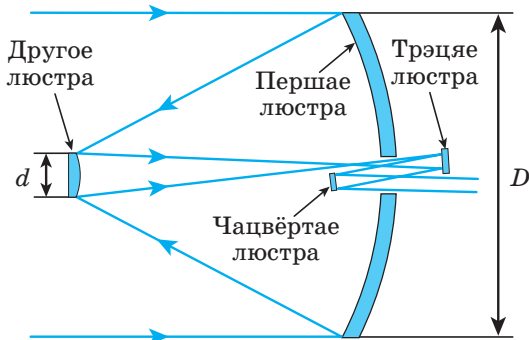
- 401.** Перад кіроўцам на адлегласці  $L = 70$  см ад яго знаходзіцца невялікае плоскае люстра. Вызначыце радыус крывізны выпуклага люстра, якім трэба замяніць плоскае люстра, каб павялічыць вугал агляду ў два разы пры нязменных памерах люстра.
- 402.** На адлегласці  $d = 12$  см ад полюса ўвагнутага сферычнага люстра, радыус якога  $R = 16$  см, змясцілі кропкавую крыніцу святла  $S$ . Люстра разрэзалі на дзве роўныя часткі па лініі, якая праходзіць праз яго галоўную

аптычную вось. Кожную частку люстра зрушылі на адлегласць  $r = 10$  мм сіметрычна адносна аптычнай восі (мал. 105). Вызначыце адлегласць паміж відарысамі крыніцы святла.



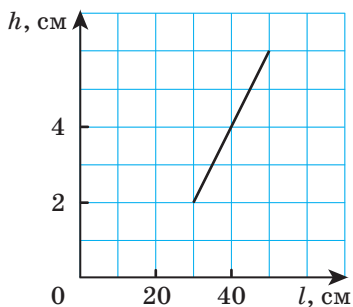
Мал. 105

- 403.** \*Выраб вялікага люстра для аптычнага тэлескопа — вельмі складаная і дарагая праца. У якасці альтэрнатывы звычайным тэлескопам у Канадзе быў пабудаваны Вялікі зенітны тэлескоп з вадкім люстрам, у якім пасудзіна з ртуццю дыяметрам  $D = 6$  м вярцелася вакол вертыкальнай восі, пры гэтым паверхня ртуці прымала парабалічную форму. Узровень ртуці ў цэнтры пасудзіны быў на  $\Delta h = 25$  см ніжэй, чым на краях. Вызначыце: а) фокусную адлегласць гэтага люстра, лічачы яго сферычным; б) найбольшую скорасць руху ртуці адносна зямлі.
- 404.** \*На малюнку 106 адлюстраваны ход светлавых прамянёў у самым дасканалым даследчым касмічным тэлескопе James Webb (ЗША). Вызначыце адлегласць паміж першым і другім люстрам, калі дыяметр першага люстра  $D = 6,6$  м, другога люстра —  $d = 0,74$  м, радыус крывізны першага люстра  $R = 15,9$  м.



Мал. 106

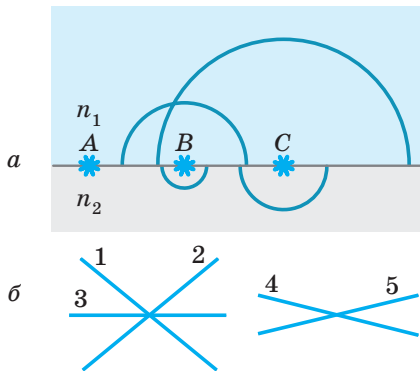
405. \*На галоўнай аптычнай восі ўвагнутага люстра змяшчалі прадмет і вымяралі адлегласць  $l$  ад люстра да наяўнага відарыса прадмета, а таксама вышыню  $h$  гэтага відарыса. Графік залежнасці  $h$  ад  $l$  прадстаўлены на малюнку 107. Вызначыце: а) радыус крывізны люстра; б) вышыню прадмета.



Мал. 107

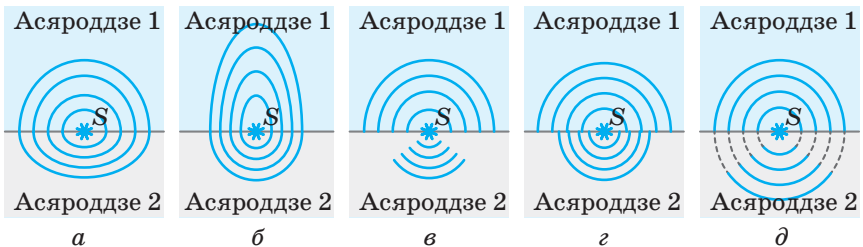
406. На галоўнай аптычнай восі ўвагнутага сферычнага люстра з фокуснай адлегласцю  $F$  на адлегласці  $1,5F$  ад люстра знаходзіцца дыск, які свеціцца, дыяметрам  $D$ . Плоскасць дыска перпендыкулярна галоўнай аптычнай восі, цэнтр дыска ляжыць на гэтай восі. Пры якім мінімальным дыяметры люстра можна атрымаць відарыс дыска?

407. Пад уздзеяннем плоскага хвалевага фронту святла, які праходзіць з асяроддзя з паказчыкам праламлення  $n_1$  у асяроддзе з паказчыкам праламлення  $n_2$ , на мяжы падзелу асяроддзяў узніклі крыніцы  $A$ ,  $B$  і  $C$  другасных хваль. Франты другасных хваль, якія выпраменьваліся крыніцамі, паказаны на малюнку 108, *а*. Якой лічбай на малюнку 108, *б* абазначаны: 1) фронт хвалі, якая падае; 2) фронт хвалі, якая праламляецца; 3) фронт хвалі, якая адбіваецца?



Мал. 108

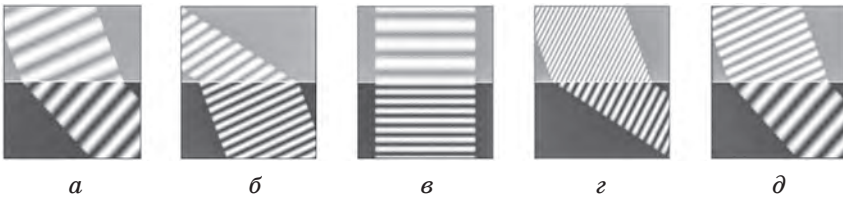
408. Кропкавая крыніца монахраматычных хваль знаходзіцца на мяжы двух аднародных асяроддзяў (мал. 109, *а—д*). На якім малюнку правільна адлюстраваны хвалевыя франты? Для гэтага малюнка прывядзіце ў адпаведнасць велічыні ў асяроддзях 1 і 2 і знак адносін паміж імі.



Мал. 109

Велічыні	Знак адносін
а) Даўжыні хваль $\lambda_1$ і $\lambda_2$ .	1) >
б) Частоты хваль $\nu_1$ і $\nu_2$ .	2) <
в) Скорасці хваль $v_1$ і $v_2$ .	3) =
г) Абсалютныя паказчыкі праламлення $n_1$ і $n_2$	

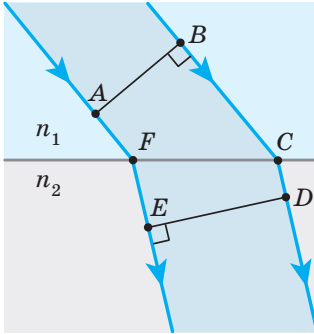
409. На малюнку 110,  $a-d$  адлюстраваны паралельны пучок светлавых хваль, які падае з верхняга асяроддзя на мяжу падзелу асяроддзяў з абсалютнымі паказчыкамі праламлення, якія адрозніваюцца. Адбітая хваля на малюнку не паказана. Укажыце нумары малюнкаў, на якіх правільна адлюстраваны хваля, якая падае, і хваля, якая праламляецца.



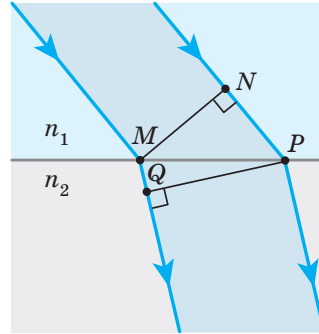
Мал. 110

410. На малюнках 111 і 112 адлюстраваны паралельны светлавы пучок, які праламляецца на мяжы падзелу двух асяроддзяў з абсалютнымі паказчыкамі праламлення  $n_1$  і  $n_2$ . Прывядзіце ў адпаведнасць участкі, знак адносін паміж даўжынямі ўчасткаў і знак адносін паміж часам распаўсюджвання святла ўздоўж гэтых участкаў.

Участкі	Знак адносін паміж даўжынямі ўчасткаў	Знак адносін паміж часам распаўсюджвання святла ўздоўж участкаў
А) $MQ$ і $NP$ .	1) <	1) <
Б) $AF$ і $BC$ .	2) >	2) >
В) $FE$ і $CD$ .	3) =	3) =
Г) $AFE$ і $BCD$		

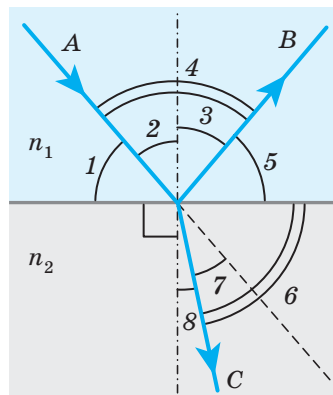


Мал. 111



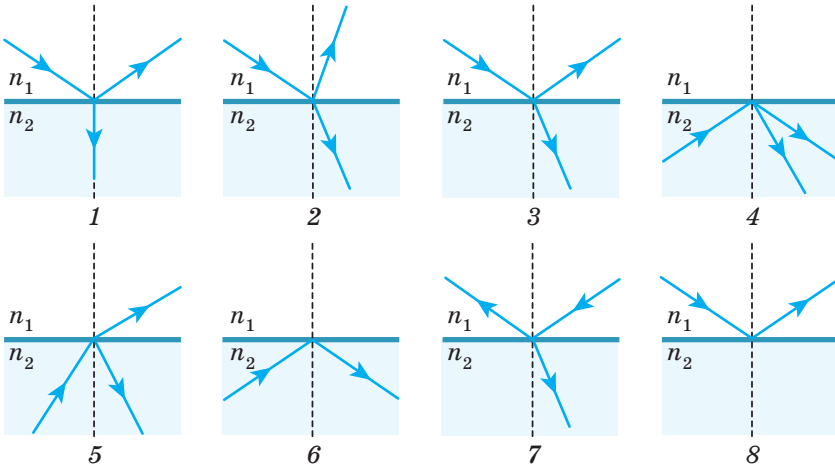
Мал. 112

411. На малюнку 113 адлюстраваны светлавы прамень, які падае на мяжу падзелу асяроддзяў з абсалютнымі паказчыкамі праламлення  $n_1$  і  $n_2$ , а таксама прамень, які праламляецца, і прамень, які адбіваецца. Якой лічбай на малюнку абзначаны: а) вугал падзення; б) вугал праламлення; в) вугал адбіцця?



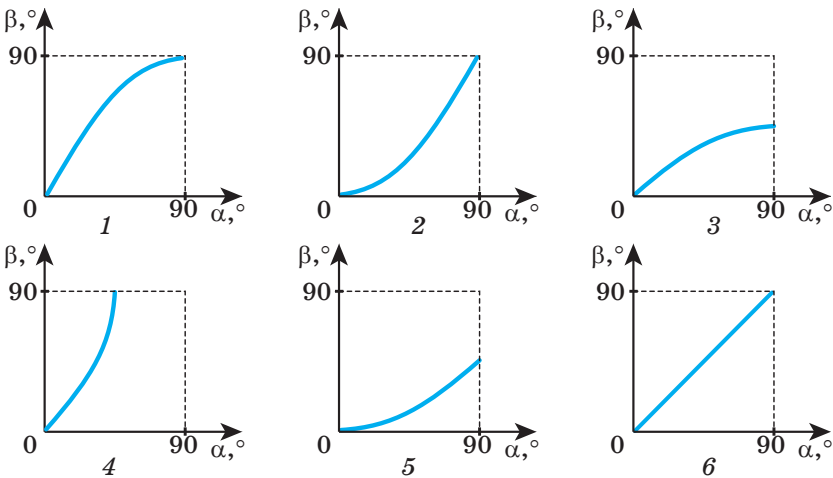
Мал. 113

412. Светлавы прамень падае на мяжу падзелу асяроддзяў з рознымі паказчыкамі праламлення:  $n_1 < n_2$ . Укажыце нумары (мал. 114), на якіх правільна адлюстраваны магчымы ход прамянёў.



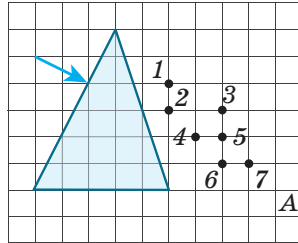
Мал. 114

413. З паветра на паверхню шкла падае светлавы прамень і праламляецца на ёй. На якім графіку правільна адлюстравана залежнасць вугла праламлення  $\beta$  ад вугла падзення  $\alpha$  (мал. 115, 1–6)?



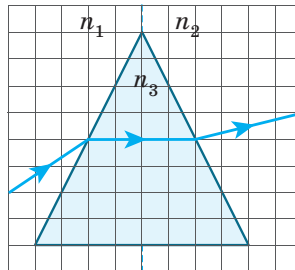
Мал. 115

414. На шклянную призму, яка знаходзіцца ў паветры, падае светлавы прамень (мал. 116). Пасля праламлення ў призме прамень праходзіць праз пункт А. Якой лічбай абазначаны пункт, праз які таксама праходзіць прамень пасля праламлення ў призме?



Мал. 116

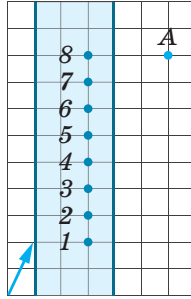
415. Праз призму, па абедзве стараны якой знаходзяцца асяроддзі з рознымі абсалютнымі паказчыкамі праламлення  $n_1$  і  $n_2$ , праходзіць светлавы прамень (мал. 117). Вызначыце суадносіны (больш, менш, роўна) паміж паказчыкамі праламлення асяроддзяў і прызмы: а)  $n_1$  і  $n_3$ ; б)  $n_3$  і  $n_2$ ; в)  $n_1$  і  $n_2$ .



Мал. 117

416. На празрыстую плоскапаралельную пласцінку, яка знаходзіцца ў паветры і выраблена з аднароднага матэрыялу, падае светлавы прамень (мал. 118). Пасля праламлення ў пласцінцы прамень праходзіць праз пункт А. Якой лічбай абазначаны пункт, праз які светлавы прамень праходзіць унутры пласцінкі?





Мал. 118

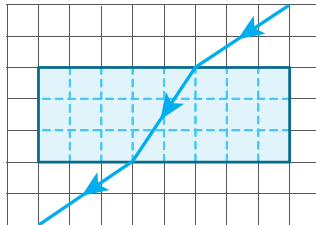
417. Вугал падзення праменя святла на паверхню шкла  $\alpha = 60^\circ$ , вугал праламлення  $\gamma = 33^\circ$ . Вызначыце абсалютны паказчык праламлення шкла.

З а ў в а г а. У гэтай і наступных задачах, калі не ўказана адно з асяроддзяў, лічыць яго паветрам, абсалютны паказчык праламлення якога  $n = 1,0$ .

418. Вызначыце вугал праламлення светлавога праменя, калі вугал падзення праменя на паверхню сланечнікавага алею  $\alpha = 60^\circ$ .

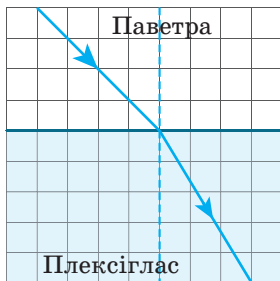
419. Прамень святла выходзіць з вады ў паветра. Вызначыце вугал падзення праменя на мяжу вада — паветра, калі вугал праламлення  $\gamma = 70^\circ$ .

420. Наваполацкі завод «Палімір» выпускае палімерную плеўку. На малюнку 119 прадстаўлены ход праменя, які падае з паветра на палімерную плеўку (файл). Вызначыце: а) абсалютны паказчык праламлення палімернай плеўкі; б) скорасць святла ў плёнцы.



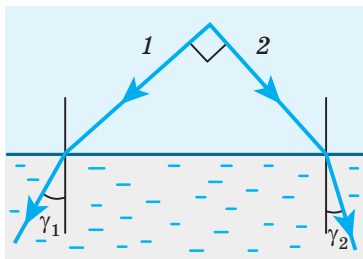
Мал. 119

421. Ход светлавога праменя, які распаўсюджваецца з паветра ў плексіглас, паказаны на малюнку 120. Вызначыце даўжыню хвалі святла ў плексігласе, калі ў паветры даўжыня хвалі  $\lambda_x = 560$  нм.



Мал. 120

422. Прамень святла падае на паверхню алмаза пад вуглом  $\alpha = 45^\circ$  і адхіляецца ад першапачатковага напрамку. Вызначыце вугал адхілення праменя.
423. Вызначыце вугал, пад якім павінен падаць прамень святла на паверхню шкла, каб вугал праламлення быў у два разы меншы за вугал падзення. Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,6$ .
424. Узаемна перпендыкулярныя прамяні святла 1 і 2 (мал. 121) распаўсюджваюцца ў паветры і трапляюць у вадкасць. Вугал праламлення першага праменя  $\gamma_1 = 30^\circ$ , другога —  $\gamma_2 = 26^\circ$ . Вызначыце абсалютны паказчык праламлення вадкасці.



Мал. 121

425. Прамень святла падае на паверхню вады, абсалютны паказчык праламлення якой  $n_1 = 1,33$ , пад вуглом  $\alpha_1 = 45^\circ$ . Вызначыце вугал, пад якім павінен падаць прамень святла на паверхню гліцэрыны, абсалютны паказчык праламлення якой  $n_2 = 1,47$ , каб вугал праламлення аказаўся такім жа.
426. Прамень святла падае на празрыстую плоскапаралельную пласцінку пад вуглом  $\alpha_1 = 50^\circ$ . Вызначыце, пад якім вуглом прамень выходзіць з пласцінкі.
427. Прамень святла падае з паветра на гарызантальна размешчаную плоскапаралельную шкляную пласцінку і праламляецца ў ёй пад вуглом  $\gamma_1$ . На пласцінку наліваюць пласт аптычна празрыстага алею, паказчык праламлення якога меншы, чым шкла. Вызначыце новае значэнне вугла праламлення ў шкле, калі напрамак праменя, які падае ў паветры, не змяніўся.
428. Прамень святла, які падае пад вуглом  $\alpha = 60^\circ$  на мяжу падзелу двух празрыстых асяроддзяў, часткова адбіваецца, часткова праламляецца. Вызначыце: а) вугал паміж адбітым праменем і праменем, які праламіўся, калі вугал праламлення  $\gamma = 40^\circ$ ; б) адносны паказчык праламлення дадзеных асяроддзяў.
429. Прамень святла, які падае з паветра на паверхню шкла, часткова адбіваецца, часткова праламляецца. Вызначыце вугал падзення, калі адбіты прамень перпендыкулярны праменю, які праламляецца. Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,6$ .
430. Кропкавая крыніца святла размешчана на дне вадаёма глыбінёй  $h = 0,6$  м. У некаторым пункце паверхні вады прамень, які праламіўся і выйшаў у паветра, аказаўся перпендыкулярны праменю, адбітаму назад у ваду. Вызначыце адлегласць ад крыніцы святла да пункта дна, якога дасягне прамень святла, адбіты ад паверхні вады.

431. Визначыце, у колькі разоў шырыня паралельнага пучка святла, які распаўсюджваецца ў шкляной пласцінцы, большая за шырыню гэтага пучка, які выйшаў з пласцінкі ў паветра пад вуглом  $\gamma = 45^\circ$ . Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,8$ .
432. Пучок паралельных прамянёў святла падае з паветра пад вуглом  $\alpha = 60^\circ$  на шкляную пласцінку і праламляецца ў ёй. Визначыце абсалютны паказчык праламлення шкла, калі шырыня пучка ў паветры ў  $k = 1,7$  раза меншая за яго шырыню ў шкле.
433. На плоскапаралельную шкляную пласцінку, якая знаходзіцца ў паветры, пад вуглом  $\alpha = 60^\circ$  падаюць два паралельныя прамяні святла, адлегласць паміж якімі  $d_0 = 3,0$  см. Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,5$ . Визначыце адлегласць паміж пунктамі, у якіх гэтыя прамяні выходзяць з пласцінкі.
434. На верхнюю паверхню шкляной плоскапаралельнай пласцінкі падае прамень святла пад вуглом  $\alpha$ . Прамень часткова праходзіць унутр пласцінкі, потым адбіваецца ад ніжняй паверхні і выходзіць праз верхнюю. Визначыце геаметрычны шлях праменя ўнутры пласцінкі. Таўшчыня пласцінкі роўная  $h$ . Абсалютны паказчык праламлення шкла роўны  $n$ .
435. Прамень святла падае на плоскапаралельную шкляную пласцінку і праходзіць у яе. Пры адбіванні ад другой пасярэбранай паверхні пласцінкі святло змяняе напрамак распаўсюджвання на вугал  $\varphi = 120^\circ$ . Визначыце вугал падзення праменя на пласцінку, калі абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,7$ .
436. На гарызантальным дне вадаёма глыбінёй  $h = 2,4$  м ляжыць плоскае тонкае люстра. Визначыце, на якой адлегласці ад месца ўваходжання праменя ў ваду ён

зноў выйдзе на паверхню вады пасля адбіцця ад люстра. Вугал падзення праменя на паверхню вады  $\alpha = 30^\circ$ .

- 437.** На паверхню вады ў басейне падае прамень святла, які пасля праламлення трапляе на плоскае люстра, што ляжыць на гарызантальным дне басейна. Абсалютны паказчык праламлення вады  $n = \frac{4}{3}$ . Прамень падае пад вуглом  $\alpha$ , пры гэтым  $\sin\alpha = 0,80$ . Вызначыце глыбіню басейна, калі адлегласць паміж пунктамі ўваходу праменя і выхаду яго з вады  $d = 2,7$  м.
- 438.** На дне вадаёма ўсталяваны вертыкальны слуп вышыняй  $H$ , поўнасьцю апушчаны ў ваду. Вызначыце даўжыню ценю ад слупа на гарызантальным дне, калі вуглавая вышыня Сонца над гарызонтам роўна  $\varphi$ . Абсалютны паказчык праламлення вады роўны  $n$ .
- 439.** У дно ракі глыбінёй  $H = 1,6$  м вертыкальна ўбіта паля, якая выступае з вады на вышыню  $h = 80$  см. Паля асвятляецца сонечным святлом, якое падае на паверхню вады пад вуглом  $\alpha = 30^\circ$ . Вызначыце даўжыню ценю ад палі на дне ракі.
- 440.** Паля вышыняй  $H$ , усталяваная перпендыкулярна да плоскасці гарызантальнага дна вадаёма, напалову выступае над вадой. Вызначыце даўжыню ценю ад палі на дне вадаёма пры асвятленні яе сонечным святлом, калі вядома, што светлавая прамяні, адбітыя ад паверхні вады, перпендыкулярны прамяням, якія праломлены. Абсалютны паказчык праламлення вады роўны  $n$ .
- 441.** На паверхні возера глыбінёй  $H = 2,0$  м плавае круглы непразрысты плыт радыусам  $R = 3,0$  м. Вызначыце радыус ценю ад плыта на дне возера пры асвятленні вады рассеяным святлом, якое падае пад рознымі вугламі.

442. Широкая непрозрачная пасудзіна даверху напоўнена вадкасцю з паказчыкам праламлення  $n = 1,25$ . Паверхня вадкасці закрыта тонкай непрозрачнай пласцінай, у цэнтры якой маецца адтуліна радыусам  $R = 10$  см. Пасудзіна асвятляецца рассеяным святлом, якое падае пад рознымі вугламі на паверхню вадкасці. Вызначыце дыяметр светлавой плямы на дне пасудзіны, калі таўшчыня пласта вадкасці  $h = 12$  см.
443. Чалавек стаіць на невысокім мосце і глядзіць вертыкальна ўніз на дно рэчкі, глыбіня якой  $H = 1,2$  м. Вызначыце глыбіню рэчкі, якая яму здаецца. Абсалютны паказчык праламлення вады  $n = \frac{4}{3}$ .
444. Для атрымання прэснай вады ў некаторых раёнах Крайняй Поўначы нарыхтоўваюць лёд, выразаючы яго на замёрзлых рэках. Нарыхтоўшчык, які глядзіць зверху на лёдавы брусок, вызначыў, што адлегласць паміж наярнай таўшчынёй лёду і той, якая здаецца,  $\Delta h = 12$  см. Вызначыце таўшчыню бруска лёду.
445. На прадметным століку мікраскопа знаходзіцца плоска-паралельная пласціна таўшчынёй  $d = 10$  мм. Мікраскоп спачатку навялі на рэзкасць, разглядваючы драпіну на верхняй паверхні пласціны, потым на ніжняй. Пры навядзенні мікраскопа на ніжнюю паверхню пласціны тубус мікраскопа перамясцілі ўніз на  $\Delta h = 5,9$  мм. Вызначыце абсалютны паказчык праламлення шкла.
446. Над аквалангістам, які апусціўся на невялікую глыбіню, пралятае чайка на вышыні  $h = 3,0$  м ад паверхні вады. Вызначыце ўяўную вышыню палёту птушкі. Абсалютны паказчык праламлення вады  $n = \frac{4}{3}$ .
447. На дне басейна глыбінёй  $h_1 = 1,8$  м ляжыць плоскае люстра. Чалавек, вочы якога знаходзяцца над паверх-

няй вады на вышыні  $h_2 = 1,7$  м, глядзіць вертыкальна ўніз. Вызначыце, на якой адлегласці ад вачэй чалавек бачыць адбітак свайго твару ў люстры.

**448.** На дне акварыума з вадой ляжыць плоскае люстра. Таўшчыня пласта вады ў акварыуме  $h = 64$  см. Над вадой на адлегласці  $h_0 = 20$  см ад паверхні вады ўсталявана святлодыёдная лямпачка. Вызначыце адлегласць ад люстра да відарыса лямпачкі ў люстры. Абсалютны паказчык праламлення вады  $n = \frac{4}{3}$ .

**449.** Прамень святла падае на плоскапаралельную пласцінку пад вуглом  $\alpha = 60^\circ$  і праламляецца пад вуглом  $\gamma = 30^\circ$ . Вызначыце таўшчыню пласцінкі, калі прамень, які выходзіць з пласцінкі, адносна праменя, які падае, зрушыўся на адлегласць  $d = 5,8$  мм.

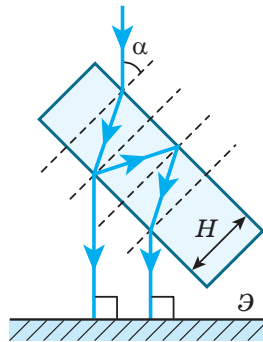
**450.** \*Прамень святла падае з паветра на плоскую паверхню льдзіны і праламляецца пад вуглом  $\gamma$ . Абсалютны паказчык праламлення лёду роўны  $n$ . Вызначыце таўшчыню льдзіны, калі зрушэнне праменя пры яго праходжанні скрозь ільдзіну роўна  $d$ .

**451.** \*Лазерны прамень падае з паветра на празрыстую пласцінку таўшчынёй  $h = 2,0$  см пад вуглом, сінус якога роўны  $0,80$  ( $\sin\alpha = 0,80$ ). Вызначыце адлегласць, на якую зрушылася вось лазернага праменя пасля праходжання пласцінкі. Абсалютны паказчык праламлення рэчыва пласцінкі  $n = \frac{4}{3}$ .

**452.** \*Прамень святла падае пад вуглом  $\alpha = 30^\circ$  на плоскапаралельную шкляную пласцінку таўшчынёй  $h = 4,1$  см і, прайшоўшы яе, зрушваецца на адлегласць  $d = 1,0$  см. Вызначыце абсалютны паказчык праламлення шкляной пласцінкі.

453. \*Проме́нь свѣтла падае на плоскае люстра пад вуглом, сінус якога роўны 0,8 ( $\sin\alpha = 0,8$ ). Вызначыце, на якую адлегласць зрушыцца пункт, у якім промень адбіваецца ад люстра, калі на люстра палажыць празрыстую плоскапаралельную пласціну таўшчынёй  $h = 4,8$  мм. Абсалютны паказчык праламлення матэрыялу пласціны  $n = \frac{4}{3}$ .

454. \*Проме́нь свѣтла падае з паветра на плоскапаралельную пласцінку таўшчынёй  $H$  са шкла з абсалютным паказчыкам праламлення  $n$ . З-за мнагакратных адбіццяў ад граней пласцінкі на экране  $\mathcal{E}$  (мал. 122) утвараецца рад светлых плям. Вызначыце адлегласць паміж плямамі, калі вугал падзення прамянёў на пласцінку роўны  $\alpha$ , а прамяні, якія падаюць на экран, перпендыкулярны яму.



Мал. 122

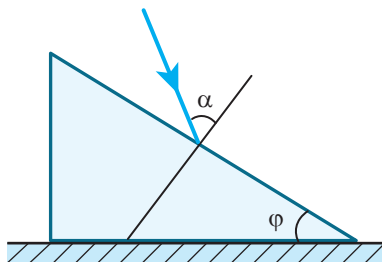
455. \*Проме́нь свѣтла падае перпендыкулярна на бакавую грань прамой шкляной трохвугольнай прызмы, праламляючы вугал якой  $\varphi = 15^\circ$ . Пасля адбіцця ад другой пасярэбранай грані промень зноў трапляе на першую грань прызмы і выходзіць з яе ў паветра пад вуглом  $\gamma = 60^\circ$  да перпендыкуляра, праведзенага ў пункт выхаду



праменя з прызмы. Вызначыце абсалютны паказчык праламлення шкла.

- 456.** \*Прамень святла падае на адну з бакавых граней прамоў шкляной трохвугольнай прызмы перпендыкулярна яе плоскасці і выходзіць з другой праламляючай грані, адхіліўшыся ад першапачатковага напрамку на вугал  $\theta = 30^\circ$ . Вызначыце праламляючы вугал прызмы, калі абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,6$ .
- 457.** \*Прамень святла падае на адну з бакавых граней прамоў шкляной трохвугольнай прызмы перпендыкулярна яе плоскасці і выходзіць з другой праламляючай грані пад вуглом, які ў два разы перавышае вугал падзення на другую грань. Вызначыце праламляючы вугал прызмы, калі абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,6$ .
- 458.** \*Прамень святла, які падае з паветра пад вуглом  $\alpha = 55^\circ$  на адну з бакавых граней прамоў шкляной трохвугольнай прызмы, выходзіць з прызмы перпендыкулярна да другой праламляючай грані. Вызначыце праламляючы вугал прызмы, калі модуль скорасці распаўсюджвання святла ўнутры прызмы  $v = 2,0 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .
- 459.** \*Прамень святла падае з паветра перпендыкулярна на адну з бакавых граней прамоў трохвугольнай шкляной прызмы. Адбіты ад другой грані і праломлены на ёй прамяні аказаліся ўзаемна перпендыкулярнымі. Вызначыце праламляючы вугал прызмы, калі абсалютны паказчык праламлення шкла роўны  $n$ .
- 460.** \*Вызначыце, пад якім вуглом прамень святла павінен падаць на прамоў правільную трохвугольную шкляную прызму, каб унутры прызмы ён распаўсюджваўся паралельна адной з яе граней. Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,6$ .

461. \*Шкляная прызма з праламляючым вуглом  $\varphi = 30^\circ$  знаходзіцца ў паветры і ляжыць на плоскім люстры. Вызначыце вугал падзення праменя на верхнюю грань прызмы (мал. 123), калі пры адбіцці ад люстра напрамак распаўсюджвання праменя змяняецца на процілеглы. Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,7$ .

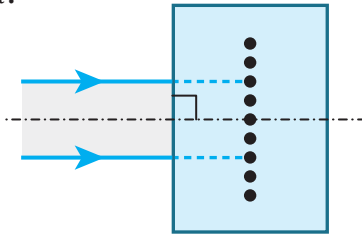


Мал. 123

462. \*На шкляную трохвугольную прызму падае прамень святла пад вуглом  $\alpha_1 = 45^\circ$  і праламляецца на яе бакавых гранях. Вызначыце праламляючы вугал прызмы, калі вугал падзення праменя на другую праламляючую грань  $\alpha_2 = 40^\circ$ . Абсалютны паказчык праламлення рэчыва прызмы  $n = \sqrt{2}$ .
463. \*На адну з бакавых граней шкляной трохвугольнай прызмы, праламляючы вугал якой  $\varphi = 75^\circ$ , падае прамень святла і праламляецца пад вуглом, у два разы меншым за вугал падзення. Вызначыце вугал, пад якім прамень святла падае на другую праламляючую грань, калі абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = \sqrt{3}$ .
464. \*Праламляючы вугал аптычна празрыстай прызмы  $\varphi = 60^\circ$ . Пад якім вуглом прамяні павінны падаць на адну з бакавых граней прызмы, каб выходзіць з яе, слізгаючы ўздоўж паверхні другой праламляючай грані? Абсалютны паказчык праламлення рэчыва прызмы  $n = 1,4$ .

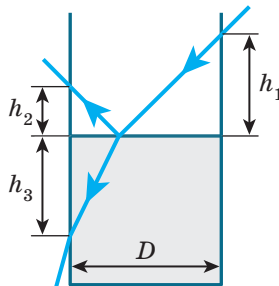
465. \*Вугал падзення праменя святла на прамую трохгранную прызму і вугал праламлення гэтага праменя пры выхадзе з прызмы аднолькавыя. Вугал адхілення праменя прызмай ад першапачатковага напрамку  $\theta = 30^\circ$ . Праламляючы вугал прызмы  $\varphi = 60^\circ$ . Вызначыце: а) вугал падзення праменя на прызму; б) абсалютны паказчык праламлення матэрыялу прызмы.
466. \*У шкле з абсалютным паказчыкам праламлення  $n = \sqrt{3}$  зроблена паветраная поласць у форме трохвугольнай прызмы. Прамень святла падае на бакавую грань паветранай прызмы перпендыкулярна яе плоскасці. Другая грань прызмы пасярэбраная. Вызначыце вугал паміж праменем, які падае, і праменем, які выйшаў з прызмы. Праламляючы вугал прызмы  $\varphi = 30^\circ$ . Прамень, які падае, і прамень, які выйшаў з прызмы, перасякаюць адну і тую ж бакавую грань.
467. \*На бакавую грань шкляной трохвугольнай прызмы, якая знаходзіцца ў паветры, падае прамень святла пад вуглом  $\alpha_1 = 35^\circ$  і праламляецца на ёй, трапляе на другую бакавую грань і, праламіўшыся, выходзіць у паветра. Вызначыце праламляючы вугал прызмы і вугал адхілення праменя ад першапачатковага напрамку пры праходжанні яго праз прызму, калі вугал падзення праменя на другую бакавую грань  $\alpha_2 = 30^\circ$ . Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = \sqrt{2}$ .
468. \*Прамень святла падае пад вуглом  $\alpha = 40^\circ$  на адну з бакавых граней правільнай трохвугольнай прызмы. Цалкам адбіваецца ад другой пасярэбранай грані і выходзіць праз трэцюю грань у паветра. На які вугал ад першапачатковага напрамку адхіляецца прамень святла пасля праходжання праз прызму, калі гэты вугал большы за  $90^\circ$ ?
469. \*Дыфракцыйную рашотку, якая складаецца з паралельных дроцікаў, размешчаных з перыядам  $d$ , змясцілі ў акварыум з вадой (мал. 124). Плоскасць рашоткі паралельна дзвюм сценам акварыума і перпендыкулярна

аптычнай восі сістэмы. На сценку акварыума з паветра падае паралельны пучок монахраматычнага святла з даўжынёй хвалі  $\lambda$ , які распаўсюджваецца ўздоўж аптычнай восі. Чаму роўны: а) вугал паміж напрамкам на першы дыфракцыйны максімум і аптычнай воссю для светлавых хваль, якія выходзяць з рашоткі; б) вугал паміж напрамкам на першы дыфракцыйны максімум і аптычнай воссю для светлавых хваль, якія выходзяць з акварыума?



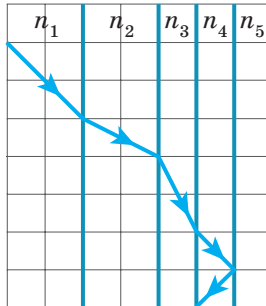
Мал. 124

470. На паверхню вадкасці, якая знаходзіцца ў танкасценнай вертыкальнай цыліндрычнай пасудзіне, падае лазерны прамень (мал. 125). Пункт, у якім прамень уваходзіць у пасудзіну, знаходзіцца на вышыні  $h_1 = 29$  мм ад узроўню вадкасці. Пункты выхаду з пасудзіны адбітага і праломленага прамянёў знаходзяцца на адлегласці  $h_2 = 17$  мм і  $h_3 = 39$  мм адпаведна. Вызначыце паказчык праламлення вадкасці, калі дыяметр пасудзіны  $D = 80$  мм.



Мал. 125

471. На малюнку 126 адлюстраваны паралельныя межы падзелу двух асяроддзяў з абсалютнымі паказчыкамі праламлення  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5$  і паказаны ход светлавога праменя. Прывядзіце ў адпаведнасць паказчыкі праламлення і знак адносін паміж імі.

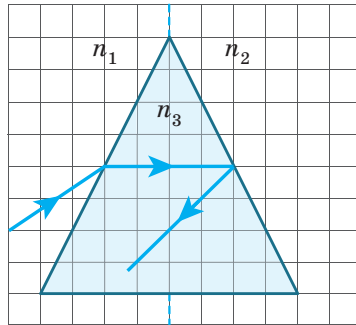


Мал. 126

Паказчыкі праламлення	Знак адносін
А) $n_1$ і $n_2$ ;	1) $>$
Б) $n_2$ і $n_3$ ;	2) $<$
В) $n_3$ і $n_4$ ;	3) $=$
Г) $n_4$ і $n_5$ ;	
Д) $n_1$ і $n_4$ ;	
Е) $n_1$ і $n_5$	

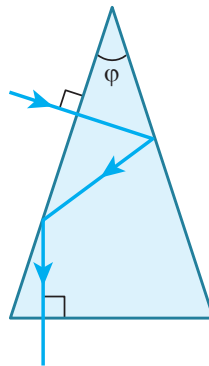
472. На малюнку 127 паказаны ход прамянёў у прызме, па абедзве стараны якой знаходзяцца асяроддзі з рознымі абсалютнымі паказчыкамі праламлення  $n_1$  і  $n_2$ . Прывядзіце ў адпаведнасць паказчыкі праламлення асяроддзяў і прызмы і знак адносін паміж імі.

Паказчыкі праламлення	Знак адносін
А) $n_1$ і $n_3$ ;	1) $>$
Б) $n_1$ і $n_2$	2) $<$
	3) $=$



Мал. 127

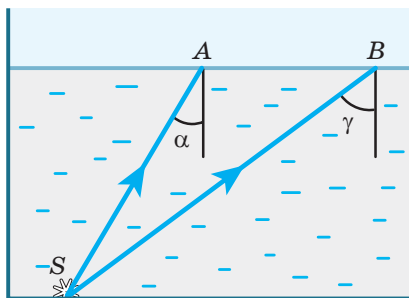
473. Одна з граней раўнабедранай шкляной трохвугольнай прызмы з'яўляецца люстраной. На другую грань гэтай прызмы ўздоўж перпендыкуляра падае прамень святла. Вызначыце праламляючы вугал прызмы, калі пасля двух адбіванняў ад граней прамень выходзіць з прызмы перпендыкулярна яе аснове (мал. 128).



Мал. 128

474. Вызначыце абсалютны паказчык праламлення рубіну, калі гранічны вугал поўнага адбіцця для мяжы рубін — паветра  $\alpha_0 = 34^\circ$ .
475. Вызначыце гранічны вугал поўнага адбіцця для мяжы спірт — паветра, калі абсалютны паказчык праламлення спірту  $n = 1,36$ .

476. Гранічны вугал поўнага адбіцця для мяжы плексіглас — паветра  $\alpha_0 = 42^\circ$ . Вызначыце скорасць святла ў плексігласе.
477. Гранічны вугал поўнага адбіцця на мяжы гліцэрына — паветра  $\alpha_0 = 43^\circ$ . Ці пройдзе прамень святла праз мяжу гэтых асяроддзяў, калі ён падае пад вуглом: а)  $\alpha_1 = 50^\circ$  з гліцэрыны; б)  $\alpha_2 = 60^\circ$  з паветра; в)  $\alpha_3 = 30^\circ$  з гліцэрыны?
478. Прамень святла падае ў серавугляродзе на мяжу з паветрам пад вуглом  $\alpha = 39^\circ$ . Ці выйдзе прамень у паветра, калі абсалютны паказчык праламлення серавугляроду  $n = 1,63$ ?
479. З павышэннем тэмпературы паказчык праламлення вады памяншаецца. Як пры гэтым змяняецца гранічны вугал поўнага адбіцця для мяжы вада — паветра?
480. Пакажыце далейшы ход прамянёў святла, якія падаюць на мяжу вада — паветра ў пунктах  $A$  і  $B$  (мал. 129). Крыніца святла  $S$  знаходзіцца на дне пасудзіны з вадой. Вугал  $\alpha = 30^\circ$ , вугал  $\gamma = 55^\circ$ .



Мал. 129

481. Гранічны вугал поўнага адбіцця на мяжы бензін — паветра  $\alpha_1 = 45^\circ$ , а на мяжы шкло — паветра  $\alpha_2 = 41^\circ$ . Вызначыце гранічны вугал поўнага адбіцця на мяжы шкло — бензін.

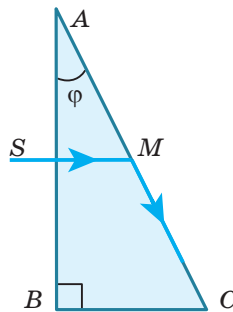
482. Промень святла, які выпраменьваецца кропкавай крыніцай святла, што размешчана на дне пасудзіны з вадой, выходзіць у паветра пад вуглом  $\gamma_1 = 60^\circ$ . Ці будзе гэты промень святла выходзіць у паветра, калі ваду ў пасудзіне замяніць аптычна празрыстым алеем? Абсалютны паказчык праламлення вады  $n_v = 1,33$ , алею  $n_a = 1,52$ .
483. На гарызантальным дне басейна ляжыць жэтон радыусам  $r = 1,0$  см. На якой максімальнай адлегласці над жэтонам трэба змясціць у вадзе плоскі непразрысты круглы экран радыусам  $R = 4,0$  см, каб жэтон нельга было выявіць, назіраючы з паветра?
484. На дне вадаёма глыбінёй  $h$  знаходзіцца кропкавая крыніца святла. Абсалютны паказчык праламлення вады роўны  $n$ . Вызначыце мінімальны дыяметр тонкага непразрыстага дыска, які трэба змясціць на паверхню вады над крыніцай святла так, каб прамяні не выходзілі з вады ў паветра.
485. На дно пасудзіны, запоўненай вадой да вышыні  $H = 15$  см, змешчана кропкавая крыніца святла. Вызначыце найменшы дыяметр непразрыстай пласцінкі, якую неабходна змясціць на паверхню вады, каб святло не выходзіла з вады.
486. Вугал падзення лазернага праменя з паветра на пласт вады таўшчынёй  $h = 40$  см роўны гранічнаму вуглу поўнага адбіцця на мяжы вада — паветра. Вызначыце зрушэнне восі праменя пасля праходжання пласта вады. Абсалютны паказчык праламлення вады  $n = \frac{4}{3}$ .
487. На паверхні вады плавае тонкі квадратны плит, старана якога  $l = 2,0$  м. З цэнтры плыта пачынаюць апускаць вертыкальна ўніз маленькую лямпачку. Вызначыце, на якую максімальную адлегласць можна ўніз апусціць лямпачку, каб прамяні не выходзілі з вады ў паветра.



488. На паверхні празрыстай вадкасці плавае тонкі непразрысты дыск радыусам  $R = 20$  см. Кропкавая крыніца святла, якая знаходзіцца ў вадкасці, раўнамерна рухаецца вертыкальна ўверх уздоўж прамой, што праходзіць праз цэнтр дыска, са скорасцю, модуль якой  $v = 1,0 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ . У момант пачатку адліку часу крыніца святла знаходзілася на глыбіні  $H = 60$  см. Вызначыце прамежак часу, на працягу якога святло будзе выходзіць у паветра. Абсалютны паказчык праламлення вадкасці  $n = \sqrt{2}$ .
489. На якой глыбіні ў вадзе размешчана кропкавая крыніца святла, калі прамяні з вады ў паветра выходзяць у межах круга радыусам  $R = 50$  см?
490. Вугал падзення праменя святла з паветра на плоскапаралельную шкляную пласцінку роўны вуглу поўнага адбіцця святла для гэтых асяроддзяў (шкло — паветра). Вызначыце таўшчыню пласцінкі, калі святло праходзіць пласцінку за час  $t$ . Абсалютны паказчык праламлення шкла роўны  $n$ .
491. У цыліндрычную пасудзіну наліта аптычна празрыстая вадкасць да вышыні  $h = 40$  см. На паверхні вадкасці па цэнтры пасудзіны плавае тонкі непразрысты дыск радыусам  $R = 6,0$  см. З дна пасудзіны ўздоўж восевай лініі пачынае ўсплываць кропкавая крыніца святла. Вызначыце модуль мінімальнага перамяшчэння крыніцы святла, пасля якога прамяні святла перастануць выходзіць у паветра праз паверхню вадкасці. Абсалютны паказчык праламлення вадкасці  $n = \frac{5}{3}$ .
492. У басейне на паверхні вады плавае непразрысты тонкі круг радыусам  $R = 1,2$  м. У цэнтры пад кругам знаходзіцца кропкавая крыніца святла, якая ў некаторы момант адрываецца і падае вертыкальна ўніз з паскарэннем,

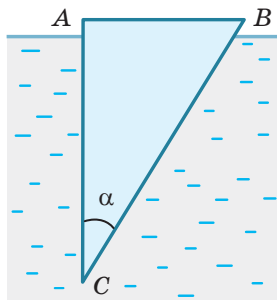
модуль якога  $a = 10,0 \frac{\text{см}}{\text{с}^2}$ . Визначыце, праз які мінімальны прамежак часу прамяні святла пачнуць выходзіць з вады ў паветра.

493. Кропкавая крыніца святла знаходзіцца на дне пасудзіны з вадкасцю, абсалютны паказчык праламлення якой  $n = 1,5$ . У колькі разоў максімальны час, які затрачвае святло на праходжанне пласта вадкасці з наступным выхадам у паветра, большы за мінімальны час?
494. На дне возера стаіць вадалаз і бачыць адбітымі ад паверхні вады тыя часткі гарызантальнага дна, якія размешчаны ад яго на адлегласці  $l = 15,0$  м і больш. Визначыце глыбіню возера, калі адлегласць ад дна да вачэй вадалаза  $h = 1,8$  м.
495. Вадалаз ростам  $h$  стаіць на гарызантальным дне вадаёма, глыбіня якога  $3h$ . На якой мінімальнай адлегласці ад вадалаза знаходзяцца тыя часткі дна, якія ён зможа ўбачыць адбітымі ад паверхні вады? Абсалютны паказчык праламлення вады роўны  $n$ .
496. \*Прамень святла  $SM$  (мал. 130) падае ў паветры на прамую трохвугольную аптычна празрыстую прызму перпендыкулярна да яе грані  $AB$ . Абсалютны паказчык праламлення рэчыва прызмы  $n = 2,0$ . Визначыце праламляючы вугал прызмы, калі прамень, прайшоўшы прызму, слізгае ўздоўж яе грані  $AC$ .



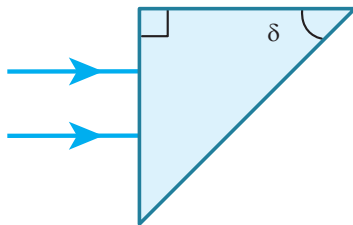
Мал. 130

497. Пры пераходзе праменя святла з першага асяроддзя ў другое вугал праламлення  $\beta_1 = 45^\circ$ , а пры пераходзе з першага асяроддзя ў трэцяе вугал праламлення  $\beta_2 = 30^\circ$  пры тым жа вугле падзення. Вызначыце гранічны вугал поўнага адбіцця святла на мяжы трэцяга і другога асяроддзя.
498. \*У ваду апушчаны прамавугольны плексігласавы клін (мал. 131). На грань  $AB$  нармальна падае монахраматычны прамень святла. Вызначыце максімальны вугал  $\alpha$ , пры якім на грані  $BC$  адбываецца поўнае адбіццё святла. Абсалютны паказчык праламлення плексігласу  $n_{\text{п}} = 1,55$ , вады  $n_{\text{в}} = 1,33$ .



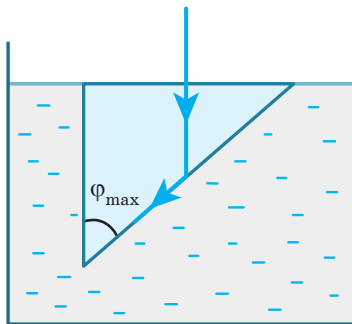
Мал. 131

499. \*Пучок святла падае з паветра на шкляную прамавугольную прызму (мал. 132). Пакажыце далейшы ход пучка. Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,5$ . Вугал  $\delta = 45^\circ$ . Адказ патлумачце.



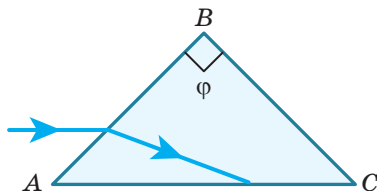
Мал. 132

500. \*У ваду апушчана прамавугольная шкляная прызма. Прамень святла падае з паветра перпендыкулярна на верхнюю гарызантальную грань прызмы (мал. 133). Пры якім максімальным вугле  $\varphi_{\max}$  прамень будзе адчувваць поўнае адбіццё на мяжы шкло — вада? Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n_1 = 1,64$ , вады  $n_2 = 1,33$ .



Мал. 133

501. \*Прамень святла падае на прамую трохвугольную шкляную прызму, праламляючы вугал якої  $\varphi = 90^\circ$ , паралельна яе грані AC (мал. 134). Сячэнне прызмы ўяўляе сабой прамавугольны раўнабедраны трохвугольнік. Вызначыце вугал праламлення праменя, які выйшаў з прызмы, калі абсалютны паказчык праламлення рэчыва прызмы  $n = 1,5$ .



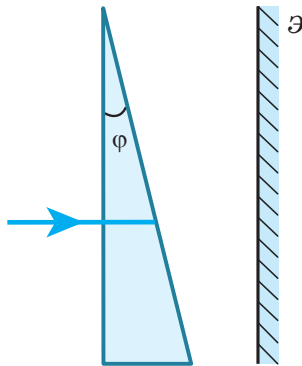
Мал. 134

502. Прамая трохвугольная шкляная прызма з праламляючым вуглом  $\varphi = 30^\circ$  размешчана ў паветры. Прамень святла, які падае нармальна на адну з граней прызмы,

виходзіць праз другую праламляючую грань, адхіляючыся ад першапачатковага напрамку распаўсюджвання на вугал  $\theta = 30^\circ$ . Вызначыце гранічны вугал поўнага адбіцця для мяжы шкло — паветра.

**503.** Прамень святла, прайшоўшы скрозь правільную шкляную трохвугольную прызму, адхіляецца ад першапачатковага напрамку распаўсюджвання на вугал  $\theta = 40^\circ$ . Вызначыце гранічны вугал поўнага адбіцця на мяжы шкло — паветра, калі вугал падзення праменя на яе першую праламляючую грань роўны вуглу праламлення на другой праламляючай грані.

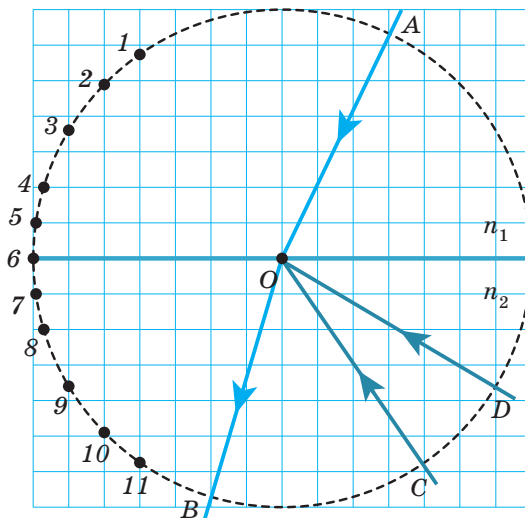
**504.** Прамень святла падае на прамавугольную плоска-паралельную шкляную пласціну пад вуглом  $\alpha = 60^\circ$  і, праламіўшыся, трапляе на яе тарцовую паверхню. Вызначыце, пад якім вуглом прамень выходзіць з пласціны, калі абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,5$ .



Мал. 135

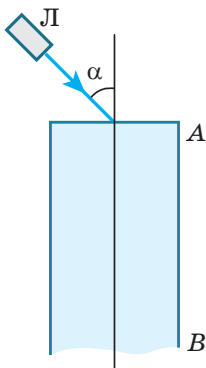
**505.** На шкляны клін (мал. 135), які знаходзіцца ў паветры, перпендыкулярна яго грані падае тонкі прамень святла. Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,41$ . Вугал пры вяршыні кліна  $\varphi = 10^\circ$ . Колькі светлых плям будзе бачна на экране, пастаўленым за клінам?

506. Проме́нь свята́ла падае нармальна на бакавую паверхню шклянога кліна, які знаходзіцца ў паветры. Якім павінен быць мінімальны праламляючы вугал кліна, каб праме́нь, адбіўшыся ад другой пасярэбранай паверхні кліна, зноў упаў на яго першую паверхню і адчуў на ёй поўнае адбіццё? Абсалютны паказчык праламлення шкла роўны  $n$ .
507. На плоскую паверхню шклянога паўшара, які знаходзіцца ў паветры, па нармалі падае пучок прамянёў свята́ла. Вызначыце максімальны вугал адхілення ад першапачатковага напрамку прамянёў, якія прайшлі праз сферычную паверхню паўшара, калі абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,5$ .
508. \*На малюнку 136 адлюстраваны светлавы праме́нь  $AOB$ , які праламіўся на мяжы падзелу асяроддзяў з паказчыкамі праламлення  $n_1$  і  $n_2$ . Укажыце пункты, праз якія пройдуць светлавыя прамяні, што ўзніклі пры падзенні на мяжу падзелу асяроддзяў: а) праменя  $CO$ ; б) праменя  $DO$ .



Мал. 136

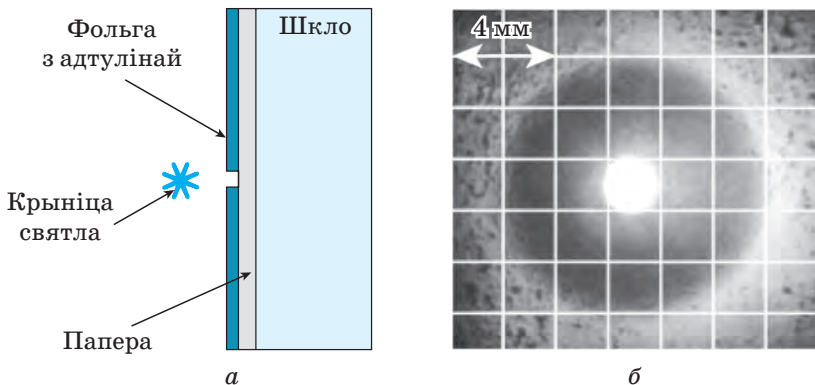
- 509.** \*На плоскую паверхню шклянога паўшара, які знаходзіцца ў паветры, па нармалі падае плоская светлавая хваля. Прамяні, якія прайшлі праз паўшар, праламляюцца на яго сферычнай паверхні, радыус якой  $R = 18,0$  мм. Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,5$ . Вызначыце адлегласць ад цэнтры плоскай паверхні паўшара да пункта перасячэння крайніх прамянёў, якія праламляліся на сферычнай паверхні.
- 510.** \*На шкляны шар паралельна аднаму з дыяметраў на адлегласці  $l = 26$  мм ад гэтага дыяметра падае прамень святла. Вызначыце радыус шара, калі пункт выхаду праменя з шара знаходзіцца на гэтым дыяметры. Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,8$ . Шар знаходзіцца ў паветры.



Мал. 137

- 511.** \*Лазерны прамень святла накіравалі з паветра ў цэнтр  $O$  асновы цыліндрычнага доўгага шклянога стрыжня (мал. 137). Зрушаючы лазер  $L$  у плоскасці, перпендыкулярнай аснове, змянялі вугал падзення  $\alpha$  праменя святла на аснову стрыжня ад  $0^\circ$  да  $90^\circ$ . Вызначыце даўжыню адрэзка на ўтваральнай  $AB$ , у межах якога лазерны прамень выходзіў са стрыжня вонкі праз яго бакавую паверхню. Радыус цыліндрычнага стрыжня  $R = 5$  мм, абсалютны паказчык праламлення рэчыва стрыжня  $n = 1,4$ .

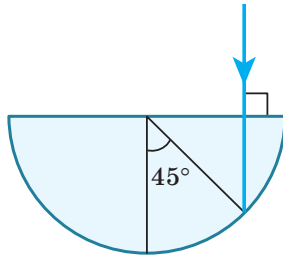
- 512.** \*Непразрысты шар радыусам  $R = 21$  см плавае, напалову апусціўшыся ў ваду. Абсалютны паказчык праламлення вады  $n = \frac{4}{3}$ . На вертыкалі, якая праходзіць праз цэнтр шара, у вадзе знаходзіцца кропкавая крыніца святла. Вызначыце адлегласць паміж крыніцай святла і цэнтрам шара, калі вядома, што крыніца святла аддалена ад шара на такую мінімальную адлегласць, каб ніводны прамень святла не выйшаў з вады ў паветра.
- 513.** На мяжы сутыкнення дзвюх шкляных пласцін прамень святла адчувае поўнае адбіццё. Пры запаўненні вадой прасторы паміж пласцінамі назіраецца змяненне напрамку адбітага праменя. Патлумачце з'яву, якая назіраецца.
- 514.** \*Да плоскапаралельнай шкляной пласціны прыклалі аркуш мокрай тонкай паперы, а да аркуша паперы — фольгу з невялікай адтулінай (мал. 138, а). Калі да адтуліны паднеслі крыніцу святла, на паперы сталі бачныя кольцы, якія значна адрозніваюцца па асвечанасці (мал. 138, б). Вызначыце таўшчыню шкляной пласціны, калі абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,5$ .



Мал. 138



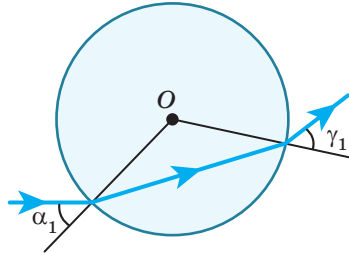
- 515.** \*У шкле з паказчыкам праламлення  $n_1 = 1,5$  ёсць сферычная поласць радыусам  $R = 9$  см, запоўненая вадой з паказчыкам праламлення  $n_2 = \frac{4}{3}$ . На поласць падаюць паралельныя прамяні святла ўздоўж аднаго з дыяметраў сферы. Вызначыце радыус светлавога пучка, які пранікае ў поласць.
- 516.** Празрыстую трубку, скручаную кольцам, запоўнілі вадой. Потым накіравалі прамень святла ўнутр трубка. Патлумачце, чаму прамень святла становіцца замкнутым у кольца і асвятляе амаль усю трубку.
- 517.** Прамень святла падае з паветра на шкляны паўцыліндр (мал. 139). Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,8$ . Пакажыце на малюнку далейшы ход праменя.



Мал. 139

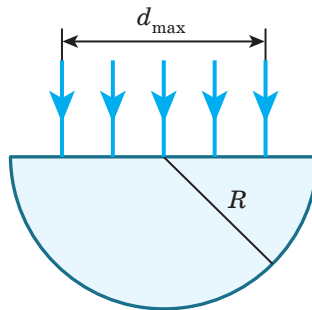
- 518.** \*У цэнтр асновы цыліндрычнага шклянога стрыжня дыяметрам  $d = 7,0$  мм падае з паветра прамень монахраматычнага святла пад вуглом, сінус якога роўны  $0,56$  ( $\sin \alpha = 0,56$ ). Пасля праламлення трохкратнага адбіцця ад люстраной бакавой унутранай паверхні прамень выходзіць са стрыжня праз цэнтр яго другой асновы. Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 2,0$ . Вызначыце даўжыню стрыжня.
- 519.** \*Прамень святла падае з паветра на шкляны шар пад вуглом  $\alpha_1 = 30^\circ$  (мал. 140). Вызначыце: а) пад якім вуглом  $\gamma_1$  прамень святла выходзіць з шара; б) на які вугал

ад першапачатковага напрамку распаўсюджвання адхіляецца прамень пры праходжанні праз шар. Абсалютны паказчык праламлення шкла  $n = 1,46$ .



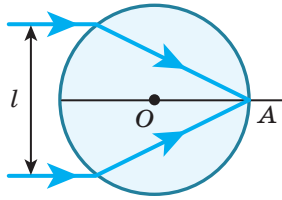
Мал. 140

520. З плексігласу з абсалютным паказчыкам праламлення  $n = 1,5$  выраблены паўшар (мал. 141). Вызначыце максімальны дыяметр пучка святла, які падае з паветра на паўшар, для якога ніводны прамень не адчуваў бы поўнае адбіццё на сферычнай паверхні паўшара, калі яе радыус  $R = 4,5$  см.



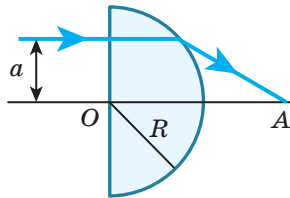
Мал. 141

521. \*Шкляны шар дыяметрам  $d = 25$  см знаходзіцца ў паветры. На шар падаюць два сіметрычныя адносна яго цэнтра паралельныя прамяні (мал. 142). Адлегласць паміж прамянямі  $l = 20$  см. Вызначыце абсалютны паказчык праламлення шкла, калі прамяні перасякаюцца ў пункце A.



Мал. 142

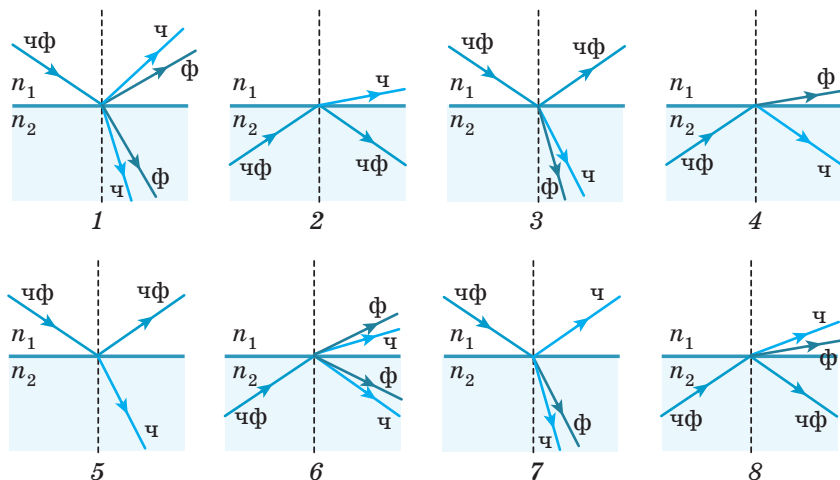
522. \*Прамень святла падае перпендыкулярна на плоскую паверхню аптычна празрыстага паўшара (мал. 143). Радыус шара  $R$ . Адлегласць ад праменя да восі  $OA$ , якая праходзіць праз цэнтр паўсферычнай паверхні,  $a = 0,6R$ . Абсалютны паказчык праламлення матэрыялу шара  $n = \frac{4}{3}$ . Вызначыце адлегласць ад пункта  $O$  да пункта  $A$  перасячэння праменя, праломленага на сферычнай паверхні, з воссю  $OA$ .



Мал. 143

523. Аптычна празрысты шар радыусам  $R = 40$  мм змешчаны ў паралельны пучок прамянёў святла. Мінімальна адлегласць, пройдзеная адным з праломленых прамянёў унутры шара (да першага перасячэння з паверхняй), аказалася  $l = 60$  мм. Вызначыце абсалютны паказчык праламлення матэрыялу шара, калі ён знаходзіцца ў паветры.
524. Кварц асвятляецца жоўтым святлом, даўжыня хвалі якога ў вакууме  $\lambda_0 = 590$  нм. Вызначыце даўжыню хвалі гэтага святла ў кварцы, калі абсалютны паказчык праламлення кварцу для жоўтага святла  $n_{\text{ж}} = 1,5438$ .

525. Даўжыня хвалі чырвонага святла ў вакууме  $\lambda_{\text{ч}} = 760$  нм, зялёнага —  $\lambda_{\text{з}} = 570$  нм. Вызначыце абсалютны паказчык праламлення празрыстага асяроддзя, у якім распаўсюджваецца чырвонае святло, калі даўжыня яго хвалі роўная даўжыні хвалі зялёнага святла, якое распаўсюджваецца ў вакууме.
526. У канічны пучок святла, які сыходзіцца пад малым вуглом, змясцілі плоскапаралельную шкляную пласціну так, што яе плоскасць перпендыкулярна восі пучка. У пучку змяшчаюцца чырвоныя і фіялетавыя прамяні. Паказчык праламлення шкла для фіялетавых прамянёў крыху большы, чым для чырвоных. Выберыце справядлівае сцвярджанне: а) пункт сыходжання чырвоных прамянёў будзе знаходзіцца крыху далей ад пласціны, чым фіялетавых; б) пункт сыходжання фіялетавых прамянёў будзе знаходзіцца крыху далей ад пласціны, чым чырвоных; в) пункты сыходжання чырвоных і фіялетавых прамянёў супадаюць. Абгрунтуйце адказ.
527. Светлавы прамень падае на мяжу падзелу асяроддзяў з рознымі паказчыкамі праламлення:  $n_1 < n_2$  (мал. 144, 1—8). Для верхняга асяроддзя (паветра) паказчык праламлення для фіялетавых (ф) і чырвоных (ч) прамянёў аднолькавы. Для ніжняга асяроддзя паказчык праламлення для фіялетавых прамянёў крыху большы, чым для чырвоных. Якімі лічбамі абазначаны малюнкi, на якіх правільна адлюстраваны магчымы ход прамянёў?
528. Светлавы прамень падае на мяжу падзелу асяроддзяў з рознымі паказчыкамі праламлення:  $n_1 < n_2$  (мал. 144, 1—8). Для ніжняга асяроддзя паказчык праламлення для фіялетавых (ф) і чырвоных (ч) прамянёў аднолькавы. Для верхняга асяроддзя паказчык праламлення для фіялетавых прамянёў крыху большы, чым для чырвоных. Якімі лічбамі абазначаны малюнкi, на якіх правільна адлюстраваны магчымы ход прамянёў?

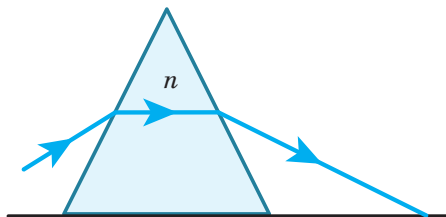


Мал. 144

**529.** Канічны пучок белага святла, які расходзіцца пад малым вуглом, падае на экран. На экране назіраецца белы круг. Перад экранам змясцілі плоскапаралельную шкляную пласцінку так, што яе плоскасць перпендыкулярна восі пучка. Паказчык праламлення шкла злёгка залежыць ад даўжыні хвалі святла: чым большая даўжыня хвалі, тым меншы паказчык праламлення. Выберыце справядлівае сцвярджэнне: а) мяжа круга на экране застанеца белай; б) мяжа круга на экране афарбуецца ў чырвоны колер; в) мяжа круга на экране афарбуецца ў зялёны колер; г) мяжа круга на экране афарбуецца ў фіялетава колер. Абгрунтуйце адказ.

**530.** На аркушы белай паперы, які ляжыць на сталі, знаходзіцца шкляная прызма (мал. 145). На бакавую грань прызмы падае вузкі паралельны пучок белага святла, які змяшчае блакітныя (б), жоўтыя (ж), зялёныя (з), чырвоныя (ч), аранжавыя (а), сінія (с) і фіялетавыя (ф) прамяні. Пасля праламлення ў прызме прамяні трапляюць на паверхню паперы і кожны з прамянёў утварае

кропку свайго колеру. Вызначыце паслядоўнасць колераў кропак па меры іх аддалення ад прызмы, калі паказчык праламлення шкла тым большы, чым меншая даўжыня хвалі святла.



Мал. 145

- 531.** На плоскапаралельную шкляную пласцінку з вакууму трапляюць пад некаторым вострым вуглом жоўты і сіні прамяні, паралельныя адзін аднаму. Пакажыце на малюнку прыкладны напрамак распаўсюджвання гэтых прамянёў унутры пласцінкі.
- 532.** Вызначыце дыяпазон даўжынь хваль святла ў шкле з абсалютным паказчыкам праламлення  $n = 1,9$ , калі ў паветры дыяпазон даўжынь гэтых хваль складае  $380\text{—}760$  нм.
- 533.** Абсалютны паказчык праламлення вады для чырвонага і фіялетавага святла  $n_{\text{ч}} = 1,331$  і  $n_{\text{ф}} = 1,343$  адпаведна. Вызначыце модуль скорасці распаўсюджвання гэтых светлавых хваль у вадзе.
- 534.** На колькі зменіцца даўжыня хвалі фіялетавага прамянёў з частатой ваганняў  $\nu = 7,50 \cdot 10^{14}$  Гц пры пераходзе з вады ў вакуум, калі модуль скорасці распаўсюджвання гэтых прамянёў у вадзе  $v = 2,23 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ?
- 535.** Монахраматычны прамень святла праходзіць праз кавалак кінавары (мінерал — сярністая ртуць) і пласцінку арганічнага шкла за адзін і той жа час. Вызначыце ад-

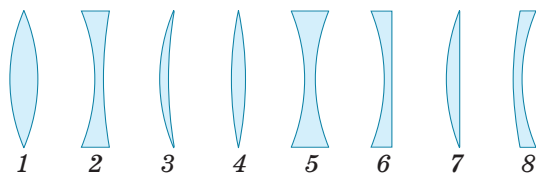
носіны таўшчыні кавалка кінавары і пласцінкі шкла. Абсалютны паказчык праламлення кінавары  $n_k = 3,02$  і шкла  $n_{ш} = 1,51$ .

- 536.** Вызначыце час, на які з прычыны дысперсіі спазняецца сіняе святло ў параўнанні з чырвоным, праходзячы аптавалакно даўжынёй  $l = 15$  км. Рознасць паказчыкаў праламлення аптавалакна для сіняга і чырвонага святла  $n_c - n_{ч} = 0,028$ .
- 537.** У вадзе адзін вадалаз перадае белы светлавы сігнал другому. Абсалютны паказчык праламлення вады для чырвоных прамянёў  $n_{ч} = 1,329$ , для фіялетаваых —  $n_{ф} = 1,344$ . Вызначыце, на якой адлегласці адзін ад аднаго знаходзяцца вадалазы, калі фіялетаваы прамяні дасягаюць вачэй вадалаза пазней за чырвоныя прамяні на прамежак часу  $\Delta t = 1$  нс. Які колер святла бачыць вадалаз?
- 538.** На плоскапаралельную пласціну таўшчынёй  $h = 22$  мм падае прамень белага святла пад вуглом  $\alpha = 45^\circ$ . Вызначыце адлегласць паміж пунктамі выхаду з пласціны фіялетавага і чырвонага прамянёў, калі абсалютны паказчык праламлення шкла для фіялетавага святла  $n_{ф} = 1,52$ , для чырвонага святла  $n_{ч} = 1,50$ .
- 539.** Прамень белага святла падае з паветра на празрыстую пласцінку таўшчынёй  $h = 2,0$  см пад вуглом  $\alpha = 60^\circ$ . Вызначыце зрушэнне  $\Delta l_{ч}$  і  $\Delta l_{ф}$  чырвонага і фіялетавага прамянёў пры праходжанні гэтай пласцінкі. Абсалютны паказчык праламлення рэчыва пласцінкі для чырвонага святла  $n_{ч} = 1,60$ , фіялетавага —  $n_{ф} = 1,64$ .
- 540.** Вузкі пучок белага святла падае з паветра нармальна на бакавую грань прамой трохграннай шкляной прызмы з праламляючым вуглом  $\varphi = 30^\circ$ . Вызначыце вугал паміж крайнімі прамянямі святла пры выхадзе яго з прызмы, калі абсалютныя паказчыкі праламлення шкла для іх роўныя  $n_1 = 1,62$  і  $n_2 = 1,67$ .

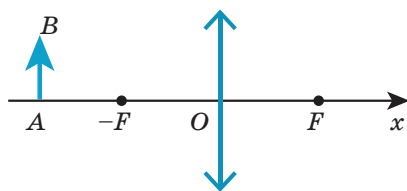


## V. ЛІНЗИ

541. На малюнку 146 адлюстраваны тонкія лінзы, якія выраблены з адной і той жа маркі шкла і знаходзяцца ў паветры. Укажыце: а) расейвальныя лінзы; б) збіральную лінзу з найбольшай фокуснай адлегласцю; в) лінзу з найбольшай аптычнай сілай; г) якія лінзы будуць расейвальныя, калі іх змясціць у анісавы алей, паказчык праламлення якога большы, чым шкла.



Мал. 146



Мал. 147

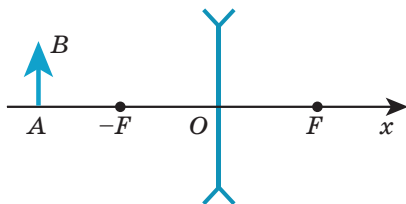
542. На малюнку 147 адлюстравана тонкая збіральная лінза, галоўная аптычная вось якой супадае з гарызантальнай восьсю  $Ox$ . Аптычны цэнтр  $O$  лінзы знаходзіцца ў пачатку каардынат, фокусная адлегласць лінзы роўна  $F$ . На галоўнай аптычнай восі знаходзіцца вертыкальная стрэлка  $AB$ . Прывядзіце ў адпаведнасць каардынату  $x$



стрэлкі, каардынату  $x'$  яе відарыса, арыентацыю відарыса і знак адносін паміж вышынёй відарыса і вышынёй стрэлкі. Абгрунтуйце свой адказ.

Каардыната стрэлкі	Каардыната відарыса	Арыентацыя відарыса	Знак адносін паміж вышынёй відарыса і вышынёй стрэлкі
А) $-F < x < 0$ ; Б) $-2F < x < -F$ ; В) $x = -2F$ ; Г) $x < -2F$	а) $x' < 0$ ; б) $x' < -2F$ ; в) $x' = -2F$ ; г) $F < x' < 2F$ ; д) $-2F < x' < -F$ ; е) $x' = 2F$ ; ж) $x' > 2F$ ; з) $x' > 0$	1) Прамы. 2) Перавернуты	I) $<$ II) $=$ III) $>$

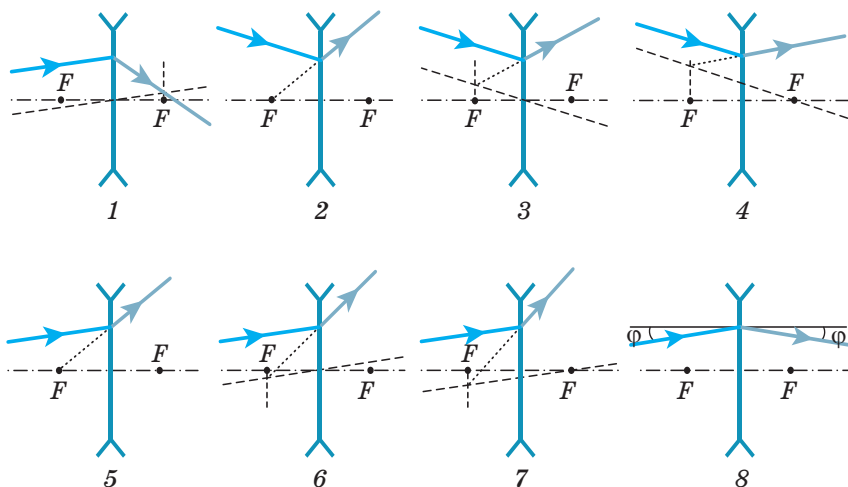
**543.** На малюнку 148 адлюстравана тонкая расейвальная лінза, галоўная аптычная вось якой супадае з гарызантальнай вощю  $Ox$ . Аптычны цэнтр  $O$  лінзы знаходзіцца ў пачатку каардынат, фокусная адлегласць лінзы роўна  $-F$ . На галоўнай аптычнай восі знаходзіцца вертыкальная стрэлка  $AB$ . Прывядзіце ў адпаведнасць уласцівасці відарыса стрэлкі, каардынату  $x$  стрэлкі і каардынату  $x'$  яе відарыса. Абгрунтуйце свой адказ.



Мал. 148

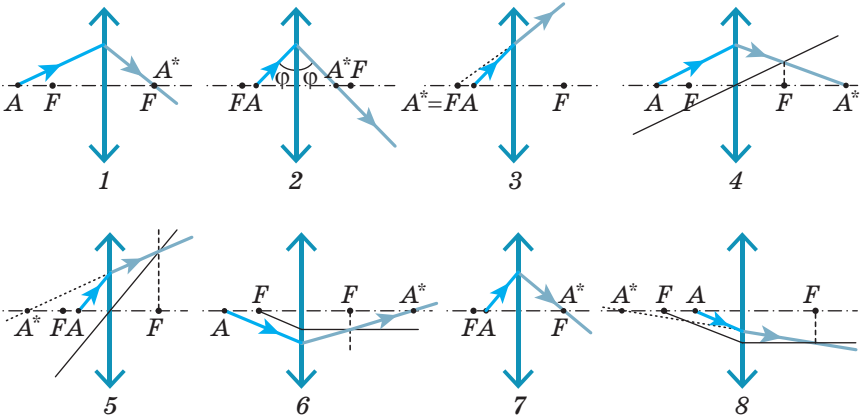
Уласціваці відарыса	Каардыната стрэлкі	Каардыната відарыса
1) Прамы.	А) $x < 0$	а) $x' < 0$
2) Перавернуты.	Б) $x < -2F$	б) $x' < -2F$
3) Павялічаны.	В) $-2F < x < -F$	в) $-2F < x' < -F$
4) Паменшаны	Г) $-F < x < 0$	г) $-F < x' < 0$
	Д) $0 < x < F$	д) $0 < x' < F$
	Е) $F < x < 2F$	е) $F < x' < 2F$
	Ж) Нельга атрымаць відарыс	ж) $x' > 2F$
		з) $x' > 0$
		і) Нельга атрымаць відарыс

544. На тонкую линзу с галоўнымі фокусамі  $F$  падае прамень святла (мал. 149, 1—8). Укажыце нумары малюнкаў, на якіх правільна адлюстраваны ход прамянёў.



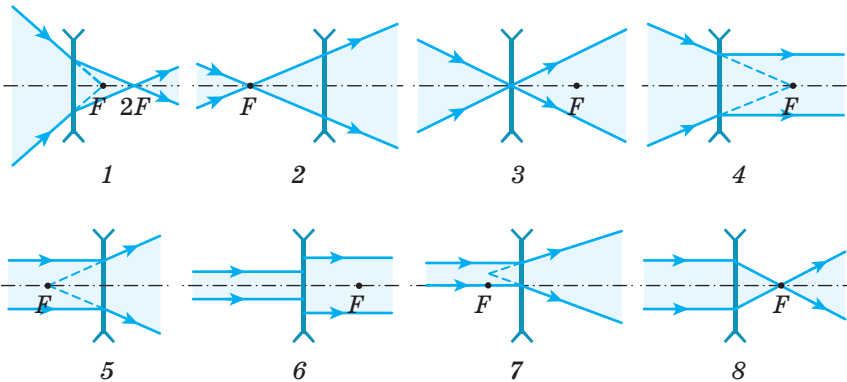
Мал. 149

**545.** Крпквая крыніца святла  $A$  знаходзіцца на галоўнай аптычнай восі тонкай лінзы з галоўнымі фокусамі  $F$  (мал. 150, 1—8). Укажыце нумары малюнкаў, на якіх правільна пабудаваны відарыс  $A^*$  гэтай крыніцы.



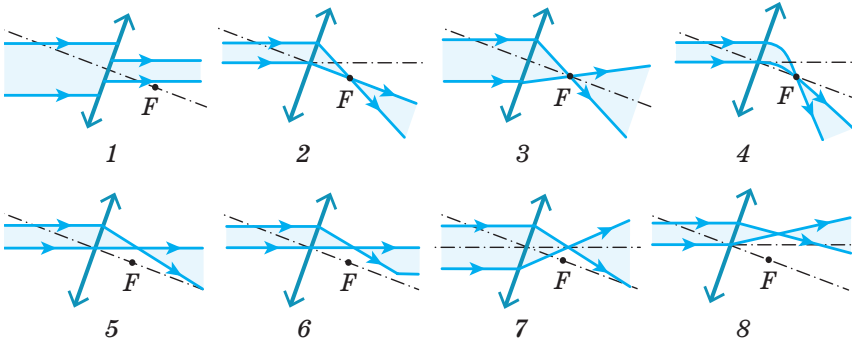
Мал. 150

**546.** На тонкую лінзу з галоўным фокусам  $F$  падае пучок святла (мал. 151, 1—8). Укажыце нумары малюнкаў, на якіх правільна адлюстраваны ход прамянёў.



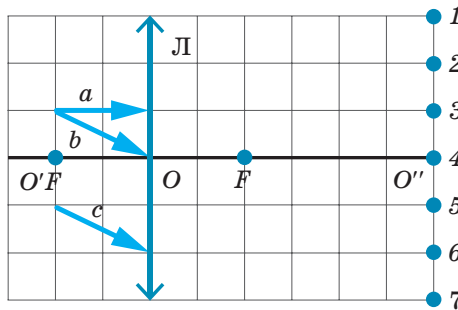
Мал. 151

547. На тонкую линзу с галоўным фокусам  $F$  падае пучок святла (мал. 152, 1—8). Укажыце нумары малюнкаў, на якіх правільна адлюстраваны ход прамянёў.



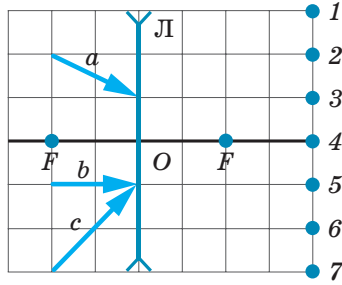
Мал. 152

548. На тонкую збіральную линзу Л падаюць светлавыя прамяні  $a$ ,  $b$ ,  $c$  (мал. 153). Пункты  $F$  — галоўныя фокусы линзы. Укажыце нумары пунктаў, праз якія пройдуць прамяні пасля праламлення ў линзе.



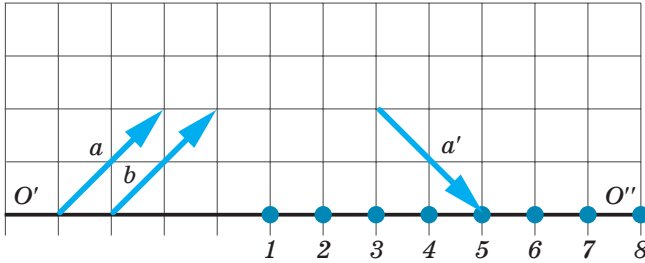
Мал. 153

549. На тонкую рассейвальную линзу Л падаюць светлавыя прамяні  $a$ ,  $b$ ,  $c$  (мал. 154). Пункты  $F$  — галоўныя фокусы линзы. Укажыце нумары пунктаў, праз якія пройдуць прамяні пасля праламлення ў линзе.



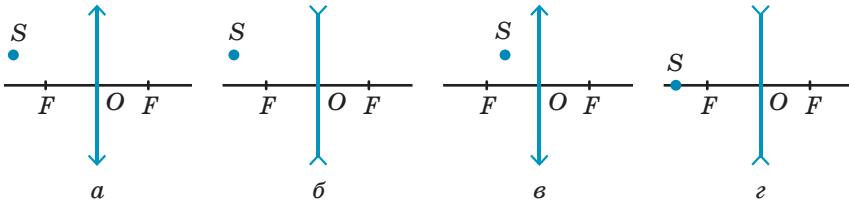
Мал. 154

**550.** На малюнку 155 адлюстравана галоўная аптычная вось  $O'O''$  тонкай лінзы. Светлавы прамень  $a$  пасля праламлення ў лінзе праходзіць праз пункт 5. Укажыце нумар пункта, праз які пройдзе прамень  $b$  пасля праламлення ў лінзе.



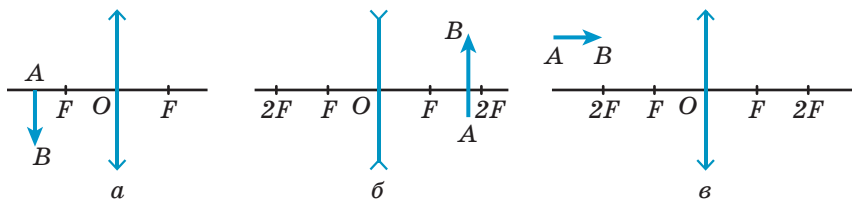
Мал. 155

**551.** Пабудуйце відарыс кропкавай крыніцы святла  $S$  у тонкай лінзе (мал. 156,  $a-g$ ).



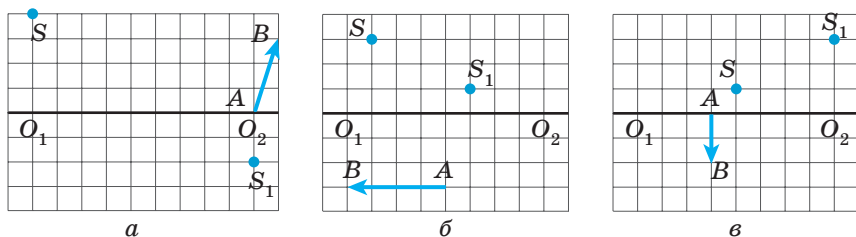
Мал. 156

552. Побудуйте відарис прадмета  $AB$  у тонкіх лінзах (мал. 157,  $a-v$ ).



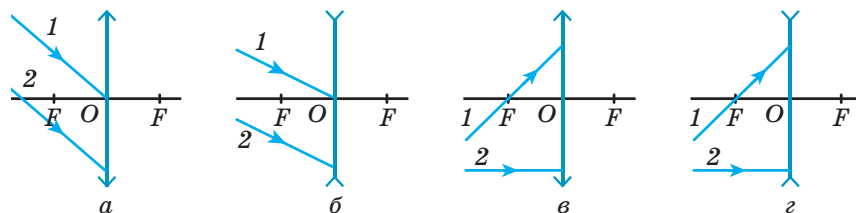
Мал. 157

553. На малюнку 158,  $a-v$  показаны:  $O_1O_2$  — галоўная аптычная вось тонкай лінзы,  $S$  — кропкавая крыніца святла,  $S_1$  — відарис крыніцы святла. Знайдзіце пабудовай становішча лінзы і яе галоўных фокусаў. Побудуйте відарис прадмета  $AB$  у кожнай лінзе.



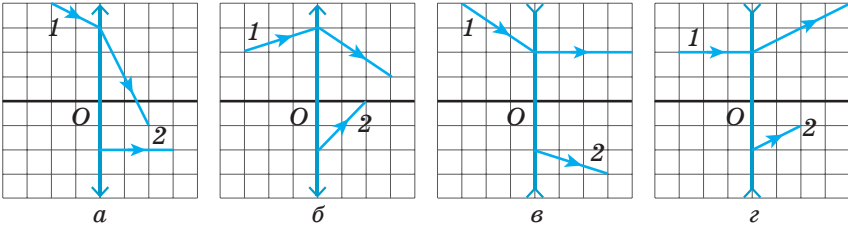
Мал. 158

554. Побудуйте далейшы ход светлавых прамянёў 1 і 2, якія падаюць на тонкую лінзу (мал. 159,  $a-z$ ).



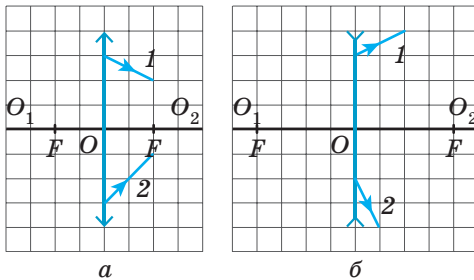
Мал. 159

555. На малюнку 160,  $a$ — $г$  показаны ход светлагого праме­ня 1, які падае на тонкую лінзу, і ход гэтага праме­ня пасля праламлення ў лінзе. Знайдзіце пабудовай ста­новішчы галоўных фокусаў лінзы і ход праме­ня 2 да праламлення ў лінзе ва ўсіх выпадках.



Мал. 160

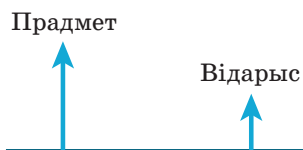
556. На малюнку 161,  $a, б$  показаны тонкія лінзы, іх аптыч­ныя восі  $O_1O_2$ , галоўныя фокусы  $F$  і аптычныя цэнтры  $O$ . Знайдзіце пабудовай становішча кропкавай крыніцы святла, калі вядомы ход прамянеў 1 і 2, якія выпра­меньваліся з крыніцы пасля іх праламлення ў лінзах.



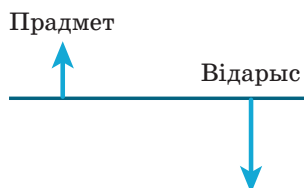
Мал. 161

557. На малюнках 162 і 163 показаны галоўная аптычная вась тонкай лінзы, прадмет і відарыс прадмета, які атрыманы з дапамогай гэтай лінзы. Прывядзіце ў ад­паведнасць нумар малюнка, тып лінзы і месцазнаход­жанне лінзы. Абгрунтуйце свой адказ.

Нумар малюнка	Тып лінзы	Месцазнаходжанне лінзы
А) Мал. 162. Б) Мал. 163	а) Збіральная. б) Рассейвальная	1) Лявей за прадмет. 2) Правей за відарыс. 3) Паміж прадметам і відарысам, бліжэй да прадмета. 4) Паміж прадметам і відарысам, бліжэй да відарыса. 5) Пасярэдзіне паміж прадметам і відарысам



Мал. 162

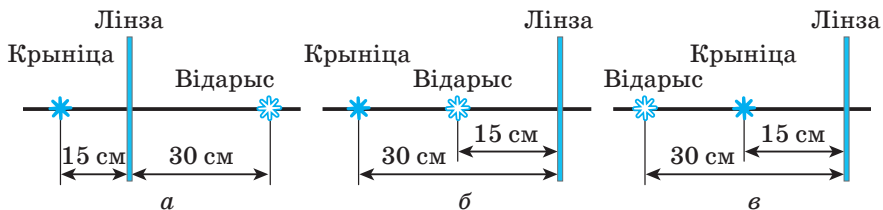


Мал. 163

**558.** На малюнку 164, *a–в* паказаны кропкавая крыніца святла і яе відарыс, атрыманы з дапамогай тонкай лінзы. Крыніца і яе відарыс размешчаны на галоўнай аптычнай восі лінзы. На кожным малюнку паказаны адлегласці ад лінзы да крыніцы і ад лінзы да відарыса крыніцы. Прывядзіце ў адпаведнасць малюнак з аптычнай схемай і формулу для разліку фокуснай адлегласці лінзы.

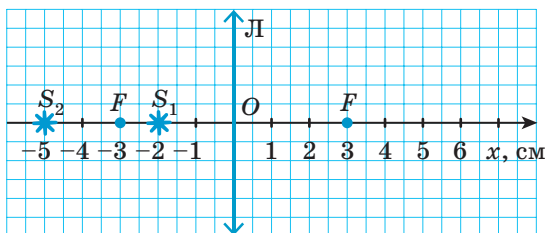
Малюнак	Формула
А) Мал. 164, <i>a</i> . Б) Мал. 164, <i>б</i> . В) Мал. 164, <i>в</i>	1) $-\frac{1}{15} - \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$ . 2) $-\frac{1}{15} + \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$ . 3) $\frac{1}{15} - \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$ . 4) $\frac{1}{15} + \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$





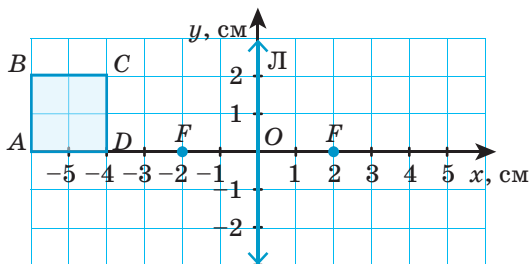
Мал. 164

559. На малюнку 165 адлюстравана тонкая збірвальная лінза Л, галоўная аптычная вось якої супадае з каардынатнай восьсю  $Ox$ . Пункты  $F$  — галоўныя фокусы лінзы. Укажыце каардынаты відарысаў пунктавых крыніц святла  $S_1$  і  $S_2$ .



Мал. 165

560. Тонкая лінза Л (мал. 166) з галоўнымі фокусамі  $F$  фарміруе відарыс квадрата  $ABCD$ . Укажыце каардынаты пунктаў, у якіх знаходзяцца відарысы вяршынь гэтага квадрата.



Мал. 166

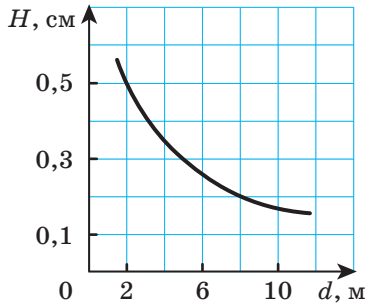
- 561.** Наяўны відарыс прадмета, змешчанага на адлегласці  $d = 15$  см ад тонкай збіральнай лінзы, атрыманы на адлегласці  $f = 30$  см ад яе. Вызначыце фокусную адлегласць, аптычную сілу і лінейнае павелічэнне лінзы.
- З а ў в а г а. У гэтай і наступных задачах дадзенай главы трэба лічыць, калі няма спецыяльных указанняў, што прадметам з'яўляецца стрэлка, размешчаная перпендыкулярна галоўнай аптычнай восі.
- 562.** Уяўны відарыс прадмета, размешчанага на адлегласці  $d = 15$  см ад тонкай збіральнай лінзы, знаходзіцца на адлегласці  $f = 37,5$  см ад яе. Вызначыце фокусную адлегласць, аптычную сілу і лінейнае павелічэнне лінзы.
- 563.** Відарыс прадмета, размешчанага на адлегласці  $d = 60$  см ад тонкай рассеивальнай лінзы, знаходзіцца на адлегласці  $f = 15$  см ад яе. Вызначыце фокусную адлегласць, аптычную сілу і лінейнае павелічэнне лінзы.
- 564.** Прадмет знаходзіцца на адлегласці  $d = 40$  см ад тонкай лінзы. Вызначыце адлегласць ад лінзы да яго відарыса, калі аптычная сіла лінзы  $D = 7,5$  дптр.
- 565.** Крыніца святла знаходзіцца на адлегласці  $d = 20$  см ад тонкай лінзы. Вызначыце адлегласць ад лінзы да відарыса крыніцы, калі аптычная сіла лінзы  $D = 2,5$  дптр.
- 566.** Відарыс святлодыёднай лямпачкі, якая свеціцца, знаходзіцца на адлегласці  $f = 30$  см ад тонкай лінзы. Вызначыце адлегласць ад лямпачкі да лінзы, калі аптычная сіла лінзы  $D = -2,5$  дптр.
- 567.** Уяўны відарыс лямпачкі знаходзіцца ў фокальнай плоскасці тонкай збіральнай лінзы з фокуснай адлегласцю  $F = 12$  см. Вызначыце адлегласць ад лямпачкі да лінзы.
- 568.** Прадмет знаходзіцца на адлегласці  $d = 50$  см ад тонкай лінзы, а яго прамы відарыс — на адлегласці  $f = 25$  см. Вызначыце аптычную сілу лінзы.

569. Визначыце, на якой адлегласці ад тонкай лінзы з фокуснай адлегласцю  $F = 12$  см трэба размясціць прадмет, каб яго нааўны відарыс быў утвая большы за сам прадмет.
570. Свечка вышыней  $h = 12$  см пастаўлена на адлегласці  $d = 50$  см ад расейвальнай лінзы. Визначыце аптычную сілу лінзы, калі вышыня відарыса свечкі  $H = 3$  см.
571. Тонкая лінза з фокуснай адлегласцю  $F = 10$  см фарміруе ўаўны відарыс прадмета на адлегласці  $f = 15$  см ад яе. Визначыце адлегласць паміж прадметам і яго відарысам.
572. Відарыс пункта, які свеціцца і створаны тонкай расейвальнай лінзай, знаходзіцца на галоўнай аптычнай восі лінзы ў два разы бліжэй да лінзы, чым сам пункт. Визначыце адлегласць паміж пунктам, які свеціцца, і яго відарысам, калі аптычная сіла лінзы  $D = -5,0$  дптр.
573. Адлегласць паміж прадметам і яго павялічаным у  $\Gamma = 5$  разоў уаўным відарысам, сфарміраваным тонкай лінзай,  $l = 80$  см. Визначыце адлегласць ад прадмета да лінзы і фокусную адлегласць лінзы.
574. Тонкая лінза з фокуснай адлегласцю  $F = 40$  мм дае нааўны павялічаны ў два разы відарыс прадмета. Визначыце адлегласць ад прадмета да відарыса.
575. Адлегласць паміж полымем свечкі і яго прамым відарысам у тонкай лінзе  $l = 90$  мм. Вышыня полымя свечкі ў  $n = 2,5$  раза большая за вышыню яго відарыса. Визначыце аптычную сілу лінзы.
576. Адлегласць паміж полымем свечкі і яго прамым відарысам у тонкай лінзе  $l = 32$  мм. Вышыня полымя свечкі ў  $\Gamma = 1,8$  раза большая за вышыню яго відарыса ў лінзе. Визначыце адлегласць ад лінзы да відарыса свечкі і фокусную адлегласць лінзы.

- 577.** Прадмет размешчаны перпендыкулярна галоўнай аптычнай восі тонкай збіральной лінзы на адлегласці  $L = 3,0$  м ад экрана. Вызначыце аптычную сілу лінзы, калі на экране атрыманы відарыс прадмета, павялічаны ў  $\Gamma = 5,0$  раза.
- 578.** Тонкая збіральная лінза стварае перавернуты відарыс прадмета. Вызначыце лінейнае павелічэнне лінзы, калі адлегласць паміж фокусам лінзы і прадметам  $l = 25$  см, а фокусная адлегласць лінзы  $F = 30$  см.
- 579.** Відарыс прадмета, які знаходзіцца на адлегласці  $f = 10$  см ад тонкай лінзы, меншы за сам прадмет у  $n = 2$  разы. Вызначыце магчымыя значэнні аптычнай сілы лінзы.
- 580.** З дапамогай тонкай лінзы атрымалі павялічаны ў  $\Gamma = 3$  разы відарыс прадмета, які знаходзіцца на адлегласці  $d = 20$  см ад лінзы. Вызначыце магчымыя значэнні фокуснай адлегласці лінзы.
- 581.** Фокусная адлегласць тонкай лінзы  $F = 40$  см. Вызначыце, на якой адлегласці ад лінзы трэба змясціць прадмет, каб атрымаць яго відарыс, павялічаны ў  $\Gamma = 4$  разы.
- 582.** Модуль фокуснай адлегласці тонкай лінзы  $F = 10$  см. Вызначыце, на якой адлегласці ад лінзы трэба змясціць прадмет, каб атрымаць яго відарыс, паменшаны  $n = 5$  разоў.
- 583.** Два аднолькавыя стрыжні размешчаны перпендыкулярна галоўнай аптычнай восі тонкай збіральной лінзы на адлегласцях  $d_1 = 15$  см і  $d_2 = 75$  см ад лінзы. Фокусная адлегласць лінзы  $F = 40$  см. Вызначыце вышыню відарыса першага стрыжня, калі вышыня відарыса другога стрыжня  $H_2 = 15$  см.
- 584.** Прамень святла, які падае на тонкую збіральную лінзу, перасякае яе галоўную аптычную вось пад вуглом  $\alpha$  на

адлегласці  $d = 18$  см ад аптычнага цэнтра лінзы. Пра-ломлены прамень перасякае гэту ж вось пад вуглом  $\beta$ . Вызначыце фокусную адлегласць лінзы, калі адносіны  $\frac{\operatorname{tg}\beta}{\operatorname{tg}\alpha} = 2$ .

- 585.** На малюнку 167 паказаны графік залежнасці вышыні відарыса, атрыманага з дапамогай тонкай рассейвальнай лінзы, ад адлегласці паміж лінзай і прадметам. Вызначыце аптычную сілу лінзы.



Мал. 167

- 586.** У колькі разоў трэба паменшыць адлегласць паміж прадметам і тонкай лінзай, каб лінейнае павелічэнне атрыманых наяўных відарысаў змянілася ад  $\Gamma_1 = 2$  да  $\Gamma_2 = 4$ ?
- 587.** З дапамогай тонкай збіральной лінзы атрыманы наяўны відарыс прадмета з лінейным павелічэннем  $\Gamma_1 = 6,5$ . Якім стане павелічэнне, калі адлегласць паміж лінзай і прадметам павялічыць у  $\alpha = 1,2$  раза?
- 588.** Вызначыце адносіны аптычных сіл дзвюх тонкіх лінз, калі вядома, што пры размяшчэнні свечкі на адлегласці  $d_1$  ад адной з іх на экране атрымліваецца відарыс з лінейным павелічэннем  $\Gamma_1 = 4$ , а пры размяшчэнні свечкі

на адлегласці  $d_2 = 2d_1$  ад другой лінзы памер відарыса памяншаецца ўдвая.

- 589.** Дзве тонкія лінзы размешчаны на аднолькавай адлегласці ад экрана. Пры размяшчэнні алоўка перад першай лінзай на экране атрымліваецца відарыс з лінейным павелічэннем  $\Gamma_1 = 5$ , а пры размяшчэнні алоўка перад другой лінзай, аптычная сіла якой  $D_2 = 4$  дптр, лінейнае павелічэнне роўна  $\Gamma_2 = 7$ . Вызначыце аптычную сілу першай лінзы.
- 590.** Дзве кропкавыя крыніцы святла знаходзяцца на адлегласці  $l = 24$  см адна ад адной. Паміж імі на адлегласці  $d_1 = 6$  см ад адной з іх змешчана тонкая збіральная лінза. Пры гэтым відарысы абедзвюх крыніц атрымаліся ў адным і тым жа пункце. Вызначыце фокусную адлегласць лінзы.
- 591.** Тонкая збіральная лінза з фокуснай адлегласцю  $F = 45$  мм размешчана паміж двума кропкавымі крыніцамі святла так, што іх відарысы супадаюць. Вызначыце адлегласць паміж крыніцамі святла, калі адлегласці ад крыніц святла да лінзы адрозніваюцца ў тры разы.
- 592.** Наяўны відарыс прадмета, атрыманы з дапамогай тонкай збіральной лінзы, знаходзіцца ад яе на адлегласці  $f_1 = 8,0$  см. Збіральную лінзу замяняюць рассеивальной з такой жа па модулі фокуснай адлегласцю. Вызначыце модуль фокуснай адлегласці лінз, калі ўяўны відарыс прадмета знаходзіцца на адлегласці  $f_2 = 2,0$  см ад рассеивальной лінзы.
- 593.** Тонкая лінза з фокуснай адлегласцю  $F_1 = 12$  см стварыла паменшаны ў тры разы наяўны відарыс прадмета. Калі другую лінзу змясціць на месца першай, яна створыць павялічаны ў тры разы наяўны відарыс гэтага ж прадмета. Вызначыце фокусную адлегласць другой лінзы.

594. Прадмет знаходзіцца на адлегласці  $d = 10$  см ад тонкай збіральной лінзы з фокуснай адлегласцю  $F = 20$  см. У колькі разоў паменшыцца вышыня відарыса прадмета, калі на месца збіральной лінзы паставіць расейвальную лінзу з такой жа па модулі фокуснай адлегласцю?
595. Адлегласць ад прадмета да тонкай лінзы і ад лінзы да відарыса прадмета аднолькавая:  $d = f = 0,50$  м. Прадмет зрушылі ўздоўж галоўнай аптычнай восі, павялічыўшы адлегласць да лінзы на  $\Delta d = 30$  см. У колькі разоў паменшылася лінейнае павелічэнне лінзы?
596. З дапамогай тонкай збіральной лінзы на экране атрымалі павялічаны відарыс прадмета. Пасля таго як лінзу зрушылі на адлегласць  $\Delta l = 5$  см, на экране атрымалі паменшаны відарыс прадмета. Вызначыце фокусную адлегласць лінзы, калі адлегласць паміж прадметам і экранам заставалася пастаяннай і роўнай  $L = 25$  см.
597. Вышыня відарыса прадмета, змешчанага перад тонкай збіральной лінзай на адлегласці  $d = 60$  см, роўна вышыні прадмета. У колькі разоў павялічыцца вышыня відарыса, калі прадмет перасунуць у бок лінзы на  $\Delta d = 20$  см?
598. Прадмет размешчаны на адлегласці  $d = 50$  см ад тонкай лінзы з аптычнай сілай  $D = 2,5$  дптр. У колькі разоў павялічыцца відарыс прадмета, калі прадмет наблізіць да лінзы на адлегласць  $\Delta d = 5,0$  см?
599. Тонкая збіральная лінза дае на экране відарыс прадмета, павялічаны ў  $\Gamma = 2,0$  раза. Адлегласць паміж прадметам і экранам на  $\Delta l = 15$  см большая за двайную фокусную адлегласць лінзы. Вызначыце адлегласць ад лінзы да экрана.
600. З дапамогай тонкай лінзы на экране атрыманы павялічаны відарыс прадмета, размешчанага перпендыкулярна

галоўнай аптычнай восі лінзы. Адлегласць паміж прадметам і экранам у  $n = 4,5$  раза большая за фокусную адлегласць лінзы. Вызначыце лінейнае павелічэнне лінзы.

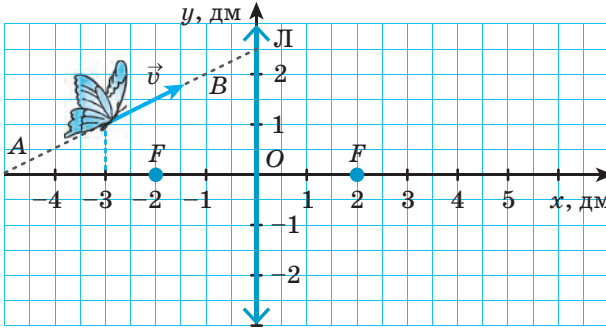
- 601.** З дапамогай тонкай збіральнай лінзы на экране стварылі дакладны відарыс прадмета вышынёй  $H_1 = 25$  см. Калі перамяшчаць лінзу да экрана, можна атрымаць другі дакладны відарыс прадмета вышынёй  $H_2 = 16$  см. Вызначыце вышыню прадмета.
- 602.** Прадмет размешчаны перпендыкулярна галоўнай аптычнай восі тонкай збіральнай лінзы і знаходзіцца ад яе на адлегласці  $d = 2F$ , дзе  $F$  — фокусная адлегласць лінзы. У колькі разоў зменіцца лінейнае павелічэнне прадмета, калі адлегласць ад прадмета да лінзы павялічыць у  $k = 2$  разы?
- 603.** З дапамогай тонкай лінзы атрымліваюць павялічаны ў  $\Gamma = 2$  разы наяўны відарыс прадмета. Потым лінзу перасоўваюць на  $l = 8$  см і атрымліваюць уяўны відарыс такога ж памеру. Вызначыце фокусную адлегласць лінзы.
- 604.** Прадмет размешчаны перпендыкулярна галоўнай аптычнай восі тонкай збіральнай лінзы на адлегласці  $L = 90$  см ад экрана. Паміж прадметам і экранам перасоўваюць лінзу. Пры адным становішчы лінзы на экране атрымліваецца павялічаны відарыс прадмета, а пры іншым — паменшаны. Вызначыце фокусную адлегласць лінзы, калі лінейнае павелічэнне першага відарыса ў чатыры разы большая за лінейнае павелічэнне другога відарыса.
- 605.** Фокусная адлегласць тонкай збіральнай лінзы  $F = 20$  см. Вызначыце адлегласць ад прадмета да пярэдняга фокуса лінзы, калі экран, на якім атрымліваецца дакладны відарыс прадмета, размешчаны на адлегласці  $b = 40$  см ад задняга фокуса лінзы.



- 606.** Прадмет знаходзіцца на адлегласцях  $l_1 = 30$  см і  $l_2 = 120$  см ад галоўных фокусаў тонкай збіральнай лінзы, якая фарміруе яго наяўны відарыс. Вызначыце лінейнае павелічэнне прадмета.
- 607.** У колькі разоў вышыня прадмета большая за вышыню відарыса, атрыманага з дапамогай тонкай расейвальнай лінзы, калі адлегласць ад відарыса да аднаго з фокусаў у чатыры разы большая, чым да другога?
- 608.** Стрыжань размешчаны ўздоўж галоўнай аптычнай восі тонкай збіральнай лінзы. Вызначыце падоўжнае павелічэнне стрыжня, калі лінза стварае відарыс прадмета, размешчанага каля аднаго канца стрыжня, з павелічэннем  $\Gamma_1 = 4$ , а каля другога канца — з павелічэннем  $\Gamma_2 = 2,75$ . Абодва канцы стрыжня размяшчаюцца ад лінзы на адлегласці большай за фокусную.
- 609.** Тонкая збіральная лінза стварае ўяўны відарыс прадмета з некаторым павелічэннем. Аказалася, што для атрымання відарыса з двухкратным павелічэннем прадмет трэба або перасунуць да лінзы на  $l_1 = 3$  см, або адсунуць ад яе на  $l_2 = 6$  см. Вызначыце першапачатковае павелічэнне прадмета.
- 610.** На тонкую збіральную лінзу падае цыліндрычны пучок прамянёў дыяметрам  $d_0 = 60$  мм, паралельных галоўнай аптычнай восі. Вось сіметрыі пучка супадае з галоўнай аптычнай воссю лінзы. За лінзай усталявалі экран спачатку на адлегласці  $l_1 = 80$  мм, а потым — на адлегласці  $l_2 = 120$  мм ад лінзы. Вызначыце дыяметр светлай плямы на экране, калі яго дыяметр у абодвух выпадках быў аднолькавы.
- 611.** Кропкавая крыніца святла знаходзіцца ў галоўным фокусе тонкай расейвальнай лінзы. Пры гэтым на экране, усталяваным за лінзай у яе факальнай плоскасці,

утвараецца светлая пляма дыяметрам  $D = 6$  см. Вызначыце дыяметр круглай адтуліны дыяфрагмы, якая размешчана ўшчыльную да лінзы і абмяжоўвае светлавы пучок, які падае на яе.

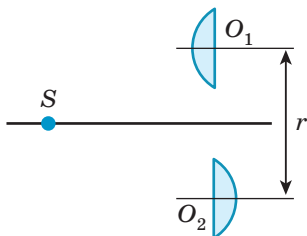
- 612.** У круглую адтуліну ў непразрыстым экране ўстаўлена тонкая рассеивальная лінза з фокуснай адлегласцю  $|F_1| = 10$  см, на якую падае шырокі пучок светлавых прамянёў, паралельных яе галоўнай аптычнай восі. На адлегласці  $l = 30$  см ад лінзы паралельна ёй размешчаны экран. Вызначыце, якую фокусную адлегласць павінна мець збіральная лінза, каб пры замене рассеивальной лінзы на збіральную радыус светлага круга на экране не змяніўся.
- 613.** На галоўнай аптычнай восі на адлегласці  $d = 50$  см ад тонкай збіральнай лінзы размешчана кропкавая крыніца святла. Лінзу перамясцілі на адлегласць  $r = 60$  мм у напрамку, перпендыкулярным галоўнай аптычнай восі. Вызначыце, на якую адлегласць перамясціўся відарыс крыніцы святла, калі фокусная адлегласць лінзы  $F = 20$  см.
- 614.** На галоўнай аптычнай восі тонкай збіральнай лінзы дыяметрам  $D = 20$  см з фокуснай адлегласцю  $F = 10$  см на адлегласці  $d = 20$  см ад лінзы знаходзіцца кропкавая крыніца святла. Вызначыце: а) час распаўсюджвання святла ад крыніцы да відарыса па самым доўгім шляху, калі таўшчыня лінзы на перыферыі роўна нулю; б) час распаўсюджвання святла ад крыніцы да відарыса па самым кароткім шляху.
- 615.** \*Матылёк ляціць да тонкай збіральнай лінзы  $L$  уздоўж лініі  $AB$  (мал. 168) са скорасцю, модуль якой  $v = 1,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Пабудуйце графікі залежнасці каардынаты  $y$  руху відарыса матылька, створанага лінзай, ад часу  $t$ .



Мал. 168

- 616.** \*Кропковая крыніца святла знаходзіцца на адлегласці  $d = 60$  см ад тонкай збіральнай лінзы на яе галоўнай аптычнай восі. Лінзу з фокуснай адлегласцю  $F = 20$  см разрэзалі на дзве палавіны ўздоўж плоскасці, у якой ляжыць галоўная аптычная вось. Вызначыце адлегласць паміж наяўнымі відарысамі кропкавай крыніцы святла, калі адна з палавінак лінзы зрушваецца ад крыніцы ўздоўж галоўнай аптычнай восі на адлегласць  $\Delta l = 10$  см.
- 617.** \*Кропковая крыніца святла знаходзіцца на адлегласці  $d = 60$  см ад тонкай збіральнай лінзы на яе галоўнай аптычнай восі. Фокусная адлегласць лінзы  $F = 40$  см. Лінзу разрэзалі на дзве палавіны ўздоўж плоскасці, у якой ляжыць галоўная аптычная вось. Абедзве палавіны лінзы адсунулі сіметрычна на адлегласць  $l = 2$  мм у напрамку, перпендыкулярным плоскасці разрэзу. Вызначыце адлегласць паміж наяўнымі відарысамі крыніцы святла.
- 618.** \*На галоўнай аптычнай восі на адлегласці  $d = 80$  см ад тонкай збіральнай лінзы, фокусная адлегласць якой  $F = 20$  см, размешчана кропковая крыніца святла. Радыусы крывізны абедзвюх паверхней лінзы аднолькавыя. Лінзы разрэзалі на дзве палавіны ўздоўж плоскасці,

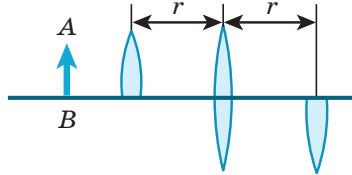
перпендыкулярнай галоўнай аптычнай восі, і сіметрычна зрушылі іх на адлегласць  $r = 4$  см у напрамку, перпендыкулярным да галоўнай аптычнай восі (мал. 169). Вызначыце, на якой адлегласці адзін ад аднаго будуць размешчаны відарысы крыніцы, атрыманыя ў палавінах лінзы.



Мал. 169

- 619.** \*Маленькі шарык, падвешаны на нерасцяжнай нітцы, раўнамерна верціцца ў гарызантальнай плоскасці вакол вертыкальнай восі, якая праходзіць праз пункт падвеса. Пры гэтым нітка ўтварае з вертыкаллю вугал  $\alpha$ . Пад шарыкам на адлегласці  $d$  ад плоскасці вярчэння замацавана тонкая збіральная лінза з фокуснай адлегласцю  $F$  так, што яе галоўная аптычная вось супадае з воссю вярчэння шарыка. Вызначыце вуглавую скорасць руху шарыка, калі яго наяўны відарыс верціцца па акружнасці радыусам  $R$ .
- 620.** \*На галоўнай аптычнай восі на адлегласці  $d = 2F$  ад тонкай збіральной лінзы, фокусная адлегласць якой  $F$ , размешчаны прадмет  $BA$ . Лінзу разрэзалі ўздоўж плоскасці, у якой ляжыць галоўная аптычная вось, на дзве палавіны і сіметрычна зрушылі кожную з іх уздоўж галоўнай аптычнай восі на адлегласць  $r = 1,5F$  (мал. 170). На якой адлегласці адзін ад аднаго будуць знаходзіцца відарысы прадмета, атрыманыя ў палавінах лінзы? У колькі разоў вышыня кожнага відарыса, атрыманага

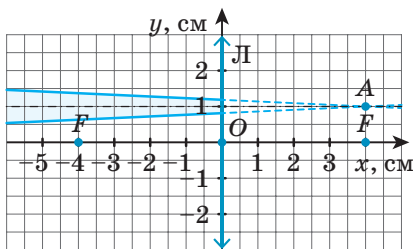
ў палавінах лінзы, адрозніваецца ад вышыні прадмета? Рашыце задачу, калі  $F = 20$  см.



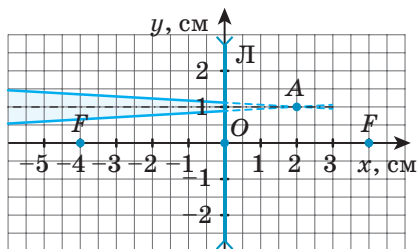
Мал. 170

- 621.** \*Маленькаму шарыку, які знаходзіцца на паверхні гарызантальна размешчанай тонкай збіральнай лінзы з аптычнай сілай  $D = 0,80$  дптр, надалі накіраваную вертыкальна ўверх пачатковую скорасць, модуль якой  $v_0 = 13 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . На працягу якога прамежку часу будзе існаваць наяўны відарыс шарыка, створаны гэтай лінзай? Супраціўленне паветра не прымаць да ўвагі.
- 622.** \*Нерухомая кропкавая крыніца святла знаходзіцца на галоўнай аптычнай восі тонкай збіральнай лінзы з фокуснай адлегласцю  $F = 6$  см на адлегласці  $d = 8$  см ад лінзы. Лінзу пачынаюць зрушваць са скорасцю, модуль якой  $v_1 = 3 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$ , у напрамку, перпендыкулярным галоўнай аптычнай восі. Вызначыце модуль скорасці руху відарыса крыніцы адносна зямлі.
- 623.** Пучок святла, які сыходзіцца, падае на тонкую лінзу з фокуснай адлегласцю  $F = 30$  см так, што працягі прамянёў перасякаюцца на галоўнай аптычнай восі лінзы на адлегласці  $d = 15$  см ад лінзы. Вось пучка супадае з галоўнай аптычнай восьцю лінзы. На якой адлегласці ад лінзы перасякаюцца прамяні, праломленыя лінзай? Разгледзець выпадкі, калі: а) лінза збіральная; б) лінза расейвальная.

624. Пучок прамянёў, які сыходзіцца, падае на тонкую расейвальную лінзу сіметрычна адносна яе галоўнай аптычнай восі і пасля праламлення ў лінзе збіраецца ў пункце  $A$ , які ляжыць на аддаленні  $r = 60$  см ад гэтай лінзы. На якой адлегласці ад пункта  $A$  знаходзіцца пункт  $B$ , у якім перасякаюцца працягі прамянёў, што падаюць на лінзу, калі фокусная адлегласць лінзы  $F = -40$  см?
625. Прамень святла падае на тонкую збіральную лінзу з фокуснай адлегласцю  $F = 30$  см. На якой адлегласці ад бліжэйшага фокуса праламлены ў лінзе прамень перасякае галоўную аптычную вось, калі працяг праменя, які падае, перасякае гэту вось на адлегласці  $l = 45$  см ад лінзы?
626. Вузкі канічны пучок светлавых прамянёў, вось якога паралельна восі  $Ox$ , сыходзіцца ў пункце  $A$  (мал. 171, 172). Перад пунктам сыходжання прамянёў змясцілі: а) тонкую збіральную лінзу; б) тонкую расейвальную лінзу. Галоўныя фокусы лінз — пункты  $F$ . Укажыце каардынаты пункта, у якім будуць сыходзіцца прамяні або іх працягі пасля праламлення ў лінзе.



Мал. 171



Мал. 172

627. На малюнку 173 на тонкую лінзу падае пучок святла, які сыходзіцца. Пункт сыходжання прамянёў знаходзіцца на адлегласці 15 см за лінзай. Відарысам з'яўля-

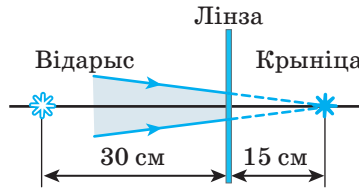
ещда новы пункт сыходжання прамянёў, размешчаны на адлегласці 30 см перад лінзай. Укажыце нумар, якім абазначана формула для разліку фокуснай адлегласці лінзы:

1)  $-\frac{1}{15} - \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$ ;

2)  $-\frac{1}{15} + \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$ ;

3)  $\frac{1}{15} - \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$ ;

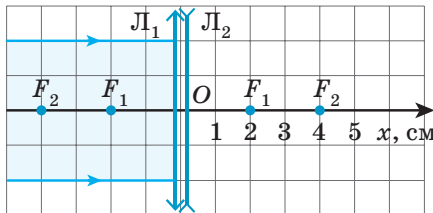
4)  $\frac{1}{15} + \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$ .



Мал. 173

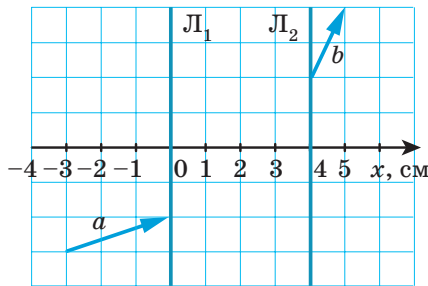
**628.** Пучок святла, які сыходзіцца, падае на тонкую расейвальную лінзу з фокуснай адлегласцю  $F = -9$  см і за лінзай сходзіцца ў галоўным фокусе лінзы. На якой адлегласці ад лінзы збярэцца той жа пучок, калі расейвальную лінзу замяніць збіральнай з той жа па модулі фокуснай адлегласцю?

**629.** На складзеныя разам тонкую збіральную лінзу і тонкую расейвальную лінзу з галоўнымі фокусамі адпаведна  $F_1$  і  $F_2$  падае паралельны пучок святла (мал. 174). Галоўныя аптычныя восі лінз супадаюць з воссю  $Ox$ . Вызначыце каардынаты пункта, у якім сфакусіруецца пучок.



Мал. 174

630. На аптычную сістэму, якая складаецца з дзвюх тонкіх лінз  $L_1$  і  $L_2$  (мал. 175), падае светлавы прамень  $a$ , прайшоўшы яе, выходзіць пад некаторым вуглом да аптычнай восі. Вызначыце: а) фокусную адлегласць першай лінзы; б) фокусную адлегласць другой лінзы; в) укажыце каардынату пункта, у які трэба перамясціць лінзу  $L_2$ , каб прамень  $b$  выходзіў з сістэмы паралельна галоўнай аптычнай восі.



Мал. 175

631. \*Дзве тонкія збіральныя лінзы размешчаны на адлегласці  $l = 20$  см адна ад адной так, што іх галоўныя аптычныя восі супадаюць. Фокусная адлегласць першай лінзы  $F_1 = 10$  см, другой —  $F_2 = 4$  см. Перад першай лінзай знаходзіцца прадмет на адлегласці  $d_1 = 30$  см ад яе. Вызначыце адлегласць ад другой лінзы да відарыса прадмета, сфарміраванага сістэмай лінз.
632. \*Кропкавая крыніца святла знаходзіцца перад тонкай збіральнай лінзай з фокуснай адлегласцю  $F_1 = 6$  см на адлегласці  $d_1 = 9$  см ад яе. Ззаду гэтай лінзы на адлегласці  $l = 6$  см ад яе знаходзіцца рассеивальная лінза з фокуснай адлегласцю  $|F_2| = 18$  см. Вызначыце, на якой адлегласці ад рассеивальной лінзы знаходзіцца відарыс крыніцы, сфарміраваны сістэмай лінз, калі галоўныя аптычныя восі лінз супадаюць.
633. \*З дапамогай тонкай збіральнай лінзы на экране атрылі малі відарыс прадмета. Паміж экранам і лінзай на



адлегласці  $a = 10$  см ад экрана змясцілі тонкую рассейвальную лінзу з фокуснай адлегласцю  $F = -20$  см. Вызначыце: а) на якой адлегласці ад рассейвальной лінзы павінен знаходзіцца экран, каб на ім быў атрыманы відарыс прадмета; б) у колькі разоў вышыня відарыса на экране, атрыманага сістэмай лінз, большая за першапачатковы відарыс прадмета на экране.

**634.** \*Прадмет размешчаны на адлегласці  $d_1 = 40$  см ад тонкай лінзы з аптычнай сілай  $D_1 = 5,0$  дптр. За ёй на адлегласці  $l = 60$  см знаходзіцца другая тонкая лінза з аптычнай сілай  $D_2 = 6,0$  дптр. Галоўныя аптычныя восі лінз супадаюць, а прадмет размешчаны перпендыкулярна гэтым восям. На якой адлегласці ад другой лінзы знаходзіцца відарыс, сфарміраваны сістэмай лінз?

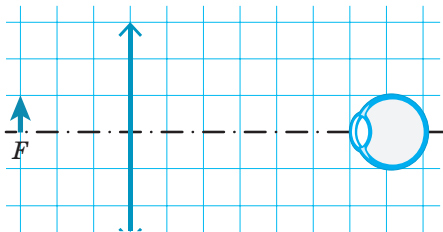
**635.** \*Тры тонкія лінзы з аптычнымі сіламі  $D_1 = 5$  дптр,  $D_2 = -4$  дптр і  $D_3 = 1$  дптр складзены ўшчыльную так, што іх галоўныя аптычныя восі супадаюць. На якой адлегласці ад сістэмы лінз трэба змясціць кропкавую крыніцу святла, каб пасля сістэмы лінз прамяні распаўсюджваліся паралельным пучком?

**636.** \*На тонкую збіральную лінзу з фокуснай адлегласцю  $F_1 = 17,0$  см падае пучок святла, паралельны яе галоўнай аптычнай восі. На якой адлегласці ад гэтай лінзы трэба паставіць другую тонкую лінзу, модуль фокуснай адлегласці якой  $|F_2| = 9,0$  см, каб пучок, прайшоўшы абедзве лінзы, застаўся паралельным? Разгледзець выпадкі, калі: а) другая лінза збіральная; б) другая лінза рассейвальная.

**637.** \*Дзве тонкія лінзы з фокуснымі адлегласцямі  $F_1 = 20$  см і  $F_2 = 60$  см размешчаны на адлегласці  $l = 100$  см адна ад другой. Галоўныя аптычныя восі лінз супадаюць. Пучок святла, паралельны галоўнай аптычнай восі, падае на першую лінзу. Вызначыце адлегласць ад аптычнага цэнтра другой лінзы да пункта сыходжання гэтага пучка, які прайшоў абедзве лінзы.

638. \*Дзве тонкія збіральныя лінзы размешчаны на адлегласці  $l = 30$  см адна ад адной так, што іх галоўныя аптычныя восі супадаюць. Фокусная адлегласць першай лінзы  $F_1 = 10$  см, другой —  $F_2 = 15$  см. На якой адлегласці ад першай лінзы трэба змясціць кропкавую крыніцу святла, каб прамяні, якія ідуць ад яе, пры праходжанні абедзвюх лінз утварылі пучок прамянёў, паралельны галоўнай аптычнай восі?
639. \*Аптычная сістэма складаецца з трох тонкіх лінз: збіральнай, рассеивальной і збіральнай, галоўныя аптычныя восі якіх супадаюць. На сістэму лінз уздоўж галоўнай аптычнай восі падае паралельны пучок светлавых прамянёў. Першая збіральная лінза, фокусная адлегласць якой  $F_1 = 10$  см, знаходзіцца на адлегласці  $a = 15$  см ад рассеивальной лінзы з фокуснай адлегласцю  $F_2 = -20$  см. На якой адлегласці ад рассеивальной лінзы размешчана другая збіральная лінза з фокуснай адлегласцю  $F_3 = 10$  см, калі з сістэмы лінз выходзіць паралельны пучок святла?
640. \*Збіральная і рассеивальная тонкія лінзы з фокуснымі адлегласцямі  $F_1 = 30$  см і  $|F_2| = 10$  см адпаведна размешчаны на адлегласці  $l = 20$  см адна ад адной. Галоўныя аптычныя восі лінз супадаюць. На збіральную лінзу падае паралельны галоўнай аптычнай восі пучок светлавых прамянёў дыяметрам  $d_1 = 12$  мм. Вызначыце дыяметр светлавога пучка на адлегласці  $a = 10$  см ад рассеивальной лінзай.
641. \*Галоўныя аптычныя восі дзвюх аднолькавых тонкіх збіральных лінз з фокуснымі адлегласцямі  $F_1 = F_2 = 40$  см супадаюць. На гэтай восі на аддаленні  $d_1 = 64$  см ад першай лінзы знаходзіцца кропкавая крыніца святла. Адлегласць паміж лінзамі  $l = 40$  см. Знайдзіце адлегласць ад другой лінзы да відарыса крыніцы, які створаны сістэмай лінз.

- 642.** \*На галоўнай аптычнай восі тонкай збіральнай лінзы, аптычная сіла якой  $D_1 = 2,5$  дптр, на адлегласці  $d_1 = 60$  см ад лінзы знаходзіцца кропкавая крыніца святла. Па другі бок лінзы на аддаленні  $l = 90$  см ад яе размешчана рассеивальная лінза з фокуснай адлегласцю  $|F_2| = 50$  см. Знайдзіце адлегласць паміж крыніцай святла і яе відарысам, створаным сістэмай лінз, калі галоўныя аптычныя восі абедзвюх лінз супадаюць.
- 643.** Відарысы, якія ствараюцца аптычнымі прыборамі, могуць быць: 1) наяўнымі; 2) уяўнымі; 3) прамымі; 4) перавернутымі; 5) павялічанымі; 6) паменшанымі. Якія відарысы ствараюць наступныя аптычныя прыборы пры выкарыстанні іх па прызначэнні: а) лічбавы фотаапарат; б) чалавечае вока; в) лупа; г) мікраскоп?
- 644.** На малюнку 176 адлюстравана вока чалавека, які разглядае прадмет, змешчаны ў фокусе лупы. А) Чаму роўна вуглавое павелічэнне лупы пры такім яе выкарыстанні? Адлегласць да прадмета трэба вымяраць ад рагавіцы вока. Б) Чаму роўна лінейнае павелічэнне лупы? В) Як зменіцца вуглавы памер прадмета, калі пры нязменнай адлегласці паміж лупай і прадметам павялічыць адлегласць паміж вокам і прадметам: 1) паменшыцца; 2) не зменіцца; 3) павялічыцца? Г) Як пры гэтым зменіцца вуглавое павелічэнне лупы? Адказы абгрунтуйце.



Мал. 176

645. Гадзіннікавы майстар, які трымае лупу з аптычнай сілай  $D = 8$  дптр, разглядае дэталі гадзінніка. Вызначыце лінейнае павелічэнне лупы, калі ўяўны відарыс дэталей гадзінніка знаходзіцца ад яе на адлегласці найлепшага зроку  $d_0 = 25$  см.
646. Вызначыце фокусную адлегласць лупы, якая дае вуглавое павелічэнне  $\Gamma = 5$  пры разгляданні прадмета, размешчанага ў факальнай плоскасці лупы. Адлегласць найлепшага зроку  $d_0 = 25$  см.
647. Вызначыце павелічэнне лупы з фокуснай адлегласцю  $F = 6$  см пры яе выкарыстанні чалавекам з дальназоркасцю, калі для яго адлегласць найлепшага зроку  $d_d = 48$  см. Вока акамадзіравана на бясконцасць.
648. Тонкая лінза стварыла ўяўны відарыс прадмета, які знаходзіцца на адлегласці  $d = 5$  см ад яе, з павелічэннем  $\Gamma_1 = 5$ . Якое будзе павелічэнне, калі дадзеную лінзу выкарыстоўваць у якасці лупы, размясціўшы прадмет у яе галоўным фокусе? Адлегласць найлепшага зроку  $d_0 = 25$  см. Вока акамадзіравана на бясконцасць.
649. \*Чалавек прыклаў лупу з фокуснай адлегласцю  $F = 20$  см да плоскага люстра і назірае сваё вока. Вока акамадзіравана на бясконцасць. З якім вуглавым павелічэннем чалавек бачыць сваё вока ў параўнанні з тым, калі б ён назіраў сваё вока праз люстра, размешчанае на той жа адлегласці?
650. Разглядваючы тэкст, які знаходзіцца на адлегласці найлепшага зроку  $d_0 = 25$  см, праз рассеявальную лінзу з фокуснай адлегласцю  $F = -10$  см, вучань знайшоў становішча лінзы, пры якім літары мелі найменшы вуглавый памер. Вызначыце: а) якая пры гэтым была адлегласць ад прадмета да лінзы; б) у колькі разоў паменшыўся вуглавый памер літар.

**651.** Прывядзіце ў адпаведнасць структуры вока з іх асноўным прызначэннем.

Структуры вока	Асноўнае прызначэнне
А) Рагавіца.	1) Успрыманне святла, перадача інфармацыі ў цэнтральную нервовую сістэму.
Б) Хрусталік.	2) Асноўнае праламленне святла.
В) Радужная абалонка.	3) Вярчэнне вока.
Г) Сятчатка	4) Змяненне асветленасці сятчаткі. 5) Акамадацыя вока. 6) Засцярога вока ад знешняга ўздзеяння

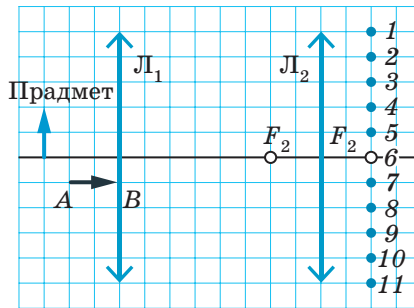
**652.** Чалавек з невялікай дальназоркасцю, які выкарыстоўвае кантактныя лінзы, чытае кнігу. Дзе знаходзіцца відарыс кнігі, створаны кантактнымі лінзамі: 1) далей кнігі; 2) паміж кнігай і вачамі; 3) паміж хрусталікам і сятчаткай; 4) за сятчаткай? Абгрунтуйце свой адказ.

**653.** Кіроўца, які карыстаецца кантактнымі лінзамі для карэкцыі блізарукасці, глядзіць на святлафор. Дзе знаходзіцца відарыс святлафора, створаны кантактнымі лінзамі: 1) далей святлафора; 2) паміж святлафорам і вачамі; 3) паміж хрусталікам і сятчаткай; 4) за сятчаткай? Абгрунтуйце свой адказ.

**654.** Хлопчык, не напружваючыся, глядзіць на планшэт, трымаючы яго на адлегласці найлепшага зроку  $d = 16$  см ад вачэй. Вызначыце аптычную сілу акуляраў, якія патрэбны хлопчыку, каб без напружання працаваць з планшэтам, які знаходзіцца на адлегласці найлепшага зроку для здаровага чалавека  $d_0 = 25$  см.

**655.** Мінімальна адлегласць, з якой дальназоркі чалавек у акулярах з аптычнай сілай  $D = 2$  дптр выразна бачыць аддаленыя прадметы,  $d = 50$  см. Вызначыце мінімальную аптычную сілу акуляраў, якія патрэбны гэтаму чалавеку, каб ён здолеў выразна бачыць прадметы з адлегласці найлепшага зроку  $d_0 = 25$  см.

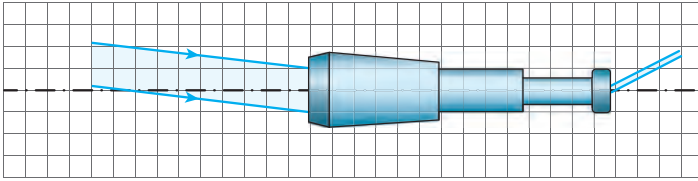
656. Вучню для чытання кніг доктар выпісаў акуляр з аптычнай сілай  $D = -1$  дптр. На якой адлегласці вучню трэба размясціць плоскае люстра, каб бачыць у ім свой твар з адлегласці найлепшага зроку, не надзяваючы акуляр? Адлегласць найлепшага зроку для здаровага вока  $d_0 = 25$  см.
657. Чалавек пераводзіць позірк з неба на смартфон, размешчаны на адлегласці найлепшага зроку  $d_0 = 25$  см. На колькі змяняецца аптычная сіла хрустальніка вока?
658. \*На малюнку 177 адлюстравана аптычная схема мікраскопа, з дапамогай якога разглядаюць прадмет. Вока назіральніка акамадзіравана на бясконцасць. Галоўныя фокусы акулара  $L_2 - F_2$ . На аб'ектыў мікраскопа  $L_1$  падае светлавы прамень  $AB$ . А) Укажыце нумар пункта, праз які пройдзе гэты прамень. Б) Вызначыце павелічэнне аб'ектыва.



Мал. 177

659. \*Фокусная адлегласць аб'ектыва мікраскопа  $F_1 = 2$  см, а акулара —  $F_2 = 5$  мм. Адлегласць паміж аб'ектывам і акуляр складае  $l = 20$  см. Вызначыце павелічэнне мікраскопа для назіральніка, адлегласць найлепшага зроку для якога  $d_{01} = 20$  см.

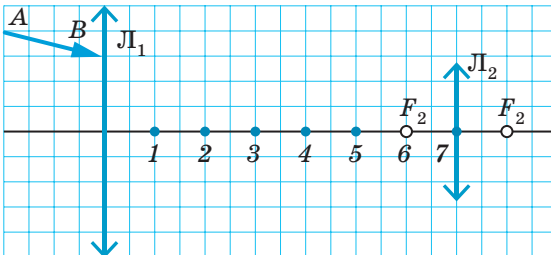
**660.** На малюнку 178 показаны светлавы пучок, які праходзіць праз прасцейшую глядзельную трубу. А) Чаму роўна па модулі вуглавое павелічэнне глядзельнай трубы? Б) Прывядзіце ў адпаведнасць дэталі глядзельнай трубы і тып лінз, выкарыстаных для іх вырабу. Абгрунтуйце адказ.



Мал. 178

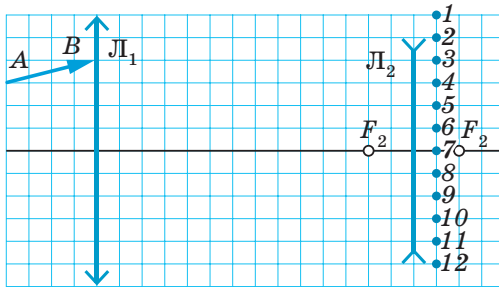
Дэталі тэлескопа	Тып лінзы
а) Аб'ектыў.	1) Збіральная.
б) Акуляр	2) Рассейвальная

**661.** \*На аптычнай схеме тэлескопа Кеплера, наладжанага для назірання аддаленых аб'ектаў, показаны галоўныя фокусы  $F_2$  акулярна  $Л_2$  (мал. 179). Вока назіральніка акамадзіравана на бясконцасць. На аб'ектыў  $Л_1$  тэлескопа падае светлавы прамень  $AB$ . А) Укажыце нумар пункта, праз які пройдзе гэты прамень пасля праламлення ў аб'ектыве. Б) Чаму роўна вуглавое павелічэнне мікраскопа?



Мал. 179

662. \*На аптычнай схеме тэлескопа Галілея, наладжанага для назірання аддаленых аб'ектаў, паказаны галоўныя фокусы  $F_2$  акулярна  $L_2$  (мал. 180). Вока назіральніка акамадзіравана на бясконцасць. На аб'екты  $L_1$  тэлескопа падае светлавы прамень  $AB$ . А) Пасля праламлення ў аб'ектыве гэты прамень пройдзе праз пункт, пазначаны лічбай ... . Б) Вуглавое павелічэнне тэлескопа роўна ... .



Мал. 180

663. \*Святло ад зоркі падае на аб'ектыў тэлескопа дыяметрам  $D = 20$  см з фокуснай адлегласцю  $F_1 = 1,0$  м і выходзіць з акулярна ў выглядзе пучка паралельных прамянёў, дыяметр якога роўны дыяметру зрэнкі назіральніка  $d_{зр} = 5$  мм. А) Вызначыце фокусную адлегласць  $F_2$  акулярна. Б) Разлічыце вуглавое павелічэнне тэлескопа.
664. \*Павелічэнне тэлескопа  $\Gamma = 500$ . Вызначыце аптычную сілу аб'ектыва, калі фокусная адлегласць акулярна  $F_2 = 5$  см, а даўжыня тубуса  $l = 20$  см.
665. \*Фокусная адлегласць акулярна тэлескопа  $F_2 = 2,5$  см. Тэлескоп дае 40-кратнае павелічэнне. Вызначыце аптычную сілу аб'ектыва.
666. \*Фокусная адлегласць аб'ектыва глядзельнай трубы і акулярна адпаведна роўна  $F_1 = 200$  см і  $F_2 = 10$  см. У глядзельную трубу назіраюць Месяц, вуглавы дыяметр якога пры назіранні простым вокам  $\varphi_1 = 30'$ . Пад якім вуглом бачны дыяметр дыска Месяца ў глядзельную трубу?



**667.** Прывядзіце ў адпаведнасць змяненне ўмоў фотаздымкі з дзеяннямі, якія трэба для гэтага выканаць.

Змяненне ўмоў фотаздымкі	Дзеянні
А) Павелічэнне асветленасці фотаматрыцы.	1) Павелічэнне святлоадчувальнасці матрыцы.
Б) Павелічэнне часу ўздзеяння святла на фотаматрыцу.	2) Зрушэнне аб'ектыва адносна фотаматрыцы.
В) Змяненне рэзкасці відарыса.	3) Павелічэнне фокуснай адлегласці аб'ектыва.
Г) Павелічэнне памеру відарыса на фотаматрыцы («зум»)	4) Павелічэнне вытрымкі. 5) Павелічэнне дыяметра дыяфрагмы

**668.** Найбольш правільнае прасторавае ўспрыманне фатаграфіі атрымліваецца, калі пры яе разглядванні вуглавая памеры аб'ектаў, адлюстраваных на фатаграфіі, будуць для назіральніка такімі ж, якімі яны былі для фотаапарата пры здымцы. У гэтым выпадку не патрабуецца ніякіх прыстасаванняў, каб убачыць аб'ёмны відарыс. (Пры разглядванні фатаграфіі рэкамендуецца прыкрыць адно вока.) З якой адлегласці трэба глядзець на экран манітора вышынёй  $H = 28$  см, каб атрымаць найбольш правільнае прасторавае ўспрыманне здымка, зробленага з дапамогай лічбавай фотакамеры, у якой вышыня матрыцы  $h = 4,8$  мм, фокусная адлегласць аб'ектыва  $F = 7,9$  мм?

**669.** Вышыня відарыса збудавання на матрыцы фотаапарата  $H = 36$  мм, фокусная адлегласць аб'ектыва  $F = 50$  мм. Вызначыце вышыню збудавання, калі фатограф знаходзіўся на адлегласці  $d = 50$  м ад яго.

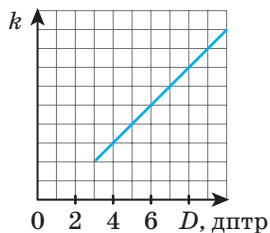
**670.** Пры фатаграфаванні прадмета з адлегласці  $d_1 = 1,0$  м вышыня відарыса  $H_1 = 6,0$  см, а пры фатаграфаванні з адлегласці  $d_2 = 5,0$  м — вышыня  $H_2 = 1,0$  см. Вызначыце фокусную адлегласць аб'ектыва фотаапарата.

671. Фота на малюнку 181 было зроблена з адлегласці  $s = 14$  м пры фокуснай адлегласці аб'ектыва  $F = 26$  см. Памеры атрыманага відарыса на матрыцы фотаапарата  $12,9 \text{ мм} \times 8,6 \text{ мм}$ . Выканайце неабходныя вымярэнні па фатаграфіі і знайдзіце вышыню  $H$ .



Мал. 181

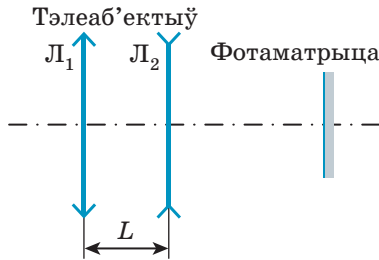
672. На фотаматрыцы лічбавай камеры атрымалі відарыс прадмета, які ў  $k$  разоў меншы за прадмет. Пры пастаяннай адлегласці ад прадмета да фотакамеры змянялі аптычную сілу аб'ектыва  $D$ . На малюнку 182 прадстаўлены графік залежнасці  $k$  ад  $D$ . Чаму роўна адлегласць ад прадмета да камеры?



Мал. 182

673. \*Тэлааб'екты ў выкарыстоўваецца ў тых выпадках, калі патрабуецца аб'екты з вялікай фокуснай адлегласцю, але з малымі памерамі. У фотаапаратах з прасцейшым тэлааб'ектывам светлавыя прамяні ад аддаленага аб'екта спачатку праходзяць праз збіральную лінзу  $L_1$  (мал. 183) з фокуснай адлегласцю  $F_1 = 10$  см, потым — праз расейвальную лінзу  $L_2$  з фокуснай адлегласцю

$F_2 = -5,0$  см, пасля гэтага прамяні трапляюць на фотаматрыцу. Адлегласць паміж лінзамі  $L = 7,0$  см. А) На якой адлегласці ад рассеивальной лінзы атрымліваецца відарыс аддаленага аб'екта? Б) Якая павінна быць фокусная адлегласць тонкай збіральной лінзы, каб яна стварала відарыс аддаленага аб'екта такога ж памеру, як і створаны тэлеаб'ектывам?



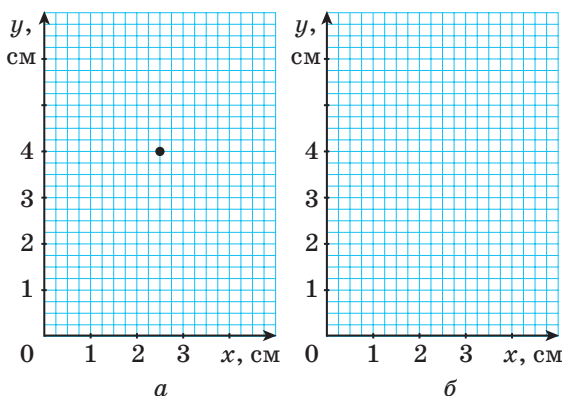
Мал. 182

**674.** \*Пры факусіроўцы фотаапарата на пэўную дыстанцыю тэа аб'екты, якія знаходзяцца крыху бліжэй або далей пункта факусіроўкі, атрымліваюцца рэзкімі, а ўсе астатнія — размытымі (мал. 184). Дыяпазон адлегласцей, на якіх аб'екты выглядаюць рэзкімі, называецца глыбінёй рэзкасці. Калі пры фатаграфаванні аб'екта, размешчанага на адлегласці  $d_0 = 2,0$  м, бліжня мяжа глыбіні рэзкасці знаходзілася на адлегласці  $d_1 = 1,5$  м ад фотаапарата, то на якой адлегласці ад фотаапарата будзе знаходзіцца далёкая мяжа глыбіні рэзкасці?




Мал. 184

675. Аб'ектыў праекцыйнага апарата, які мае фокусную адлегласць  $F = 18$  см, размешчаны на адлегласці  $f = 6,0$  м ад экрана. Вызначыце павелічэнне праекцыйнага апарата.
676. Пры разглядванні прадмета яго двухмерныя відарысы, бачныя левым і правым вокам, успрымаюцца як адзін трохмерны відарыс, і ўзнікае стэрэаэфект. Стэрэаэфект можа ўзнікнуць пры разглядванні плоскіх відарысаў, напрыклад, дзвюх фатаграфій аднаго і таго ж аб'екта, зробленых з розных пунктаў назірання. Відарыс здаецца аб'ёмным, калі кожнае вока бачыць прызначаны толькі для яго відарыс. На малюнку 185, *a*, *b* прадстаўлены два відарысы каардынатнай плоскасці для левага (*a*) і правага (*b*) вока. На малюнку для левага вока паказаны пункт. На малюнку для правага вока паграбуецца намаляваць пункт так, каб пры разглядванні гэтых відарысаў з адлегласці  $H = 27$  см пункт здаваўся лунаючым на вышыні  $h = 1,0$  см над каардынатнай плоскасцю. Вызначыце каардынаты гэтага пункта для правага вока, калі адлегласць паміж цэнтрамі зрэнак правага і левага вока  $L = 65$  мм.



Мал. 185



# АСНОВЫ СПЕЦЫЯЛЬНАЙ ТЭОРЫІ АДНОСНАСЦІ

VI. Элементы тэорыі  
адноснасці

## VI. ЭЛЕМЕНТЫ ТЭОРЫІ АДНОСНАСЦІ

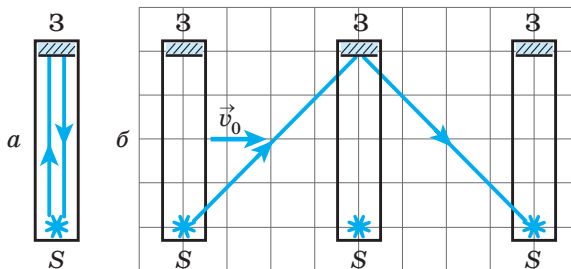
Фізічная велічыня або закон	Формула	Фізічныя велічыні, якія ўваходзяць у формулу
<p>Рэляты-вісцкае скарачэнне даўжыні цела ў напрамку яго руху</p>	$* \quad l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$	<p><math>l</math> — даўжыня цела ў інерцыяльнай сістэме адліку (ІСА), адносна якой цела рухаецца;  <math>l_0</math> — даўжыня цела ў ІСА, адносна якой цела знаходзіцца ў спакоі (уласная даўжыня цела);  <math>v</math> — модуль скорасці руху цела;  <math>c</math> — скорасць святла ў вакууме</p>
<p>Рэляты-вісцкае запазненне часу</p>	$* \quad t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	<p><math>t</math> — прамежак часу паміж дзвюма падзеямі, вымераны адносна нерухомай ІСА;  <math>t_0</math> — прамежак часу паміж дзвюма падзеямі, якія адбыліся ў рухомай ІСА (уласны час);  <math>v</math> — модуль скорасці руху ІСА;  <math>c</math> — скорасць святла ў вакууме</p>

Фізічная велічыня або закон	Формула	Фізічныя велічыні, якія ўваходзяць у формулу
Рэлятывісцкі закон складання скорасцей (калі напрамкі скорасцей $\vec{v}'$ і $\vec{v}_0$ супадаюць)	* $v = \frac{v_0 + v'}{1 + \frac{v_0 v'}{c^2}}$	$v$ — модуль скорасці руху цела адносна нерухомай ІСА; $v_0$ — модуль скорасці руху рухомай ІСА адносна нерухомай ІСА; $v'$ — модуль скорасці руху цела адносна рухомай ІСА; $c$ — скорасць святла ў вакууме
Рэлятывісцкі імпульс цела	* $\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	$m$ — маса цела; $\vec{v}$ — скорасць руху цела; $c$ — скорасць святла ў вакууме
Энергія спакою цела	$E_0 = mc^2$	$E_0$ — энергія спакою цела;
Рэлятывісцкая энергія цела	* $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	$E$ — поўная энергія цела; $E_k$ — кінетычная энергія цела; $m$ — маса цела; $v$ — модуль скорасці руху цела;
Рэлятывісцкая кінетычная энергія цела	* $E_k = mc^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$	$c$ — скорасць святла ў вакууме

677. Укажыце першы пастулат СТА:

- а) законы фізікі аднолькавыя ва ўсіх сістэмах адліку;
- б) законы фізікі розныя ў розных інерцыяльных сістэмах адліку;
- в) законы фізікі аднолькавыя ва ўсіх інерцыяльных сістэмах адліку;
- г) законы фізікі не могуць быць аднолькавыя ў розных сістэмах адліку.

678. \*Кропкавая крыніца святла і плоскае люстра замацаваны на жорсткай платформе (мал. 186, а). Крыніца святла пасылае ў бок люстра кароткі светлавы імпульс, які ў сістэме адліку, звязанай з платформай, вяртаецца назад праз час  $t_0$ . Платформа прамалінейна і раўнамерна рухаецца адносна Зямлі са скорасцю  $\vec{v}_0$ , перпендыкулярнай аптычнай восі сістэмы. Траекторыя руху светлавога імпульсу ў сістэме адліку, звязанай з Зямлёй, адлюстравана на малюнку 186, б. Вызначыце: а) скорасць руху светлавога імпульсу ў сістэме адліку, звязанай з Зямлёй; б) модуль скорасці платформы ў гэтай сістэме адліку; в) час, за які светлавы імпульс у сістэме адліку, звязанай з Зямлёй, зноў прыйдзе да крыніцы. Адлегласць паміж крыніцай і люстрам у абедзвюх сістэмах адліку адна і тая ж.

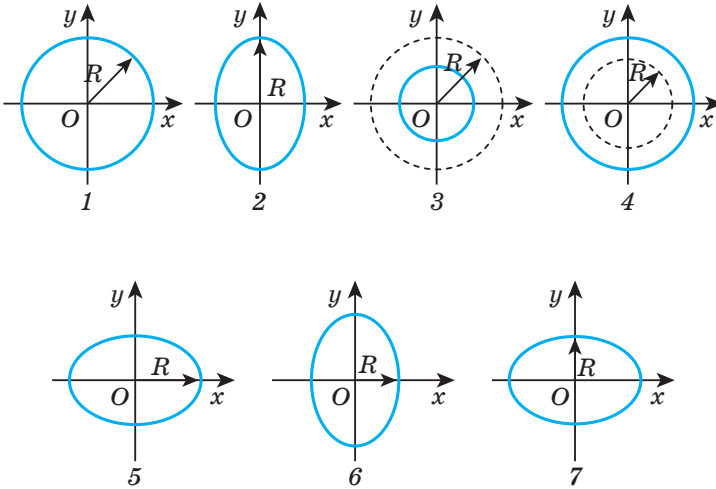


Мал. 186



679. У наступным сказе замяніце шматкроп’е словамі: *інерцыяльных, любых, залежыць, не залежыць*. Другі пастулат СТА гаворыць: скорасць святла ў вакууме ў ... сістэмах адліку ... ад скорасці руху крыніцы і ... ад скорасці руху назіральніка.

680. \*Кольца радыусам  $R$  рухаецца паступальна з рэлятывісцкай скорасцю ўздоўж восі  $Ox$  (мал. 187). Укажыце нумар малюнка, на якім паказана правільная форма кольца ў нерухомай сістэме адліку  $xOy$ .



Мал. 187

681. \*Цэнтр жорсткага стрыжня, які павольна верціцца, раўнамерна рухаецца з рэлятывісцкай скорасцю ў нерухомай сістэме адліку  $Oxyz$ . Скорасць цэнтра накіравана ўздоўж восі  $Ox$ . Спачатку стрыжань быў паралельны восі  $Oy$ , потым ён стаў паралельны восі  $Ox$ , пасля гэтага вось стрыжня накіравалі ўздоўж восі  $Oz$ . Як у час павароту змянялася даўжыня стрыжня ў сістэме адліку

*Охуз?* Укажыце характар змянення памераў стрыжня ў выглядзе паслядоўнасці лічбаў: 1) павелічэнне; 2) паяншэнне; 3) пастаянства.

- 682.** \*Уявіце, што метровую лінейку змясцілі ў ракету, якая рухаецца прамалінейна і раўнамерна адносна Зямлі са скорасцю, блізкай да скорасці святла, і размясцілі ўздоўж напрамку руху ракеты. Патлумачце, ці змяніліся даўжыня, плошча папярочнага сячэння, аб'ём, колькасць рэчыва і шчыльнасць рэчыва лінейкі ў сістэме адліку, звязанай з Зямлёй.
- 683.** \*У колькі разоў паменшыцца даўжыня стрыжня ў некаторай інерцыяльнай сістэме адліку, калі стрыжань са стану спакою пачне рухацца са скорасцю, модуль якой  $v = 0,60c$ , накіраванай уздоўж восі стрыжня?
- 684.** \*Уявіце, што касмічны лятальны апарат пралятае міма Зямлі са скорасцю, модуль якой  $v = 2,4 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . У сістэме адліку, звязанай з Зямлёй, даўжыня апарата  $l = 54$  м. Вызначыце ўласную даўжыню лятальнага апарата.
- 685.** \*Вызначыце модуль скорасці, з якой павінна рухацца ракета, каб яе даўжыня адносна нерухомага назіральніка, які знаходзіцца на Зямлі, паменшылася на  $\alpha = 20 \%$ .
- 686.** \*Куб, уласная даўжыня рабра якога  $l_0$ , рухаецца са скорасцю  $v = 0,80c$ . Скорасць накіравана ўздоўж аднаго з рэбраў куба. Знайдзіце сумарную даўжыню ўсіх рэбраў куба адносна нерухомай сістэмы каардынат.
- 687.** \*Даўжыня стараны квадрата на рэпрадукцыі карціны Малевіча «Чорны квадрат»  $a = 50$  см. Вызначыце, якой стане плошча гэтага квадрата ў сістэме адліку, звязанай з Зямлёй, калі карціна будзе знаходзіцца ў ракеце,

што рухаецца адносна Зямлі са скорасцю, модуль якой  $v = 0,80c$ . Лічыце, што дзве стараны квадрата паралельны напрамку руху ракеты.

- 688.** \*Манітор у форме прамавугольніка са старанамі  $a = 30$  см і  $b = 50$  см знаходзіцца ў касмічным апарате. Вызначыце модуль скорасці, з якой павінен рухацца касмічны апарат адносна Зямлі ўздоўж стараны  $b$ , каб у сістэме адліку, звязанай з Зямлёй, прамавугольны манітор стаў квадратным са стараной, роўнай  $a$ .
- 689.** \*Жорсткі стрыжань, у якога ўласная даўжыня  $l_0 = 85$  см, рухаўся ўздоўж сваёй восі з пастаяннай скорасцю, модуль якой  $v_1 = 0,8c$ . Пасля пераходу да іншай пастаяннай скорасці  $v_2$ , накіраванай уздоўж восі стрыжня, яго даўжыня павялічылася на  $\Delta l = 17$  см. Вызначыце модуль скорасці  $v_2$ .
- 690.** \*Адна з нестабільных часціц знаходзіцца ў спакоі, а другая такая ж часціца рухаецца адносна Зямлі са скорасцю, модуль якой  $v = 1,80 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Вызначыце, у колькі разоў па зямным гадзінніку сярэдні час жыцця другой часціцы большы, чым першай.
- 691.** \*Уласны час жыцця  $\pi$ -мезона  $t_0 = 26$  нс. Вызначыце час жыцця гэтай часціцы, вымераны па зямным гадзінніку, калі часціца рухаецца адносна Зямлі са скорасцю, модуль якой  $v = 2,7 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .
- 692.** \*У касмічным караблі, што рухаецца са скорасцю, модуль якой  $v_1 = 0,8c$ , знаходзіцца такі ж гадзіннік, як і на Зямлі. На колькі менш змяняцца паказанні гадзінніка на караблі, чым на Зямлі, калі па паказаннях гадзінніка на Зямлі пройдзе  $t = 10$  мін?

693. \*Касмічны карабель рухаецца са скорасцю, модуль якой  $v = 0,8c$  адносна Зямлі. Які шлях праляціць гэты карабель у сістэме адліку, звязанай з Зямлёй, калі па гадзінніку, які знаходзіцца на караблі, пройдзе час  $t_0 = 0,5$  с?
694. \*З ракеты, якая рухаецца са скорасцю  $v = 0,6c$ , уздоўж прамой, што праходзіць праз Зямлю, касманаўт кожную секунду пасылае лазерныя імпульсы ў бок Зямлі. Імпульсы рэгіструюцца зямной астранамічнай абсерваторыяй, іх параметры запісваюць у лабараторны журнал. Які перыяд імпульсаў будзе ўказаны ў лабараторным журнале, калі: а) ракета набліжаецца да Зямлі; б) ракета аддаляецца ад Зямлі?
695. \*Уласны час жыцця мюона  $t_0 = 2,2$  мкс. Вызначыце, які шлях праляцела гэта часціца ў сістэме адліку, звязанай з Зямлёй, калі час жыцця мюона, вымераны па зямным гадзінніку,  $t = 4,4$  мкс, а часціца рухалася раўнамерна.
696. \*У ракеце, якая ляціць адносна Зямлі са скорасцю, модуль якой  $v = 0,6c$ , перпендыкулярна напрамку палёту ракеты рухаецца іон са скорасцю, модуль якой адносна ракеты  $v_1 = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . У сістэме адліку, звязанай з Зямлёй, вызначыце модуль скорасці іона ў напрамку, перпендыкулярным напрамку руху ракеты.
697. \*Дакладнасць вызначэння каардынат з дапамогай глабальнай сістэмы пазіцыяніравання (GPS) залежыць ад дакладнасці вызначэння каардынат навігацыйных спадарожнікаў і дакладнасці гадзіннікаў, усталяваных на іх. Навігацыйны спадарожнік рухаецца адносна Зямлі са скорасцю  $v = 3,90 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ , значыць, скорасць прахо-

джання часу на Зямлі і на спадарожніку розная. За які час на спадарожнікавым гадзінніку адносна зямнога гадзінніка набягае памылка, роўная часу, за які святло праходзіць адлегласць  $l = 3,00$  м?

З а ў в а г і. А) Гравітацыйнае поле на арбіце спадарожніка слабейшае, чым на паверхні Зямлі. Згодна з агульнай (а не спецыяльнай) тэорыяй адноснасці, на арбіце спадарожніка па гэтай прычыне павінна адбыцца паскарэнне ходу гадзінніка прыкладна ў 7 разоў большае, чым запазненне з-за руху спадарожніка. Таму, нягледзячы на тое, што ў задачы атрымліваецца запазненне ходу спадарожнікавага гадзінніка, на практыцы гадзіннік на спадарожніку ідзе хутчэй, чым на Зямлі. Б) Формула прыблізнага вылічэння: калі  $a \ll 1$ , то  $\sqrt{1 \pm a} = 1 \pm \frac{a}{2}$ .

- 698.** \*З касмічнага карабля, які знаходзіцца ад Зямлі на адлегласці  $l = 6,0 \cdot 10^6$  м, адначасова паслалі на Зямлю светлавы імпульс і пучок часціц, модуль скорасці якіх адносна карабля  $v_0 = 0,80c$ . Вызначыце, праз які час пасля прыходу светлавога імпульсу пучок часціц дасягне Зямлі, калі карабель рухаецца да Зямлі са скорасцю  $v_1 = 0,40c$ .
- 699.** \*Лазерны прамень, адбіты ад люстра, якое верціцца і знаходзіцца на Зямлі, трапляе на паверхню Месяца. Адлегласць ад Зямлі да Месяца  $L = 384\,000$  км. Вызначыце скорасць руху светлавой плямы па паверхні Месяца, калі частата вярчэння люстра  $\nu = 1 \frac{\text{аб}}{\text{с}}$ . Патлумачце, ці не супярэчыць атрыманы вынік пастулату спецыяльнай тэорыі адноснасці.
- 700.** \*Два нейтроны рухаюцца насустрач адзін аднаму адносна нерухомай інерцыяльнай сістэмы адліку са скарасцямі, модулі якіх  $v_1 = v_2 = 0,5c$ . Вызначыце модуль скорасці руху нейтронаў адносна адзін аднаго.

- 701.** \*Атам, што вылецеў з паскаральніка са скорасцю, модуль якой  $v_1 = 0,8c$ , выпраменіў фатон у напрамку свайго руху. Вызначыце модуль скорасці фатона адносна паскаральніка, калі модуль скорасці фатона адносна атама  $v_2 = c$ .
- 702.** \*Паскаральнік надаў радыеактыўнаму ядру скорасць, модуль якой  $v_1 = 0,40c$ . Пры руху ядро выпраменіла ў напрамку свайго руху электрон са скорасцю, модуль якой  $v = 0,75c$  адносна паскаральніка. Вызначыце модуль скорасці электрона адносна ядра.
- 703.** \*Дзве часціцы рухаюцца адносна Зямлі ў процілеглых напрамках са скарасцямі, модулі якіх  $v_1 = v_2 = 0,75c$ . Вызначыце модуль скорасці адной часціцы адносна другой.
- 704.** \*Часціца рухаецца са скорасцю, модуль якой  $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$ .  
У колькі разоў модуль рэлятывісцкага імпульсу часціцы большы за класічны (вызначаны па формуле класічнай механікі)?
- 705.** \*Вызначыце модуль імпульсу гіперона масай  $m_p = 2,1 \cdot 10^{-27}$  кг, які рухаецца са скорасцю  $v = \frac{12}{13}c$ .
- 706.** \*Модуль імпульсу электрона  $p = 2,0 \cdot 10^{-22} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ . Вызначыце модуль скорасці руху электрона.
- 707.** \*У ракеце масай  $m = 2,0$  т, якая рухаецца адносна Зямлі, у адным пункце адбыліся дзве падзеі. Прамежак часу паміж гэтымі падзеямі, вымераны па зямным гадзінніку,  $t = 55$  мін, а па гадзінніку, размешчаным у ракеце,  $t_0 = 33$  мін. Вызначыце модуль імпульсу ракеты.

**708.** \*Пучок электронаў, якія рухаюцца са скорасцю  $v = \frac{2}{3}c$ ,

сутыкаецца з заземленай меднай фольгай і выклікае ў ёй ток  $I = 10$  мА. Вызначыце модуль сілы, з якой электроны дзейнічаюць на фольгу з прычыны свайго тармажэння.

**709.** Адным з самых рэдкіх металаў на Зямлі з'яўляецца рэній, які выкарыстоўваецца ў касмічнай і авіяцыйнай тэхніцы. Вызначыце энергію спакою рэнію масай  $m = 2,0$  мг.

**710.** Самы вялікі метэарыт «Брагін», знойдзены на тэрыторыі Беларусі, валодае энергіяй спакою  $E_0 = 7,68 \cdot 10^{19}$  Дж. Вызначыце масу гэтага метэарыта.

**711.** Ваду масай  $m = 100$  кг нагрэлі ў бойлеры ад тэмпературы  $t_1 = 4$  °С да тэмпературы  $t_2 = 94$  °С. Вызначыце змяненне масы вады, абумоўленае змяненнем унутранай энергіі вады. Удзельная цеплаёмістасць вады

$$c = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}.$$

**712.** Аб'ём вады ў возеры Нарач  $V = 7 \cdot 10^8$  м<sup>3</sup>. Вызначыце: а) энергію спакою вады ў гэтым возеры; б) змяненне масы вады, абумоўленае змяненнем унутранай энергіі вады летам і зімой, калі рознасць тэмператур вады ў возеры  $\Delta t = 21$  °С. Удзельная цеплаёмістасць вады

$$c = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}.$$

**713.** Энергія электрамагнітных хваль, якія выпраменьваюцца Сонцам на працягу аднаго года,  $\Delta E = 1,26 \cdot 10^{34}$  Дж. Маса Сонца  $m = 2,0 \cdot 10^{30}$  кг. Вызначыце, за які час маса Сонца паменшыцца ўдвая за кошт выпраменьвання электрамагнітных хваль, калі магутнасць, што вылучаецца, будзе заставацца пастаяннай.

**714.** \*Часціца рухаецца са скорасцю  $v$ . Прывядзіце ў адпаведнасць параметр часціцы і функцыю скорасці, якой ён прама прапарцыянальны. Адказы абгрунтуйце.

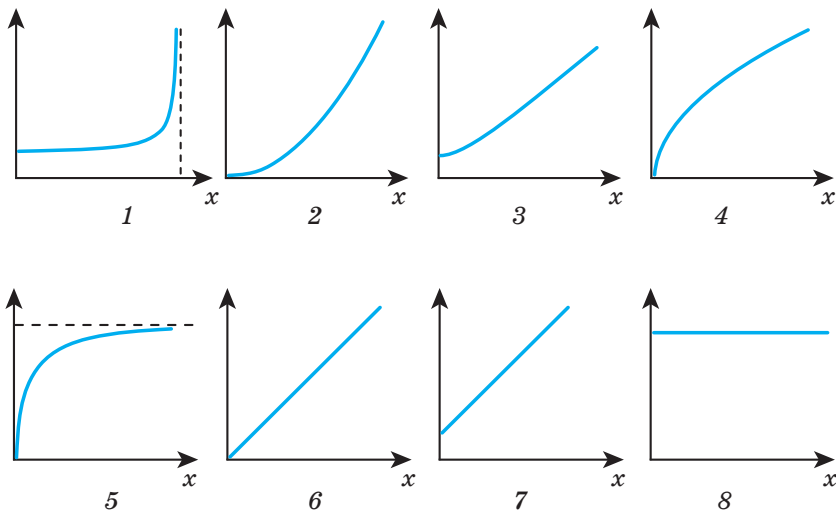
Параметр	Функцыя
А) Поўная энергія часціцы ў СТА.	1) $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ ;      5) $\frac{1}{v^2}$ ;
Б) Кінетычная энергія часціцы ў класічнай фізіцы.	2) $\frac{v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ ;      6) $\sqrt{v}$ ;
В) Модуль імпульсу часціцы ў СТА.	3) $\frac{v^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ ;      7) $v$ ;
Г) Модуль імпульсу часціцы ў класічнай фізіцы	4) $\frac{1}{v}$ ;      8) $v^2$

**715.** \*Модуль імпульсу рэлятывісцкай часціцы масай  $m$  роўны  $p$ . Прывядзіце ў адпаведнасць параметр часціцы і формулу, па якой яго можна разлічыць. Адказы абгрунтуйце.

Параметр	Формула
А) Поўная энергія часціцы.	1) $mc^2$ ;
Б) Кінетычная энергія часціцы.	2) $pc$ ;
В) Энергія спакою часціцы	3) $pc + mc^2$ ;
	4) $pc - mc^2$ ;
	5) $\frac{p^2}{2m}$ ;
	6) $\sqrt{(pc)^2 + (mc^2)^2}$ ;
	7) $\sqrt{(pc)^2 + (mc^2)^2} - mc^2$ ;
	8) $\sqrt{(pc)^2 + (mc^2)^2} + mc^2$



- 716.** Згодна з ацэнкамі астраномаў, магутнасць электрамагнітнага выпраменьвання Сірыуса  $P = 8,5 \cdot 10^{27}$  Вт. Вызначыце змяненне масы Сірыуса, абумоўленае стратай энергіі на выпраменьванне электрамагнітных хваль, за час  $t = 9,0$  г.
- 717.** \*У наступным сказе замяніце шматкроп'е словамі: *памяншаецца, павялічваецца, не змяняецца*. Пры павелічэнні скорасці часціцы рознасць паміж поўнай і кінетычнай энергіяй часціцы ..., пры гэтым адносіны энергіі спакою і кінетычнай энергіі часціцы ... .
- 718.** \*Электрон са стану спакою пачынае рухацца ў аднародным электрастатычным полі. Укажыце нумар графіка на малюнку 188, на якім правільна паказана залежнасць: а) скорасці электрона; б) кінетычнай энергіі электрона; в) поўнай энергіі электрона ад каардынаты  $x$  электрона.



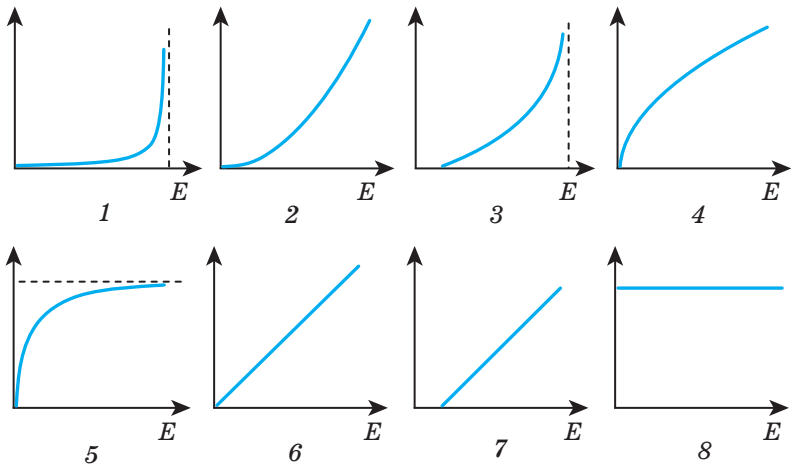
Мал. 188

**719.** \*У табліцы для кожнай часціцы ўказаны два энергетычныя параметры. Укажыце нумары часціц, якія з'яўляюцца рэлятывісцкімі. Абгрунтуйце свой адказ.

№ часціцы	Энергія спакою	Кінетычная энергія	Поўная энергія
1	0,9 ГэВ		1 ГэВ
2	900 кэВ	1 ГэВ	
3	0,5 МэВ		0,001 ГэВ
4		10 МэВ	10,5 МэВ
5	0,5 МэВ	0,01 МэВ	
6	0		0,001 эВ
7		0	0,5 МэВ

З а ў в а г а. Энергія свабоднай рэлятывісцкай часціцы большая за падвоеную энергію спакою часціцы.

**720.** \*Укажыце нумар графіка на малюнку 189, на якім правільна паказана залежнасць: а) скорасці бязмасавай часціцы; б) модуля імпульсу гэтай часціцы ад энергіі  $E$  часціцы. Адказы абгрунтуйце.

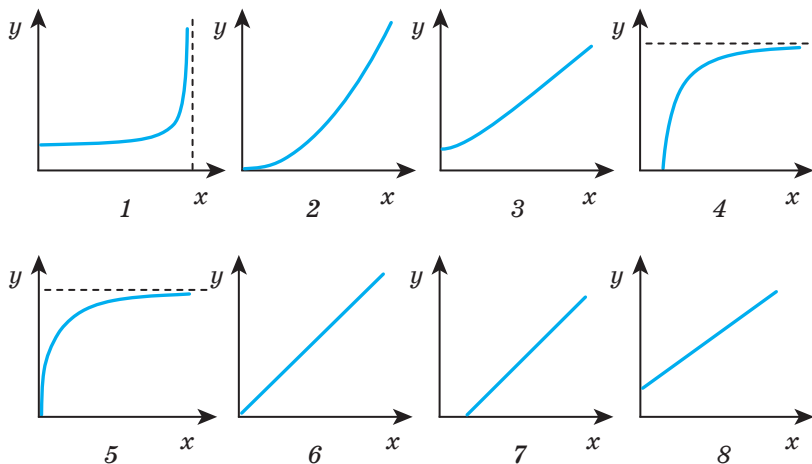


Мал. 189

**721.** \*У Вялікім адронным калайдары, размешчаным у Швейцарыі, зараджаныя часціцы паскараюцца, многакратна праходзячы па так званым паскаральным кольцы, якое складаецца з дуг і прамых участкаў. Для павароту часціц выкарыстоўваецца магнітнае поле, створанае звышправодзячымі магнітамі. Энергія, якую набывае пратон у калайдары,  $E = 7$  ТэВ. На колькі скорасць святла ў вакууме адрозніваецца ад скорасці пратона ў калайдары? Чаму роўны радыусы дуг, калі модуль індукцыі магнітнага поля ў магнітах  $B = 8$  Тл?

**722.** \*Вызначыце поўную энергію пратона, які рухаецца са скорасцю, модуль якой  $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$ .

**723.** \*Рэлятывісцкая часціца рухаецца са скорасцю  $v < c$ . Укажыце нумар графіка на малюнку 190, на якім правільна паказана залежнасць: а) скорасці часціцы ( $y$ ) ад яе поўнай энергіі ( $x$ ); б) поўнай энергіі часціцы ( $y$ ) ад яе імпульсу ( $x$ ). Адказы абгрунтуйце.



Мал. 190

724. \*Вызначыце поўную і кінетычную энергію базона Хігса масай  $m = 2 \cdot 10^{-25}$  кг, які рухаецца са скорасцю, модуль якой  $v = 1,8 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .
725. \*Нейтрон рухаецца са скорасцю, модуль якой  $v = 0,6c$ . Вызначыце адносіны яго поўнай энергіі да кінетычнай энергіі.
726. \*Электрон рухаецца са скорасцю, модуль якой  $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$ . Вызначыце адносіны яго поўнай энергіі да энергіі спакою.
727. \*Вызначыце модуль скорасці руху часціцы, кінетычная энергія якой роўна яе энергіі спакою.
728. \*У сістэме адліку, звязанай з Зямлёй, поўная энергія рэлятывісцкай ракеты масай  $m_0$  роўна  $E$ . Вызначыце даўжыню ракеты ў гэтай сістэме адліку, калі ўласная даўжыня ракеты  $l_0$ .
729. \*Ракета масай  $m$  пасля паскарэння са стану спакою да рэлятывісцкай скорасці набыла кінетычную энергію  $E_k$ . У колькі разоў скараціўся яе прадольны памер у нерухомай сістэме адліку?
730. \*Вызначыце модуль імпульсу  $\alpha$ -часціцы, калі яе кінетычная энергія складае  $\frac{2}{3}$  энергіі спакою пратона. Маса  $\alpha$ -часціцы ў 4 разы большая за масу пратона.
731. \*Вызначыце модуль імпульсу электрона, калі кінетычная энергія электрона складае  $\alpha = 50\%$  яго энергіі спакою.
732. \*Маса  $\pi$ -мезона  $m = 2,5 \cdot 10^{-28}$  кг. Яго ўласны час жыцця  $t_0 = 26$  нс. Вызначыце час жыцця  $\pi$ -мезона ў сістэме адліку, у якой поўная энергія мезона  $E = 9,6 \cdot 10^{-10}$  Дж.

- 733.** \*Вызначыце работу, якую трэба выканаць, каб павялічыць скорасць рэлятывісцкай часціцы масай  $m$  ад  $0,60c$  да  $0,80c$ . Параўнайце атрыманы вынік са значэннем, вылічаным па формуле класічнай фізікі.
- 734.** \*Электрон, кінетычная энергія якога складае  $\alpha = 0,25$  яго энергіі спакою, улятае ў аднароднае магнітнае поле і рухаецца ў ім па дузе акружнасці. Вызначыце радыус акружнасці, калі модуль індукцыі магнітнага поля  $B = 12,8$  мТл.
- 735.** \*Модуль скорасці электрона, паскоранага са стану спакою ў аднародным электростатычным полі,  $v = 2,4 \cdot 10^5 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ . Вызначыце модуль напружанасці поля, калі праекцыя перамяшчэння электрона на напрамак сілавых ліній  $\Delta r_x = -52,5$  см.
- 736.** \*Модуль скорасці пратона, паскоранага са стану спакою ў электростатычным полі,  $v = 0,6c$ . Вызначыце рознасць патэнцыялаў, пройдзеную пратоном у полі.
- 737.** \*Электрон са стану спакою разагнаўся ў электрычным полі, прайшоўшы рознасць патэнцыялаў  $U = 500$  кВ. Вызначыце модуль скорасці, якую набыў электрон.
- 738.** \*Электрон, паскораны электростатычным полем са стану спакою, набыў скорасць, пры якой яго поўная энергія стала роўна падвойнай энергіі спакою. Вызначыце рознасць патэнцыялаў, якую прайшоў электрон.
- 739.** \*Электрон са стану спакою разагнаўся да рэлятывісцкай скорасці ў аднародным электростатычным полі, модуль напружанасці якога  $E$ . Вызначыце канчатковую скорасць электрона, калі час разгону  $t$ .

740. \*Вызначыце кінетычную энергію пратона, поўная энергія якога роўна  $E = 2,5 \cdot 10^{-10}$  Дж.
741. \*Прарыўны кідок да зоркі (Breakthrough Starshot) — гэта назва навукова-даследчага праекта па запуску міжзорнага касмічнага зонда да бліжэйшай да нас зоркі Проксіма Цэнтаўра. Згодна з праектам, зонд масай  $m = 1$  г будзе выведзены звычайнай ракетай на высокую каляземную арбіту, потым пасля раскрыцця сонечнага ветразя плошчай  $S = 16$  м<sup>2</sup> на яго будзе накіравана з Зямлі лазернае выпраменьванне магутнасцю  $P = 50$  ГВт, якое за кошт светлавога ціску за час  $t = 10$  мін разгоніць зонд да скорасці  $v = 0,2c$ . Якую кінетычную энергію набудзе зонд? Чаму роўны ККДз дадзенага паскаральніка?



# КВАНТАВАЯ ФІЗІКА

- VII. Фатоны. Дзеянні святла
- VIII. Фізіка атама
- IX. Ядзерная фізіка  
і элементарныя часціцы



## VII. ФАТОНЫ. ДЗЕЯННІ СВЯТЛА

Фізичная велічыня або ўраўненне	Формула	Фізичныя велічыні, якія ўваходзяць у формулу
Энергія фатона	$E = h\nu$	$E$ — энергія фатона; $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж · с — пастаянная Планка; $\nu$ — частата ваганняў
Імпульс фатона	$* p = \frac{h}{\lambda}$	$p$ — модуль імпульсу фатона; $h$ — пастаянная Планка; $\lambda$ — даўжыня хвалі
Ураўненне Эйнштэйна для знешняга фотаэфекту	$h\nu = A_{\text{вых}} + E_{\text{к}}^{\text{max}}$	$h$ — пастаянная Планка; $\nu$ — частата ваганняў; $A_{\text{вых}}$ — работа выхаду; $E_{\text{к}}^{\text{max}}$ — максімальная кінетычная энергія электрона
Ціск святла	$* p = \frac{W}{c}(1 + R)$	$p$ — ціск святла, якое падае нармальна на адзінкавую паверхню; $W$ — энергія выпраменьвання, якое падае на адзінкавую паверхню ў адзінку часу (інтэнсіўнасць); $c$ — скорасць святла ў вакууме; $R$ — каэфіцыент адбіцця



742. Вызначыце энергію кванта рэнтгенаўскага выпраменьвання з частатой  $\nu = 2,0 \cdot 10^{18}$  Гц.
743. Вызначыце энергію кванта ультрафіялетавага выпраменьвання бактэрыцыднай лямпы, калі даўжыня хвалі выпраменьвання  $\lambda = 2,55 \cdot 10^{-7}$  м.
744. Параўнайце энергію квантаў сіняга і чырвонага святла.
745. \*Параўнайце модулі імпульсаў фатонаў інфрачырвонага і ультрафіялетавага выпраменьванняў.
746. \*Частата выпраменьвання ЗВЧ-печкі  $\nu = 2,45$  ГГц. Вызначыце энергію і модуль імпульсу фатона гэтага выпраменьвання.
747. \*Энергія кванта выпраменьвання сканера штрыхкодаў  $E = 2,8 \cdot 10^{-19}$  Дж. Вызначыце даўжыню хвалі і модуль імпульсу гэтага кванта.
748. \*Энергія фатона роўна кінетычнай энергіі электрона, модуль скорасці якога  $v = 0,8c$ . Вызначыце модуль імпульсу фатона.
749. \*Вызначыце модуль імпульсу фатона  $\gamma$ -выпраменьвання, калі яго энергія роўна энергіі спакою электрона.
750. Вызначыце модуль скорасці электрона, калі яго кінетычная энергія роўна энергіі фатона з частатой  $\nu = 1,0 \cdot 10^{15}$  Гц.
751. \*Модуль імпульсу фатона электрамагнітнага выпраменьвання ў  $n = 100$  разоў меншы за модуль імпульсу электрона, які рухаецца са скорасцю, модуль якой  $v = 1,2 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Вызначыце даўжыню хвалі электрамагнітнага выпраменьвання.
752. Крыніца монахраматычнага электрамагнітнага выпраменьвання магутнасцю  $P = 1,0 \cdot 10^{-10}$  Вт змешчана ў празрыстае асяроддзе з абсалютным паказчыкам праламлення  $n = 2,0$ . Вызначыце лік фатонаў, якія выпраменьваюцца крыніцай за прамежак часу  $\Delta t = 1,0$  мін, калі даўжыня хвалі выпраменьвання  $\lambda = 2,0 \cdot 10^{-7}$  м.

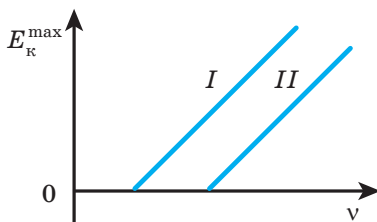
753. Вызначыце абсалютны паказчык праламлення бензолу, у якім монахраматычнае святло, што ўяўляе сабой патак фатонаў з энергіяй  $E = 4,4 \cdot 10^{-19}$  Дж, мае даўжыню хвалі  $\lambda = 300$  нм.
754. \*Патак фатонаў падае з паветра на бурштын, абсалютны паказчык праламлення якога  $n = 1,5$ . Вызначыце модуль імпульсу фатона, які падае, калі даўжыня хвалі святла ў бурштыне  $\lambda = 400$  нм.
755. У кожным імпульсе лазер выпраменьвае  $N = 2,0 \cdot 10^{19}$  фатонаў з даўжынёй хвалі  $\lambda = 6,4 \cdot 10^{-5}$  см. Вызначыце сярэдняю магутнасць лазернага імпульсу, калі працягласць імпульсу  $\Delta t = 2,0$  мс.
756. Крыніца монахраматычнага выпраменьвання магутнасцю  $P = 60$  Вт за прамежак часу  $\Delta t = 1,0$  мін выпускае  $N = 8,0 \cdot 10^{21}$  фатонаў. Вызначыце даўжыню хвалі гэтага выпраменьвання.
757. Монахраматычная крыніца святла выпраменіла  $N = 2,7 \times 10^{19}$  фатонаў, спажыўшы пры гэтым энергію  $E = 1,0$  кДж. Вызначыце даўжыню светлавой хвалі, калі ККДз крыніцы святла  $\eta = 1,0$  %.
758. Рэнтгенаўская трубка, якая працуе пры напружанні  $U = 66,3$  кВ і сіле току  $I = 15,0$  мА, выпраменьвае кожную секунду  $N = 1,0 \cdot 10^{16}$  фатонаў. Даўжыня хвалі выпраменьвання, якое выпускаецца трубкой,  $\lambda = 1,0 \cdot 10^{-10}$  м. Вызначыце ККДз рэнтгенаўскай трубкі.
759. Кропля вады масай  $m = 0,20$  г награецца святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda = 0,57$  мкм. Вызначыце лік фатонаў, якія паглынае вада кожную секунду, калі скорасць нагрэву  $\frac{\Delta t}{t} = 5,0 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}$ . Удзельная цеплаёмкасць вады  $c_v = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ .
760. Кроплю вады аб'ёмам  $V = 0,22$  см<sup>3</sup> апрамяняюць электрамагнітным выпраменьваннем частатой  $\nu = 4,0 \cdot 10^{14}$  Гц.

На колькі павысіцца тэмпература вады за час  $t_1 = 4,0$  с, калі вада кожную секунду паглынае  $N = 1,0 \cdot 10^{19}$  фатонаў? Удзельная цеплаёмістасць вады  $c_v = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

- 761.** Вызначыце, якую рознасць патэнцыялаў павінен прайсці пратон са стану спакою, каб яго кінетычная энергія была ў два разы большая за энергію фатона бачнага святла, частата якога  $\nu = 6,0 \cdot 10^{14}$  Гц.
- 762.** Вызначыце даўжыню хвалі выпраменьвання, энергія фатона якога роўна кінетычнай энергіі электрона, паскоранага са стану спакою рознасцю патэнцыялаў  $U = -2,0$  В.
- 763.** Вызначыце даўжыню хвалі выпраменьвання, энергія фатона якога роўна кінетычнай энергіі часціцы з зарадам  $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл, якая праляцела са стану спакою адлегласць  $\Delta l = 10,0$  см у аднародным электростатычным полі, модуль напружанасці якога  $E = 10,0 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ .
- 764.** Лазерная ўказка выпраменьвае святло з даўжынёй хвалі  $\lambda = 650$  нм. Вызначыце лік фатонаў, якія адначасова знаходзяцца на ўчастку лазернага праменя даўжынёй  $L = 10$  см, калі магутнасць выпраменьвання лазера  $P = 1,0$  мВт.
- 765.** У сонечны дзень на плоскую паверхню плошчай  $S_0 = 1$  м<sup>2</sup>, плоскасць якой перпендыкулярна сонечным прамяням, падае сонечнае святло магутнасцю  $P = 1$  кВт. Вызначыце лік фатонаў, якія падаюць на пятую частку пляцоўкі за час  $t = 72$  с, калі сярэдняя энергія фатона  $E_0 = 1,8$  эВ.
- 766.** У доследзе па выяўленні фотаэфекту цынкавая пласціна, замацаваная на стрыжні электрометра, папярэдне зараджаецца адмоўным зарадам, а потым асвятляецца ультрафіялетавым выпраменьваннем, накіраваным перпендыкулярна плоскасці пласціны. Як зменіцца час разрадкі электрометра, калі: 1) пласціну павярнуць так, каб прамяні падалі на яе пад некаторым вострым

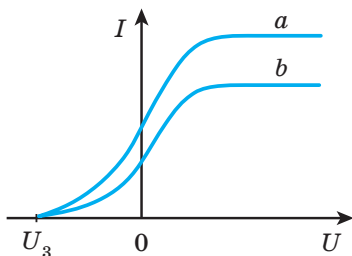
вуглом; 2) пласціну з электрометрам наблізіць да крыніцы выпраменьвання; 3) закрыць непразрыстым экранам частку пласціны; 4) павялічыць інтэнсіўнасць выпраменьвання крыніцы?

767. Правялі два доследы: папярэдне незараджаны алюмініевы шарык, аддалены ад іншых цел, у адным доследзе апрамянялі ультрафіялетавым выпраменьваннем, у другім — выпраменьваннем бачнага даяпазону. Аказалася, што ў першым доследзе шарык зарадзіўся, а ў другім — не. Патлумачце вынікі доследаў. Які знак зараду аказаўся на шарыку ў першым доследзе?
768. На розныя металы падае святло аднолькавай частаты. Патлумачце, ці аднолькавая максімальная скорасць фотаэлектронаў, якія вылецелі з металаў.
769. Інтэнсіўнасць святла, якое падае на катод фотаэлемента, павялічылі. Патлумачце, ці змянілася: 1) сіла току насычэння; 2) максімальная скорасць фотаэлектронаў, якія вылятаюць з катода.
770. У доследах Сталетава па вывучэнні фотаэфекту ў якасці катодаў выкарыстоўваліся па чарзе дзве металічныя пласціны. На малюнку 191 прадстаўлены графікі ( $I$  і  $II$ ) залежнасці максімальнай кінетычнай энергіі фотаэлектронаў ад частаты выпраменьвання, якое падае на гэтыя металы. Параўнайце частоты чырвоных меж для гэтых пласцін і модулі затрымліваючых напружанняў, калі на пласціны падае выпраменьванне з аднолькавай частатой. Адказы патлумачце.



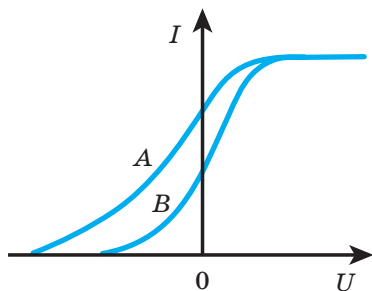
Мал. 191

771. На малюнку 192 прадстаўлены вольт-амперныя характарыстыкі двух фотаэлементаў, у якіх катоды выраблены з металаў  $a$  і  $b$ . На катоды падае выпраменьванне з аднолькавай частатой. Параўнайце: а) інтэнсіўнасці выпраменьванняў, якія падаюць; б) максімальныя кінетычныя энергіі фотаэлектронаў, якія пакідаюць катод; в) работы выхаду электрона з гэтых металаў. Адказы патлумачце.



Мал. 192

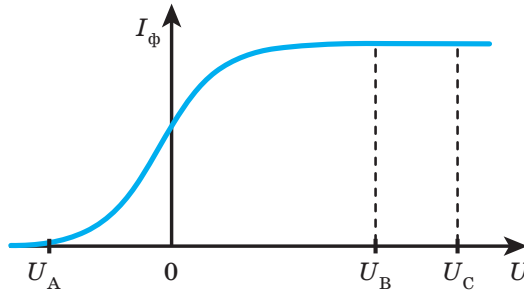
772. На два фотаэлемента, фотакатоды якіх выраблены з металаў  $A$  і  $B$ , падаюць выпраменьванні роўнай частаты. На малюнку 193 паказаны вольт-амперныя характарыстыкі гэтых фотаэлементаў. Параўнайце частату чырвонай мяжы для гэтых фотакатодаў.



Мал. 193

773. На малюнку 194 прадстаўлена вольт-амперная характарыстыка фотаэлемента, атрыманая пры асвятленні фотакатода монахраматычным выпраменьваннем пастаяннай

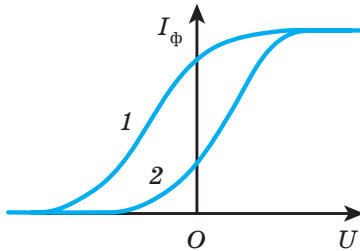
магутнасці. Прывядзіце ў адпаведнасць параметры, якія характарызуюць фотаэфект, з характарам змянення гэтых велічынь, калі напружанне на фотаэлеменце змянілася: А) ад нуля да  $U_A$ ; Б) ад  $U_B$  да  $U_C$ .



Мал. 194

Параметр	Характар змянення
а) Лік фотаэлектронаў, якія кожную секунду вырываюцца з паверхні фотакатода.	1) Павялічваецца.
б) Лік фотаэлектронаў, якія кожную секунду дасягаюць анода.	2) Памяншаецца, але не да нуля.
в) Лік фатонаў, якія кожную секунду падаюць на фотакатод.	3) Памяншаецца да нуля.
г) Максімальная энергія фотаэлектронаў, якія вылятаюць з паверхні фотакатода.	4) Не змяняецца
д) Максімальная энергія фотаэлектронаў, якія дасягаюць анода	

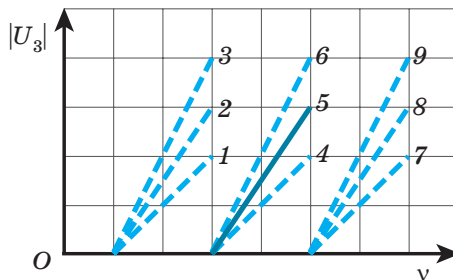
**774.** Катод фотаэлемента спачатку асвятлялі монахраматычным святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda_1$ , потым — з даўжынёй хвалі  $\lambda_2$ . На малюнку 195 прадстаўлены графік залежнасці фотаток  $I_\phi$  ад прыкладзенага да фотаэлемента напружання  $U$ . Лічачы, што кожны фатон вырывае адзін фотаэлектрон, прывядзіце ў адпаведнасць параметры фотаэфекту і знак адносін паміж імі.



Мал. 195

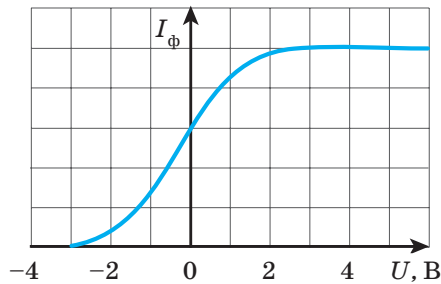
Параметры	Знак адносін
А) Модуль затрымліваючага напружання $ U_{s1} $ і $ U_{s2} $ .	1) >;
Б) Даўжыня хвалі выпраменьвання, якое падае на фотакатод, $\lambda_1$ і $\lambda_2$ .	2) =;
В) Сіла току насычэння $I_{n1}$ і $I_{n2}$ .	3) <
Г) Магутнасць выпраменьвання, якое падае на катод, $P_1$ і $P_2$	

**775.** Катод фотаэлемента асвятлялі выпраменьваннем рознай частаты, але аднолькавай магутнасці і вымяралі затрымліваючае напружанне  $|U_3|$ . Графік залежнасці затрымліваючага напружання ад частаты  $\nu$  на малюнку 196 пазначаны лічбай 5. Укажыце нумар графіка, які будзе правільна адлюстроўваць залежнасць  $|U_3|$  ад  $\nu$ , калі: а) павялічыць магутнасць выпраменьвання; б) выкарыстоўваць фотакатод з большай работай выхаду. Абгрунтуйце свой адказ.



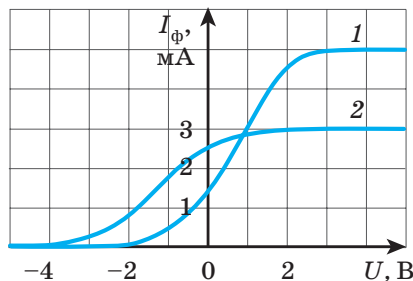
Мал. 196

776. На малюнку 197 прадстаўлена вольт-амперная характарыстыка фотаэлемента. Вызначыце: а) долю электронаў, якія вылецелі з фотакатода і дасягнулі анода пры напружанні паміж катодам і анодам  $U = 0$  В; б) максімальную кінетычную энергію (у эВ) электронаў, якія дасягаюць анода, пры напружанні на фотаэлеменце  $U = -1$  В.



Мал. 197

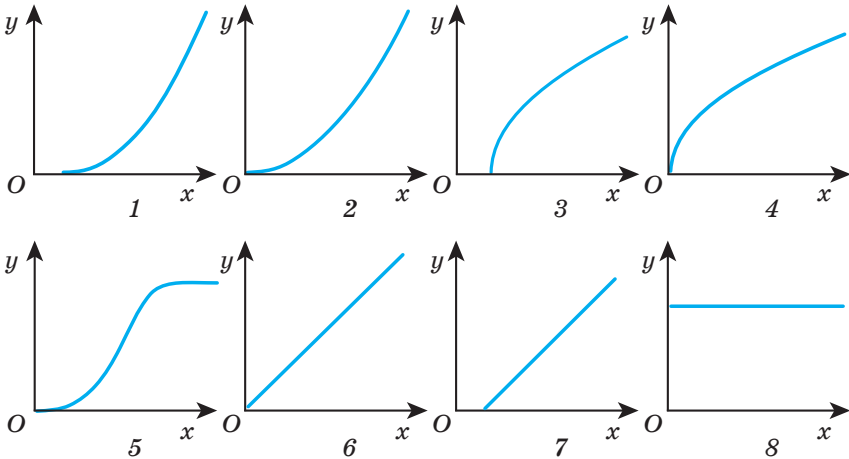
777. Фотаэлемент спачатку асвятлялі святлом ад першай крыніцы, потым святлом ад другой крыніцы. Атрыманыя пры гэтым вольт-амперныя характарыстыкі фотаэлемента прадстаўлены на малюнку 198. Калі дзве гэтыя крыніцы будуць адначасова асвятляць фотаэлемент, то: а) якое будзе затрымліваючае напружанне; б) чаму будзе роўна сіла току насычэння?



Мал. 198



**778.** Катод фотаэлемента асвятляюць монахраматычным выпраменьваннем. Укажыце на малюнку 199 нумер графіка, які правільна адлюстроўвае залежнасць: а)\*максімальнага імпульсу фотаэлектронаў, якія пакідаюць катод, ад імпульсу фатонаў, якія падаюць на катод; б) затрымліваючага напружання ад максімальнай скорасці фотаэлектронаў, якія пакідаюць катод; в) сілы току насычэння ад ліку фатонаў, якія падаюць на фотакатод; г) максімальнай кінетычнай энергіі фотаэлектронаў, якія пакідаюць фотакатод, ад магутнасці выпраменьвання.



Мал. 199

- 779.** На паверхню металічнай пласцінкі падае монахраматычнае выпраменьванне. Вызначыце чырвоную мяжу фотаэфекту, калі работа выхаду электрона з металу  $A_{\text{вых}} = 4,0$  эВ.
- 780.** Вызначыце работу выхаду электрона з металу (у эВ), калі чырвоная мяжа фотаэфекту  $\nu_{\text{min}} = 5,0 \cdot 10^{14}$  Гц.
- 781.** Вызначыце максімальную даўжыню хвалі выпраменьвання, якое падае на пласціну, вырабленую з калію, і якое выклікае фотаэфект, калі работа выхаду электрона з калію  $A_{\text{вых}} = 2,2$  эВ.

- 782.** Ці будзе назірацца фотаэфект, калі работа выхаду электрона з металу  $A_{\text{вых}} = 2,0$  эВ, а даўжыня хвалі выпраменьвання, якое падае на метал,  $\lambda = 5,0 \cdot 10^{-7}$  м?
- 783.** Вызначыце максімальную кінетычную энергію электронаў, якія вылятаюць з некаторага металу пры яго асвятленні святлом з частатой  $\nu = 8,0 \cdot 10^{14}$  Гц, калі работа выхаду электрона з гэтага металу  $A_{\text{вых}} = 2,45$  эВ.
- 784.** Максімальная кінетычная энергія фотаэлектронаў, якія вылятаюць з паверхні металу пад уздзеяннем святла,  $E_{\text{к}}^{\text{max}} = 2,0$  эВ. Вызначыце энергію фатонаў, якія выклікаюць фотаэфект, калі чырвоная мяжа фотаэфекту для дадзенага металу  $\nu_{\text{min}} = 3,9 \cdot 10^{14}$  Гц.
- 785.** На рубідыевую пласціну падае ультрафіялетавае выпраменьванне з даўжынёй хвалі  $\lambda = 3,2 \cdot 10^{-7}$  м. Вызначыце работу выхаду электрона з рубідыю ( $у$  эВ), калі максімальная кінетычная энергія электронаў, якія вылятаюць з рубідыю,  $E_{\text{к}}^{\text{max}} = 2,8 \cdot 10^{-19}$  Дж.
- 786.** Пласціна з цэзію, для якога работа выхаду электрона  $A_{\text{вых}} = 1,8$  эВ, асвятляецца монахраматычным святлом з частатой  $\nu = 7,1 \cdot 10^{14}$  Гц. Вызначыце модуль максімальнай скорасці электронаў, якія вылятаюць з паверхні пласціны.
- 787.** Незараджаная пласціна з калію асвятляецца монахраматычным святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda = 0,40$  мкм. Работа выхаду электрона з калію  $A_{\text{вых}} = 3,2 \cdot 10^{-19}$  Дж. Вызначыце модуль максімальнага перамяшчэння, якое могуць выканаць фотаэлектронны за час  $t = 15$  мс.
- 788.** Вызначыце даўжыню хвалі выпраменьвання, якое падае на паверхню, пакрытую цэзіем, калі модуль максімальнай скорасці электронаў, якія вылятаюць з цэзію,  

$$v_{\text{max}} = 2,0 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$
 Чырвоная мяжа фотаэфекту для цэзію  

$$\lambda_{\text{max}} = 690 \text{ нм}.$$

- 789.** Вызначыце модуль максімальнай скорасці фотаэлектронаў, якія пакідаюць паверхню натрыю пры апрамяненні яго святлом з частатой  $\nu = 4,5 \cdot 10^{15}$  Гц. Чырвоная мяжа фотаэфекту для натрыю  $\lambda_{\max} = 5,5 \cdot 10^{-7}$  м.
- 790.** \*Вызначыце модуль максімальнай скорасці фотаэлектронаў, якія вылятаюць з паверхні металу пад дзеяннем электрамагнітнага выпраменьвання з даўжынёй хвалі  $\lambda = 2,0$  пм. Работу выхаду электрона з паверхні металу лічыце вельмі малой.
- 791.** Вальфрамавую пласціну асвятляюць святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda = 2,0 \cdot 10^{-7}$  м. Вызначыце максімальнае значэнне імпульсу фотаэлектрона, які вылецеў з пласціны, калі работа выхаду электрона з вальфраму  $A_{\text{вых}} = 4,5$  эВ.
- 792.** \*Фатоны, модуль імпульсу якіх  $p = 2,67 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ , выбіваюць фотаэлектронны з металу. У колькі разоў максімальны модуль імпульсу фотаэлектрона большы за модуль імпульсу фатона? Работа выхаду электрона з дадзенага металу  $A_{\text{вых}} = 2,0$  эВ.
- 793.** Для некаторага металу частата, адпаведная чырвонай мяжы фотаэфекту, у  $\alpha = 1,2$  раза меншая за частату выпраменьвання, якое падае. Вызначыце работу выхаду электрона з дадзенага металу, калі модуль максімальнай скорасці фотаэлектронаў  $v_{\max} = 6,0 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .
- 794.** Вызначыце, у колькі разоў частата выпраменьвання, якое падае на паверхню некаторага металу, большая за частату чырвонай мяжы фотаэфекту для дадзенага металу, калі работа выхаду электрона з гэтага металу ў  $\alpha = 2,5$  раза большая за максімальную кінетычную энергію фотаэлектронаў, якія вылятаюць з металу.

795. Калі частату святла, якое падае на метал, павялічыць на  $\Delta\nu = 5,0 \cdot 10^{14}$  Гц, максімальная кінетычная энергія фотаэлектронаў, што вылятаюць з металу, павялічваецца на  $\Delta E_k = 3,3 \cdot 10^{-19}$  Дж. Вызначыце па гэтых даных пастаянную Планка.
796. Вызначыце работу выхаду электрона з металу, калі пры асвятленні металу монахраматычным святлом спачатку частотой  $\nu_1 = 6,0 \cdot 10^{14}$  Гц, а потым частотой  $\nu_2 = 4,0 \cdot 10^{14}$  Гц максімальныя кінетычныя энергіі фотаэлектронаў, якія вылятаюць з металу, адрозніваюцца ў  $n = 4,0$  разы.
797. Паверхню металу па чарзе асвятляюць выпраменьваннем з даўжынямі хваль  $\lambda_1 = 350$  нм і  $\lambda_2 = 540$  нм. Пры гэтым максімальныя кінетычныя энергіі фотаэлектронаў, якія вылятаюць з металу, адрозніваюцца ў два разы. Вызначыце работу выхаду электрона з гэтага металу.
798. Пры памяншэнні даўжыні светлавой хвалі, якая падае на металічную пласцінку, у два разы максімальная кінетычная энергія фотаэлектронаў павялічылася ў тры разы. Работа выхаду электрона з пласцінкі  $A_{\text{вых}} = 4,6$  эВ. Вызначыце рознасць энергій фатонаў, якія падаюць на пласцінку.
799. Чырвоная мяжа фотаэфекту для матэрыялу фотакатода  $\nu_{\text{min}} = 5,0 \cdot 10^{14}$  Гц. Фотакатод спачатку асвятляюць монахраматычным святлом з частотой  $\nu_1 = 6,0 \cdot 10^{14}$  Гц. Потым частату святла павялічваюць, пры гэтым максімальная скорасць электронаў, якія вылятаюць з катода, узрастае ў  $n = 2,0$  разы. Вызначыце, на колькі павялічылі частату святла.
800. Даўжыня хвалі, адпаведная чырвонай мяжы фотаэфекту для металу фотакатода,  $\lambda_{\text{max}} = 700$  нм. Фотакатод асвятляюць монахраматычным святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda_1 = 600$  нм, а потым — з даўжынёй хвалі  $\lambda_2$ . Пры

гэтым адносіны максімальных скарасцей электронаў, якія вылятаюць з катода,  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{3}{4}$ . Вызначыце  $\lambda_2$ .

- 801.** Пры асвятленні па чарзе паверхні металу выпраменьваннем з даўжынямі хваль  $\lambda_1 = 350$  нм і  $\lambda_2 = 450$  нм максімальныя скорасці фотаэлектронаў, якія вылятаюць з металу, адрозніваюцца ў два разы. Вызначыце работу выхаду электрона з гэтага металу (у эВ).
- 802.** Пры асвятленні катода фотаэлемента святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda = 360$  нм затрымліваючае напружанне  $|U_3| = 1,47$  В. Вызначыце максімальную даўжыню светлавой хвалі, пры якой будзе назірацца фотаэфект.
- 803.** Вызначыце чырвоную мяжу фотаэфекту для металічнага катода фотаэлемента, калі пры падзенні на яго святла з даўжынёй хвалі  $\lambda = 400$  нм затрымліваючае напружанне  $|U_3| = 1,5$  В.
- 804.** Фотакатод з цэзію, работа выхаду электрона з якога  $A_{\text{вых}} = 1,8$  эВ, асвятляюць монахраматычным святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda = 0,42$  мкм. Вызначыце, пры якім затрымліваючым напружанні фотаток спыніцца.
- 805.** Частату монахраматычнага выпраменьвання, якое падае на катод фотаэлемента, павялічылі на  $\Delta\nu = 1,2 \cdot 10^{14}$  Гц. Вызначыце, на колькі пры гэтым павялічылася затрымліваючае напружанне.
- 806.** Вызначыце энергію фатонаў, якія падаюць на катод фотаэлемента, калі работа выхаду электрона з паверхні катода  $A_{\text{вых}} = 1,6$  эВ, затрымліваючае напружанне  $|U_3| = 2,0$  В.
- 807.** Вызначыце частату святла, якое падае на катод фотаэлемента, калі затрымліваючае напружанне  $|U_3| = 3,0$  В, а фотаэфект можа назірацца пры частаце святла, якое падае, большай, чым  $\nu_{\text{min}} = 6,0 \cdot 10^{14}$  Гц.

- 808.** На плацінавы катод фотаэлемента падае ультрафіялетавае выпраменьванне. Для спынення фотатоку трэба прыкласці затрымліваючае напружанне  $|U_{31}| = 3,7$  В. Калі плацінавы катод замяніць катодам з другога металу, затрымліваючае напружанне трэба павялічыць да  $|U_{32}| = 6,0$  В. Вызначыце работу выхаду электрона з гэтага катода. Работа выхаду электрона з плаціны  $A_{\text{вых1}} = 8,5 \cdot 10^{-19}$  Дж.
- 809.** Монахраматычнае святло падае на паверхню двух металічных фотакатодаў. Вызначыце работу выхаду электрона з другога металу ( $u$  эВ), калі для першага металу чырвоная мяжа фотаэфекту  $\nu_{\text{min}} = 1,7 \cdot 10^{15}$  Гц, а затрымліваючае напружанне для другога катода на  $\Delta U_3 = 3,7$  В больш, чым для першага.
- 810.** Катод фотаэлемента асвятляўся монахраматычным святлом з частатой  $\nu = 1,5 \cdot 10^{15}$  Гц. Пры павелічэнні частаты святла на  $\alpha = 30$  % затрымліваючае напружанне ўзрастае на  $\beta = 50$  %. Вызначыце работу выхаду электрона з катода.
- 811.** Пры павелічэнні частаты святла, якое падае на металічны фотакатод, у два разы затрымліваючае напружанне павялічылася ў тры разы. Пачатковая частата святла  $\nu = 1,2 \cdot 10^{15}$  Гц. Вызначыце даўжыню хвалі, якая адпавядае чырвонай мяжы фотаэфекту для гэтага металу.
- 812.** Пры даўжыні хвалі  $\lambda = 600$  нм электрамагнітнага выпраменьвання, якое падае на вакуумны фотаэлемент, фотаток спыняецца, калі паміж катодам і анодам падаць некаторае затрымліваючае напружанне. Пры павелічэнні даўжыні хвалі выпраменьвання на  $\alpha = 25$  % затрымліваючае напружанне аказваецца на  $|\Delta U_3| = 0,415$  В меншым. Вызначыце па гэтых даных пастаянную Планка.
- 813.** Фотаток у вакуумным фотаэлеменце спыняецца, калі пры асвятленні фотакатода выпраменьваннем з частатой  $\nu_1 = 2,0 \cdot 10^{15}$  Гц паміж катодам і анодам прыкладзена

затрымліваючае напружанне  $|U_{31}| = 7,0 \text{ В}$ , а пры частаце  $\nu_2 = 4,0 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$  —  $|U_{32}| = 15,3 \text{ В}$ . Па гэтых даных вылічыце пастаянную Планка.

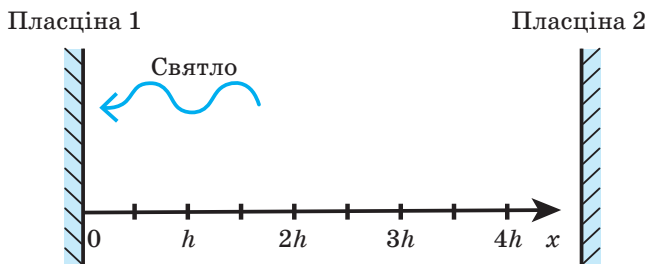
- 814.** \*Адасоблены металічны шарык пры асвятленні монахраматычным святлом з частатой  $\nu_0$  зараджаецца да максімальнага патэнцыялу  $\varphi_{\text{max}1} = 0,8 \text{ В}$ . Гэты ж шарык пад дзеяннем выпраменьвання з частатой  $2\nu_0$  зараджаецца да максімальнага патэнцыялу  $\varphi_{\text{max}2} = 4,1 \text{ В}$ . Вызначыце частату святла  $\nu_0$ .
- 815.** \*Металічны шарык, аддалены ад іншых цел, асвятляюць монахраматычным святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda = 200 \text{ нм}$ . Шарык, страчваючы фотаэлектроны, зараджаецца да максімальнага патэнцыялу  $\varphi_{\text{max}} = 3,0 \text{ В}$ . Вызначыце работу выхаду электрона з металу.
- 816.** \*Пры асвятленні металічнага шарыка жоўтым святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda_1 = 600 \text{ нм}$  ён зарадзіўся да патэнцыялу  $\varphi_1 = 1,2 \text{ В}$ . Да якога патэнцыялу можа зарадзіцца шарык пры асвятленні яго фіялетавым святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda_2 = 400 \text{ нм}$ ?
- 817.** \*Цынкавы і нікелевы шары аднолькавага памеру апрамяняюць электрамагнітным выпраменьваннем з энергіяй фатонаў  $E = 6,2 \text{ эВ}$ . Работа выхаду электрона з цынку  $A_{\text{вых}1} = 3,7 \text{ эВ}$ , з нікелю —  $A_{\text{вых}2} = 4,8 \text{ эВ}$ . У колькі разоў пры працяглым апрамяненні зарад цынкавага шара стане большы за зарад нікелевага?
- 818.** \*Электрон, які вылецеў з максімальнай скорасцю з паверхні металу пры яе асвятленні ультрафіялетавым святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda = 210 \text{ нм}$ , трапляе ў вобласць прасторы, дзе створаны ўзаемна перпендыкулярныя аднародныя электрычнае і магнітнае палі. Модуль напружанасці электрычнага поля  $E = 12 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$ , модуль індукцыі магнітнага поля  $B = 20 \text{ мТл}$ . Вызначыце работу

выхаду электрона з металу (у эВ), калі ў вобласці электрычнага і магнітнага палёў электрон рухаецца прама лінейна.

- 819.** Магутнасць выпраменьвання, якое падае на катод фотаэлемента,  $P = 22,1$  мВт. Пры гэтым у ланцугу фотаэлемента сіла току  $I = 1,0$  мА. Вызначыце даўжыню хвалі выпраменьвання, якое падае на фотакатод, калі адносіны ліку фатонаў, якія падаюць, да ліку фотаэлектронаў, якія выбіваюцца,  $\frac{N_1}{N_2} = 8$ .
- 820.** Металічная пласцінка асвятляецца монахраматычным святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda$ . Фотаэлектронны, якія вылятаюць з яе паверхні, паскараюцца, праходзячы рознасць патэнцыялаў  $U$ . Вызначыце работу выхода электрона з дадзенага металу, калі модуль максімальнай скорасці паскораных электронаў  $v_{\max 1}$ .
- 821.** Паміж катодам і анодам фотаэлемента прыкладзена некаторая рознасць патэнцыялаў. Пры гэтым фотаэлектронны з найбольшай кінетычнай энергіяй могуць праяцець толькі палову адлегласці паміж электродамі. Ці змогуць даляцець да анода фотаэлектронны, калі адлегласць паміж электродамі паменшыць удвая пры той жа рознасці патэнцыялаў? Энергія фатонаў, якія падаюць на катод, у абодвух выпадках аднолькавая.
- 822.** Плоская алюмініевая пласцінка асвятляецца ультрафіялетавым выпраменьваннем з даўжынёй хвалі  $\lambda = 83$  нм. Вызначыце, на якую мінімальную адлегласць ад паверхні пласцінкі можа аддаліцца фотаэлектрон, калі па-за пласцінкай створана затрымліваючае аднароднае электрычнае поле, лініі напружанасці якога перпендыкулярны пласцінцы, а модуль напружанасці поля  $E = 7,5 \frac{\text{В}}{\text{см}}$ . Даўжыня хвалі, адпаведная чырвонай мяжы фотаэфекту для алюмінію,  $\lambda_{\max} = 330$  нм.



- 823.** На адну з пласцін зараджанага плоскага кандэнсатара падае паток фатонаў з энергіяй  $E = 3$  эВ. Работа выхаду электрона з паверхні пласціны  $A_{\text{вых}} = 2$  эВ. Максімальная адлегласць, на якую могуць аддаліцца фотаэлектроны ад паверхні пласціны, роўна  $h$  (мал. 200). Вызначыце максімальную адлегласць, на якую змогуць аддаліцца фотаэлектроны ад паверхні пласціны, калі даўжыню хвалі выпраменьвання паменшыць у  $n = 2$  разы. Абгрунтуйце свой адказ.

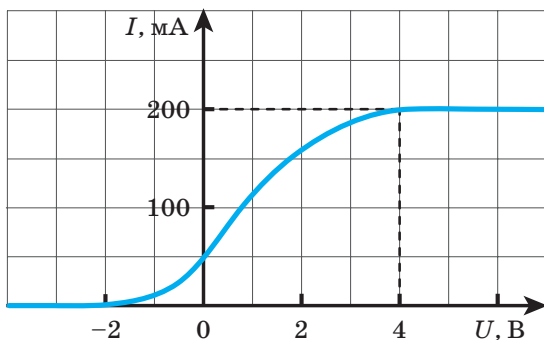


Мал. 200

- 824.** Фатон з даўжынёй хвалі  $\lambda$  вырваў з паверхні металу фотаэлектрон, які апісаў у аднародным магнітным полі акружнасць радыусам  $R$ . Модуль індукцыі магнітнага поля роўна  $B$ . Вызначыце работу выхаду электрона з металу.
- 825.** Незараджаная металічная пласцінка асвятляецца святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda = 180$  нм. Чырвоная мяжа фотаэфекту для гэтага металу  $\lambda_{\text{max}} = 360$  нм. Непасрэдна каля паверхні пласцінкі створана аднароднае магнітнае поле, модуль індукцыі якога  $B = 1,0$  мТл. Лініі індукцыі магнітнага поля паралельны паверхні пласцінкі. Вызначыце, на якую максімальную адлегласць ад пласцінкі змогуць аддаліцца фотаэлектроны, калі яны вылятаюць перпендыкулярна пласцінцы.

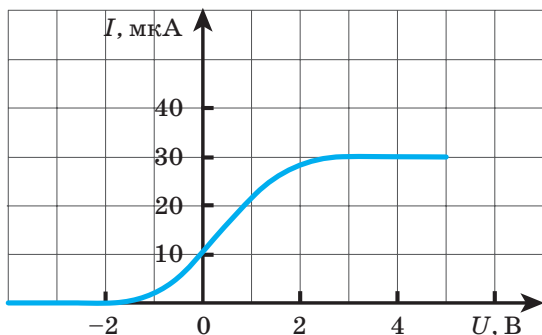
- 826.** На адну з паралельных металічных пласцін, якія знаходзяцца ў вакууме, падае паток фатонаў. Пры гэтым энергія кожнага фатона  $E_0 = 5,0$  эВ. Работа выхаду электрона з паверхні пласціны  $A_{\text{вых}} = 2,0$  эВ. Паміж пласцінамі створана аднароднае магнітнае поле, модуль індукцыі якога  $B = 1,2$  мТл, лініі магнітнай індукцыі накіраваны паралельна пласцінам. Паміж пласцінамі ўключаны ідэальны амперметр. Вызначыце максімальную адлегласць паміж пласцінамі, пры якой праз амперметр будзе працякаць ток.
- 827.** На катод фотаэлемента падае светлавы паток магутнасцю  $P = 0,02$  Вт. На кожныя  $n = 10$  квантаў святла, якія падаюць на катод, прыходзіцца адзін выбіты фотаэлектрон. Вызначыце сілу току насычэння фотаэлемента. Даўжыня хвалі святла, якое падае,  $\lambda = 2,0 \cdot 10^{-7}$  м.
- 828.** Кандэнсатар, які складаецца з дзвюх аднолькавых плоскіх паралельных пласцін плошчай  $S = 1$  дм<sup>2</sup>, размешчаных у вакууме на адлегласці  $d = 1$  см адна ад другой, зараджаны да напружанасці  $U_0 = 300$  В. Адмоўна зараджаную пласціну пачалі асвятляць монахраматычным ультрафіялетавым выпраменьваннем з даўжынёй хвалі  $\lambda = 200$  нм і магутнасцю  $P = 0,1$  мВт, у выніку гэтага напружанне на кандэнсатары пачало раўнамерна памяншацца. Вызначыце, якая доля фатонаў у выпраменьванні, якое падае, выклікае фотаэфект, калі кандэнсатар разрадзіўся да напружання  $U = 200$  В за час  $t = 7$  с.
- 829.** Катод фотаэлемента асвятляюць монахраматычным святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda = 500$  нм. Магутнасць выпраменьвання, якое падае на катод,  $P = 30$  мВт. Пры гэтым сіла току насычэння  $I_{\text{н}} = 1$  мА. Вызначыце адносіны ліку фатонаў, якія падаюць, да ліку выбітых фотаэлектронаў.

- 830.** Выкарыстоўваючы вольт-амперную характарыстыку вакуумнага фотаэлемента (мал. 201), вызначыце работу выхаду электрона з катода, калі катод асвятляюць святлом з даўжынёй хвалі  $\lambda = 330$  нм. Знайдзіце лік электронаў, якія выбіваюцца святлом з фотакаатода ў адзінку часу.



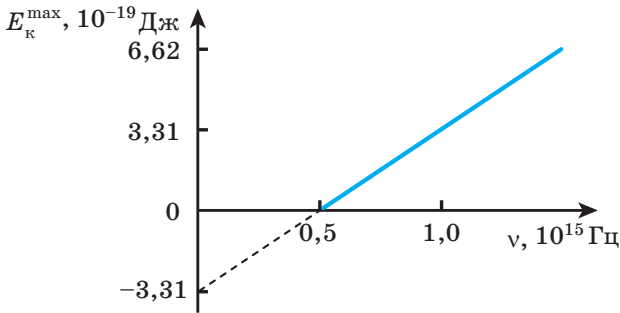
Мал. 201

- 831.** Выкарыстоўваючы вольт-амперную характарыстыку вакуумнага фотаэлемента (мал. 202), вызначыце затрымліваючае напружанне, максімальную кінетычную энергію фотаэлектронаў і сілу току насычэння.



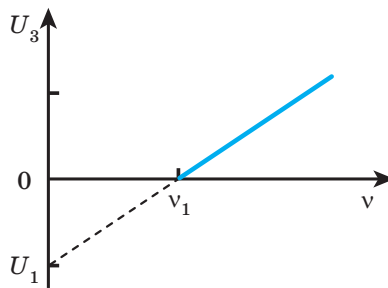
Мал. 202

832. Для некаторага металу графікам залежнасці максімальнай кінетычнай энергіі фотаэлектронаў ад частаты выпраменьвання, якое падае, з'яўляецца прамая лінія (мал. 203). Вызначыце чырвоную мяжу фотаэфекту, работу выхаду электрона з металу і пастаянную Планка.



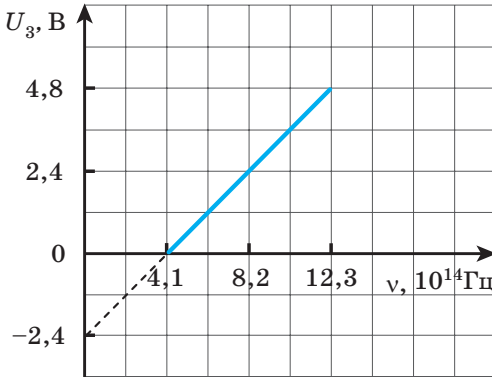
Мал. 203

833. Для катода фотаэлемента графікам залежнасці затрымліваючага напружання ад частаты выпраменьвання, якое падае, з'яўляецца ўчастак прамой лініі, працяг якой перасякае вось абсцыс у пункце, адпаведным частаце  $\nu_1 = 6,05 \cdot 10^{14}$  Гц, а вось ардынаты — у пункце, адпаведным напружанню  $U_1 = -2,5$  В (мал. 204). Вызначыце па гэтых даных пастаянную Планка.



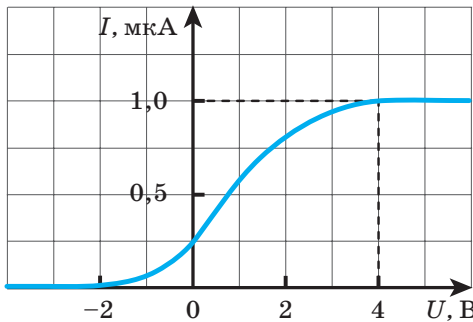
Мал. 204

**834.** На малюнку 205 прадстаўлены графік залежнасці затрымліваючага напружання ад частаты святла, якое падае на катод фотаэлемента. Вызначыце работу выхаду электрона з паверхні катода.



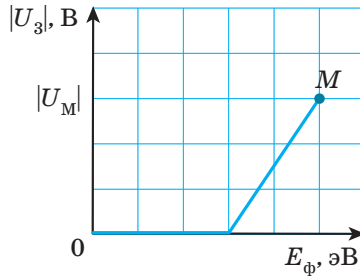
Мал. 205

**835.** На малюнку 206 прадстаўлена вольт-амперная характарыстыка фотаэлемента. Вызначыце энергію фатонаў, якія выклікаюць фотаэфект, калі максімальная кінетычная энергія фотаэлектронаў у  $n = 1,25$  раза большая за работу выхаду электрона з паверхні катода.



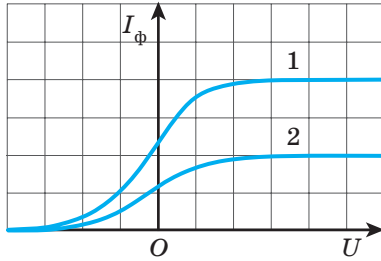
Мал. 206

836. На малюнку 207 адлюстраваны графік залежнасці модуля затрымліваючага напружання  $|U_3|$  на фотаэлеменце ад энергіі  $E_\phi$  фатонаў, якія падаюць на фотакатод. Вызначыце работу выхаду электрона з паверхні катода, калі затрымліваючае напружанне  $|U_M| = 1,8 \text{ В}$ .



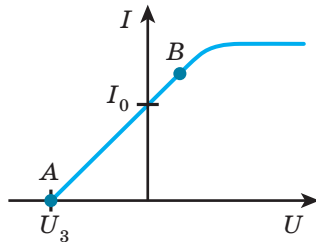
Мал. 207

837. Дзве аднолькавыя паралельныя пласціны, што знаходзяцца ў вакууме, асветлены монахраматычным святлом, якое выклікае фотаэфект. Вызначыце: а) які выгляд будзе мець вольт-амперная характарыстыка такога фотаэлемента, калі інтэнсіўнасць і даўжыня хвалі святла, што падае на кожную пласціну, аднолькавыя; б) напружанне, якое ўстанавілася паміж пласцінамі, калі адну пласціну асвятлілі выпраменьваннем з даўжынёй хвалі  $\lambda_1 = 300 \text{ нм}$ , а другую пласціну — выпраменьваннем з даўжынёй хвалі  $\lambda_2 = 200 \text{ нм}$ .
838. Фотакатод двойчы асвятлялі святлом ад кропкавай крыніцы монахраматычнага святла пры розных адлегласцях ад крыніцы да фотакатода. У абодвух выпадках святло падала па нармалі на паверхню фотакатода. Залежнасць фотаток  $I_\phi$  ад прыкладзенага да фотаэлемента напружання прадстаўлена на малюнку 208. Вызначыце адносіны адлегласцей  $\frac{L_2}{L_1}$  ад крыніцы святла да фотакатода.



Мал. 208

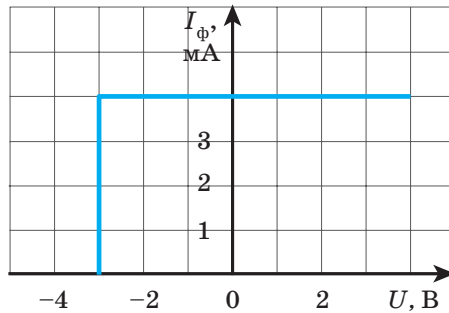
**839.** На малюнку 209 адлюстравана вольт-амперная характарыстыка фотаэлемента, атрыманая пры яго асвятленні монахраматычным выпраменьваннем пастаяннай магутнасці  $P = 4,5$  мВт. Участак  $AB$  вольт-ампернай характарыстыкі можна лічыць лінейным, затрымліваючае напружанне  $U_з = 3,0$  В, сіла току  $I_0 = 60$  мкА. Вызначыце: а) калі, не змяняючы асвятлення, да фотаэлемента падключыць вальтметр з унутраным супраціўленнем  $R = 200$  кОм, якое напружанне ён пакажа; б) максімальны ККДз фотаэлемента.



Мал. 209

**840.** У ідэалізаванай мадэлі фотаэлемента на фотакатод падае монахраматычнае электрамагнітнае выпраменьванне з энергіяй фатона  $E_0 = 6,0$  эВ і пастаяннай магутнасцю. Кожны фатон вырывае адзін фотаэлектрон. Усе фотаэлектронны рухаюцца з аднолькавай скорасцю ў напрамку анода. На малюнку 210 адлюстравана вольт-амперная

характарыстыка ідэальнага фотаэлемента. Да фотаэлемента па чарзе падключалі рэзістары супраціўленнямі  $R_1 = 2,0$  кОм і  $R_2 = 1,0$  кОм. Вызначыце: а) адносіны  $P_2 / P_1$  цеплавой магутнасці, якая вылучаецца ў рэзістарах; б) ККДз фотаэлемента пры падключэнні да яго рэзістара  $R_1$ .



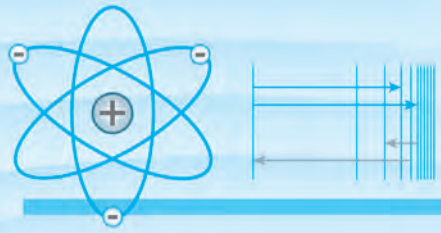
Мал. 210

- 841.** Пры паглыннанні кванта святла ўнутры крэмніевай ячэйкі сонечнай батарэі ў выніку ўнутранага фотаэфекту ўтвараецца дадатны ( $+e$ ) і адмоўны ( $-e$ ) свабодныя зарады. Гэтыя зарады рухаюцца ў процілеглых напрамках, падтрымліваючы ток у фотаэлеменце. Рабочае напружанне на ячэйцы  $U = 0,6$  В. Вызначыце максімальны ККДз сонечнай батарэі, лічачы, што сонечнае святло складаецца з фатонаў з энергіяй  $E = 1,8$  эВ.
- 842.** Касмічны тэлескоп Джэймс Уэб, плошча люстра якога  $S = 25$  м<sup>2</sup>, здольны зарэгістраваць цеплае выпраменьванне чмяля, які знаходзіцца ад яго на адлегласці, роўнай адлегласці ад Месяца да Зямлі ( $L = 384\,000$  км). Вызначыце лік фатонаў, які пры гэтым будзе кожную секунду трапляць на люстра тэлескопа, калі магутнасць цеплага выпраменьвання чмяля  $P = 0,3$  Вт, сярэдняя энергія фатона  $E_0 = 0,13$  эВ.



- 843.** \*Светлавое выпраменьванне з энергіяй  $W = 20$  Дж нармальна падае на плоскую паверхню плошчай  $S = 4,0$  см<sup>2</sup> на працягу  $t = 1$  мін. Пры гэтым паверхня раўнамерна асветлена. Вызначыце ціск выпраменьвання на паверхню, калі паверхня цалкам адбівае прамяні, якія на яе падаюць.
- 844.** \*Параўнайце ціскі святла, створаныя паралельным пучком святла на плоскае ідэальна адбіваючае люстра ( $R_1 = 1$ ) і ідэальна чорную плоскасць ( $R_2 = 0$ ) пры астатніх роўных умовах. Як зменіцца ціск святла, калі замест плоскага люстра змясціць ліст ідэальна белай паперы?
- 845.** \*Паралельны пучок святла інтэнсіўнасцю  $W = 0,10 \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2}$  падае на плоскае люстра з каэфіцыентам адбіцця  $R = 0,80$  перпендыкулярна яго паверхні. Вызначыце ціск святла на паверхню люстра, калі неадбітае святло паглынаецца.
- 846.** \*Монахраматычнае святло з даўжынёй хвалі  $\lambda = 600$  нм падае па нармалі на плоскую паліраваную металічную пласціну з каэфіцыентам адбіцця  $R = 0,80$  і раўнамерна асвятляе яе. Ціск святла на паверхню роўны  $p = 0,1$  мкПа. Вызначыце лік фатонаў, якія падаюць на ўчастак паверхні пласціны плошчай  $S = 1,0$  см<sup>2</sup> за час  $t = 1$  с.
- 847.** \*На люстраную плоскую паверхню плошчай  $S = 20,0$  см<sup>2</sup> перпендыкулярна да яе падае пучок святла з частатой  $\nu = 4,0 \cdot 10^{14}$  Гц, раўнамерна асвятляючы паверхню. Вызначыце ціск святла на паверхню, каэфіцыент адбіцця якой  $R = 0,90$ , калі за час  $\Delta t = 1,0$  с на паверхню падае  $N = 1 \cdot 10^{19}$  фатонаў. Неадбітыя фатоны паглынаюцца.

- 848.** \*Пучок лазернага выпраменьвання падае нармальна на плоскую паліраваную алюмініевую пласціну. Пры гэтым ад пласціны адбіваецца  $R = 70\%$  фатонаў, а астатнія паглынаюцца ёй. Вызначыце магутнасць выпраменьвання лазера, калі модуль сілы ціску пучка на пласціну  $F = 8,5$  нН.
- 849.** \*Паток выпраменьвання магутнасцю  $P = 1,0$  мкВт падае нармальна на плоскую паліраваную сярэбраную пласціну плошчай  $S = 1,0$  см<sup>2</sup>, раўнамерна асвятляючы яе. Вызначыце ціск святла, калі каэфіцыент адбіцця паверхні  $R = 0,8$ .
- 850.** \*На плоскае круглае люстра радыусам  $r = 3,5$  см нармальна падае лазернае выпраменьванне. Уся паверхня люстра аднародна асветлена. Вызначыце даўжыню хвалі лазернага выпраменьвання, калі за прамежак часу  $\Delta t = 3,0$  с на люстра падае  $N = 3,0 \cdot 10^{19}$  фатонаў, якія аказваюць на плоскасць люстра ціск  $p = 6,0$  мкПа. Пры гэтым  $R = 90\%$  фатонаў, якія падаюць на люстра, адбіваюцца ад яго, а астатнія паглынаюцца.
- 851.** У выніку поўнага адмаўлення ад выкарыстання атамнай энергіі ў некаторых еўрапейскіх краінах адбываецца замена атамных электрастанцый на электрастанцыі, якія выкарыстоўваюць узнаўляемыя крыніцы энергіі, у тым ліку на сонечныя электрастанцыі. На  $1$  м<sup>2</sup> гарызантальнай паверхні на тэрыторыі Цэнтральнай Еўропы за адзін год падае  $E_0 = 1200$  кВт · г сонечнай энергіі. Вызначыце: а) плошчу зямлі, якую трэба закрыць сонечнымі батарэямі, што замяняюць па выпрацоўцы электраэнергіі адзін энергаблок АЭС магутнасцю  $P = 1$  ГВт, калі ККДз батарэі  $\eta = 25\%$ ; б) \*сярэднюю сілу светлагага ціску на гэтую паверхню, калі ўсё выпраменьванне, якое падае на яе, паглынаецца.



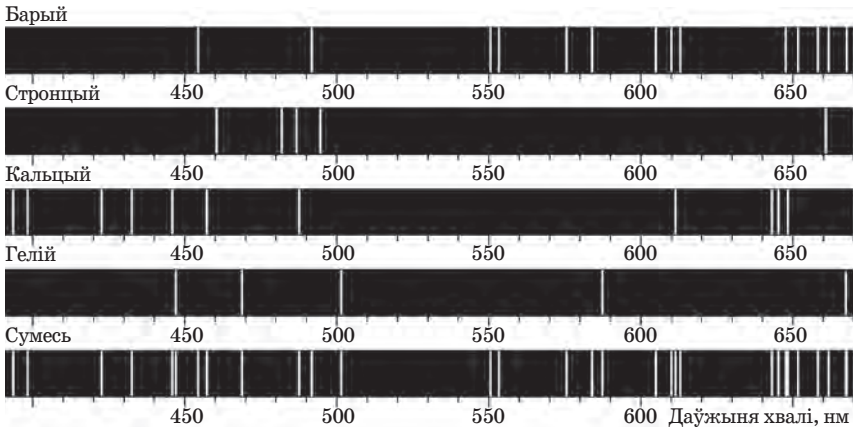
## VIII. ФІЗИКА АТАМА

Назва	Формула	Фізичныя велічыні, якія ўваходзяць у формулу
Пастулат Бора (правіла частот)	$\nu_{km} = \frac{E_k - E_m}{h}$	$\nu_{km}$ — частата выпушчанага або паглынутага фатона; $E_k$ і $E_m$ — энергія атама на $k$ -м і $m$ -м энергетычных узроўнях
Энергія стацыянарнага стану атама вадароду	$E_n = \frac{E_1}{n^2}$	$E_n$ — энергія $n$ -га стацыянарнага стану атама вадароду; $E_1 = -13,6$ эВ — энергія асноўнага стацыянарнага стану атама вадароду; $n$ — галоўны квантавы лік

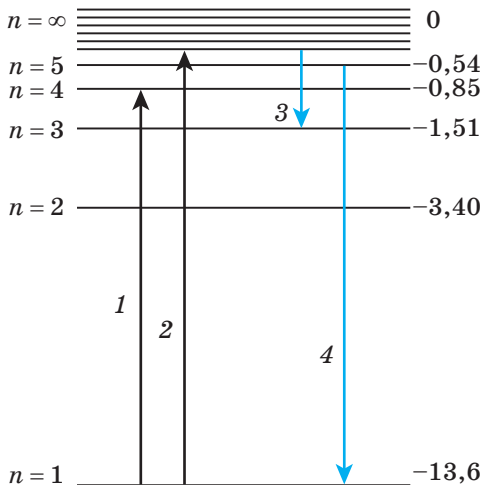
**852.** Укажыце ўсе правільныя сцвярджэнні.

Згодна з тэорыяй Бора, калі атам вадароду знаходзіцца ў стацыянарным стане, то: а) ён бесперапынна выпраменьвае электрамагнітныя хвалі адной пэўнай частаты; б) ён бесперапынна выпраменьвае электрамагнітныя хвалі, спектр якіх складаецца з некалькіх ліній; в) ён не выпраменьвае электрамагнітныя хвалі; г) электрон знаходзіцца ў стане спакою; д) патэнцыяльная энергія электрона роўна нулю.

**853.** На малюнку 211 прадстаўлены спектры выпраменьвання атамаў барыю, стронцыю, кальцыю, гелію, а таксама спектр выпраменьвання сумесі атамаў. Вызначыце: а) якія з пералічаных атамаў прысутнічаюць у сумесі; б) ці можна сцвярджаць, што ў сумесі прысутнічаюць іншыя атамы.



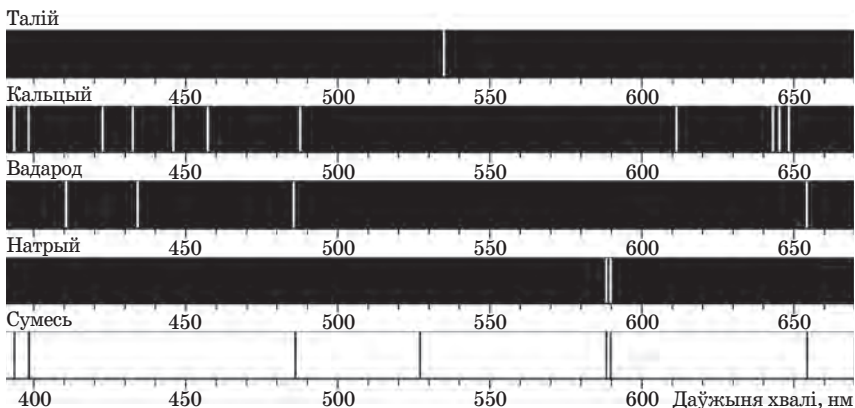
Мал. 211

 $E_n, \text{эВ}$ 

Мал. 212

За ўвага. Энергетычная дыяграма стацыянарных станаў атама вадароду (мал. 212): 1 і 2 — пераходы атама пры паглыннанні энергіі; 3 і 4 — пераходы атама пры выпраменьванні энергіі.

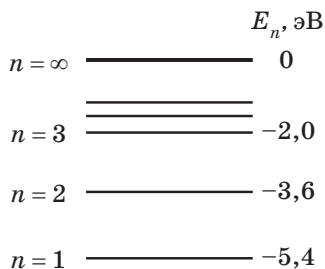
**854.** На малюнку 213 прадстаўлены спектры выпраменьвання атамаў талію, кальцыю, вадароду, натрыю, а таксама спектр паглынання сумесі атамаў. Вызначыце: а) якія з пералічаных атамаў прысутнічаюць у сумесі; б) ці можна сцвярджаць, што ў сумесі прысутнічаюць іншыя атамы. Адказ абгрунтуйце.



Мал. 213

- 855.** Ці можа атам, які знаходзіцца ў спакоі, пры пераходзе з асноўнага стану ва ўзбуджанае паглынуць фатон з любой энергіяй?
- 856.** У чым сутнасць ядзернай мадэлі атама, прапанаванай Рэзерфордам? Якія недахопы мае гэтая мадэль? Чаму ў доследах Рэзерфорда выкарыстоўвалася металічная пласцінка вельмі малой таўшчыні? Чаму электроны не аказвалі прыкметнага ўплыву на расейванне  $\alpha$ -часціц?
- 857.** Паглынуўшы фатон з энергіяй  $E_{13}$ , атам вадароду перайшоў з першага энергетычнага ўзроўню на трэці. Пры вяртанні ў зыходны стан атам спачатку перайшоў з трэцяга ўзроўню на другі, выпусціўшы фатон з энергіяй  $E_{32}$ , а потым — з другога на першы, выпусціўшы фатон з энергіяй  $E_{21}$ . Параўнайце энергіі  $E_{13}$ ,  $E_{32}$  і  $E_{21}$ .

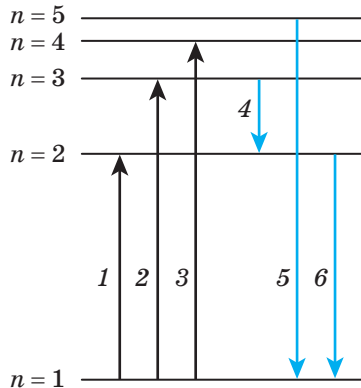
858. Ад чаго залежыць частата выпраменьвання атама па тэорыі Бора? Ці звязана частата вярчэння электрона вакол ядра атама з частатой выпраменьвання атама?
859. Укажыце, пры якіх пераходах атам вадароду выпраменьвае энергію, а пры якіх паглынае, калі ён пераходзіць: а) з першага энергетычнага ўзроўню на чацвёрты; б) з другога энергетычнага ўзроўню на першы; в) з шостага энергетычнага ўзроўню на трэці.
860. Атам вадароду перайшоў з пятага энергетычнага ўзроўню на першы. Выкарыстоўваючы энергетычную дыяграму стацыянарных станаў атама вадароду (мал. 212), вызначыце: а) энергію выпушчанага фатона; б) частату выпушчанага фатона.
861. Вызначыце даўжыню хвалі фатона, выпушчанага атам вадароду пры пераходзе атама са стану з энергіяй  $E_k = -0,85$  эВ у стан з энергіяй  $E_m = -1,51$  эВ.
862. Пры пераходзе атама ртуці з асноўнага стану ва ўзбуджаны атам паглынуў энергію  $\Delta E_{12} = 4,9$  эВ. Вызначыце частату фатона, выпушчанага атам ртуці пры пераходзе ў асноўны стан.
863. Нерухомы атам азоту, які знаходзіцца ў асноўным стане, можа іанізавацца ў выніку паглынання фатона. Вызначыце максімальную даўжыню хвалі фатона, які іанізуе атам азоту, калі для аднакратнай іанізацыі гэтага атама неабходна затраціць энергію  $\Delta E = 14,53$  эВ.
864. На малюнку 214 адлюстраваны ніжнія ўзроўні энергіі атама літыю. Укажыце ўсе правільныя выказванні. Атам літыю, які знаходзіцца ў асноўным стане, можа паглынуць фатон: а) з любой энергіяй; б) з энергіяй 1,6 эВ; в) з энергіяй 1,8 эВ; г) з энергіяй 3,6 эВ; д) з любой энергіяй большай за 3,6 эВ; е) з энергіяй 5,4 эВ; ж) з любой энергіяй большай за 5,4 эВ. Абгрунтуйце свой адказ.



Мал. 214

- 865.** Атам літыю іанізаваўся ў выніку паглынання фатона з даўжынёй хвалі  $\lambda = 0,23$  мкм. Вызначыце энергію (у электрон-вольтах), якую паглынуў атам літыю, калі кінетычная энергія выпушчанага электрона вельмі малая.
- 866.** Ведаючы энергію атома вадароду, які знаходзіцца ў асноўным стане,  $E_1 = -13,6$  эВ, вызначыце энергію (у джоўлях) атома вадароду, які знаходзіцца на восьмым энергетычным узроўні.
- 867.** У колькі разоў зменіцца энергія атома вадароду пры пераходзе: а) з асноўнага стану на трэці энергетычны ўзровень; б) з чацвёртага энергетычнага ўзроўню на другі?
- 868.** У колькі разоў даўжыня хвалі святла, якое выпраменьваецца атомам вадароду пры пераходзе з трэцяга энергетычнага ўзроўню на другі, большая за даўжыню хвалі святла, якое выпраменьвалася пры пераходзе атома з другога энергетычнага ўзроўню на першы?
- 869.** На малюнку 215 прадстаўлена дыяграма энергетычных узроўняў атома вадароду, на якой стрэлкамі паказаны пераходы атома з аднаго стану ў іншы. 1) Пры якім пераходзе адбываецца паглынне фатона з найбольшай энергіяй, а пры якім — з найменшай; 2) пры якім пераходзе адбываецца выпраменьванне фатона з найбольшай энергіяй, а пры якім — з найменшай; 3) пры якіх пераходах модулі змянення энергіі атома пры паглыннанні і

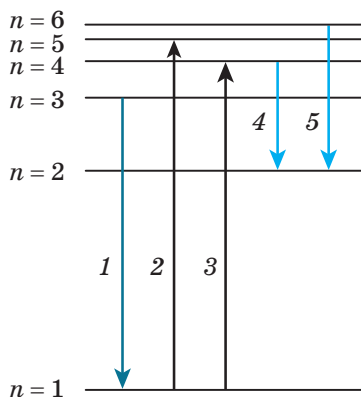
выпраменьванні фатона аднолькавыя; 4) які з пераходаў суправаджаецца выпраменьваннем фатона з максімальнай частатой, а які — з мінімальнай; 5) які з пераходаў суправаджаецца паглыннаннем фатона з максімальнай частатой, а які — з мінімальнай; 6) пры якім пераходзе выпраменьваецца фатон з максімальнай даўжынёй хвалі, а пры якім — з мінімальнай; 7) якая стрэлка адпавядае пераходу з паглыннаннем фатона з максімальнай даўжынёй хвалі, а якая — з мінімальнай; 8) пры якім пераходзе выпраменьваецца бачнае святло?



Мал. 215

- 870.** На малюнку 216 прадстаўлена дыяграма энергетычных узроўняў атама вадароду. Стрэлкамі паказаны пераходы атама з аднаго энергетычнага стану ў іншы. Вызначыце: а) які пераход суправаджаўся паглыннаннем фатона з найбольшым імпульсам; б) які пераход суправаджаўся выпраменьваннем фатона з найменшым імпульсам; в) у колькі разоў узрасла энергія атама пры пераходзе 3; г) у колькі разоў павялічыўся модуль сілы прыцягнення электрона да пратона пры пераходзе 5; д) якой вобласці спектра электрамагнітных выпраменьванняў належыць выпраменьванне атама пры пераходзе 1.





Мал. 216

- 871.** \*Колькі розных спектральных ліній можа змяшчаць спектр выпраменьвання атамарнага вадароду, калі атомы вадароду знаходзяцца на  $n$ -м энергетычным узроўні?
- 872.** Вызначыце максімальную даўжыню хвалі фатона, які можа выклікаць іанізацыю атома вадароду. Атам вадароду нерухомы і знаходзіцца ў асноўным стане з энергіяй  $E_1 = -13,6$  эВ.
- 873.** Вызначыце максімальную частату выпраменьвання атома вадароду, у якога энергія асноўнага стану  $E_1 = -13,6$  эВ.
- 874.** \*Вызначыце модуль імпульсу фатона, які выпраменіўся пры пераходзе атома вадароду са стану з энергіяй  $E_5 = -0,545$  эВ у стан з энергіяй  $E_4 = -0,847$  эВ.
- 875.** Атам вадароду, які знаходзіцца ў асноўным стане, паглынае фатон, энергія якога складае  $\eta = 96\%$  энергіі іанізацыі атома вадароду. На які энергетычны ўзровень прайдзе атам пасля паглынання гэтага фатона?
- 876.** Пад дзеяннем фатона з энергіяй  $E = 15,5$  эВ адбылася іанізацыя неўзбуджанага атома вадароду, які знаходзіцца ў спакоі. Вызначыце модуль скорасці выпушчанага электрона ўдалечыні ад ядра атома.

- 877.** У выніку паглынання фатона атамам вадароду, які знаходзіцца ў спакоі на другім энергетычным узроўні, быў выпушчаны электрон, модуль скорасці якога  $v = 6 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Вызначыце частату паглынутага фатона.
- 878.** Спектр атама вадароду змяшчае чатыры лініі, якія належаць бачнай вобласці шкалы электрамагнітных хваль. Вызначыце даўжыні хваль гэтых спектральных ліній, калі іх выпраменьванне адбываецца пры пераходзе атама вадароду з узбуджанага стану на другі энергетычны ўзровень.
- 879.** Спачатку атамы вадароду, паглынуўшы фатоны, пераходзяць на чацвёрты энергетычны ўзровень, а потым, выпусціўшы фатоны, пераходзяць на больш нізкія энергетычныя ўзроўні. Вызначыце, колькі ліній змяшчае спектр выпраменьвання вадароду.
- 880.** Атамы вадароду, якія знаходзяцца ў асноўным стане, пад дзеяннем святла змянілі сваю энергію на  $\Delta E = 12,1$  эВ. Колькі ліній будзе ў спектры выпраменьвання пры пераходзе атамаў на больш нізкія энергетычныя ўзроўні?
- 881.** Атам вадароду, які знаходзіцца ў асноўным стане, атрымаў энергію, якая ў  $\alpha = 16$  разоў большая за энергію асноўнага стану. На колькі электрон-вольт павялічылася энергія атама вадароду?
- 882.** Атам вадароду пры пераходзе з аднаго стацыянарнага стану ў іншы паслядоўна выпусціў два фатоны з даўжынямі хваль  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$ . Вызначыце змяненне энергіі атама.
- 883.** Пры пераходзе некаторага атама з чацвёртага энергетычнага ўзроўню на другі і з пятага на другі выпраменьваюцца фатоны з даўжынямі хваль  $\lambda_{42} = 486$  нм і  $\lambda_{52} = 410$  нм. Вызначыце даўжыню хвалі святла, якое выпускаецца гэтым атамам пры пераходзе з пятага ўзроўню на чацвёрты.

- 884.** \*У нерухомым атаме вадароду пераход электрона з чацвёртага энергетычнага ўзроўню на другі суправаджаецца выпусканнем фатона. Вызначыце даўжыню хвалі фатона і модуль яго імпульсу. Ці можа гэты фатон выбіць электрон з паверхні калію, калі работа выхаду электрона з калію  $A_{\text{вых}} = 2$  эВ? Энергія асноўнага стану атама вадароду  $E_1 = -13,6$  эВ.
- 885.** Пры пераходзе атамаў вадароду з шостага энергетычнага ўзроўню на другі атамы выпраменьваюць святло бачнага дыяпазону з даўжынёй хвалі  $\lambda_6$ . Пры паглыннанні ультрафіялетавага выпраменьвання з даўжынёй хвалі  $\lambda_{\text{уф}}$  атамы вадароду пераходзяць з пешага энергетычнага ўзроўню на трэці. Вызначыце адносіны даўжынь хваль  $\frac{\lambda_6}{\lambda_{\text{уф}}}$ .
- 886.** Атам вадароду пры пераходзе з аднаго стацыянарнага стану ў іншы паслядоўна выпусціў два фатоны, адзін з іх з частатой  $\nu_1 = 7,4 \cdot 10^{13}$  Гц, а другі з даўжынёй хвалі  $\lambda_2 = 490$  нм. Вызначыце змяненне энергіі атама.
- 887.** Пераход атама вадароду з другога энергетычнага ўзроўню на першы суправаджаецца ультрафіялетавым выпраменьваннем з даўжынёй хвалі  $\lambda$ . Вызначыце галоўны квантавы лік, што характарызуе стан атама, у які пяройдзе атам з другога энергетычнага ўзроўню, паглынуўшы фатон з даўжынёй хвалі  $4\lambda$ .
- 888.** Пры пераходзе атама вадароду з шостага энергетычнага ўзроўню на другі выпраменьваецца фатон з частатой  $\nu$ . Вызначыце нумар энергетычнага ўзроўню, з якога павінен перайсці атам вадароду на першы ўзровень, каб частата фатона, які выпраменіўся, была роўна  $4\nu$ .
- 889.** Атам вадароду выпраменіў фатон пры пераходзе электрона з другога энергетычнага ўзроўню на першы. Выпушчаны фатон трапіў на катод фотаэлемента і выбіў

з яго фотаэлектрон. Вызначыце модуль максімальнай скорасці фотаэлектрона, калі работа выхаду фотаэлектрона з металу катода  $A_{\text{вых}} = 8,2$  эВ.

- 890.** Атам вадароду пры пераходзе з другога энергетычнага ўзроўню на першы выпусціў фатон, які трапіў на катод фотаэлемента і выбіў з яго фотаэлектрон. Вызначыце максімальную кінетычную энергію (у джоўлях) фотаэлектрона, калі чырвоная мяжа фотаэфекту для металу катода  $\lambda_{\text{max}} = 0,15$  мкм.
- 891.** Плоская алюмініевая пласцінка асвятляецца ультрафіялетавым святлом, якое выпускаецца атамамі вадароду пры іх пераходзе з трэцяга энергетычнага ўзроўню на першы. На якую максімальную адлегласць ад паверхні пласцінкі можа аддаліцца фотаэлектрон, калі па-за пласцінкай створана затрымліваючае аднароднае электрычнае поле, модуль напружанасці якога  $E = 750 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ , а лініі напружанасці гэтага поля перпендыкулярны пласцінцы? Даўжыню хвалі чырвонай мяжы фотаэфекту для алюмінію вызначылі з дапамогай дыфракцыйнай рашоткі з перыядам  $d = 2,64$  мкм. На рашотку па нармалі да яе накіроўвалі выпраменьванне, і галоўны максімум чацвёртага парадку назіраўся пад вуглом  $\theta = 30^\circ$ .
- 892.** Цынкавую пласцінку, работа выхаду электрона з якой  $A_{\text{вых}} = 6,4 \cdot 10^{-19}$  Дж, асвятляюць монахраматычным святлом, якое выпускаецца атамамі вадароду пры пераходзе са стану з энергіяй  $E_2 = -3,4$  эВ у асноўны стан. Па-за пласцінкай існуе затрымліваючае аднароднае электростатычнае поле, модуль напружанасці якога  $E = 310 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ , а лініі напружанасці гэтага поля перпендыкулярны пласцінцы. Вызначыце, на якую максімальную адлегласць ад пласцінкі могуць аддаліцца фотаэлектронны, што вылятаюць з яе.

- 893.** Фатон з даўжынёй хвалі  $\lambda = 90$  нм выбівае электрон з атама вадароду, які знаходзіцца на другім энергетычным узроўні. Удалечыні ад атама электрон улятае ў аднароднае магнітнае поле так, што вектар індукцыі перпендыкулярны вектару скорасці электрона. Вызначыце радыус акружнасці, па якой будзе рухацца электрон у магнітным полі, калі яго модуль індукцыі  $B = 5,0$  мТл.
- 894.** Фатон, частата якога  $\nu = 4,0 \cdot 10^{15}$  Гц, выбіў электрон з атама вадароду, што знаходзіцца ў спакоі і ў асноўным стане. Удалечыні ад атама электрон уляцеў у аднароднае магнітнае поле, модуль індукцыі якога  $B = 4,1$  мТл. Вызначыце радыус акружнасці, па якой будзе рухацца электрон у магнітным полі. Лініі індукцыі магнітнага поля накіраваны перпендыкулярна скорасці электрона.
- 895.** Пры асвятленні паверхні металу святлом, якое выпраменьвалася атамамі вадароду пры пераходзе з чацвёртага энергетычнага ўзроўню на першы, з паверхні вылятае фотаэлектрон з максімальна магчымай скорасцю. Фотаэлектрон трапляе ў вобласць прасторы, дзе створаны ўзаемаперпендыкулярныя аднародныя электростатычнае і магнітнае палі, і рухаецца ў іх прамалінейна. Вызначыце работу выхаду (у электрон-вольтах) электрона з металу, калі модуль напружанасці электростатычнага поля  $E = 12 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$ , а модуль індукцыі магнітнага поля  $B = 10$  мТл.
- 896.** Атам вадароду, які знаходзіцца ў асноўным стане, сутыкнуўся з такім жа свабодным атамам, які знаходзіцца ў спакоі. Вызначыце мінімальную кінетычную энергію атама да сутыкнення, калі пасля сутыкнення адзін з атамаў перайшоў ва ўзбуджаны стан.
- 897.** Металічную пласцінку, работа выхаду электрона з якой  $A_{\text{вых}}$ , асвятляюць монахраматычным святлом, што

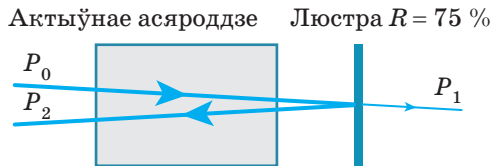
выпускаецца атамамі вадароду пры пераходзе са стану з энергіяй  $E_8$  у стан з энергіяй  $E_1$ . Па-за пласцінкай існуе затрымліваючае аднароднае электростатычнае поле, модуль напружанасці якога  $E$ . Фотаэлектрон вылецеў з пласцінкі і рухаецца ўздоўж ліній напружанасці поля. Праз які прамежак часу пасля вылету скорасць электрона паменшыцца ўдвая?

- 898.** \*Вызначыце энергію ўзбуджанага стану атама вадароду, калі пры пераходзе з гэтага стану ў асноўны атам выпусціў два фатоны. Модуль імпульсу першага фатона роўны  $p$ , а частата другога фатона роўна частаце чырвонай мяжы фотаэфекту для матэрыялу, работа выхаду электрона з якога роўна  $A_{\text{вых}}$ . Энергія асноўнага стану атама вадароду роўна  $E_1$ .
- 899.** Пратон, што рухаецца са скорасцю, модуль якой  $v_1 = 40 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ , сутыкаецца з нерухомым свабодным атамам гелію. У выніку сутыкнення атам гелію пераходзіць ва ўзбуджаны стан, а скорасць пратона змяняе напрамак на процілеглы і памяншаецца ўдвая. Вызначыце частату і даўжыню хвалі фатона, які выпускаецца ўзбуджаным атамам гелію пры пераходзе ў асноўны стан. Маса пратона ў чатыры разы меншая за масу атама гелію.
- 900.** Вызначыце: а) нумар  $n$  энергетычнага ўзроўню, на які павінен перайсці атам вадароду, каб яго энергія стала  $E_n = -8,5 \cdot 10^{-5}$  эВ; б) энергію іанізацыі атама вадароду, які знаходзіцца ва ўзбуджаным стане  $n$ ; в) тэмпературу, пры якой сярэдняя кінетычная энергія атамаў вадароду роўна энергіі іанізацыі гэтага атама, які знаходзіцца ва ўзбуджаным стане  $n$ .
- 901.** Энергазберагальная святлодыёдная лямпа працуе наступным чынам. Святлодыёд пры працяканні праз яго электрычнага току выпраменьвае блакітнае святло з

даўжынёй хвалі  $\lambda_1 = 465$  нм. Спектр выпраменьвання святлодыёда значна вужэйшы за бачны спектр, і яго нельга выкарыстоўваць для асвятлення, паколькі ўзнікае скажонае ўспрыманне колеру. Таму выпраменьванне дыёда прапускаюць праз люмінафор — рэчыва, якое пасля паглынання фатона з кароткай даўжынёй хвалі выпраменьвае фатон з большай даўжынёй хвалі, пры гэтым спектр выпраменьвання пашыраецца, зрушваецца ў чырвоную вобласць і становіцца лепшым для ўспрымання вокам. Знайдзіце максімальную долю светлавой энергіі, якая падае на люмінафор і можа быць ператворана ў энергію выпраменьвання з іншымі даўжынямі хваль, калі сярэдняя даўжыня хвалі фатонаў, што перавыпраменіліся,  $\lambda_2 = 580$  нм (жоўтае святло).

- 902.** Колькі фатонаў выпраменьвае цвёрдацельны лазер у адным імпульсе, працягласць якога  $t = 10$  нс і сярэдняя магутнасць  $\langle P \rangle = 5,0$  МВт? Даўжыня хвалі лазернага выпраменьвання  $\lambda = 530$  нм.
- 903.** Лазер з ККДз  $\eta = 0,10$  % выпраменіў  $N = 2,53 \cdot 10^{19}$  фатонаў з даўжынёй хвалі  $\lambda = 694,3$  нм за час  $t = 2,0$  мс. Вызначыце магутнасць, якая спажываецца лазерам.
- 904.** \*Галоўнай уласцівасцю актыўнага асяроддзя ў лазерах з'яўляецца яго здольнасць узмацняць святло. Калі інтэнсіўнасць святла невысокая, магутнасць любога светлавога пучка пры праходжанні праз актыўнае асяроддзе павялічваецца ў адну і тую ж колькасць разоў. На малюнку 217 адлюстраваны паралельны пучок святла, які, прайшоўшы праз актыўнае асяроддзе, трапляе на люстра, што адбівае  $R = 75$  % энергіі, якая падае на яго. Магутнасць  $P_1$  светлавога пучка, які прайшоў праз люстра, у два разы меншая за магутнасць  $P_0$  пучка, які

падае на актыўнае асяроддзе. Светлавы пучок пасля адбіцця ад люстра зноў праходзіць праз актыўнае асяроддзе. Вызначыце, у колькі разоў магутнасць  $P_2$  гэтага пучка большая за магутнасць  $P_0$ .



Мал. 217

905. \*На малюнку 218 адлюстраваны кароткі светлавы імпульс, які распаўсюджваецца ўздоўж аптычнай восі сістэмы, што складаецца з актыўнага асяроддзя і двух паралельных плоскіх люстраў, якія адбіваюць  $R = 95\%$  энергіі, што падае на іх. Пасля 5 праходаў праз актыўнае асяроддзе энергія светлавога імпульсу павялічылася ў 5 разоў. Вызначыце: а) у колькі разоў павялічвалася энергія светлавога імпульсу пры адным праходжанні праз актыўнае асяроддзе, калі пры кожным праходжанні праз актыўнае асяроддзе энергія светлавога імпульсу павялічвалася ў адну і тую ж колькасць разоў; б) у колькі разоў павінна павялічвацца энергія светлавога імпульсу пры адным праходжанні праз актыўнае асяроддзе, каб энергія светлавых імпульсаў, якія прайшлі праз люстра, не змянялася з цягам часу.



Мал. 218



## ІХ. ЯДЗЕРНАЯ ФІЗІКА І ЭЛЕМЕНТАРНЫЯ ЧАСЦІЦЫ

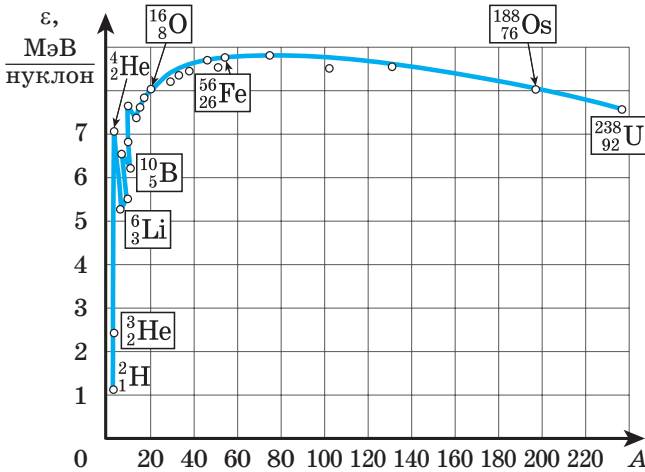
Назва	Формула	Фізічныя велічыні, якія ўваходзяць у формулу
Сімвалічнае абазначэнне атамнага ядра	${}^A_Z X$	$Z$ — зарадавы лік (лік пратонаў у ядры); $A$ — масавы лік (лік нуклонаў у ядры); $X$ — абазначэнне хімічнага элемента
Энергія сувязі ядра	$E_{\text{суб}} = (Z \cdot m_p + (A - Z) m_n - m_{\text{я}}) \times 931,5 \text{ (МэВ)}$	$E_{\text{суб}}$ — энергія сувязі ядра; $Z$ — лік пратонаў у ядры; $A$ — масавы лік; $m_p$ — маса пратона; $m_n$ — маса нейтрона; $m_{\text{я}}$ — маса ядра
Удзельная энергія сувязі ядра	$\varepsilon = \frac{E_{\text{суб}}}{A}$	$\varepsilon$ — удзельная энергія сувязі ядра; $E_{\text{суб}}$ — энергія сувязі ядра; $A$ — масавы лік

Назва	Формула	Фізічныя велічыні, якія ўваходзяць у формулу
Сімвалічны запіс ядзернай рэакцыі	$A + a \rightarrow B + b + Q$	$a$ — бамбардзіруючая часціца (ядро); $A$ — зыходнае ядро; $b$ — выпускаемая часціца (ядро); $B$ — выніковае ядро
Энергетычны выхад ядзернай рэакцыі	$Q = (m_a + m_A - (m_b + m_B)) \cdot 931,5 \text{ (МэВ)}$	$Q$ — энергетычны выхад ядзернай рэакцыі; $m_a, m_A$ — масы ядзер (часціц) да рэакцыі; $m_b, m_B$ — масы ядзер (часціц) пасля рэакцыі
$\alpha$ -распад	${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He}$	${}^A_Z X$ — зыходнае (мацярынскае) ядро; ${}^{A-4}_{Z-2} Y$ — прадукт распаду (дачынае) ядро; ${}^4_2 \text{He}$ — ядро гелію ( $\alpha$ -часціца)
$\beta^-$ -распад	${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e$	${}^A_Z X$ — зыходнае (мацярынскае) ядро; ${}^A_{Z+1} Y$ — прадукт распаду (дачынае) ядро; ${}^0_{-1} e$ — электрон

Назва	Формула	Фізічныя велічыні, якія ўваходзяць у формулу
Закон радыеактыўнага распаду	$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$	$N_0$ — лік радыеактыўных ядзер у пачатковы момант часу; $N$ — лік радыеактыўных ядзер праз час $t$ ; $t$ — час, на працягу якога лік ядзер паменшыўся ад $N_0$ да $N$ ; $T_{1/2}$ — перыяд паўраспаду

**906.** У пачатку XX стагоддзя Э. Рэзерфорд разам са сваімі супрацоўнікамі правёў серыю эксперыментаў, у якіх апраменьваў тонкую залатую фольгу патокам  $\alpha$ -часціц і назіраў, што  $\alpha$ -часціцы расейваюцца на розныя вуглы, пры гэтым некаторыя часціцы нават адхіляюцца назад, у бок крыніцы выпраменьвання. Якія вывады былі зроблены па выніках гэтых эксперыментаў: 1) памеры атамаў золата значна меншыя за памеры  $\alpha$ -часціц; 2) памеры ядра атама золата значна меншыя за памеры самога атама; 3) маса  $\alpha$ -часціцы шмат большая за масу электрона; 4) пры радыеактыўным распадзе вылучаецца вялікая энергія; 5) ядро атама золата і  $\alpha$ -часціца ўзаемадзейнічаюць адно з адным па законе Кулона?

З а ў в а г а. Залежнасць удзельнай энергіі сувязі ядзер ад масавага ліку (мал. 219):  $\epsilon$  — удзельная энергія сувязі ядра;  $A$  — маса-вы лік.

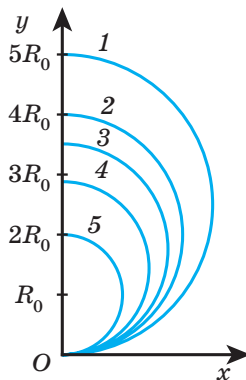


Мал. 219

907. Укажыце пары часціц, паміж якімі могуць дзейнічаць ядзерныя сілы: 1) пратон і нейтрон; 2) пратон і пратон; 3) пратон і электрон; 4) нейтрон і электрон; 5) нейтрон і нейтрон; 6) пратон і пазітрон; 7) электрон і пазітрон.
908. Укажыце пары часціц, паміж якімі могуць дзейнічаць кулонаўскія сілы: 1) пратон і нейтрон; 2) пратон і пратон; 3) пратон і электрон; 4) нейтрон і электрон; 5) нейтрон і нейтрон; 6) пратон і пазітрон; 7) электрон і пазітрон.
909. Ці адрозніваюцца па складзе ядры  ${}^3_1\text{X}_1$ ,  ${}^3_2\text{X}_2$  і  ${}^4_2\text{X}_3$ ? Да якіх хімічных элементаў яны адносяцца?
910. Вызначыце склад ядзер неону  ${}^{21}_{10}\text{Ne}$  і  ${}^{22}_{10}\text{Ne}$ .
911. Вызначыце хімічны элемент, у ядры якога змяшчаецца:  
а) 7 пратонаў і 7 нейтронаў; б) 51 пратон і 71 нейтрон;  
в) 101 пратон і 156 нейтронаў.
912. Колькі пратонаў, нейтронаў і электронаў змяшчаюць нейтральныя атамы:  
а) марганцу  ${}^{55}_{25}\text{Mn}$ ; б) аргону  ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ ;  
в) вугляроду  ${}^{13}_6\text{C}$ ?

913. Параўнайце лік нейтронаў, якія змяшчаюцца ў ядрах атамаў магнію  ${}_{12}^{26}\text{Mg}$ , алюмінію  ${}_{13}^{28}\text{Al}$ , крэмнію  ${}_{14}^{27}\text{Si}$ .
914. Маса золата  ${}_{79}^{197}\text{Au}$  ў залатым алімпійскім медалі  $m = 6,0$  г. Колькі пратонаў і колькі нейтронаў змяшчаецца ва ўсіх атамах золата алімпійскага медаля?
915. Маецца чатыры нейтральныя атамы:  ${}_{24}^{58}\text{Cr}$ ,  ${}_{24}^{60}\text{Cr}$ ,  ${}_{27}^{60}\text{Co}$ ,  ${}_{29}^{60}\text{Cu}$  і адзін трохкратна іанізаваны атам  ${}_{27}^{61}\text{Co}$ . Укажыце атамы: 1) якія з'яўляюцца ізатопамі; 2) ядры якіх маюць аднолькавы лік нейтронаў; 3) лік электронаў у якіх аднолькавы.
916. Атамнае ядро складаецца з  $A = 220$  нуклонаў, 40 % з якіх уяўляюць сабой пратоны. Вызначыце, колькі пратонаў і нейтронаў змяшчаецца ў гэтым ядры.
917. У атамным ядры ў  $k = 1,5$  раза больш нейтронаў, чым пратонаў. Вызначыце, колькі пратонаў і нейтронаў змяшчаецца ў гэтым ядры, калі ў ім на 36 пратонаў менш, чым нейтронаў.
918. Вызначыце сумарны зарад усіх ядзер нікелю  ${}_{28}^{59}\text{Ni}$ , якія змяшчаюцца ў нікелевым шарыку аб'ёмам  $V = 1 \text{ см}^3$ .
919. У пасудзіне ўмяшчальнасцю  $V = 0,31$  л знаходзіцца аргон  ${}_{18}^{40}\text{Ar}$  пры тэмпературы  $t = 37 \text{ }^\circ\text{C}$  і ціску  $p = 69 \text{ кПа}$ . Вызначыце лік усіх нейтронаў, якія змяшчаюцца ў ядрах атамаў аргону.
920. У балоне ўмяшчальнасцю  $V = 10$  л знаходзіцца крыптон  ${}_{36}^{84}\text{Kr}$  пры тэмпературы  $t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ . З прычыны ўцечкі газу ціск у балоне панізіўся на  $|\Delta p| = 4,14 \text{ Па}$ . Колькі нейтронаў, якія ўваходзяць у склад ядзер атамаў крыптону, выйшла з балона, калі тэмпература газу ў балоне не змянілася?

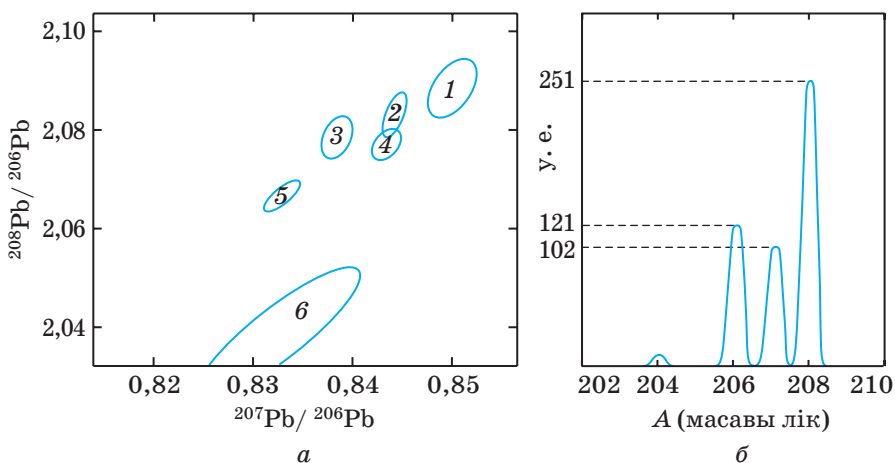
921. Вызначыце зарад ядра: а) атама марганцу  ${}^{55}_{25}\text{Mn}$ ; б) атама, у якім змяшчаецца столькі ж пратонаў, колькі нейтронаў у ядры броду  ${}^{80}_{35}\text{Br}$ .
922. \*Свабоднае ядро золата  ${}^{200}_{79}\text{Au}$  і ядро хрому  ${}^{50}_{24}\text{Cr}$  спачатку знаходзіліся на вялікай адлегласці адно ад аднаго і ў стане спакою. Потым ядру хрому надалі скорасць, накіраваную ўздоўж прамой, якая злучае яго з ядром золата. Вызначыце модуль пачатковай скорасці, надаленай ядру хрому, калі мінімальная адлегласць, на якую наблізіліся ядры,  $r_{\min} = 5,3 \text{ нм}$ .
923. Мас-спектрометр — гэта прыбор, прызначаны для вызначэння атамных мас іонаў. У гэтым прыборы іоны, паскараючыся, праходзяць аднолькавую рознасць патэнцыялаў і з аднолькавай кінетычнай энергіяй улятаюць у магнітнае поле, у якім рухаюцца па дугах, радыусы якіх залежаць ад атамнай масы іонаў. На малюнку 220 адлюстраваны траекторыі іонаў, якія ўляцелі ў аднароднае магнітнае поле, рухаючыся ўздоўж восі  $Ox$ . Радыус траекторыі аднаго з ядзер вадароду роўны  $R_0$ . Прывядзіце ў адпаведнасць назвы ядзер нуклідаў вадароду і нумары іх траекторый у мас-спектрометры. Абгрунтуйце свой адказ.



Мал. 220

Назва нукліду	Нумер траекторыі
А) Пройцый ${}^1_1\text{H}$ .	1, 2, 3, 4, 5
Б) Дэйтэрыі ${}^2_1\text{H}$ .	
В) Трытыі ${}^3_1\text{H}$ .	

**924.** У медзі, атрыманай непасрэдна з руды, у якасці прымешкі прысутнічае свінец. Аказалася, што кожнае месца-раджэнне медзі характарызуецца пэўнымі суадносінамі паміж нуклідамі свінцу, якія прысутнічаюць у прымешцы. На малюнку 221, а паказаны вобласці, у якіх знаходзяцца вынікі вымярэнняў суадносін нуклідаў свінцу для некаторых месца-раджэнняў, абазначаных лічбамі. Для меднага прадмета, вырабленага ў медным веку, з дапамогай мас-спектрометра (прыбора, які вызначае колькасць нукліду ў пробе ў залежнасці ад яго масавага ліку А) атрымалі спектраграму нуклідаў свінцу (мал. 221, б). Колькасць кожнага нукліду ўказана ва ўмоўных адзінках. Укажыце нумар месца-раджэння, у якім была здабыта медзь для вырабу гэтага прадмета.



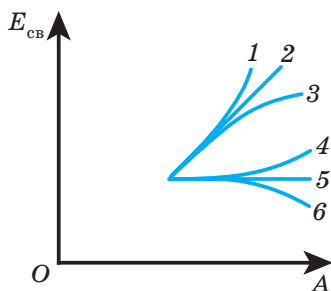
Мал. 221

925. Укажыце формулу, па якой можна разлічыць масу ядра нукліду  ${}^A_ZX$ , выражаную ў энергетычных велічынях, калі  $M$  — атамная маса нукліду,  $m_e$  — маса электрона: 1)  $Ac^2$ ; 2)  $(A - Z)c^2$ ; 3)  $Mc^2$ ; 4)  $(M - m_e)c^2$ ; 5)  $(M - Zm_e)c^2$ ; 6)  $(AM - Zm_e)c^2$ .
926. Вызначыце ў атамных адзінках масы і кілаграмах дэфэкт масы ядра бору  ${}^{11}_5B$  і ядра свінцу  ${}^{206}_{82}Pb$ .
927. Вызначыце ў электрон-вольтах і джоўлях энергію сувязі ядра, калі дэфэкт масы ядра: а)  $\Delta m_1 = 1$  а. а. м.; б)  $\Delta m_2 = 0,38$  а. а. м.
928. Атамная маса нукліду  ${}^A_ZX$  роўна  $M$ , маса электрона  $m_e$ . Выразіце масу ядра гэтага нукліду ў энергетычных адзінках. Скорасць святла ў вакууме роўна  $c$ .
929. Вызначыце энергію сувязі (у МэВ) ядра: 1) дэйтэрыю  ${}^2_1H$ ; 2) літыю  ${}^7_3Li$ ; 3) крэмнію  ${}^{30}_{14}Si$ ; 4) берылію  ${}^{10}_4Be$ .
930. Вызначыце ўдзельную энергію сувязі ядра: 1) трытыю  ${}^3_1H$ ; 2) плаціны  ${}^{196}_{78}Pt$ ; 3) урану  ${}^{238}_{92}U$ ; 4) радыю  ${}^{226}_{88}Ra$ .
931. Выкарыстоўваючы дыяграму залежнасці ўдзельнай энергіі сувязі ядра ад масавага ліку (мал. 219), параўнайце энергіі сувязі і ўдзельныя энергіі сувязі ядзер кіслароду  ${}^{16}_8O$ , жалеза  ${}^{56}_{26}Fe$  і осмію  ${}^{188}_{76}Os$ .
932. Выкарыстоўваючы дыяграму залежнасці ўдзельнай энергіі сувязі ядра ад масавага ліку (мал. 219), разлічыце энергію сувязі ядра осмію-188.
933. Выкарыстоўваючы дыяграму залежнасці ўдзельнай энергіі сувязі ядра ад масавага ліку (мал. 219), разлічыце, на колькі працэнтаў маса ядра кіслароду  ${}^{16}_8O$  адрозніваецца ад сумы мас нуклонаў, якія ўваходзяць у яго склад і ўзяты паасобку.
934. Выкарыстоўваючы дыяграму залежнасці ўдзельнай энергіі сувязі ядра ад масавага ліку (мал. 219), разлічы-



це, якую энергію (у МВт · г) трэба затраціць, каб адзін грам нукліду ртуці  $^{198}_{80}\text{Hg}$  ператварыць у золата. Для гэтага трэба з кожнага ядра ртуці выдаліць адзін пратон. Лічыце, што ўдзельныя энергіі сувязі ядзер ртуці і золата аднолькавыя.

- 935.** Укажыце, якой лічбай на малюнку 222 абазначаны графік залежнасці энергіі сувязі  $E_{\text{св}}$  ад масавага ліку  $A$  для сярэдніх і цяжкіх стабільных ядзер. Абгрунтуйце свой адказ.



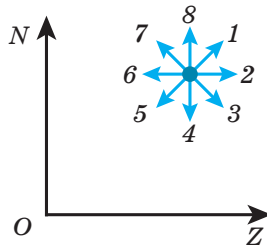
Мал. 222

- 936.** Вызначыце, якую энергію (у Дж) трэба затраціць, каб раздзяліць на асобныя нуклоны  $m = 1,0$  г ядзер малібдэну  $^{95}_{42}\text{Mo}$ .
- 937.** Колькі атамаў вадароду можа быць іанізавана, калі для іанізацыі выкарыстаць усю энергію, якая вылучаецца пры аб'яднанні пратона і двух нейтронаў у ядро трытыю  $^3_1\text{H}$ ? Энергія іанізацыі атама вадароду  $E_{\text{іон.}} = 13,55$  эВ.
- 938.** Вызначыце энергію (у Дж), якая вылучыцца пры ўтварэнні з пратонаў і нейтронаў аднаго моля гелію  $^4_2\text{He}$ .
- 939.** Вызначыце, колькі фатонаў з частатой  $\nu = 5 \cdot 10^{15}$  Гц павінен выпраменіць лазер, каб іх сумарная энергія была роўна энергіі, неабходнай для расшчаплення на нуклоны ўсіх ядзер алюмінію  $^{27}_{13}\text{Al}$  у алюмініевам провадзе аб'ёмам  $V = 6$  см<sup>3</sup>.

940. Для а)  $\alpha$ -выпраменьвання; б)  $\beta^-$ -выпраменьвання; в)  $\beta^+$ -выпраменьвання; г)  $\gamma$ -выпраменьвання прывядзіце ў адпаведнасць параметр ядра і яго змяненне, якое суправаджае гэтае выпраменьванне.

Параметр ядра	Змяненне параметра
А) Зарадавы лік.	-4
Б) Масавы лік.	-2
В) Лік нейтронаў	-1
	0
	1
	2
	4

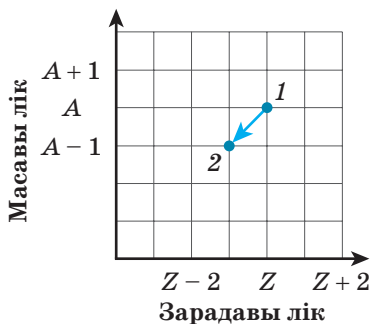
941. \*На каардынатнай плоскасці  $ZON$ , дзе  $Z$  — зарадавы лік,  $N$  — лік нейтронаў, паказана пачатковае становішча ядра некаторага радыенукліду (мал. 223). Прывядзіце ў адпаведнасць тып радыеактыўнасці і напрамак, у якім ядро перамесціцца на плоскасці  $ZON$  пасля распаду.



Мал. 223

Тып радыеактыўнасці	Напрамак перамяшчэння
А) $\alpha$ -распад;	1) па стрэлцы 1;    6) па стрэлцы 6;
Б) $\beta^-$ -распад;	2) па стрэлцы 2;    7) па стрэлцы 7;
В) $\beta^+$ -распад;	3) па стрэлцы 3;    8) па стрэлцы 8;
Г) выпусканне $\gamma$ -кванта;	4) па стрэлцы 4;    9) застаецца на
Д) выпусканне пратона	5) па стрэлцы 5;    ранейшым месцы

942. Запоўніце пропускі словамі: *асноўным*; *узбуджаным*; *памяншаецца*; *не змяняецца*; *павялічваецца*. Калі пасля  $\alpha$ - або  $\beta^-$ -распаду даччынае ядро знаходзіцца ў ... стане, такое ядро можа выпраменьваць  $\gamma$ -квант. Пры выпраменьванні  $\gamma$ -кванта масавы лік ..., маса ядра ... .
943. \*На каардынатнай плоскасці  $ZOA$ , дзе  $Z$  — зарадавы лік,  $A$  — масавы лік, паказана змяненне становішча ядра некаторага радыенукліду пасля выпускання часціцы (мал. 224). Укажыце, якая часціца была выпушчана атамным ядром: 1)  $\alpha$ -часціца; 2) электрон; 3) пазітрон; 4) пратон; 5) нейтрон. Абгрунтуйце свой адказ.

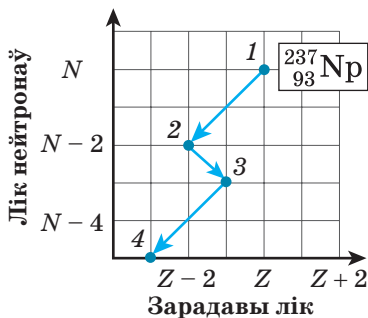


Мал. 224

944. Калі на дыяграме залежнасці ўдзельнай энергіі сувязі стабільных ядзер ад ліку нуклонаў у ядры на малюнку 219 адзначыць становішча  $\beta^-$ -актыўнага нукліду марганцу  ${}_{25}^{56}\text{Mn}$ , то адносна стабільнага нукліду жалеза  ${}_{26}^{56}\text{Fe}$  ён будзе размешчаны: 1) лявей; 2) правей; 3) вышэй; 4) ніжэй; 5) лявей і вышэй; 6) лявей і ніжэй; 7) правей і вышэй; 8) правей і ніжэй; 9) у тым жа пункце.
945. Якое ядро ўтвараецца ў выніку  $\alpha$ -распаду: а) ядры радыю  ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ ; б) ядры радону  ${}_{86}^{220}\text{Rn}$ ?
946. Якое ядро ўтвараецца ў выніку  $\beta^-$ -распаду: а) ядры галію  ${}_{31}^{73}\text{Ga}$ ; б) ядры талію  ${}_{81}^{209}\text{Tl}$ ?

947. Якое ядро ўтвараецца ў выніку  $\beta^+$ -распаду: а) ядры вугляроду  ${}_{6}^{11}\text{C}$ ; б) ядры кіслароду  ${}_{8}^{15}\text{O}$ ?
948. Ядро палонію  ${}_{84}^{212}\text{Po}$  адчувае  $\alpha$ -распад і ператвараецца ў ядро іншага атама. Запішыце ўраўненне рэакцыі. Укажыце склад ядра, якое ўтварылася.
949. Ядро францыю  ${}_{87}^{223}\text{Fr}$  адчувае  $\beta^-$ -распад і ператвараецца ў ядро іншага элемента. Запішыце ўраўненне рэакцыі і вызначыце масу ўсіх пратонаў, якія змяшчаюцца ў ядры, якое ўтварылася.
950. У выніку якога радыеактыўнага распаду ядро плутонію  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$  ператвараецца ў ядро ўрану  ${}_{92}^{235}\text{U}$ ?
951. У выніку якога радыеактыўнага распаду ядро натрыю  ${}_{11}^{22}\text{Na}$  ператвараецца ў ядро магнію  ${}_{12}^{22}\text{Mg}$ ?
952. Ядро пратактынію  ${}_{91}^{233}\text{Pa}$  адчувае  $\beta^-$ -распад, а ядро, якое ўтварылася, адчувае  $\alpha$ -распад. Якое ядро ўтвараецца ў выніку двух распадаў?
953. Ядро астату  ${}_{85}^{217}\text{At}$  адчувае  $\alpha$ -распад і ператвараецца ў ядро вісмуту, а ядро, якое ўтварылася, адчувае  $\beta^-$ -распад. Якое ядро ўтвараецца ў выніку двух распадаў?
954. Які нуклід утвараецца з ядра торыю  ${}_{90}^{232}\text{Th}$  пасля чатырох  $\alpha$ -распадаў і двух  $\beta^-$ -распадаў?
955. Пасля двух  $\beta^-$ -распадаў і трох  $\alpha$ -распадаў з ядра ўрану  ${}_{92}^{235}\text{U}$  ўтвараецца ядро іншага нукліду. Вызначыце лік нейтронаў у ядры, якое ўтварылася.
956. Колькі  $\alpha$ -распадаў і  $\beta^-$ -распадаў адбылося ў працэсе ператварэння ядра радыю  ${}_{88}^{226}\text{Ra}$  ў ядро свінцу  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ ?
957. Вызначыце масу ўсіх нейтронаў у ядры торыю  ${}_{90}^{\text{A}}\text{Th}$ , які з'яўляецца зыходным элементам радыеактыўнага рада, калі ў выніку шасці  $\alpha$ -распадаў і чатырох  $\beta^-$ -распадаў ядро торыю ператвараецца ў ядро свінцу  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ .

958. Ядро радыю  ${}_{88}^{226}\text{Ra}$  ўтварылася ў выніку двух  $\beta^-$ -распадаў і трох  $\alpha$ -распадаў. Вызначыце зыходны нуклід.
959. У выніку серыі паслядоўных радыеактыўных  $\alpha$ - і  $\beta^-$ -распадаў ядро ўрану  ${}_{92}^{238}\text{U}$  ператварылася ў стабільнае ядро свінцу  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ . Вызначыце сумарны лік  $\alpha$ -часціц і электронаў, выпушчаных пры гэтых распадах.
960. Атамнае ядро, якое складаецца з  $Z = 100$  пратонаў і  $N = 160$  нейтронаў, зведала паслядоўна тры  $\alpha$ -распады і адзін  $\beta^-$ -распад. Вызначыце, на колькі лік нейтронаў перавышае лік пратонаў у ядры, якое ўтварылася.
961. На каардынатнай плоскасці  $ZON$  (мал. 225), дзе  $Z$  — зарадавы лік,  $N$  — лік нейтронаў, паказаны паслядоўныя распады ядра нептунію  ${}_{93}^{237}\text{Np}$ . Вызначыце: а) які нуклід атрымаўся ў выніку гэтых распадаў; б) якія распады ядра адбыліся; в) якія прамежковыя нукліды былі ў гэтым ланцугу. Абгрунтуйце свой адказ.

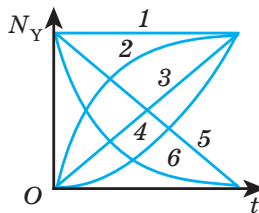


Мал. 225

962. Некаторы радыеактыўны рад пачынаецца з нукліду, які змяшчае ў ядры 235 нуклонаў, і заканчваецца нуклідам з парадковым нумарам 82 у перыядычнай сістэме хімічных элементаў. Рад уключае сем  $\alpha$ -распадаў і чатыры  $\beta^-$ -распады. Вызначыце зарадавы лік пачатковага нукліду рада і масавы лік канцавога нукліду дадзенага радыеактыўнага рада.

963. У ланцугу радыеактыўных ператварэнняў пасля пяці  $\beta^-$ -распадаў і некалькіх  $\alpha$ -распадаў ядро радыеактыўнага элемента ператварылася ў стабільнае ядро, зарадавы лік якога на 13 меншы за першапачатковы. На колькі адрозніваюцца масавыя лікі першапачатковага і канцавага ядзер?
964. У ланцугу радыеактыўных ператварэнняў пасля некалькіх  $\alpha$ - і  $\beta^-$ -распадаў ядро радыенукліду ператвараецца ў стабільнае ядро, у якога лік нейтронаў на 15 меншы, чым у першапачатковага ядра. Вядома, што лік  $\alpha$ -распадаў роўны ліку  $\beta^-$ -распадаў. Вызначыце лік усіх распадаў.
965. Пасля некалькіх  $\alpha$ - і  $\beta^-$ -распадаў ядро некаторага радыенукліду ператварылася ў стабільнае ядро, у якога лік нейтронаў на 19 меншы, чым у першапачатковага ядра. Вызначыце лік усіх распадаў, калі сумарны зарад выпушчаных часціц  $q = 9e$ , дзе  $e$  — элементарны зарад.
966. Ядро ксенону  ${}_{54}^{140}\text{Xe}$  зведвае чатыры  $\beta^-$ -распады і ператвараецца ў стабільнае ядро. Вызначыце зарад ядра, якое ўтварылася.
967. Ядры медзі  ${}_{29}^{64}\text{Cu}$  ў колькасці  $\nu = 0,50$  моль зведалі  $\beta^-$ -распад. Вызначыце сумарную масу ядзер, якія ўтварыліся пры распадзе.
968. У аднароднае электростатычнае поле ўляцеў пратон, а за ім — часціца, выпушчаная пры радыеактыўным распадзе ядра палонію  ${}_{84}^{207}\text{Po}$ . Пачатковыя скорасці пратона і часціцы аднолькавыя і супадаюць з напрамкам ліній напружанасці поля. Вызначыце склад даччынага ядра, у якое ператварылася ядро палонію, калі часціца абагнала пратон.

969. Пры радыеактыўным распадзе ядра нептунію  ${}_{93}^{236}\text{Np}$  была выпушчана часціца, модуль скорасці якой  $v = 5,0 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Часціца трапіла ў аднароднае электростатычнае поле і, рухаючыся ўздоўж сілавых ліній да спынення, выканала перамяшчэнне  $\Delta r = 6,25$  мм. Вызначыце склад даччынага ядра, у якое пры радыеактыўным распадзе ператварылася ядро нептунію  ${}_{93}^{236}\text{Np}$ . Модуль напружанасці электростатычнага поля  $E = 41,5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ .
970. Адзін бок пласціны ў плоскім кандэнсатары, які знаходзіцца ў вакууме, пакрылі тонкім пластом  $\alpha$ -актыўнага рэчыва. Вызначыце сілу току пры кароткім замыканні пласцін кандэнсатара, калі ў кандэнсатары кожную секунду ( $t = 1$  с) адбываецца  $N$   $\alpha$ -распадаў.
971. Датчык радыеактыўнага выпраменьвання, размешчаны ў вакууме на адлегласці  $L = 0,5$  м ад невялікай радыеактыўнай крыніцы, рэгіструе кожную часціцу, якая трапіла ў яго. Вызначыце, колькі часціц кожную секунду вылятае з крыніцы, калі датчык спрацоўвае два разы за адну секунду. Плошча папярочнага сячэння датчыка  $S = 3$  см<sup>2</sup>.
972. Радыенуклід X у выніку  $\beta^-$ -распаду ператвараецца ў стабільны нуклід Y. Укажыце, якой лічбай абазначаны графік залежнасці ліку ядзер  $N_Y$  нукліду Y ад часу  $t$  (мал. 226). Абгрунтуйце свой адказ.



Мал. 226

973. У выніку  $\alpha^-$ - і  $\beta^-$ -распаду ўтварыліся  $\alpha$ - і  $\beta$ -часціцы з адволькавай кінетычнай энергіяй  $E_k = 4$  МэВ. Вызначыце адносіны скорасці  $\beta$ -часціцы да скорасці  $\alpha$ -часціцы.

974. У выніку радыеактыўнага распаду лік ядер некаторага радыеактыўнага элемента паменшыўся з  $N_0$  да  $N$  за час  $t$ . Укажыце формулу, па якой можна разлічыць перыяд паўраспаду гэтага элемента:

$$1) T = t \cdot 2^{\frac{N}{N_0}}; \quad 2) T = t \cdot 2^{-\left(\frac{N}{N_0}\right)}; \quad 3) T = -t \cdot \frac{\ln 2}{\ln \frac{N}{N_0}};$$

$$4) T = -t \cdot \frac{\ln \frac{N}{N_0}}{\ln 2}; \quad 5) T = t \cdot \sqrt{\frac{N}{N_0}}; \quad 6) T = t \cdot \left(\frac{N}{N_0}\right)^2.$$

975. Перыяд паўраспаду цэзію  ${}_{55}^{137}\text{Cs}$   $T_{1/2} = 30$  гадоў. Вызначыце, колькі ядер застанецца нераспаўшыміся за час  $t = 60$  гадоў, калі пачатковы лік радыеактыўных ядер  $N_0 = 4 \cdot 10^{20}$ .

976. Перыяд паўраспаду радыю  ${}_{88}^{226}\text{Ra}$   $T_{1/2} = 1600$  гадоў. Колькі ядер радыю застанецца нераспаўшыміся за час  $t = 2T_{1/2}$ , калі пачатковая колькасць рэчыва радыю  $\nu_0 = 5,0$  моль?

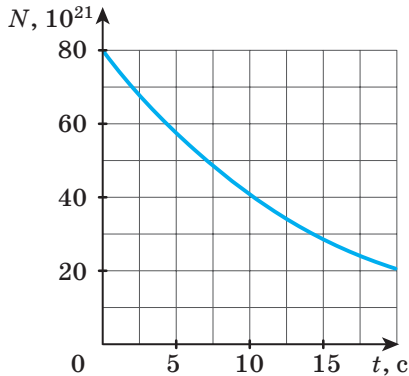
977. Перыяд паўраспаду вадароду  ${}_{1}^3\text{H}$  роўны  $T_{1/2} = 12,3$  года. Колькі ядер распадзецца за час  $t = 36,9$  года, калі пачатковы лік радыеактыўных ядер  $N_0 = 8 \cdot 10^{20}$ ?

978. Пра адкрыццё палонію муж і жонка Кюры паведамлі ў ліпені 1898 года. Вызначыце, якая доля атамаў палонію, што знаходзіліся ў той час у лабараторыі Кюры, не распалася да лістапада 1918 года, калі на картах свету з'явілася Польшча, у гонар якой палоній і быў названы. Перыяд паўраспаду палонію  ${}_{84}^{210}\text{Po}$  складае  $T_{1/2} = 138$  дзён.



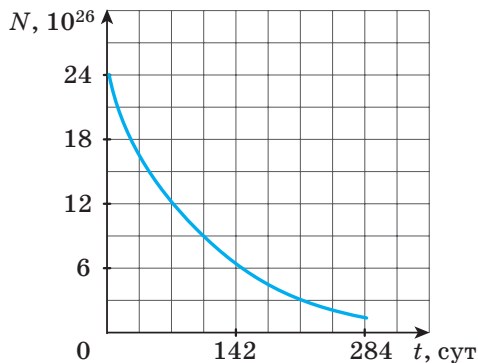
979. Узор масай  $m = 1$  г складаецца з 100 %  $\beta^-$ -актыўнага цэзію  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ , перыяд паўраспаду якога  $T_{1/2} = 30$  гадоў. Вызначыце: а) колькі атамаў цэзію застанецца ва ўзоры праз  $t = 30$  гадоў; б) масу ўзору да гэтага моманту часу.
980. За час  $t = 24$  сут. распалася  $\frac{7}{8}$  ядзер некаторага радыенукліду. Вызначыце перыяд паўраспаду гэтага радыенукліду.
981. Радыеактыўны ёд  ${}^{131}_{53}\text{I}$  мае перыяд паўраспаду  $T_{1/2} = 8$  сут. За які час колькасць ядзер ёду паменшыцца ў  $n = 32$  разы?
982. За час  $t_1 = 54$  сут. колькасць ядзер радыеактыўнага пратактынію  ${}^{233}_{91}\text{Pa}$  паменшылася ў  $n_1 = 4$  разы. У колькі разоў яна паменшыцца за час  $t_2 = 108$  сут. ад пачатку назірання? Вызначыце перыяд паўраспаду пратактынію  ${}^{233}_{91}\text{Pa}$ .
983. За час  $t_1 = 100$  с распалася палова ядзер некаторага радыенукліду. За які час пасля гэтага распадзецца  $\alpha = 75$  % ядзер, якія засталіся?
984. Колькасць радыеактыўных ядзер вугляроду  ${}^{14}_6\text{C}$  у знайдзеным пры раскопках кавалку дрэва паменшылася ў  $n = 8$  разоў у параўнанні з жывым дрэвам. Вызначыце ўзрост гэтага кавалка дрэва, калі перыяд паўраспаду вугляроду  $T_{1/2} = 5700$  гадоў.
985. Перыяд паўраспаду радыеактыўнага стронцыю  ${}^{90}_{38}\text{Sr}$   $T_{1/2} = 29$  гадоў. Пабудуйце графік залежнасці ліку ядзер стронцыю ад часу, калі пачатковая маса стронцыю  $m_0 = 72$  мг.
986. Крыніца радыеактыўнага выпраменьвання змяшчае  $m_0 = 720$  мг палонію  ${}^{209}_{84}\text{Po}$ , перыяд паўраспаду якога  $T_{1/2} = 102$  гады. Вызначыце лік ядзер палонію, якія распадуцца за час  $t = 408$  гадоў.

987. На малюнку 227 прадстаўлены графік залежнасці ліку радыеактыўных ядзер праметыю  $^{138}_{61}\text{Pm}$  ад часу  $t$ . Вызначыце перыяд паўраспаду праметыю  $^{138}_{61}\text{Pm}$ . Колькі ядзер праметыю распадзецца за прамежак часу  $\Delta t = 30$  с ад моманту пачатку адліку часу?



Мал. 227

988. На малюнку 228 прадстаўлены графік залежнасці ліку радыеактыўных ядзер кобальту  $^{58}_{27}\text{Co}$  ад часу. Знайдзіце сумарны лік нейтронаў, якія знаходзяцца ва ўсіх ядрах кобальту і не распадуцца за час  $\Delta t = 213$  сут.



Мал. 228

- 989.** З ядзернага рэактара вынялі радыенуклід з перыядам паўраспаду  $T_{1/2} = 8$  сут. Вызначыце прамежак часу, за які колькасць рэчыва радыенукліду паменшыцца ад  $v_1 = 9,6 \cdot 10^{-6}$  моль да  $v_2 = 1,2 \cdot 10^{-6}$  моль.
- 990.** Цэзій  $^{137}_{55}\text{Cs}$ , перыяд паўраспаду якога  $T_{1/2} = 30$  гадоў, зведвае  $\beta^-$ -распад. Вызначыце сумарны зарад электронаў, выпушчаных ядрамі цэзію за час  $t = 60$  гадоў, калі пачатковая маса цэзію  $m_0 = 6,85$  г.
- 991.** Самарый  $^{132}_{62}\text{Sm}$ , перыяд паўраспаду якога  $T_{1/2} = 4,0$  с, зведвае  $\beta^-$ -распад. Вызначыце сярэднюю сілу току, які маглі б стварыць электроны, што вылятаюць пры радыеактыўным распадзе за час  $\Delta t = 20$  с, калі б яны рухаліся ў адным напрамку. Вядома, што пачатковы лік ядзер самарыю  $N_0 = 4 \cdot 10^{19}$ .
- 992.** Пры распадзе палонію  $^{210}_{84}\text{Po}$ , перыяд паўраспаду якога  $T_{1/2} = 138$  сут., утвараюцца стабільныя ядры свінцу  $^{207}_{82}\text{Pb}$ . Вызначыце масу свінцу, які ўтварыўся за час  $t = 276$  сут., калі пачатковая маса палонію  $m_0 = 1,4$  мг.
- 993.** Пры  $\alpha$ -распадзе радону  $^{220}_{86}\text{Rn}$ , перыяд паўраспаду якога  $T_{1/2} = 56$  с, утвараюцца ядры палонію  $^{216}_{84}\text{Po}$ . Вызначыце аб'ём палонію, які ўтварыўся праз прамежак часу  $\Delta t = 168$  с пасля пачатку распаду, калі зыходная маса радону  $m_0 = 6,60$  мг.
- 994.** Трыты  $^3_1\text{H}$ , перыяд паўраспаду якога  $T_{1/2} = 12,3$  года, пры  $\beta^-$ -распадзе ператвараецца ў гелій  $^3_2\text{He}$ . Гелій збіраюць у ампулу аб'ёмам  $V = 0,25$  дм<sup>3</sup> пры тэмпературы  $t = 27$  °С. Які ціск будзе ствараць гелій  $^3_2\text{He}$  праз  $\Delta t = 24,6$  года, калі маса трытыю  $m = 0,03$  г?
- 995.** Вісмут  $^{210}_{83}\text{Bi}$ , перыяд паўраспаду якога  $T_{1/2} = 5,0$  сут., зведвае  $\alpha$ -распад. Вызначыце сумарны зарад ядзер гелію, выпушчаных за прамежак часу  $\Delta t = 15,0$  сут., калі пачатковая энергія спакою ўсіх ядзер вісмуту  $E_0 = 9,45 \cdot 10^{10}$  Дж.

996. Свінец  ${}_{82}^{214}\text{Pb}$  зведвае  $\beta^-$ -распад. За час  $\Delta t = 108$  мін сумарны зарад электронаў, выпушчаных ядрамі свінцу, пачатковая маса якога  $m_0 = 4,28$  мг, роўны  $q = -1,8$  Кл. Вызначыце перыяд паўраспаду свінцу  ${}_{82}^{214}\text{Pb}$ .
997. Ядры калію  ${}_{19}^{44}\text{K}$ , перыяд паўраспаду якога  $T_{1/2} = 22$  мін, зведваюць  $\beta^-$ -распад. Пачатковы аб'ём калію  $V_0 = 0,005$  см<sup>3</sup>. Пры радыеактыўным распадзе сумарны зарад выпушчаных электронаў  $q = -9,03$  Кл. Вызначыце, на працягу якога часу адбываўся распад калію.
998. Плутоній  ${}_{94}^{238}\text{Pu}$  мае перыяд паўраспаду  $T_{1/2} = 3$  месяцы. Вызначыце масу вады, якую можна выпарыць, перадаючы ёй энергію, што вылучаецца пры распадзе плутонію, пачатковая маса якога  $m_0 = 0,78$  г, за час  $t = 1$  год. Пры распадзе аднаго ядра плутонію вылучаецца энергія  $E_1 = 5,6$  МэВ. Пачатковая тэмпература вады  $t_1 = 20$  °С, тэмпература яе кіпення  $t_2 = 100$  °С. Удзельная цеплаёмістасць вады  $c = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$ , удзельная цеплата параўтварэння вады  $L = 2,26 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$ .
999. У сваіх доследах па вывучэнні  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -выпраменьвання Э. Рэзерфорд выкарыстоўваў радый, здабыты з руды. Згодна з даведачнымі данымі, радый зведвае толькі  $\alpha$ -распад. Патлумачце, якім чынам радыевы ўзор таксама з'яўляўся крыніцай і  $\beta$ -выпраменьвання.
1000. \*Вымярэнне радыяцыйнага фону выконваюць з дапамогай прыбора, у якім выкарыстоўваецца лічыльнік Гейгера — Мюлера. Да аварыі на атамнай электрастанцыі з-за наяўнасці натуральнага радыяцыйнага фону лічыльнік рэгістраваў часціцы з частатой  $\nu_0 = 5$  с<sup>-1</sup>. Праз прамежак часу  $\Delta t_1 = 30$  гадоў пасля аварыі, якая выклікала радыяцыйнае забруджванне мясцовасці, лічыльнік спрацоўваў з частатой  $\nu_1 = 15$  с<sup>-1</sup>. З якой частатой спрацоўваў лічыльнік праз прамежак часу  $\Delta t_2 = 15$  гадоў пасля ава-

рыі, калі перыяд паўраспаду рэчыва, якое забрудзіла навакольнае асяроддзе,  $T_{1/2} = 30$  гадоў?

**1001.\*** У прыродным каліі акрамя стабільнага нукліду  $^{39}_{19}\text{K}$  змяшчаецца  $\beta^-$ -актыўны нуклід  $^{40}_{19}\text{K}$ . З гэтай прычыны ў 1 г прыроднага калію кожную секунду адбываецца 31  $\beta^-$ -распад. А) Колькі грамаў калію змяшчаецца ў адным банане, калі ў ім кожную секунду адбываецца 19  $\beta^-$ -распадаў? Б) Чаму пры частым ужыванні ў ежу бананаў не адбываецца назапашванне радыеактыўнага калію ў арганізме? Укажыце правільны адказ: 1) здаровы арганізм цудоўна разбурае радыеактыўныя рэчывы; 2) радыеактыўны калій нейтралізуецца пад дзеяннем страўнікавага соку; 3) калій з'яўляецца чужым для арганізма элементам, таму хутка выводзіцца з арганізма; 4) колькасць калію ў арганізме падтрымліваецца пастаяннай, і яго лішак выводзіцца ныркамі; 5) перыяд паўраспаду калію вельмі малы, і ўсё радыеактыўны калій хутка распадаецца. В) Які элемент атрымліваецца ў выніку  $\beta^-$ -распаду  $^{40}_{19}\text{K}$ ? Г) Лічачы скорасць распаду пастаяннай, вызначыце, колькі гадоў будзе распадацца 1 % атамаў  $^{40}_{19}\text{K}$ , якія змяшчаюцца ў 1 г прыроднага калію, калі на адзін атам радыеактыўнага калію прыходзіцца 9000 атамаў стабільных атамаў калію. Д) Вызначыце перыяд паўраспаду  $^{40}_{19}\text{K}$ .

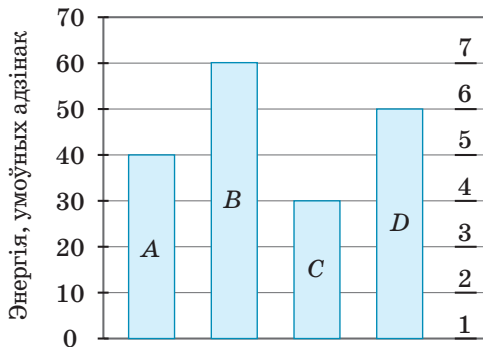
**1002.** У марсаходах Curiosity («Цікавасць») і Perseverance («Настойлівасць») (ЗША) у якасці крыніцы энергіі выкарыстоўваецца  $m = 4,8$  кг дыяксіду плутонію  $^{238}_{94}\text{Pu}$ , перыяд паўраспаду якога  $T_{1/2} = 88$  гадоў. Пры  $\alpha$ -распадзе аднаго ядра плутонію-238 вылучаецца энергія  $Q = 5,6$  МэВ. Цеплата, якая вылучаецца ў ядзерным паліве, ператвараецца ў электраэнергію з дапамогай тэрмаэлектрычнага генератара, у якім няма рухомых частак. У пачатку работы марсахода электрычная магутнасць генератара  $P_0 = 110$  Вт. Вызначыце:

а) электрычную магутнасць генератара праз 11 гадоў работы; б) ядро якога элемента атрымліваецца пры  $\alpha$ -распадзе ядра плутонію; в) ККДз генератара, калі ў пачатку работы ў адным граме дыяксіду плутонію адбывалася  $5,6 \cdot 10^{11}$   $\alpha$ -распадаў.

**1003.** У выніку ядзернай рэакцыі дзвюх часціц  $A$  і  $B$  утварыліся дзве часціцы:  $C$  і  $D$ . Няхай  $E_{к0}$ ,  $E_к$  — сума кінетычных энергій часціц перад і пасля рэакцыі;  $M_0$ ,  $M$  — сума мас часціц перад і пасля рэакцыі. Укажыце формулы, па якіх можна разлічыць энергетычны выхад рэакцыі  $Q$ :

- 1)  $Q = E_к - E_{к0} + (M_0 - M)c^2$ ;
- 2)  $Q = (M_0 - M)c^2 - (E_к - E_{к0})$ ;
- 3)  $Q = E_{к0} + (M_0 - M)c^2$ ;
- 4)  $Q = (M_0 - M)c^2 - E_{к0}$ ;
- 5)  $Q = (M_0 + M)c^2 - (E_{к0} + E_к)$ ;
- 6)  $Q = (M_0 - M)c^2$ ;
- 7)  $Q = E_к - E_{к0}$ .

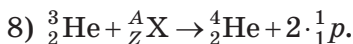
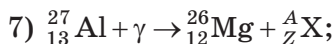
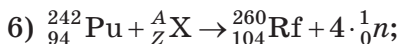
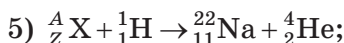
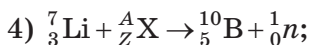
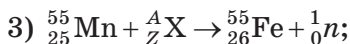
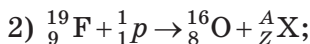
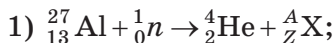
**1004.** У выніку ядзернай рэакцыі паміж часціцамі  $A$  і  $B$  утварыліся тры часціцы:  $C$ ,  $D$ ,  $E$ . Энергіі часціц  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  прадстаўлены ў выглядзе слупкоў на дыяграме (мал. 229). Якой лічбай абазначаны верхні ўзровень слупка, які характарызуе энергію часціцы  $E$ ?



Мал. 229

**1005.** Запішыце ядзерныя рэакцыі: 1) пры бамбардзіроўцы  $\alpha$ -часціцамі ядзер алюмінію  ${}_{13}^{27}\text{Al}$  утвараецца новае ядро, якое выпускае пратон; 2) пры бамбардзіроўцы ядзер бору  ${}_{5}^{11}\text{B}$   $\alpha$ -часціцамі ўтвараюцца ядры берылію  ${}_{4}^8\text{Be}$ ; 3) пры бамбардзіроўцы ядзер эйнштэйнію  ${}_{99}^{253}\text{Es}$   $\alpha$ -часціцамі выпускаецца нейтрон; 4) пры бамбардзіроўцы ядзер бору  ${}_{5}^{11}\text{B}$  нейтронамі адбываецца ядзерная рэакцыя, у якой утвараецца  $\alpha$ -часціца.

**1006.** Вызначыце невядомыя ядры або часціцы  ${}^A_Z\text{X}$  у наступных ядзерных рэакцыях:



**1007.** Пры бамбардзіроўцы ядзер медзі  ${}_{29}^{63}\text{Cu}$  пратонамі рэакцыя можа ісці некалькімі шляхамі: з выпускаем аднаго нейтрона; з выпускаем двух нейтронаў; з выпускаем нейтрона і пратона. Ядры якіх элементаў утвараюцца ў кожным выпадку?

**1008.** Радыеактыўны марганец  ${}_{25}^{54}\text{Mn}$  атрымліваюць двума шляхамі: бамбардзіроўкай жалеза  ${}_{26}^{56}\text{Fe}$  ядрамі дэйтэрыю, бамбардзіроўкай жалеза  ${}_{26}^{54}\text{Fe}$  нейтронамі. Напішыце ядзерныя рэакцыі.

**1009.** Напішыце рэакцыю ператварэння ядра з 12 пратонамі і 11 нейтронамі ў ядро з 11 пратонамі і 12 нейтронамі і выпускаем пратона. Разлічыце энергетычны выхад гэтай рэакцыі.

- 1010.** Ядро ўрану  ${}_{92}^{238}\text{U}$ , захапіўшы нейтрон, зведвае паслядоўна два  $\beta^-$ - і адзін  $\alpha$ -распад і ператвараецца ў новае ядро. Вызначыце, які элемент утвараецца ў канцы гэтых ператварэнняў.
- 1011.** У ядро якога нукліду ператвараецца ядро ўрану  ${}_{92}^{238}\text{U}$ , якое захапіла нейтрон і зведвае два  $\beta^-$ -распады?
- 1012.** Пры бамбардзіроўцы жалеза  ${}_{26}^{56}\text{Fe}$  нейтронамі ўтвараюцца  $\beta^-$ -актыўныя ядры марганцу  ${}_{25}^{56}\text{Mn}$ . Напішыце рэакцыю атрымання марганцу і наступную рэакцыю  $\beta^-$ -распаду.
- 1013.** Пры бамбардзіроўцы азоту  ${}_{7}^{14}\text{N}$  нейтронамі ўтвараецца  $\beta^-$ -актыўнае ядро і выпускаецца пратон. Напішыце ядзерную рэакцыю і рэакцыю  $\beta^-$ -распаду радыеактыўнага ядра.
- 1014.** Пры дзяленні ядра ўрану  ${}_{92}^{235}\text{U}$  пад дзеяннем нейтрона ўтварыліся ядры стронцыю  ${}_{38}^{92}\text{Sr}$  і ксенону  ${}_{54}^{141}\text{Xe}$ . Вызначыце лік выпушчаных пры гэтым нейтронаў.
- 1015.** Колькі нуклонаў змяшчаецца ў ядры крыпталу  ${}_{36}^{\text{A}}\text{Kr}$ , які ўтвараецца ў ядзернай рэакцыі:  ${}_{90}^{232}\text{Th} + {}_0^1n \rightarrow {}_{36}^{\text{A}}\text{Kr} + {}_{54}^{140}\text{Xe} + 3{}_0^1n$ ?
- 1016.** Вызначыце лік  $N$  нейтронаў, якія ўтвараюцца ў ядзернай рэакцыі:  ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{40}^{99}\text{Zr} + {}_{52}^{135}\text{Te} + (N){}_0^1n$ .
- 1017.** Вызначыце невядомыя часціцы (нукліды) або лічбы  $x$  у наступных ядзерных рэакцыях:
- 1)  ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{57}^{145}\text{La} + x + 4 \cdot {}_0^1n$ ;
  - 2)  ${}_{94}^x\text{Pu} + {}_0^1n \rightarrow {}_{34}^{80}\text{Se} + {}_{60}^{157}\text{Nd} + 3 \cdot {}_0^1n$ ;
  - 3)  ${}_{90}^{232}\text{Th} + {}_0^1n \rightarrow x + {}_{51}^{135}\text{Sb} + 2 \cdot {}_0^1n$ ;
  - 4)  ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{37}^{96}\text{Rb} + {}_{55}^{137}\text{Cs} + (x) \cdot {}_0^1n$ .



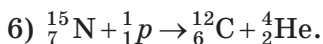
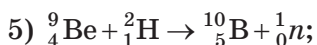
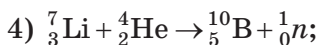
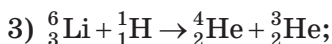
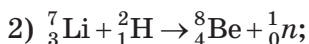
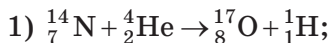
**1018.** Ядро фермію  ${}_{100}^{255}\text{Fm}$  упершыню было атрымана шляхам кароткачасовай бамбардзіроўкі ўрану звышмагутным патокам нейтронаў. У гэтых умовах ядро ўрану можа адразу паглынуць больш дзясятка нейтронаў, а потым шляхам рада  $\beta$ -распадаў перайсці ў трансуранавы элемент. Колькі нейтронаў паглынула ядро ўрану і колькі электронаў было выпушчана ў ходзе рэакцыі утварэння ядра фермію:  ${}_{92}^{238}\text{U} + (N_1) \cdot {}_0^1n \rightarrow {}_{100}^{255}\text{Fm} + (N_2) \cdot {}_{-1}^0e$ ?

**1019.** Захапіўшы нейтрон, ядро плутонію  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$  распадаецца. Колькі нейтронаў і электронаў утвараецца ў выніку дзялення аднаго ядра плутонію, калі ланцуг ператварэнняў заканчваецца на нуклідах цэзію  ${}_{55}^{135}\text{Cs}$  і малібдэну  ${}_{42}^{100}\text{Mo}$ ?

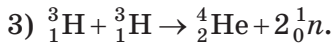
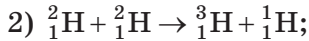
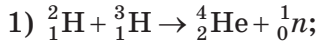
**1020.** Пры бамбардзіроўцы ядзер некаторага элемента X пратоінамі ўтвараюцца  $\alpha$ -часціца і пазітрон ( ${}_{+1}^0e$ ). Вызначыце лік нейтронаў у ядры X.

**1021.** Ядро некаторага элемента X захоплівае  $\alpha$ -часціцу. Пры гэтым выпускаецца нейтрон і ўтвараецца ядро элемента Y. Гэта ядро ў сваю чаргу распадаецца з выпусканнем пазітрона ( ${}_{+1}^0e$ ), утвараючы ядро элемента Z. Вызначыце, на колькі больш нейтронаў у ядры элемента Z, чым у першапачатковым ядры X.

**1022.** Вызначыце энергетычны выхад (у МэВ) ядзернай рэакцыі:



**1023.** Вызначыце энергію (у Дж), якая вылучаецца ў тэрма-ядзернай рэакцыі:



**1024.** П'ер і Марыя Кюры, захапляючыся ўласцівасцямі радыю, названага імі ў гонар «прамяністых» людзей, якія нясуць святло ведаў людзям, у сваім доме ўсталявалі свяцільню, што ўяўляе сабой шкляны шар, запоўнены вадкасцю з солямі радыю. Пад дзеяннем радыеактыўнага выпраменьвання вадкасць свяцілася. 1) У выніку паслядоўных  $\alpha$ - і  $\beta^-$ -распадаў радый  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  ператвараецца ў стабільны нуклід свінцу  ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ . Вызначыце, колькі  $\alpha$ - і  $\beta^-$ -распадаў адбываецца пры такім ператварэнні. 2) Вызначыце энергію, якая вылучылася пры ператварэнні ядра радыю  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  ў свінец  ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ . 3) Няхай у шары кожную секунду адбывалася  $|\Delta N| = 3,7 \cdot 10^8$  распадаў ядзер радыю. (Такі лік распадаў адбываецца ў 10 мг радыю.) Вызначыце магутнасць светлавога выпраменьвання шара, калі 1 % энергіі ядзерных рэакцый ператвараецца ў энергію фатонаў.

**1025.** Пры бамбардзіроўцы ядзер марганцу  ${}^{54}_{25}\text{Mn}$  ядрамі трытэю  ${}^3_1\text{H}$  утвараецца ядро жалеза  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$  і выпускаецца часціца  ${}^A_Z\text{X}$ . Вызначыце энергію, якая вылучыцца, калі адбудзецца столькі ядзерных рэакцый, колькі нейтронаў змяшчаецца ў ядры жалеза  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ .

**1026.** Колькі энергіі вылучыцца ў выніку тэрмаядзернай рэакцыі  ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He}$ , калі маса дэйтэрыю, які прарэагаваў,  $m = 4,0$  кг? Ці дастаткова гэтай энергіі для плаўлення лёду на возеры Нарач — самым вялікім возеры Беларусі? Плошча паверхні лёду  $S = 80$  км<sup>2</sup>, таўшчыня

лёду  $h = 80$  мм, шчыльнасць лёду  $\rho = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , тэмпература лёду  $t = 0$  °С, удзельная цеплата плаўлення лёду  $\lambda = 330 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

**1027.** Вызначыце масу свінцу, які можна нагрэць ад тэмпературы  $t_1 = 17$  °С да тэмпературы плаўлення  $t_2 = 327$  °С, выкарыстоўваючы ўсю энергію, якая вылучаецца ў ядзернай рэакцыі:  ${}^{32}_{15}\text{P} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{32}_{16}\text{S} + {}^1_0\text{n}$ , калі ў выніку гэтай рэакцыі будзе атрымана  $m_0 = 3,2$  мг серы  ${}^{32}_{16}\text{S}$ .

Удзельная цеплаёмістасць свінцу  $c = 120 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ .

**1028.** Вызначыце масу алюмінію, узятага пры тэмпературы плаўлення, які можна расплавіць, выкарыстоўваючы ўсю энергію, што вылучаецца ў ядзернай рэакцыі  ${}^{54}_{25}\text{Mn} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^{56}_{26}\text{Fe} + {}^1_0\text{n}$ , у якой прарэагуе  $m_0 = 3$  мг трытыю.

Удзельная цеплата плаўлення алюмінію  $\lambda = 390 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

**1029.** Ядры вугляроду  ${}^{13}_6\text{C}$  бамбардзіруюцца на працягу часу  $\Delta t = 30$  мін пучком  $\alpha$ -часціц. У выніку ўтвараюцца ядры кіслароду  ${}^{16}_8\text{O}$ . Вядома, што сіла току ў пучку  $I = 16$  мА, а ядзерныя рэакцыі ператварэння вугляроду ў кісларод выклікаюць  $\eta = 0,01$  %  $\alpha$ -часціц, якія знаходзяцца ў пучку. Вызначыце энергію, якая вылучаецца ў ядзерных рэакцыях.

**1030.** Крыніца радыеактыўнага выпраменьвання змяшчае  $m_0 = 1,6$  г цэзію  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ , перыяд паўраспаду якога  $T_{1/2} = 30$  гадоў. Вызначыце, колькі ядзерных рэакцый  ${}^{23}_{11}\text{Na} + {}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^1_0\text{n}$  неабходна будзе правесці, каб, выкарыстоўваючы вылучаную энергію, усе ядры цэзію  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ , якія засталіся ў крыніцы праз час  $t = 150$  гадоў, падзялілі на асобныя нуклоны.

1031. Радон  ${}_{86}^{220}\text{Rn}$ , перыяд паўраспаду якога  $T_{1/2} = 56$  с, зведвае  $\alpha$ -распад. Ядры гелію, якія ўтвараюцца пры распадзе радону, удзельнічаюць у ядзернай рэакцыі:  ${}_{5}^{11}\text{B} + {}_{2}^{4}\text{He} \rightarrow {}_{7}^{14}\text{N} + {}_{0}^{1}n$ . Вызначыце, колькі энергіі (у МэВ) вылучыцца ў такой ядзернай рэакцыі за час  $t = 168$  с, калі ў ёй прыме ўдзел  $\alpha = 0,01$  % ядзер гелію, выпушчаных пры радыеактыўным распадзе радону. Пачатковая маса радону  $m_0 = 9,46$  г.
1032. У ядро медзі  ${}_{29}^{63}\text{Cu}$  трапіла часціца  ${}_{Z}^A\text{X}$ , якая вылецела з магнітнага поля, індукцыя якога  $B = 167$  мТл. У выніку ядзернай рэакцыі ўтварылася ядро цынку  ${}_{30}^{63}\text{Zn}$  і быў выпушчаны нейтрон  ${}_{0}^{1}n$ . Вызначыце радыус акружнасці, па якой часціца рухалася ў магнітным полі, калі модуль яе скорасці быў  $v = 8 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .
1033. Пры ўзаемадзеянні ядзер літыю  ${}_{3}^6\text{Li}$  і дэйтэрыю  ${}_{1}^2\text{H}$  утвараюцца дзве аднолькавыя часціцы. Вызначыце, якая энергія вылучыцца, калі з ядрамі дэйтэрыю ўступяць ва ўзаемадзеянне  $N = 8,6 \cdot 10^{22}$  ядзер літыю. Вызначыце масу вады, якую можна нагрэць ад тэмпературы  $t_1 = 0$  °С да тэмпературы кіпення  $t_2 = 100$  °С за кошт вылучанай энергіі. Удзельная цеплаёмістасць вады  $c = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ .
1034. Колькі энергіі вылучыцца ў ядзернай рэакцыі  ${}_{4}^9\text{Be} + {}_{2}^4\text{He} \rightarrow {}_{6}^{12}\text{C} + {}_{0}^{1}n$ , у якой прарэагуе  $m_0 = 1,0$  г гелію? У колькі разоў гэта энергія большая за энергію, якая вылучаецца пры згаранні бензіну масай  $m = 1,0$  г? Удзельная цеплата згарання бензіну  $q = 46 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$ .
1035. Колькі кватэр на працягу сутак можна забяспечыць гарачай вадой, нагрэтай ад  $t_1 = 10$  °С да  $t_2 = 80$  °С за кошт энергіі, якая вылучаецца ў тэрмаядзернай рэакцыі

${}^2_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He}$ , у якой прарэагуе  $m = 1$  г вадароду  ${}^1_1\text{H}$ ?  
Сярэдні расход вады ў кватэры за суткі лічыць роўным

$$\frac{m}{\tau} = 100 \frac{\text{кг}}{\text{сут}}.$$

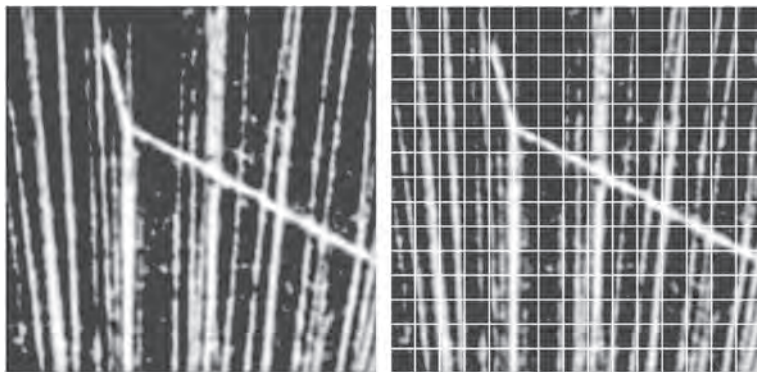
- 1036.** Пры рэакцыі ядра літыю  ${}^7_3\text{Li}$  і пратона ўтвараюцца дзве  $\alpha$ -часціцы. Вызначыце суму кінетычных энергій гэтых часціц. Кінетычную энергію пратона і ядра літыю не прымаць да ўвагі.
- 1037.** Пры бамбардзіроўцы нерухомых ядзер азоту  ${}^{15}_7\text{N}$  пратонамі ўтвараюцца вуглярод і  $\alpha$ -часціца. Вызначыце сумарную кінетычную энергію вугляроду і  $\alpha$ -часціцы. Кінетычная энергія пратона  $(E_{\text{к}})_p = 1,26$  МэВ.
- 1038.** Ядро радону  ${}^{220}_{86}\text{Rn}$ , якое знаходзіцца ў спакоі, у выніку распаду выпускае  $\alpha$ -часціцу са скорасцю, модуль якой  $v = 2 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Вызначыце модуль скорасці ядра, якое ўтварылася.
- 1039.** Ядро радыю  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ , якое знаходзіцца ў спакоі, зведае  $\alpha$ -распад. Параўнайце імпульсы і кінетычныя энергіі ядзер, якія ўтварыліся.
- 1040.** У выніку ўзаемадзеяння ядра дэйтэрыю з ядром трытыю, якое знаходзіцца ў спакоі, утвараюцца ядро гелію  ${}^4_2\text{He}$  і нейтрон, які вылятае пад вуглом  $\alpha = 90^\circ$  да напрамку руху ядра дэйтэрыю. Кінетычная энергія нейтрона  $(E_{\text{к}})_{0n} = 20$  МэВ. Вызначыце кінетычную энергію ядра дэйтэрыю, калі энергетычны выхад ядзернай рэакцыі  $Q = 15$  МэВ.
- 1041.** На атамнай электрастанцыі магутнасцю  $P = 500$  МВт у якасці паліва выкарыстоўваецца ўран  ${}^{235}_{92}\text{U}$ , пры дзяленні аднаго ядра якога вылучаецца энергія  $E_1 = 200$  МэВ. Вызначыце масу ўрану, выкарыстанага на АЭС за год, і параўнайце яе з масай каменнага вугалю, які спальваюць

на цеплавой электрастанцыі такой жа магутнасці. Кэфіцыент карыснага дзеяння АЭС  $\eta_1 = 33 \%$ , ТЭС  $\eta_2 = 40 \%$ . Удзельная цеплата згарання каменнага вугалю  $q = 20,5 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$ .

- 1042.** Вызначыце ККДз атамнай энергетычнай устаноўкі ледакола, калі яе карысная магутнасць  $P = 70$  МВт, а атамны рэактар расходuje  $m = 300$  г урану  ${}_{92}^{235}\text{U}$  за суткі. Пры дзяленні аднаго ядра ўрану вылучаецца энергія  $E_1 = 3,2 \cdot 10^{-11}$  Дж.
- 1043.** Калі ў стабільна працуючым ядзерным рэактары ў адной рэакцыі дзялення ў сярэднім утвараецца 2,5 нейтрона, якая доля (у %) нейтронаў пасля не прыме ўдзелу ў рэакцыі дзялення?
- 1044.** Разлічыце энергію (у МэВ), якая вылучаецца ў адной з рэакцый дзялення ядра ўрана ў ядзерным рэактары:  

$${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{37}^{90}\text{Rb} + {}_{55}^{144}\text{Cs} + 2 \cdot {}_0^1n.$$
- 1045.** Электрон, пазітрон, лептон, нейтрына. Якое слова ў гэтым спіску лішняе?
- 1046.** Які закон тлумачыць немагчымасць ператварэння электрона ў фатон або нейтрына?
- 1047.** Якія з часціц з'яўляюцца стабільнымі: электрон, фатон, пратон, нейтрон, пазітрон, нейтрына?
- 1048.** Пры анігіляцыі электрона і пазітрона звычайна ўзнікаюць два фатоны:  ${}_{-1}^0e + {}_1^0e \rightarrow 2\gamma$ . Вызначыце даўжыню хвалі фатонаў, якія выпраменіліся, не прымаючы да ўвагі кінетычную энергію часціц перад рэакцыяй.
- 1049.** Пры ўзаемадзеянні  $\gamma$ -кванта з нерухомым ядром дэйтэрыю адбылася рэакцыя:  ${}^2_1\text{H} + \gamma \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^1_0n$ . Лічачы імпульс  $\gamma$ -кванта малым, вызначыце мінімальную энергію  $\gamma$ -кванта.

1050. З  $\gamma$ -кванта з энергіяй  $E = 2,62$  МэВ утварылася электрон-позітронная пара. Вызначыце сумарную кінетычную энергію электрона і пазітрона, якія ўтварыліся.
1051. Элементарная часціца  $\pi$ -мезон, якая знаходзіцца ў спакоі і не мае зараду, распалася на два фатоны. Вызначыце частату фатонаў, калі маса  $\pi$ -мезону  $m_\pi = 2,4 \cdot 10^{-28}$  кг.
1052. У 1919 годзе Э. Рэзерфорд выявіў, што пры праходжанні  $\alpha$ -часціц праз газпадобны азот утвараюцца некаторая часціца і ядро атама вадароду, якое пасля сталі называць пратонам. У гэтым доследзе ўпершыню была праведзена штучная ядзерная рэакцыя, а таксама было даказана, што ў склад атамных ядзер уваходзяць пратоны. На фатаграфіі (мал. 230, а) прадстаўлены трэкі  $\alpha$ -часціц у камеры Вільсана (іх шмат, яны рухаюцца знізу ўверх), пратона (доўгі трэк, які ідзе ўправа) і некаторай часціцы (кароткі трэк). Трэк азоту адсутнічае. Вызначыце: а) якая часціца ўтварылася ў гэтай рэакцыі; б) адносіны модуляў імпульсаў часціцы, якая ўтварылася, і пратона, праводзячы неабходныя вымярэнні па малюнку 230, б; в)\*адносіны модуля імпульсу  $\alpha$ -часціцы і пратона.

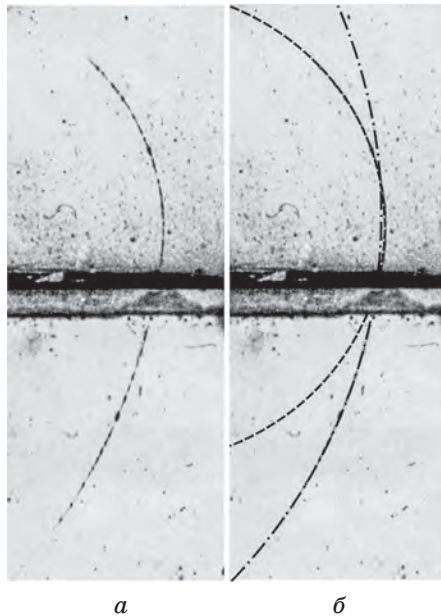


а

б

Мал. 230

**1053.** Пры даследаванні касмічнага выпраменьвання з дапамогай камеры Вільсана, якая змешчана ў магнітнае поле, амерыканскі фізік К. Д. Андэрсан адкрыў пазітрон. На малюнку 231, *а* прадстаўлена фатаграфія першага зарэгістраванага трэка пазітрона. Пазітрон прайшоў праз 6-міліметровую свінцовую пласціну. А) У якім напрамку рухаўся пазітрон: 1) зверху ўніз; 2) знізу ўверх? Б) Як былі накіраваны лініі індукцыі магнітнага поля: 1) зверху ўніз; 2) знізу ўверх; 3) злева направа; 4) справа налева; 5) ад нас; 6) да нас? \*Праводзячы неабходныя вымярэнні з дапамогай лінейкі, разлічыце, у колькі разоў паменшыўся імпульс пазітрона пры праходжанні свінцовай пласціны. Для зручнасці вымярэнняў на малюнку 231, *б* адлюстраваны дугі акружнасці, у якія ўпісаны ўчасткі трэка пазітрона перад пласцінай і пасля яе. Лічыце, што магнітнае поле ў камеры Вільсана аднароднае.



Мал. 231



- 1054.** Пры  $\beta$ -распадзе нейтрон ператвараецца ў пратон з выпусканнем электрона і антынейтрына  ${}_0^1n \rightarrow {}_1^1p + {}_{-1}^0e + \tilde{\nu}$ . Вызначыце сумарную кінетычную энергію часціц, якія ўтварыліся пры распадзе. Кінетычную энергію нейтрона і масу антынейтрына не прымаць да ўвагі.
- 1055.** Пры медыцынскіх даследаваннях пацыенту ўводзяць прэпарат, які змяшчае радыеактыўныя ядры фтору  ${}_{9}^{18}\text{F}$ . Гэтыя ядры выпускаюць пазітроны, якія пры ўзаемадзеянні з навакольным рэчывам знікаюць, выпускаючы два  $\gamma$ -кванты, якія распаўсюджваюцца ў процілеглых напрамках. З дапамогай датчыкаў знаходзяць каардынаты пунктаў, з якіх адбываецца найбольш моцнае выпраменьванне  $\gamma$ -квантаў, і вызначаюць, як прэпарат размеркаваны ў арганізме. Вызначыце склад даччыных ядзер, у якія ператвараюцца ядры фтору.

# АДКАЗЫ

## Ваганні і хвалі

### I. Механічныя ваганні і хвалі

1. в)  $\frac{N}{\tau} = 83 \text{ мін}^{-1}$ . 2.  $T = 0,5 \text{ с}$ ;  $v = 2 \text{ Гц}$ . 3.  $\omega = 5,1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . 4.  $v = 0,2 \text{ Гц}$ ;  $N = 5$ .
5.  $\frac{\omega_{\text{к}}}{\omega_{\text{ч}}} = 2,5$ . 6.  $v = 1,0 \text{ Гц}$ . 7.  $v = 0,8 \text{ Гц}$ . 8.  $s = 0,80 \text{ м}$ . 9.  $\tau_{\text{А}} = 3,75 \text{ с}$ ;  $\tau_{\text{Б}} = 5 \text{ с}$ ;  
 $\tau_{\text{В}} = 6,25 \text{ с}$ ;  $\tau_{\text{Г}} = 7,5 \text{ с}$ . 10. а)  $A = 10 \text{ см}$ ; б)  $\omega = 2,5\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ; в)  $\varphi_0 = \frac{\pi}{4} \text{ рад}$ ;  
г)  $T = 0,8 \text{ с}$ ; д)  $s = 40 \text{ см}$ . 11. а)  $A = 4 \text{ см}$ ; б)  $\omega = \frac{2\pi \text{ рад}}{3 \text{ с}}$ ; в)  $\varphi_0 = 0 \text{ рад}$ ;  
г)  $y_0 = 4 \text{ см}$ ; д)  $y(3) = 4 \text{ см}$ ; е)  $N = 5$ . 12. а)  $y_1 = 6 \text{ см}$  і  $y_2 = -6 \text{ см}$ ;  
б)  $\varphi_1 = \frac{2\pi}{3} \text{ рад}$  і  $\varphi_2 = \frac{31\pi}{6} \text{ рад}$ ; в)  $\Delta r_y = -24 \text{ см}$ . 13. а)  $\Delta t_{\text{min}} = 0,25 \text{ с}$ ;  
б)  $\Delta r_x = -50 \text{ мм}$ ; в)  $s = 30 \text{ см}$ . 14. а)  $v_{\text{max}} = 2,5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ ; б)  $a_{\text{max}} = 3,0 \frac{\text{кМ}}{\text{с}^2}$ ;  
в)  $s = 1,6 \text{ м}$ . 15. а)  $v_{\text{max}} = 0,52 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ ; б)  $a_{\text{max}} = 0,55 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ ; в)  $F_{\text{max}} = 0,11 \text{ Н}$ ;  
г)  $(W_{\text{к}})_{\text{max}} = 27 \text{ мДж}$ ; д)  $p_{\text{max}} = 0,10 \frac{\text{кГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}$ . 16. а)  $v_{1y} = -0,19 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ ;  
б)  $a_{2y} = 0,30 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ ; в)  $p_{3y} = 15 \frac{\text{Г} \cdot \text{М}}{\text{с}}$ ; г)  $F_{4y} = -24 \text{ мН}$ . 17. а)  $x(t) = A \sin(Bt)$ ,  
дзе  $A = 10 \text{ см}$ ,  $B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ; б)  $v_x(t) = C \cos(Bt)$ , дзе  $C = 0,31 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ ,  $B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ;  
в)  $a_x(t) = D \sin(Bt)$ , дзе  $D = -0,99 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ ,  $B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .  $s = 20 \text{ см}$ ;  $\Delta r = 0 \text{ м}$ .
18. а)  $x(t) = A \cos(Bt)$ , дзе  $A = 40 \text{ мм}$ ,  $B = 2\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ; б)  $p_x(t) = C \sin(Bt)$ ,  
дзе  $C = -0,10 \frac{\text{кГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}$ ,  $B = 2\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ; в)  $F_x(t) = D \cos(Bt)$ , дзе  $D = -0,63 \text{ Н}$ ,  
 $B = 2\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ,  $s = 12 \text{ см}$ ;  $\Delta r_x = -40 \text{ мм}$ . 19. а)  $A = 8 \text{ см}$ ; б)  $T = 2,4 \text{ с}$ ;  
в)  $v = 0,42 \text{ Гц}$ ; г)  $\omega = 2,6 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ; д)  $\tau_1 = 0,6 \text{ с}$ ,  $\tau_2 = 1,8 \text{ с}$ ,  $\tau_3 = 3,0 \text{ с}$ .
20.  $\varphi_0 = \pi \text{ рад}$ . 21.  $\varphi_1 - \varphi_2 = -\frac{\pi}{2} \text{ рад}$ ;  $t_1 = 4 \text{ с}$  і  $t_2 = 5,5 \text{ с}$ . 22. а) 2; б) 4.
23. 1)  $v_{\text{max}} = 94 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$ ;  $a_{\text{max}} = 0,15 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ ; 2)  $x(t) = A \sin(Bt)$ , дзе  $A = 6,0 \text{ см}$ ,  
 $B = \frac{\pi \text{ рад}}{2 \text{ с}}$ ; 3)  $\langle v \rangle = 6,0 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ . 24. а)  $x(t) = A \cos(Bt)$ , дзе  $A = 5,0 \text{ см}$ ,  $B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ;

$$6) *v_x(t) = C \sin(Bt), \text{ дзе } C = -0,16 \frac{\text{М}}{\text{с}}, B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \text{ в) } *a_x(t) = D \cos(Bt),$$

$$\text{дзе } D = -0,49 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}, B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \text{ 25. 2) а) } x_0 = 0 \text{ м, } x_1 = 15 \text{ см, } x_2 = -11 \text{ см};$$

$$6) x_1 = 7,5 \text{ см, } x_2 = 13 \text{ см, } x_3 = -15 \text{ см. 26. } *v_{2\text{max}} = 8 \frac{\text{М}}{\text{с}}. \text{ 27. } *v n = 16 \text{ разоў.}$$

$$28. *a = 1,9 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}. \text{ 29. } *v_{\text{max}} = \sqrt{A a_{\text{max}}} = 0,5 \frac{\text{М}}{\text{с}}. \text{ 30. } *a) v_{1\text{max}} = 3v_{2\text{max}};$$

$$6) a_{1\text{max}} = 3a_{2\text{max}}; \text{ в) } W_{\text{к1}}^{\text{max}} = 9W_{\text{к2}}^{\text{max}}. \text{ 31. } *a) p_{1\text{max}} = 2p_{1\text{max}}; \text{ б) } F_{1\text{max}} = 4F_{1\text{max}}.$$

$$32. \text{ а) } t_0 = 10 \text{ с; } \Delta\varphi = \frac{\pi}{6} \text{ рад; б) } *t_0 = 4 \text{ с; в) } *t_0 = 1 \text{ с. 33. а) } \varphi = 1,5\pi \text{ рад};$$

$$6) *T = \frac{\pi}{5} \text{ с. 34. } *F_{\text{max}} = 0,80 \text{ Н. 35. } *x_{\text{max}} = 50 \text{ мм. 36. } *(W_{\text{к}})_{\text{max}} = 0,19 \text{ Дж.}$$

$$37. *x_{\text{max}} = \frac{2(W_{\text{к}})_{\text{max}}}{F_{\text{max}}} = 2 \text{ см. 38. } *(W_{\text{к}})_{\text{max}} = 1,6 \text{ Дж.}$$

$$39. *v = \frac{4}{\pi} \sqrt{\frac{(W_{\text{к}})_{\text{max}}}{2m}} = 4,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}. \text{ 40. } *x = \frac{|F_x| \cdot x_{\text{max}}^2}{2(W_{\text{к}})_{\text{max}}} = 15 \text{ мм. 41. } *\omega = 5,0 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

$$42. *x(t) = A \sin(Bt + C), \text{ дзе } A = 0,04 \text{ м, } B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}, C = \frac{\pi}{3} \text{ рад.}$$

$$43. *x(t) = A \sin(Bt + C), \text{ дзе } A = 0,05 \text{ м, } B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}, C = \frac{\pi}{6} \text{ рад. 44. } T = 1,6 \text{ с.}$$

$$45. \Delta t = 0,2 \text{ с. 46. } \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = 2. \text{ 47. } *\Delta t = 1 \text{ с. 48. а) } \Delta t = 1 \text{ с; б) } \Delta t = 3 \text{ с; в) } \Delta t = \frac{8}{3} \text{ с.}$$

$$49. \Delta t = 0,6 \text{ с. 50. } *\omega = \sqrt{\frac{v_{2x}^2 - v_{1x}^2}{x_1^2 - x_2^2}} = 2 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; x_{\text{max}} = \sqrt{\frac{v_{2x}^2 x_1^2 - v_{1x}^2 x_2^2}{v_{2x}^2 - v_{1x}^2}} = 5 \text{ см};$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{v_{2x}^2 x_1^2 - v_{1x}^2 x_2^2}{x_1^2 - x_2^2}} = 0,1 \frac{\text{М}}{\text{с}}. \text{ 51. } *x_{\text{min}} = 8 \text{ см. 52. а) } 3, 4; \text{ б) } 1, 5. \text{ 53. А1;}$$

$$\text{Б2; В3; Г3. 54. } \omega = 20 \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \text{ 55. } T = 0,50 \text{ с. 56. Паменшыцца ў 2 разы.}$$

$$57. \text{ У 2 разы. 58. 3. 59. 5. 60. У } n = 1,8 \text{ раза. 61. } \frac{v_{\text{ш}}}{v_{\text{д}}} = 4. \text{ 62. } m_2 = 85 \text{ кг.}$$

$$63. m_2 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ кг. 64. } \frac{W_2}{W_1} = 8. \text{ 65. } * \frac{A_{\text{сп}}}{A_{\text{ж}}} = 2. \text{ 66. } m = 0,26 \text{ кг. 67. } T = 0,50 \text{ с.}$$

$$68. *m = 25 \text{ г. 69. } *x_{\text{max}} = 2,5 \text{ см. 70. } *a_{\text{max}} = 20 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}. \text{ 71. } F_{\text{max}} = 0,16 \text{ Н, } N = 8.$$

$$72. \text{ а) } N = 75; \text{ б) } V = 23 \text{ см}^3; \text{ в) } *v_{\text{max}} = 0,27 \frac{\text{М}}{\text{с}}; a_{\text{max}} = 3,0 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}.$$

$$73. *(W_{\text{к}})_{\text{max}} = \frac{m x_{\text{max}}^2 g}{2\Delta l} = 50 \text{ мДж}; p_{\text{max}} = m x_{\text{max}} \sqrt{\frac{g}{\Delta l}} = 0,1 \frac{\text{кг} \cdot \text{М}}{\text{с}}.$$

74.\*  $F = m \left( g + \frac{4\pi^2 A}{T^2} \right)$ . 75.  $T = \frac{2\pi}{d} \sqrt{\frac{2m}{\rho\pi g}} = 0,69$  с. 76.  $\Delta t = 942$  мс.

77.\*  $x_{\max} = \frac{\sqrt{(\Delta l \omega)^2 + v_0^2}}{\omega} = 5$  см. 78.\*  $\omega = \frac{m_2 v_0}{(m_1 + m_2) x_{\max}} = 5 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

79.  $v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho g S}{m}}$ . 80.\*  $S = \frac{2(W_{\kappa})_{\max}}{\rho g x_{\max}^2} = 48$  см<sup>2</sup>. 81.  $T = 2\pi \sqrt{\frac{(\rho_1 + \rho_2) l}{(\rho_1 - \rho_2) 2g}}$ .

82. А3; Б2; В3; Г1. 83. У 2,5 раза. 84.  $\frac{l_1}{l_2} = 4$ . 85.  $T_1 = 2,1$  с;  $T_2 = 1,5$  с.

86.  $T = 9,9$  с. 87.  $l = 0,60$  м. 88. 3. 89. 8. 90.  $m = 0,50$  кг.

91.  $T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} = 1,3$  с. 92.  $T_1 = 2\pi n \sqrt{\frac{\Delta l}{(n^2 - 1)g}} = 0,82$  с.

93.  $l_1 = \frac{N_2^2 \Delta l}{N_1^2 - N_2^2} = 11$  см,  $l_2 = \frac{N_1^2 \Delta l}{N_1^2 - N_2^2} = 44$  см. 94.  $\Delta t = \frac{T_1 T_2}{T_1 - T_2} = 30$  с.

95.\*  $a_{\max} = 0,5 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ . 96.\*  $v_{\max} = 1,5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ . 97.\*  $x_{\max} = 48$  мм. 98.\*  $(W_{\kappa})_{\max} = 0,1$  мДж.

99.\*  $l = 1,6$  м. 100.\*  $v_{\text{грав.}} = 25 \frac{\text{ДМ}}{\text{с}}$ . 101.\* а)  $x_{\max} = 10$  дм; б)  $v_{\max} = 20 \frac{\text{ДМ}}{\text{с}}$ ;

в)  $\Delta t = 6,3$  с. 102.  $T = 1,8\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ . 103.  $\frac{T_3}{T_{\text{II}}} = 1,5$ . 104.  $F = 0,3$  Н.

105. а)  $T_1 = 1,1$  с; б)  $T_2 = 0,8$  с. 106.  $\frac{v_{\max}}{v} = 2$ . 107.  $T = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{|mg - qE|}}$ .

108.  $T = T_0 \sqrt{\frac{mg - F}{mg + F}} = 1,4$  с. 109.  $W_{\text{II}} = \frac{m\pi^2 v^2 x_{\max}^2}{2} = 0,79$  мДж.

110.  $x_{\max} = 6,0$  см. 111.  $x_{\max} = 5,0$  см. 112.  $\langle v \rangle = 4 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ . 113. У  $n = 1,8$  раза.

114.  $W_{\kappa 1} = 0$ ;  $W_{\text{II} 2} = 4,2$  мДж. 116.  $(W_{\kappa})_{\max} = \frac{(\Delta mg)^2}{2k} = 7,2$  мДж.

117. а)  $\Delta t = \frac{T}{8} = 0,3$  с; б)  $\Delta t = \frac{T}{6} = 0,4$  с. 118.  $\Delta t = 0,4$  с. 119.  $\frac{W_{\kappa}}{W_{\text{II}}} = \text{tg}^2(2\pi vt)$ .

120.  $W_{\kappa} = W \cos^2(Bt + C) = 10$  мДж. 121.  $W_{\text{II}} = \frac{F_{\max} A \cos^2(Bt + C)}{2} = 14$  мДж.

122.  $F_{\max} = \frac{2W_{\kappa}}{A \sin^2(Bt + C)} = 0,35$  Н. 123.  $W_{\kappa} = 12$  мДж.

124. Минимальная амплитуда  $A = \frac{(m_1 + m_2)g}{k}$ . 125. Минимальная

амплітуда  $A = \frac{mg}{k}$ . **126.** \*  $T = 2\pi\sqrt{\frac{(M+m)R}{mg}}$ . **127.** \*  $v = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{(l_1 - l_2)g}{l_1^2 + l_2^2}}$ .

**128.**  $T_{\text{рез.}} = 2 \text{ с}$ . **129.** Не. **130.**  $l = 12 \text{ м}$ . **131.**  $T_0 = 1,2 \text{ с}$ . **132.**  $l = 2,5 \text{ м}$ .

**133.** \*  $P_{\text{max}} = 0,16 \frac{\text{кГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}$ . **134.**  $k = 16 \frac{\text{Н}}{\text{М}}$ . **135.**  $W_{\text{max}} = 39 \text{ мДж}$ .

**136.**  $h = \frac{2g\pi^2}{\omega_0^2} = 77 \text{ см}$ . **137.**  $v = 0,50 \text{ Гц}$ . **138.**  $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\rho g S}} = 1,2 \text{ с}$ .

**139.** а)  $T_{\text{max}} = 7,1 \text{ мс}$ ; б)  $\lambda_{\text{min}} = 0,17 \text{ м}$ . **140.**  $\lambda_{\text{min}} = 7,5 \text{ мм}$ . **141.**  $v = 0,25 \text{ Гц}$ .

**142.** 4. **143.**  $v = 5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ . **144.** а)  $\lambda_1 = \lambda_2 = 30 \text{ см}$ ; б) \*  $a_{1\text{max}} = 0,6 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ ,  $a_{2\text{max}} = 1,2 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ ;

в)  $v_1 = v_2 = 0,38 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ . **145.** а)  $\lambda_1 = 48 \text{ см}$ ; б)  $v_2 = 0,40 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ ; в) \*  $a_{1\text{max}} = 1,1 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ ,

$a_{2\text{max}} = 2,2 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ . **146.**  $s = 85 \text{ м}$ . **147.**  $v = 0,33 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ . **148.**  $v = 2,4 \text{ Гц}$ .

**149.**  $\lambda = 3,5 \text{ см}$ ;  $h = 2,8 \text{ км}$ . **150.** а)  $l_1 = 44 \text{ см}$ ; б)  $l_2 = 11 \text{ см}$ . **151.** а)  $\Delta\varphi_1 = \pi \text{ рад}$ ;

б)  $\Delta\varphi_2 = 1,6\pi \text{ рад}$ . **152.**  $v = 1,4 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ . **153.**  $\Delta t = 2,0 \text{ с}$ . **154.**  $\lambda_2 = 4 \text{ м}$ .

**155.**  $v = 2,4 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ . **156.**  $l = 2,5 \text{ м}$ . **157.**  $s = 66 \text{ м}$ . **158.** \*  $\lambda = 2\pi v \sqrt{\frac{x_{\text{max}}}{a_{\text{max}}}} = 0,628 \text{ м}$ .

**159.** \*  $x_{\text{max}} = \frac{a_{\text{max}} \lambda^2}{4\pi^2 v^2} = 2,0 \text{ мм}$ . **160.**  $v = 2,0 \text{ кГц}$ . **161.**  $l = \frac{v_1 v_2}{v_2 - v_1} \Delta t = 0,7 \text{ км}$ .

**162.**  $l = \frac{2v_1 v_2}{v(v_2 - v_1)} = 0,45 \text{ км}$ . **163.**  $\Delta h = 2,5 \text{ мм}$ . **164.**  $v = 0,5 \text{ кГц}$ .

## II. Электрамагнітныя ваганні і хвалі

**166.** а) 3, 4, 5; б) 3. **167.** в, г, е, к. **168.** а) 1; б) 4. **169.** а) 2; б) 3. **170.** а) 1, 5;

б) 4, 8; в) 6. **171.** а) 3, 4, 5; б) 2, 6; в) 4, 8. **172.**  $\frac{T}{4}$ . **173.** а) 3; б) 1; в) 7; г) 8.

**174.**  $T = 0,88 \text{ мс}$ . **175.**  $C = 15 \text{ мкФ}$ . **176.**  $L = 5,1 \text{ мГн}$ . **177.**  $C = 20 \text{ нФ}$ .

**178.** Ад  $v_1 = 0,18 \text{ кГц}$  да  $v_2 = 0,36 \text{ кГц}$ . **179.** На  $\eta = 41 \%$ . **180.** У 2 разы.

**181.**  $T_2 = 2,5 \text{ мкс}$ . **182.**  $T = 0,24 \text{ мкс}$ . **183.**  $T = 0,38 \text{ мкс}$ . **184.**  $C_1 = 0,02 \text{ мкФ}$ .

**185.**  $L = 32 \text{ мГн}$ . **186.** а) 2, 3; б)  $\eta = 0,2 \%$ . **187.**  $U_0 = 0,2 \text{ кВ}$ .

**188.**  $W_L = 16 \text{ мкДж}$ . **189.**  $I_0 = 0,50 \text{ А}$ . **190.**  $T_2 = 2,5 \text{ мкс}$ ;  $U_{02} = 4 \text{ В}$ .

**191.**  $U = 10 \text{ В}$ . **192.**  $W_C = \frac{LI_0^2(n^2 - 1)}{2n^2} = 80 \text{ мкДж}$ .

**193.**  $q_2 = \sqrt{C^2 U_1^2 + LC(I_1^2 - I_2^2)} = 3,6 \text{ мкЛ}$ . **194.**  $T = 2\pi \frac{q_0}{I_0} = 0,16 \text{ мс}$ .

195.  $I_0 = 1,9$  А. 196.  $\omega = \frac{\sqrt{I_0^2 - I_1^2}}{q_1} = 1,0 \cdot 10^4 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . 197.  $W = 5$  мДж.
198.  $\varepsilon = 6,0$ . 199.  $q_0 = 0,20$  мКл. 200. а)  $\Delta t = \frac{\pi\sqrt{LC}}{4} = 0,31$  мс;  
 б)  $\Delta t = \frac{\pi\sqrt{LC}}{3} = 0,42$  мс. 201. а)  $\frac{W_L}{W_C} = 3$ ; б)  $\frac{W_L}{W_C} = 15$ . 202. а)  $\nu = 0,5 \cdot 10^5$  Гц;
- б)  $W_{L0} = 1$  мкДж;  $W_L = 4$  мкДж. 203. а)  $T = 1,0$  мс; б)  $(W_L)_{\text{max}} = 1,3$  мДж;  
 в)  $I_0 = 0,16$  А. 204.  $L = 0,10$  мГн. 205.  $\Phi_0 = 0,50$  мВб;  $W = 0,50$  мДж.
208. а) 1; б) 2. 209. б)  $\Phi_0 = 0,40$  мВб; г)  $\mathcal{E}_0 = 4,0$  В; д)  $\mathcal{E} = 0$  В. 210.  $I_0 = 2$  А.  
 211.  $\mathcal{E}_0 = 0,4$  В. 212.  $N = 30$ . 213.  $\mathcal{E}_0 = 9$  В. 214.  $\nu = 50$  Гц,  $U_0 = 18$  В,  
 $U_{\text{дз}} = 13$  В,  $I_0 = 2,0$  А,  $I_{\text{дз}} = 1,4$  А. 215.  $I(t) = C \sin(Dt)$ , где  $C = 0,50$  А,  
 $D = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . 216.\* а)  $I_{\text{дз}} = 3,5$  А; б)  $U_0 = 0,22$  кВ,  $U_{\text{дз}} = 0,16$  кВ.
- 217.\*  $U_{\text{дз}} = 21$  В;  $N = 3 \cdot 10^3$ . 218.\*  $I_{\text{дз}} = 1,4$  А,  $\omega = 50\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . 219.\*  $I_0 = 3,1$  А.
220. Не. 223.  $R = 40$  Ом. 224.  $Q = 5$  Дж. 225.\*  $Q = 0,18$  мДж.  
 226.\*  $Q = 6,6$  мДж. 227.\*  $Q = 0,92$  мДж. 228.\*  $U_0 = 55$  В.  
 229.\*  $Q_I = 10$  Дж;  $Q_{II} = 3,4$  Дж;  $I_{\text{дз}} = 0,85$  А. 230.\*  $\langle P_1 \rangle = 17$  Вт;  $\langle P_2 \rangle = 50$  Вт.
- 231.\*  $Q = 0,32$  Дж. 232.\*  $Q = 7,5$  кДж. 233.\*  $m = \frac{U_{\text{дз}}^2(1 + \alpha t_1)\tau}{R_1(1 + \alpha t_2)L} = 20$  г.
- 234.\*  $V = \frac{I_0^2 R_0(1 + \alpha t_{\text{к}})\tau}{2\rho L} \cdot \left(1 - \frac{\eta}{100\%}\right) = 71$  мл. 235.\*  $Q = 24$  Дж.
- 236.\* а)  $\tau = \frac{2}{3\nu} = 13$  мс; б)  $\tau = \frac{1}{2\nu} = 10$  мс. 237.\*  $\langle P \rangle = 33$  В. 238.\*  $Q = 11$  Дж.
- 239.\*  $\Delta t = \frac{\eta U_0^2 \tau}{2cmR100\%} = 30^\circ\text{C}$ , где  $U_0 = 300$  В. 240. а) 1, 3, 4; б) 2, 3, 4;  
 в) 1; г) 4; д) 1, 2, 3. 241.  $k = 4$ ,  $N_2 = 120$ . 242.  $U_1 = 30$  В. 243.  $U_0 = 50$  В.  
 244. У 2 разы. 245.  $N_1 = 420$ ,  $N_2 = 84$ . 246.  $k = 0,077$ . 247.  $U_{34} = 6$  В.  
 248.  $U_1 = 9$  В;  $U_2 = 12$  В. 249.\*  $k = 10$ ;  $N_2 = 120$ ;  $\eta = 91\%$ . 250.\*  $\eta = 95\%$ .
- 251.\*  $U_2 = \frac{U_1 R}{k(R+r)} = 25$  В. 252.\*  $R = \frac{U_1 - kI_2 r}{kI_2} = 1,2$  Ом. 253.\*  $P = 12,5$  Вт.  
 254.\*  $N_2 = 72$ . 255.\*  $R = \frac{kU_{\text{дз}}^2}{(1+k)^2 P} = 5,0$  Ом. 256.\*  $R = \frac{\alpha U_{\text{дз}}^2}{(100\% - \alpha) P} = 2,4$  Ом.
- 257.\*  $R = 0,74$  кОм. 258.\*  $l_{\text{max}} = \frac{(U_{\text{дз}} - \sqrt{PR})RS}{2\rho\sqrt{PR}} = 30$  км.

$$259.* U_{\text{дз}} = \frac{2P(100\% + \alpha)}{I_{\text{дз}} 100\%} = 33 \text{ В. } 260.* \eta = 1 - \frac{RP}{\xi_{\text{дз}}^2}.$$

$$261.* Q = \frac{\xi_0^2 \pi^2 d^4 R_c t}{(8\rho l + \pi d^2(r + R_c))^2}. \quad 262.* U_{\text{дз}} = \frac{\sqrt{PR \cdot 100\%}}{\sqrt{100\% - \eta}} = 60 \text{ кВ.}$$

$$263.* \text{а) } 1; \text{ б) } 1. \quad 264.* m = \frac{4\rho\rho_0 l^2 P}{0,03U_{\text{дз}}^2} = 25 \text{ кг. } 265. \text{ Ад нас. } 266. 3, 4, 7, 8.$$

$$267. \lambda = 12,2 \text{ см. } 268. \lambda_B = 0,40 \text{ мм, } \lambda_G = 0,17 \text{ мм. } 269. 3. \quad 270. t = 0,24 \text{ с.}$$

$$271. x = -10 \text{ км. } 272. \text{ а) } 500; \text{ б) } 30 \text{ см; в) } 1500; \text{ г) } 10 \text{ Гбит, } 10 \text{ Гбит.}$$

$$273. \lambda = 909 \text{ км. } 274. l = 3,6 \text{ км. } 275. \Delta t = 6,0 \text{ мкс. } 276. v = 33 \frac{\text{М}}{\text{с}}.$$

$$277. \lambda_{\text{max}} = 4,9 \text{ см. } 278. \lambda = 0,11 \text{ км. } 279. \lambda = \frac{2\pi c q_0}{I_0} = 38 \text{ м.}$$

$$280. \lambda = 1 \text{ км. } 281. \text{ Ад } v_{\text{min}} = 16 \text{ МГц да } v_{\text{max}} = 25 \text{ МГц. } 282. \text{ У } n = 4 \text{ разы.}$$

$$283. \Delta d = 3,6 \text{ мм. } 284. C = 6,3 \text{ нФ. } 285. \text{ а) } \Delta \lambda = 16 \text{ мкм; б) } \Delta h = 4,6 \text{ нм.}$$

## Оптыка

### III. Хвалеваая опытка

$$286. \tau = 3,1 \cdot 10^3 \text{ сут. } 287. \tau = 2,56 \text{ с. } 288. \lambda_n = 400 \text{ нм. } 289. n = 1,2.$$

$$290. n = 1,5. \quad 291. T = 2,28 \cdot 10^{-15} \text{ с. } 292. \lambda_2 = 360 \text{ нм; } v = 5,6 \cdot 10^{14} \text{ Гц.}$$

$$293. N_2 = 98. \quad 294. \text{ У } N = 95 \text{ разоў. } 295. l_2 = 87 \text{ мм. } 296. \frac{h_{\text{ш}}}{h_{\text{ал}}} = 4. \quad 297. \tau_2 = 5 \text{ нс.}$$

$$298. h_0 = 1,33 \text{ м. } 299. \Delta\varphi = 0,5\pi \text{ рад. } 300. \lambda = 0,48 \text{ мкм. } 301. \delta = 0,6 \text{ мм.}$$

$$302. n_1 = 1,3. \quad 303. N = 6. \quad 304. \text{ а) максимум; б) мінімум; в) максимум.}$$

$$305. \text{ а) максимум; б) } 2,5\lambda. \quad 306. \text{ в, г, д. } 307. \text{ а) максимум; б) мінімум;}$$

$$\text{в) мінімум. } 308. \lambda = 0,45 \text{ мкм. } 309. \delta = 1,3 \text{ мкм. } 310. \text{ Аслабленне.}$$

$$311. \text{ Максимум. } 312. \text{ а) } \lambda_1 = 0,45 \text{ мкм; } \lambda_2 = 0,60 \text{ мкм б) } \lambda_1 = 0,40 \text{ мкм;}$$

$$\lambda_2 = 0,51 \text{ мкм; } \lambda_3 = 0,72. \quad 313. \lambda = 0,4 \text{ мкм. } 314. \text{ а) } \delta = \frac{ld}{L} = 2,5 \text{ мкм;}$$

$$\text{б) узмацненне; в) } \Delta x = \frac{L\lambda}{d} = 6,4 \text{ мм; г) на } \Delta \lambda = 0,15 \text{ мкм. } 315.* d = 0,16 \text{ мм;}$$

$$\text{паменшыцца ў два разы. } 316.* l = \frac{2cTL}{d} = 48 \text{ мм. } 317.* h = \frac{L\lambda}{2l} = 1 \text{ мм.}$$

$$318.* \Delta x = 1,2 \text{ мм. } 319.* h_{\text{min}} = 0,10 \text{ мкм. } 320.* \text{ а) } \lambda = 0,48 \text{ мкм;}$$

$$\text{б) } \lambda_1 = 0,40 \text{ мкм; } \lambda_2 = 0,60 \text{ мкм. } 321.* h = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{4n(\lambda_1 - \lambda_2)} = 375 \text{ нм.}$$

$$322.* \text{ Забяспечыць. } 323.* h = 0,77 \text{ мкм. } 325.* \Delta l = \frac{\lambda}{2n\gamma} = 2,16 \text{ мм.}$$

326.  $\lambda = \frac{2dr}{l} = 0,6$  мкм. 327.  $\lambda = 700$  нм. 328.  $T = 2,5$  фс. 329. ВС.  
 330.  $\lambda = 610$  нм. 331. а)  $d = \frac{3\lambda}{\sin \alpha}$ ; б)  $\delta = 6\lambda$ . 332.  $\varphi = 14^\circ$ . 333.  $\lambda = 545$  нм.  
 334.  $d = 10$  мкм. 335. а)  $l = 12$  см; б)  $l' = 15$  см. 336.  $\Delta x = 8$  см.  
 337.  $m_{\max} = 4$ . 338.  $k = 2 \left[ \frac{lv}{Nc} \right] + 1 = 7$ . 339.  $m_{\max} = 3$ ;  $\varphi_{\max} = 49^\circ$ . 340.  $k = 5$ .  
 341. На 4. 342.  $l = 4,2$  м. 343. \*а) не; б) так. 344.  $\lambda_2 = 416$  нм. 345.  $\Delta l = 0,06$  мм.

#### IV. Геометричная оптика

346.  $l = 42,6$  м. 347.  $l = 3,0$  м. 348.  $l = 3,0$  м. 349.  $\Delta t = 2$  с. 350.  $v = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .  
 351. \*а)  $s = 0,75$  км; б)  $l_{\max} = 4,5$  м. 352. \*а)  $P_2 = \frac{P_1 L_1^2}{L_2^2} = 0,30$  мВт;  
 б)  $P_{\max} = 15$  Вт. 353.  $l = 90$  м. 354.  $l = 25$  см. 355.  $l = H \operatorname{tg} \alpha = 1,0$  м.  
 356.  $H = \frac{h(L-l)}{l} = 38$  м. 359. а)  $\alpha = 47^\circ$ ; б)  $\beta = 47^\circ$ ; в)  $\varphi = 86^\circ$ .  
 360.  $R = 30$  см. 361.  $y_{\text{п}} = 1$  м,  $y_{\text{к}} = 4$  м. 362.  $\beta = 35^\circ$ . 363.  $\Delta \varphi = 0^\circ$ .  
 364. а) на  $10^\circ$ ; б)  $100^\circ$ ; в) на  $20^\circ$ . 365.  $\Delta r = 2l \sin \alpha = 20$  см. 366. а)  $\varphi = 65^\circ$ ;  
 б)  $\varphi = 25^\circ$ ; в)  $\varphi = 70^\circ$ ; г)  $\varphi = 20^\circ$ . 367. (2;3); (4;1); (4;7); (6;1); (6;7);  
 (8;3); (8;5). 368.  $l = 10$  см. 369.  $\varphi = 30^\circ$ . 371.  $v_0 = 5 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ . 372. А61I, Ба1III,  
 Вд2III, Гг2II, Дв2I. 377. А63; Б61. 378. \* $R = 80$  см. 379. \* $f = 60$  см.  
 380. \* $d = 14$  см. 381. \* $\Gamma = 4$ . 382. \* $\tau = 1,2$  нс. 383. \* $H = \frac{Fh}{F+d} = 0,54$  м.  
 384. \* $R = 20$  см. 385. \* $R = 30$  см. 386. \* $F = 7,5$  см. 387. \* $l = 30$  см.  
 388. \* $\Gamma = 0,25$ . 389. \* $AB = \frac{2l(R-l)}{R-2l} = 1,2$  м. 390. \* $R = 2$  м.  
 391. \*а)  $F = \sqrt{l_1 l_2} = 24$  см; б)  $d = 2,2$  мм. 392. \* $d = \frac{R(\Gamma-1)}{2\Gamma} = 45$  см.  
 393. \* $\Gamma = \frac{b+\sqrt{ab}}{a+\sqrt{ab}} = 1,5$ . 394. \* $L = \frac{2l(2l-D)}{4l-D} = 34$  см.  
 395. \* $D = \frac{\Gamma^2-1}{\Gamma l} = -7,5$  дптр. 396. \* $f = 1,8$  м або  $f = 1,2$  м. 397. \* $F = 5$  см.  
 398. \* $f = 24$  см. 399. \* $f = 90$  см. 400. \*а) (-2; 0,5); б) (-4; 2).  
 401.  $R = 14$  дм. 402.  $l = 6$  см. 403. \*а)  $F = 9$  м; б)  $v = 2,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . 404. \* $L = 7,1$  м.



405. \*а)  $R = 40$  см; б)  $H = 4$  см. 406.  $d = 2D$ . 407. 1) 1; 2) 4; 3) 2. 408. а) г; б) а1; б3; в1; г2. 409. б, в, д. 410. А13; Б11; В22; Г13. 411. а) 2; б) 8; в) 3. 412. 3, 5, 6. 413. 3. 414. 5. 415. а)  $n_3 > n_1$ ; б)  $n_2 > n_3$ ; в)  $n_2 > n_1$ . 416. 3.

417.  $n = 1,6$ . 418.  $\gamma = 35^\circ$ . 419.  $\alpha = 45^\circ$ . 420. а)  $n = 1,5$ ; б)  $v = 2 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

421.  $\lambda_{\text{н}} = 407$  нм. 422.  $\Delta\varphi = 28^\circ$ . 423.  $\alpha = 74^\circ$ . 424.  $n = \frac{1}{\sqrt{\sin^2 \gamma_1 + \sin^2 \gamma_2}} = 1,5$ .

425.  $\alpha_2 = 51^\circ$ . 426.  $\beta = 50^\circ$ . 427.  $\gamma_2 = \gamma_1$ . 428. а)  $\varphi = 80^\circ$ ; б)  $n_{21} = 1,3$ .

429.  $\alpha = 58^\circ$ . 430.  $l = \frac{2h}{n} = 0,9$  м. 431. У  $k = \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 \gamma}}{n \cos \gamma} = 1,3$  разы.

432.  $n = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - k^2 \cos^2 \alpha}} = 1,6$ . 433.  $d = \frac{d_0}{\cos \alpha} = 6,0$  см. 434.  $l = \frac{2hn}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}$ .

435.  $\alpha = \arcsin\left(n \cos \frac{\varphi}{2}\right) = 58^\circ$ . 436.  $l = \frac{2h \sin \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} = 1,9$  м.

437.  $h = \frac{d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{2 \sin \alpha} = 1,8$  м. 438.  $l = \frac{H \cos \varphi}{\sqrt{n^2 - \cos^2 \varphi}}$ .

439.  $l = h \operatorname{tg} \alpha + \frac{H \sin \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} = 11$  дм. 440.  $l = \frac{H(n^2 + 1)}{2n}$ .

441.  $r = R - \frac{H}{\sqrt{n^2 - 1}} = 72$  см. 442.  $d = 2R + \frac{2h}{\sqrt{n^2 - 1}} = 52$  см.

443.  $h = \frac{H}{n} = 90$  см. 444.  $H = 51$  см. 445.  $n = 1,7$ . 446.  $H = 4,0$  м.

447.  $h = 2h_1 + \frac{2h_2}{n} = 6,1$  м. 448.  $H = h + h_0 \cdot n = 91$  см.

449.  $h = 10$  мм. 450. \*  $h = \frac{d}{\operatorname{tg} \gamma \left( n \cos \gamma - \sqrt{1 - n^2 \sin^2 \gamma} \right)}$ .

451. \*  $d = h \left( 1 - \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right) \sin \alpha = 7,0$  мм.

452. \*  $n = \sin \alpha \sqrt{\frac{h^2 \cos^2 \alpha}{(h \sin \alpha - d)^2} + 1} = 1,76$ .

453. \*  $\Delta l = \frac{h \sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} - \frac{h \sin \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} = 2,8$  мм.

$$454.*d = \frac{H \sin 2\alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}. \quad 455.*n = 1,7. \quad 456.*\varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{\sin \theta}{n - \cos \theta}\right) = 34^\circ.$$

$$457.*\varphi = \arccos \frac{n}{2} = 37^\circ. \quad 458.*\varphi = 33^\circ. \quad 459.*\varphi = \operatorname{arctg} \frac{1}{n}. \quad 460.*\alpha = 53^\circ.$$

$$461.*\alpha = \arcsin(n \sin \varphi) = 58^\circ. \quad 462.*\varphi = 70^\circ. \quad 463.*\alpha_2 = 45^\circ.$$

$$464.*\alpha = \arcsin \left[ n \sin \left( \varphi - \arcsin \left( \frac{1}{n} \right) \right) \right] = 21^\circ. \quad 465.*a) \alpha = \frac{\theta + \varphi}{2} = 45^\circ;$$

$$b) n = \frac{\sin \left( \frac{\varphi + \theta}{2} \right)}{\sin \frac{\varphi}{2}} = 1,4. \quad 466.*\theta = \pi - \arcsin \left( \frac{\sin 2\varphi}{n} \right) = 150^\circ.$$

$$467.*\varphi = 54^\circ; \theta = 26^\circ. \quad 468.*\theta = 140^\circ. \quad 469.*a) \theta_1 = \arcsin \left( \frac{\lambda}{dn} \right);$$

$$b) \varphi_1 = \arcsin \left( \frac{\lambda}{d} \right). \quad 470. n = 1,4. \quad 471. A2; B1; B2; \Gamma1; Д3; Е1. \quad 472. A2; B1.$$

$$473. \varphi = 36^\circ. \quad 474. n = 1,8. \quad 475. \alpha_0 = 47^\circ. \quad 476. v = 2,0 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}. \quad 481. \alpha_0 = 68^\circ.$$

$$482. \text{Будзе.} \quad 483. h_{\max} = (R - r) \cdot \sqrt{n^2 - 1} = 2,6 \text{ см.} \quad 484. d_{\min} = \frac{2h}{\sqrt{n^2 - 1}}.$$

$$485. d = \frac{2h}{\sqrt{n^2 - 1}} = 34 \text{ см.} \quad 486. \Delta d = \frac{h}{n} \left( 1 - \sqrt{\frac{1}{n^2 + 1}} \right) = 12 \text{ см.}$$

$$487. h_{\max} = \frac{l\sqrt{n^2 - 1}}{2} = 88 \text{ см.} \quad 488. \tau = \frac{R}{v} \left( 1 + \sqrt{n^2 - 1} \right) = 40 \text{ с.}$$

$$489. h = R\sqrt{n^2 - 1} = 44 \text{ см.} \quad 490. h = c\tau \frac{\sqrt{n^4 - 1}}{n^3}.$$

$$491. \Delta r = h - r\sqrt{n^2 - 1} = 32 \text{ см.} \quad 492. \Delta t = \sqrt{\frac{2R\sqrt{n^2 - 1}}{a}} = 4,6 \text{ с.}$$

$$493. \frac{t_{\max}}{t_{\min}} = \frac{n}{\sqrt{n^2 - 1}} = 1,3. \quad 494. H = \frac{h}{2} + \sqrt{n^2 - 1} \cdot \frac{l}{2} = 7,5 \text{ м.}$$

$$495. l_{\min} = \frac{5h}{\sqrt{n^2 - 1}}. \quad 496.*\varphi = 30^\circ. \quad 497. \alpha_0 = \arcsin \left( \frac{\sin \beta_2}{\sin \beta_1} \right) = 45^\circ.$$

$$498.*\alpha = \arccos \frac{n_B}{n_n} = 31^\circ. \quad 500.*\varphi_{\max} = 36^\circ. \quad 501.*\gamma = 45^\circ. \quad 502. \alpha_0 = 35^\circ.$$

$$503. \alpha_0 = 41^\circ. \quad 504. \beta = 60^\circ. \quad 505. \text{Д3ве.} \quad 506. \frac{1}{2} \arcsin \frac{1}{n} \leq \varphi < \frac{\pi}{4}.$$

$$507. \theta = 48^\circ. \quad 508.*a) 3, 11; б) 9. \quad 509.*l = 2,4 \text{ см.} \quad 510.*R = 33 \text{ мм.}$$

$$511. *l = \frac{R(2-n^2)}{\sqrt{n^2-1}} = 0,2 \text{ м. } 512. *h = 28 \text{ см. } 514. *h = 2,8 \text{ мм. } 515. *r = 8 \text{ см.}$$

$$518. *l = 72 \text{ мм. } 519. *а) \gamma_2 = 30^\circ; б) \theta = 2 \left( \alpha_1 - \arcsin \frac{\sin \alpha}{n} \right) = 20^\circ.$$

$$520. d_{\max} = \frac{2R}{n} = 60 \text{ мм. } 521. *n = \frac{l\sqrt{2d}}{d\sqrt{d-\sqrt{d^2-l^2}}} = 1,8. 522. *OA = \frac{20}{7} R.$$

$$523. n = \frac{2R}{\sqrt{4R^2-l^2}} = 1,5. 524. \lambda = 382 \text{ нм. } 525. n = 1,33. 526. б. 527. 2, 3, 8.$$

$$528. 4, 7. 529. б). 530. \text{ фсгзжок. } 532. 200-400 \text{ нм. } 533. v_{\text{ч}} = 2,25 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$v_{\text{ф}} = 2,23 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}. 534. \Delta\lambda = 103 \text{ нм. } 535. \frac{h_{\text{ш}}}{h_{\text{к}}} = 2. 536. \tau = 1,4 \text{ мкс.}$$

$$537. l = 20 \text{ м. } 538. l = h \sin \alpha \left( \frac{1}{\sqrt{n_{\text{ч}}^2 - \sin^2 \alpha}} - \frac{1}{\sqrt{n_{\text{ф}}^2 - \sin^2 \alpha}} \right) = 0,2 \text{ мм.}$$

$$539. \Delta l_{\text{ч}} = 1,09 \text{ см; } l_{\text{ф}} = 1,05 \text{ см. } 540. \Delta\beta = 2,5^\circ.$$

#### V. Лінзы

541. а) 2, 5, 6, 8; б) 3; в) 1; г) 1, 3, 4, 7. 543. 1Аг; 2Ді; 3Ді; 4Аг.

544. 3, 6. 545. 4, 5, 6, 8. 546. 3, 4, 5. 547. 5, 7. 548. Прамень  $a$  пройде праз 6,  $b - 7$ ,  $c - 3$ . 549. Прамень  $a$  пройде праз 3,  $b - 7$ ;  $c - 3$ .

550. 7. 557. А62; Ба3. 558. А4; Б2; В3. 559.  $S'_1(-6 \text{ см})$ ,  $S'_2(7,5 \text{ см})$ .

560.  $A'(3;0)$ ,  $B'(3;-1)$ ,  $C'(4;-2)$ ,  $D'(4;0)$ . 561.  $F=10 \text{ см}$ ;  $D=10 \text{ дптр}$ ;  $\Gamma=2$ .

562.  $F=25 \text{ см}$ ;  $D=4 \text{ дптр}$ ;  $\Gamma=2,5$ . 563.  $F=-20 \text{ см}$ ;  $D=-5 \text{ дптр}$ ;  $\Gamma=0,25$ .

564.  $f=20 \text{ см}$ . 565.  $f=40 \text{ см}$ . 566.  $d=1,2 \text{ м}$ . 567.  $d=6 \text{ см}$ . 568.  $D=-2 \text{ дптр}$ .

569.  $d=16 \text{ см}$ . 570.  $D=-6 \text{ дптр}$ . 571.  $l=9 \text{ см}$ . 572.  $l=10 \text{ см}$ . 573.  $d=20 \text{ см}$ ;

$F=25 \text{ см}$ . 574.  $l=18 \text{ см}$ . 575.  $D=-10 \text{ дптр}$ . 576.  $f=72 \text{ мм}$ ;  $|F|=90 \text{ мм}$ .

$$577. D = \frac{(\Gamma+1)^2}{\Gamma L} = 2,4 \text{ дптр. } 578. \Gamma = \frac{F}{l} = 1,2. 579. D_{\text{п}} = -5 \text{ дптр або}$$

$D_{\text{с}} = 15 \text{ дптр. } 580. F = 15 \text{ см або } F = 30 \text{ см. } 581. d = 50 \text{ см або } d = 30 \text{ см.}$

582.  $d_{\text{с}} = 0,6 \text{ м}$  — збіральна лінза;  $d_{\text{п}} = 0,4 \text{ м}$  — рассеивальна лінза.

583.  $H_1 = 21 \text{ см}$ . 584.  $F = 6 \text{ см}$ . 585.  $D = -0,5 \text{ дптр}$ . 586. У  $\alpha = 1,2$  раза.

$$587. \Gamma_2 = 2,6. 588. \frac{D_2}{D_1} = 0,6. 589. D_1 = 3 \text{ дптр. } 590. F = \frac{2d_1(l-d_1)}{l} = 9 \text{ см.}$$

591.  $l = 12 \text{ см}$ . 592.  $F = 32 \text{ мм}$ . 593.  $F_2 = 36 \text{ см}$ . 594. У три разы.

$$595. \text{ У } \frac{\Gamma_1}{\Gamma_2} = 2,2 \text{ раза. } 596. F = 6 \text{ см. } 597. \text{ У } \frac{H_2}{H_1} = \frac{d}{d-2\Delta d} = 3 \text{ разы.}$$

598.  $\gamma \frac{\Gamma_2}{\Gamma_1} = 2$  разы. 599.  $f = \frac{\Gamma(\Gamma+1)\Delta l}{\Gamma^2+1} = 18$  см. 600.  $\Gamma = 2$ .

601.  $*h = \sqrt{H_1 H_2} = 20$  см. 602. Паменшыцца у  $n = 3$  разы.

603.  $F = \frac{\Gamma l}{2} = 8$  см. 604.  $F = \frac{2}{9}L = 20$  см. 605.  $a = \frac{F^2}{b} = 10$  см.

606.  $\Gamma = 1,5$ . 607.  $\gamma \frac{h}{H} = 2,5$  разы. 608.  $*k = \Gamma_1 \Gamma_2 = 11$ . 609.  $\Gamma = 6$ .

610.  $d = \frac{d_0(l_2 - l_1)}{l_1 + l_2} = 12$  мм. 611.  $d = 2$  см. 612.  $F_2 = \frac{F_1 l}{2F_1 + l} = 6$  см.

613.  $l = \frac{dr}{d-F} = 10$  см. 614. а)  $\tau = 1,5$  нс; б)  $\tau = 1,5$  нс.

616.  $*l = \frac{F^2 \Delta l}{(d-F)(d+\Delta l-F)} = 2,0$  см. 617.  $*L = \frac{dl}{d-F} = 6$  мм.

618.  $*l = \frac{dr}{d-2F} = 8$  см. 619.  $*\omega = \sqrt{\frac{Fg \operatorname{tg} \alpha}{R(d-F)}}$ . 620.  $*L = 5,4F = 108$  см;

$\Gamma_1 = 2$ ;  $\Gamma_2 = 0,4$ . 621.  $*\Delta t = \frac{2}{g} \sqrt{v_0^2 - \frac{2g}{D}} = 2,4$  с. 622.  $*v_2 = 12 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$ .

623. а)  $f = \frac{dF}{F+d} = 10$  см; б)  $f = \frac{dF}{F-d} = 30$  см. 624.  $l = 36$  см.

625.  $r = 12$  см. 626. а) (2; 0,5) см; б) (4; 2) см. 627. 1. 628.  $f_2 = 3$  см.

629.  $x = 4$  см. 630. а)  $F_1 = 3$  см; б)  $F_2 = -2$  см; в)  $x = 0$  см.

631.  $*f_2 = 20$  см. 632.  $*f_2 = 36$  см. 633. \*а)  $l = 20$  см; б) у  $n = 2$  разы.

634.  $*f_2 = 1$  м. 635.  $*d = 0,5$  м. 636. \*а)  $l = 26$  см; б)  $l = 8$  см.

637.  $*f_2 = 2,4$  м. 638.  $*d_1 = 30$  см. 639.  $*b = 6$  см. 640.  $*d_2 = 4$  мм.

641.  $*f_2 = 25$  см. 642.  $*l = 225$  см. 643. а) 1, 4, 6; б) 1, 4, 6; в) 2, 3, 5;

г) 2, 4, 5. 644. А)  $\gamma = 3$ ; Б) бясконца вялікае; В) 2; Г) 3. 645.  $\Gamma = 3$ .

646.  $F = 5$  см. 647.  $\Gamma = 8$ . 648.  $\Gamma_2 = 6$ . 649.  $\gamma = 2$ . 650. а)  $x = 12,5$  см;

б) у  $k = 1,6$  разы. 651. А2; Б5; В4; Г1. 652. 1. 653. 2.

654.  $D_0 = -2,25$  дптр. 655.  $D_0 = 4$  дптр. 656.  $d = 10$  см. 657.  $\Delta D = 4$  дптр.

658. \*А) 5; Б)  $\Gamma = 2$ . 659.  $*\Gamma = 4000$ . 660. А)  $\gamma = 4,5$ ; Б) а1, б1. 661. \*А) 3;

Б) 6. 662. \*А) 1; Б) 8. 663. \*а)  $F_2 = 25$  мм; б)  $\gamma = 40$ . 664.  $*D = 500$  дптр.

665.  $*D = 1$  дптр. 666.  $*\varphi_2 = 10^\circ$ . 667. А5, Б4, В2, Г2. 668.  $L = 46$  см.

669.  $h = 36$  м. 670.  $F = \frac{d_1 H_1 - d_2 H_2}{H_1 - H_2} = 20$  см. 671. 38 см. 672.  $d = 1$  м.

673. \*А)  $l = 7,5$  см; Б)  $F = 25$  см. 674.  $*d_2 = 3$  м. 675. У  $\Gamma = 32$  разы.

676. 2,25; 3,5 см.

## Асновы спецыяльнай тэорыі адноснасці

### VI. Элементы тэорыі адноснасці

677. в. 678.\*а)  $c$ ; б)  $\frac{c}{\sqrt{2}}$ ; в)  $\tau = \sqrt{2}\tau_0$ . 679. Інерцыяльных, не залежыць, не залежыць. 680.\*2. 681.\*2,1. 683.\*У  $n = 1,25$  раза.
- 684.\* $l_0 = 90$  м. 685.\* $v = 1,8 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ . 686.\* $P = 10,4l_0$ . 687.\* $S = 0,15 \text{ м}^2$ .
- 688.\* $v = 2,4 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ . 689.\* $v_2 = 0,6c$ . 690.\*У  $n = 1,25$  раза. 691.\* $\tau = 60$  нс.
- 692.\*  $\Delta t = t \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right) = 4$  мін. 693.\* $s = 2 \cdot 10^8$  м. 694.\*а)  $0,5$  с; б)  $2,0$  с.
- 695.\*  $s = c\sqrt{t^2 - t_0^2} = 1,1$  км. 696.\* $v_2 = 40 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ . 697.\* $t = 118$  с.
- 698.\*  $\Delta t = \frac{l \left( 1 + \frac{v_0 v_1}{c^2} \right)}{v_0 + v_1} = 2$  мс. 700.\* $v = 0,8c$ . 701.\* $v = c$ . 702.\* $v_2 = 0,50c$ .
- 703.\* $v_0 = 0,96c$ . 704.\*У 2 разы. 705.\*  $p = 1,5 \cdot 10^{-18} \frac{\text{кг} \cdot \text{М}}{\text{с}}$ .
- 706.\* $v = 1,8 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ . 707.\*  $p = 8,0 \cdot 10^{11} \frac{\text{кг} \cdot \text{М}}{\text{с}}$ . 708.\* $F = 1,5 \cdot 10^{-5}$  Н.
709.  $E_0 = 1,8 \cdot 10^{11}$  Дж. 710.  $m = 853$  кг. 711.  $\Delta m = 4,2 \cdot 10^{-10}$  кг.
712. а)  $E_0 = 6 \cdot 10^{28}$  Дж; б)  $\Delta m = 0,7$  кг. 713.  $\tau = 7,1 \cdot 10^{12}$  гадоў.
- 714.\*А1; Б8; В2; Г7. 715.\*А6; Б7; В1. 716.  $\Delta m = 3,1 \cdot 10^{15}$  кг.
- 717.\*Не змяняецца, памяншаецца. 718.\*а) 5; б) 6; в) 7. 719.\*2, 4, 6.
- 720.\*а) 8; б) 6. 721.\* $\Delta v = 2,7 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ ,  $R = 2,9$  км. 722.\* $E = 3 \cdot 10^{-10}$  Дж.
- 723.\*а) 4; б) 3. 724.\* $E_{\text{к}} = 4,5 \cdot 10^{-8}$  Дж. 725.\* $n = 5$ . 726.\* $n = 2$ .
- 727.\* $v = 2,6 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ . 728.\* $l = l_0 \frac{m_0 c^2}{E}$ . 729.\* $\frac{l_0}{l} = \frac{E_{\text{к}}}{m c^2} + 1$ .
- 730.\*  $p = \frac{2\sqrt{13}m_e c}{3}$ . 731.\*  $p = \frac{\sqrt{5}m_e c}{2}$ . 732.\*  $t = \frac{t_0 E}{m c^2} = 1,1$  мкс.
- 733.\* $A = 0,42 m c^2$ . 734.\*  $R = \frac{m_e c \sqrt{\alpha^2 + 2\alpha}}{eB} = 10$  см. 735.\*  $E = 0,65 \frac{\text{МВ}}{\text{м}}$ .
- 736.\*  $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{0,25 m_p c^2}{q_p}$ . 737.\*  $v = \frac{c \sqrt{eU(eU + 2m_e c^2)}}{eU + m_e c^2} = 2,6 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ .

$$738.*U = \frac{m_e c^2}{e} = 5,1 \cdot 10^5 \text{ В. } 739.*v = \frac{eEct}{\sqrt{(eEt)^2 + m_e^2 c^2}}.$$

$$740.*E_{\kappa} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ Дж. } 741.*E_{\kappa} = 2 \cdot 10^{12} \text{ Дж, } \eta = 6 \text{ \%}.$$

## Квантовая физика

### VII. Фотоны. Дзезяні святла

$$742. E = 1,3 \cdot 10^{-15} \text{ Дж. } 743. E = 7,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж. } 744. E_c > E_{\text{ч}}.$$

$$745.*p_{\text{уф}} > p_{\text{Гц}}. 746.*E = 1,6 \cdot 10^{-24} \text{ Дж; } p = 5,4 \cdot 10^{-33} \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}.$$

$$747.*\lambda = 0,71 \text{ мкм; } p = 9,3 \cdot 10^{-28} \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}. 748.*p = 1,8 \cdot 10^{-22} \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}.$$

$$749.*p = 2,7 \cdot 10^{-22} \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}. 750. v = 1,2 \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}}. 751.*\lambda = 6,1 \cdot 10^{-8} \text{ м.}$$

$$752. N_0 = \frac{P \Delta t n \lambda}{hc} = 1,2 \cdot 10^{10}. 753. n = \frac{hc}{\lambda E} = 1,5. 754.*p = 1,1 \cdot 10^{-27} \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}.$$

$$755. \langle P \rangle = 3,1 \text{ кВт. } 756. \lambda = 0,44 \text{ мкм. } 757. \lambda = 0,54 \text{ мкм. } 758. \eta = 2,0 \text{ \%}.$$

$$759. N = 1,2 \cdot 10^{19}. 760. \Delta t = 11 \text{ }^\circ\text{C. } 761. U = \frac{2h\nu}{e} = 5,0 \text{ В.}$$

$$762. \lambda = 6,2 \cdot 10^{-7} \text{ м. } 763. \lambda = 6,2 \cdot 10^{-7} \text{ м. } 764. N = 1,1 \cdot 10^6.$$

$$765. N = 5 \cdot 10^{22}. 766. 1) \text{ павялічыцца; } 2) \text{ паменшыцца;}$$

$$3) \text{ павялічыцца; } 4) \text{ паменшыцца. } 767. \text{Плюс. } 773. \text{А) а4, б3, в4, г4, д3;}$$

$$\text{Б) а4, б4, в4, г4, д1. } 774. \text{А1, Б3, В2, Г1. } 775. \text{А) 5; Б) 8.}$$

$$776. \text{а) } \eta = 60 \text{ \%; б) } E_{\text{max}} = 2 \text{ эВ. } 777. \text{а) } U_3 = -4 \text{ В; б) } I_{\text{н}} = 8 \text{ мА. } 778. \text{а)*3;}$$

$$\text{б) 2; в) 6; г) 8. } 779. v_{\text{min}} = 9,7 \cdot 10^{14} \text{ Гц. } 780. A_{\text{вых}} = 2,1 \text{ эВ.}$$

$$781. \lambda_{\text{max}} = 5,7 \cdot 10^{-7} \text{ м. } 782. \text{Будзе. } 783. E_{\kappa}^{\text{max}} = 1,4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

$$784. E = 3,6 \text{ эВ. } 785. A_{\text{вых}} = 2,1 \text{ эВ. } 786. v_{\text{max}} = 6,3 \cdot 10^5 \frac{\text{М}}{\text{с}}.$$

$$787. \Delta r_{\text{max}} = 9,4 \text{ км. } 788. \lambda = \frac{2hc\lambda_{\text{max}}}{2hc + m_e v_{\text{max}}^2 \lambda_{\text{max}}} = 94 \text{ нм.}$$

$$789. v_{\text{max}} = 2,4 \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}}. 790.*v_{\text{max}} = 2,7 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}.$$

$$791. p_{\text{max}} = \sqrt{2m_e \left( \frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}} \right)} = 7,0 \cdot 10^{-25} \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}.$$

$$792.*\gamma n = \frac{\sqrt{2m_e (pc - A_{\text{вых}})}}{p} = 350 \text{ разоў. } 793. A_{\text{вых}} = 8,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

794.  $\gamma \beta = 1,4$  раза. 795.  $h = \frac{\Delta E_{\text{к}}}{\Delta \nu} = 6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.

796.  $A_{\text{ВЫХ}} = \frac{4h\nu_2 - h\nu_1}{3} = 2,2 \cdot 10^{-19}$  Дж. 797.  $A_{\text{ВЫХ}} = 1,7 \cdot 10^{-19}$  Дж.

798.  $\Delta E = 9,2$  эВ. 799.  $\Delta \nu = \nu_{\text{min}} + n^2(\nu_1 - \nu_{\text{min}}) - \nu_1 = 3,0 \cdot 10^{14}$  Гц.

800.  $\lambda_2 = \frac{9\lambda_1\lambda_{\text{max}}}{16\lambda_{\text{max}} - 7\lambda_1} = 540$  нм. 801.  $A_{\text{ВЫХ}} = \frac{hc}{3} \cdot \frac{4\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1\lambda_2} = 2,5$  эВ.

802.  $\lambda_{\text{max}} = \frac{hc\lambda}{hc - eU_3\lambda} = 6,3 \cdot 10^{-7}$  м. 803.  $\nu_{\text{min}} = 3,9 \cdot 10^{14}$  Гц.

804.  $|U_3| = 1,2$  В. 805. На  $\Delta U_3 = 0,50$  В. 806.  $E = 3,6$  эВ.

807.  $\nu = \nu_{\text{min}} + \frac{e|U_3|}{h} = 1,3 \cdot 10^{15}$  Гц. 808.  $A_{\text{ВЫХ}2} = 4,8 \cdot 10^{-19}$  Дж.

809.  $A_{\text{ВЫХ}2} = h\nu_{\text{min}} - e\Delta U_3 = 3,3$  эВ. 810.  $A_{\text{ВЫХ}} = 0,4h\nu = 2,5$  эВ.

811.  $\lambda_{\text{max}} = \frac{2c}{\nu} = 5,0 \cdot 10^{-7}$  м. 812.  $h = \frac{5e\Delta|U_3|\lambda}{c} = 6,64 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.

813.  $h = \frac{e(|U_{32}| - |U_{31}|)}{\nu_2 - \nu_1} = 6,64 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.

814. \*  $\nu_1 = \frac{e\varphi_{\text{max}2} - e\varphi_{\text{max}1}}{h} = 8 \cdot 10^{14}$  Гц.

815. \*  $A_{\text{ВЫХ}} = \frac{hc}{\lambda} - e\varphi_{\text{max}} = 3,2$  эВ. 816. \*  $\varphi_2 = 2,2$  В. 817. \*  $\gamma n = 1,8$  раза.

818. \*  $A_{\text{ВЫХ}} = 4,9$  эВ. 819.  $\lambda = 4,5 \cdot 10^{-7}$  м. 820.  $A_{\text{ВЫХ}} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{m_e v_{\text{max}1}^2}{2} + eU$ .

821. He. 822.  $l_{\text{max}} = \frac{hc(\lambda_{\text{max}} - \lambda)}{eE\lambda_{\text{max}}\lambda} = 1,5$  см. 823.  $l_{\text{max}} = 4h$ .

824.  $A_{\text{ВЫХ}} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{(eBR)^2}{2m_e}$ . 825.  $l = \frac{1}{eB} \sqrt{2m_e hc \cdot \frac{\lambda_{\text{max}} - \lambda}{\lambda_{\text{max}}\lambda}} = 6,3$  мм.

826.  $h_{\text{max}} = 4,9$  мм. 827.  $I_{\text{H}} = \frac{P\lambda e}{hcn} = 3,2 \cdot 10^{-4}$  А. 828.  $\eta = 0,0008$  %.

829.  $n = \frac{P\lambda e}{I_{\text{H}} hc} = 12$ . 830.  $A_{\text{ВЫХ}} = 1,8$  эВ;  $\frac{N}{\Delta t} = 1,25 \cdot 10^{18}$ . 831.  $U_3 = -2$  В;

$E_{\text{к}}^{\text{max}} = 3,2 \cdot 10^{-19}$  Дж;  $I_{\text{H}} = 30$  мкА. 832.  $\nu_{\text{min}} = 0,5 \cdot 10^{15}$  Гц;

$A_{\text{ВЫХ}} = 3,31 \cdot 10^{-19}$  Дж;  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с. 833.  $h = 6,61 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.

834.  $A_{\text{ВЫХ}} = 1,7$  эВ. 835.  $E = 3,6$  эВ. 836.  $A = 2,7$  эВ. 837. б)  $U = 2,1$  В.

838.  $\frac{L_2}{L_1} = 1,4$ . 839. а)  $U = 2,4$  В; б)  $\eta = 1 \%$ . 840. а)  $\frac{P_2}{P_1} = 1,125$ ; б)  $\eta = 50 \%$ .
841.  $\eta = 33 \%$ . 842.  $N = 195$ . 843.  $*p = 5,6$  мкПа. 844.  $*\frac{P_1}{P_2} = 2$ .
845.  $*p = 6,0$  мкПа. 846.  $*N = 5 \cdot 10^{15}$ . 847.  $*p = (1+R) \frac{Nh\nu}{c} \cdot \frac{1}{S\Delta t} = 8,4$  мкПа.
848.  $*P = 1,5$  Вт. 849.  $*p = 60$  пПа. 850.  $*\lambda = \frac{Nh(1+R)}{\pi r^2 p \Delta t} = 546$  нм.
851. а)  $S = 29$  км<sup>2</sup>; б)  $*\langle F \rangle = 13,3$  Н.

### VIII. Фізика атома

853. а) Ва, Са, Не; б) не. 854. а) Na; б) так. 857.  $E_{13} = E_{32} + E_{21}$ .
860. а)  $E_{51} = 13,06$  эВ; б)  $\nu = 3,15 \cdot 10^{15}$  Гц. 861.  $\lambda = 1,9$  мкм.
862.  $\nu = 1,2 \cdot 10^{15}$  Гц. 863.  $\lambda_{\max} = 86$  нм. 865.  $\Delta E = 5,4$  эВ.
866.  $E_8 = -3,4 \cdot 10^{-20}$  Дж. 867. а) Павялічыцца ў 9 разоў;  
б) паменшыцца ў 4 разы. 868.  $\nu \alpha = 5,4$  раза. 869. 1) 3, 1; 2) 5, 4; 3) 1 і 6;  
4) 5, 4; 5) 3, 1; 6) 4, 5; 7) 1, 3; 8) 4. 870. а) \*2; б) \*4; в) у 16 разоў;  
г) \*у 81 раз; д) ультрафіялетавай. 871.  $*N = \frac{n(n-1)}{2}$ .
872.  $\lambda_{\max} = 91$  нм. 873.  $\nu_{\max} = 3,3 \cdot 10^{15}$  Гц. 874.  $*p = 1,6 \cdot 10^{-28} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ .
875. На  $n = 5$ . 876.  $\nu = 8,2 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . 877.  $\nu = 1,1 \cdot 10^{15}$  Гц. 878.  $\lambda_{\alpha} = 658$  нм;  
 $\lambda_{\beta} = 488$  нм;  $\lambda_{\gamma} = 435$  нм;  $\lambda_{\delta} = 411$  нм. 879. 6. 880. 3. 881. На  $\Delta E = 12,75$  эВ.
882.  $\Delta E = -hc \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\lambda_1 \cdot \lambda_2}$ . 883.  $\lambda_{54} = \frac{\lambda_{42} \lambda_{52}}{\lambda_{42} - \lambda_{52}} = 2,62$  мкм. 884.  $*\lambda = 488$  нм;  
 $p = 1,4 \cdot 10^{-28} \text{ кг} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ; так. 885.  $\frac{\lambda_{\beta}}{\lambda_{\gamma\text{ф}}} = 4$ . 886.  $|\Delta E| = 2,8$  эВ. 887.  $n = 4$ .
888.  $n = 3$ . 889.  $\nu_{\max} = 8,4 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . 890.  $E_{\text{к}}^{\max} = 3 \cdot 10^{-19}$  Дж.
891.  $l_{\max} = 11$  мм. 892.  $l_{\max} = 20$  мм. 893.  $R = \frac{1}{eB} \sqrt{\frac{2m_e hc}{\lambda} - \frac{2m_e |E_1|}{n^2}} = 2,2$  мм.
894.  $R = 1,4$  мм. 895.  $A_{\text{вых}} = 8,7$  эВ. 896.  $E_{\min} = 20,4$  эВ.
897.  $\Delta t = \frac{1}{2eE} \sqrt{(E_8 - E_1 - A_{\text{вых}}) 2m_e}$ . 898.  $*E_n = E_1 + A_{\text{вых}} + pc$ .



$$899. v = \frac{3m_p v_1^2}{32h} = 3,8 \cdot 10^{14} \text{ Гц}; \lambda = 0,79 \text{ мкм. } 900. \text{ а) } n = 400;$$

$$\text{б) } E = 8,5 \cdot 10^{-5} \text{ эВ; в) } T = 0,7 \text{ К. } 901. \eta = 80 \% . 902. N = 1,3 \cdot 10^{17}.$$

$$903. P = 3,6 \text{ МВт. } 904. * \text{У } 3 \text{ разы. } 905. * \text{а) } 1,44; \text{ б) } 1,05.$$

### ІХ. Ядзерная фізіка і элементарныя часціцы

$$906. 2, 5. 907. 1, 2, 5. 908. 2, 3, 6, 7. 911. \text{ а) } {}_7^{14}\text{N}; \text{ б) } {}_{51}^{122}\text{Sb}; \text{ в) } {}_{101}^{257}\text{Md}.$$

$$913. N_{\text{ал}} > N_{\text{м}} > N_{\text{кр}}. 914. Z_0 = 1,4 \cdot 10^{24}; N_0 = 2,2 \cdot 10^{24}. 915. 1) {}_{24}^{58}\text{Cr},$$

$${}_{24}^{60}\text{Cr} \text{ і } {}_{27}^{60}\text{Co}, {}_{27}^{61}\text{Co}; 2) {}_{24}^{58}\text{Cr}, {}_{27}^{61}\text{Co}; 3) {}_{24}^{58}\text{Cr}, {}_{24}^{60}\text{Cr}, {}_{27}^{61}\text{Co}. 916. Z = 88;$$

$$N = 132. 917. Z = 72; N = 108. 918. q = 4 \cdot 10^5 \text{ Кл. } 919. N_0 = 1,1 \cdot 10^{23}.$$

$$920. N_{\text{выш.}} = 4,8 \cdot 10^{20}. 921. \text{ а) } q = 4,0 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}; \text{ б) } q = 7,2 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}.$$

$$922. * v_0 = 50 \text{ км/с. } 923. \text{ А) } 5; \text{ Б) } 4; \text{ В) } 3.$$

$$924. 4. 925. 5. 926. \Delta m_{{}_{5}^{11}\text{B}} = 0,082 \text{ а.а.м.} = 1,4 \cdot 10^{-28} \text{ кг};$$

$$\Delta m_{{}_{82}^{206}\text{Pb}} = 1,7 \text{ а.а.м.} = 2,9 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$$

$$927. \text{ а) } E_{\text{суб1}} = 931,5 \text{ МэВ} = 1,49 \cdot 10^{-10} \text{ Дж};$$

$$\text{б) } E_{\text{суб2}} = 354 \text{ МэВ} = 5,7 \cdot 10^{-11} \text{ Дж. } 928. E = (M - Zm_e)c^2.$$

$$929. 1) E_{\text{суб1}} = 2,2 \text{ МэВ}; 2) E_{\text{суб2}} = 39,3 \text{ МэВ}; 3) E_{\text{суб3}} = 256 \text{ МэВ};$$

$$4) E_{\text{суб4}} = 65,0 \text{ МэВ. } 930. 1) \varepsilon_1 = 2,84 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}; 2) \varepsilon_2 = 7,93 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}};$$

$$3) \varepsilon_3 = 7,57 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}; 4) \varepsilon_4 = 7,67 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}. 931. E_{{}_{76}^{188}\text{Os}} > E_{{}_{26}^{56}\text{Fe}} > E_{{}_{8}\text{O}}^{16};$$

$$E_{{}_{26}^{56}\text{Fe}} > E_{{}_{8}\text{O}}^{16} = \varepsilon_{{}_{76}^{188}\text{Os}}. 932. E_{\text{суб}} = 1,5 \text{ ГэВ. } 933. \text{ На } \eta = 0,86 \% .$$

$$934. E = 1,1 \text{ МВт} \cdot \text{г. } 935. 3. 936. E = 8,3 \cdot 10^{11} \text{ Дж. } 937. n = 6,3 \cdot 10^5.$$

$$938. E = 2,73 \cdot 10^{12} \text{ Дж. } 939. n_{\phi} = 3,9 \cdot 10^{30}. 940. \text{ а) } \text{А-2, Б-4, В-2}; \text{ б) } \text{А1,}$$

$$\text{Б0, В-1}; \text{ в) } * \text{А-1, Б0, В1}; \text{ г) } \text{А0, Б0, В0. } 941. * \text{А5; Б3; В7; Г9; Д6.}$$

$$942. \text{ узбуджаным; не змяняецца; памяншаецца. } 943. * 4. 944. 4.$$

$$945. \text{ а) } {}_{86}^{222}\text{Rn}; \text{ б) } {}_{84}^{216}\text{Po}. 946. \text{ а) } {}_{32}^{73}\text{Ge}; \text{ б) } {}_{82}^{209}\text{Pb}. 947. \text{ а) } {}_5^{11}\text{B}; \text{ б) } {}_7^{15}\text{N}.$$

$$948. Z = 82; N = 126. 949. m_{\text{агул.}} = 1,5 \cdot 10^{-25} \text{ кг. } 950. \alpha\text{-распаду.}$$

$$951. \beta\text{-распаду. } 952. {}_{90}^{229}\text{Th}. 953. {}_{84}^{213}\text{Po}. 954. {}_{84}^{216}\text{Po}. 955. N = 135.$$

$$956. n_{\alpha} = 5; n_{\beta} = 4. 957. m_{\text{агул.}} = 2,3 \cdot 10^{-25} \text{ кг. } 958. {}_{92}^{238}\text{U}. 959. n = 14.$$

$$960. \text{ На } 58. 961. \text{ а) } {}_{90}^{233}\text{Th}; \text{ б) } 2\alpha \text{ і } 1\beta\text{-}; \text{ в) } {}_{91}^{233}\text{Pa}, {}_{92}^{233}\text{U}. 962. Z = 92;$$

$$A = 207. 963. \text{ На } 36. 964. 10. 965. 12. 966. q = 9,3 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}.$$

967.  $m = 32$  г. 968.  $Z = 83$ ;  $N = 124$ . 969.  $Z = 91$ ;  $N = 141$ . 970.  $I = \frac{eN}{t}$ .
971.  $N = 21\,000$ . 972. 2. 973.\*21. 974. 3. 975.  $N = 1 \cdot 10^{20}$ .
976.  $N = 7,5 \cdot 10^{23}$ . 977.  $|\Delta N| = 7 \cdot 10^{20}$ . 978.  $\sim 10^{-17}$ . 979. а)  $N = 2,2 \cdot 10^{21}$ ;  
 б)  $m_{\text{закт}} = 0,5$  г. 980.  $T_{1/2} = 8$  сут. 981.  $t = 40$  сут. 982.  $\gamma n_2 = 16$  разоў;  
 $T_{1/2} = 27$  сут. 983.  $t_2 = 200$  с. 984.  $t = 17\,100$  гадоў. 986.  $|\Delta N| = 1,9 \cdot 10^{21}$ .
987.  $T_{1/2} = 10$  с;  $|\Delta N| = 7,0 \cdot 10^{22}$ . 988.  $N = 9,3 \cdot 10^{27}$ . 989.  $\Delta t = 24$  сут.
990.  $q = -3,6 \cdot 10^3$  Кл. 991.  $I = 0,31$  А. 992.  $\Delta m = 1,0$  мг. 993.  $V = 0,60$  мм<sup>3</sup>.
994.  $p = 75$  кПа. 995.  $q = 84$  Кл. 996.  $T_{1/2} = 27$  мин. 997.  $\Delta t = 88$  мин.
998.  $m = 638$  кг. 1000.\* $v = 19$  с<sup>-1</sup>. 1001.\*А) 0,42 г; Б) 4; В)  ${}_{20}^{40}\text{Ca}$ ;  
 Г) 17,5 млн гадоў; Д) 1,2 млрд гадоў. 1002. а) 101 Вт; б)  ${}_{92}^{234}\text{U}$ ;  
 в) 5 % . 1003. 6, 7. 1004. 3. 1007.  ${}_{30}^{63}\text{Zn}$ ;  ${}_{30}^{62}\text{Zn}$ ;  ${}_{29}^{62}\text{Cu}$ .
1009. А)  ${}_{12}^{23}\text{Mg} + {}_0^1n \rightarrow {}_{11}^{23}\text{Na} + {}_1^1p$ ,  $Q = 1,3$  МэВ; Б) 3,0 МэВ. 1010.  ${}_{92}^{235}\text{U}$ .
1011.  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ . 1014. 3. 1015.  $A = 90$ . 1016.  $N = 2$ . 1019.  $N_n = 5$ ;  $N_e = 3$ .
1020.  $N = 1$ . 1021. На 2. 1022. 1)  $Q = -1,2$  МэВ; 2)  $Q = 15$  МэВ;  
 3)  $Q = 4,0$  МэВ; 4)  $Q = -2,8$  МэВ; 5)  $Q = 4,4$  МэВ; 6)  $Q = 4,5$  МэВ.
1023. 1)  $Q = 2,8 \cdot 10^{-12}$  Дж; 2)  $Q = 6,4 \cdot 10^{-13}$  Дж; 3)  $Q = 1,8 \cdot 10^{-12}$  Дж.
1024. 1)  $n_\alpha = 5$ ;  $n_\beta = 4$ ; 2)  $Q = 32$  МэВ; 3)  $P = 19$  мкВт.
1025.  $Q = 357,53$  МэВ. 1026.  $Q = 2,3 \cdot 10^{15}$  Дж; дастаткова.
1027.  $m = 238$  кг. 1028.  $m = 2,9$  т. 1029.  $Q = 3,2$  кДж. 1030.  $N = 2,7 \cdot 10^{22}$ .
1031.  $E = 3,6 \cdot 10^{17}$  МэВ. 1032.  $R = 5$  см. 1033.  $Q = 3,1 \cdot 10^{11}$  Дж;  
 $m = 7,3 \cdot 10^5$  кг. 1034.  $Q = 1,37 \cdot 10^{11}$  Дж;  $\gamma k = 3 \cdot 10^6$  разоў.
1035.  $N = 1,8 \cdot 10^4 \frac{\text{КВ}}{\text{сут}}$ . 1036.  $E_{\text{к}} = 16,8$  МэВ. 1037.  $E_{\text{к}} = 5,7$  МэВ.
1038.  $v_1 = 3,7 \cdot 10^5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ . 1039.  $p_{\text{Rn}} = p_{\text{He}}$ ;  $E_{\text{He}} = 55,5 E_{\text{Rn}}$ .
1040.  $(E_{\text{к}})_{1\text{H}}^2 = \frac{5(E_{\text{к}})_{0n}^2 + 4Q}{2} = 80$  МэВ. 1041.  $m = \frac{PM\Delta t \cdot 100\%}{\eta N_A E_1} = 583$  кг;  
 $\frac{m_{\text{выг}}}{m} = 3,3 \cdot 10^6$ . 1042.  $\eta = 25\%$ . 1043. 60 %. 1044.  $Q = 175$  МэВ.
1045. Лептон. 1046. Закон захавання зараду. 1048.  $\lambda = 2,4$  пм.
1049.  $E_{\text{min}} = 2,2$  МэВ. 1050.  $E_{\text{к}} = 1,6$  МэВ. 1051.  $v = 1,6 \cdot 10^{22}$  Гц.
1052. а)  ${}_{8}^{17}\text{O}$ ; б) 3,2; в)\*2,5. 1053. А)2; Б)5; В)\*2,3.
1054.  $E_{\text{к}} = 0,78$  МэВ. 1055.  $Z = 8$ ;  $N = 10$ .

## ДАДАТКІ

Табліца 1

### Дзесятковыя прыстаўкі да назваў адзінак

Прыстаўка	Абазначэнне	Дзесятковы множнік
экса	Э	$10^{18}$
пета	П	$10^{15}$
тэра	Т	$10^{12}$
гіга	Г	$10^9$
мега	М	$10^6$
кіла	к	$10^3$
дэцы	д	$10^{-1}$
санты	с	$10^{-2}$
мілі	м	$10^{-3}$
мікра	мк	$10^{-6}$
нана	н	$10^{-9}$
піка	п	$10^{-12}$
фемта	ф	$10^{-15}$
ата	а	$10^{-18}$

Табліца 2

### Асноўныя фізічныя пастаянныя

Велічыня	Абазначэнне і лічбавое значэнне
Атамная адзінка масы	$1 \text{ а. а. м.} = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Гравітацыйная пастаянная	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$

Велічыня	Абзначэнне і лічбавое значэнне
Заряд электрона	$q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
Заряд пратона	$q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
Магнітная пастаянная	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$
Маса электрона	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
Маса пратона	$m_p = 1,672 \cdot 10^{-27}$ кг
Маса нейтрона	$m_n = 1,674 \cdot 10^{-27}$ кг
Модуль паскарэння свабоднага падзення	$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
Пастаянная Авагадра	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Пастаянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$
Пастаянная Планка	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж · с
Скорасць святла ў вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
Універсальная газавая пастаянная	$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
Электрычная пастаянная	$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$
Элементарны зарад	$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл

Табліца 3

## Шчыльнасць рэчываў

Рэчыва	Шчыльнасць $\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Алюміній	2,7
Ацэтон	0,79
Бензін	0,71
Вада (прэсная)	1,0
Вальфрам	19,3
Жалеза (сталі)	7,8
Золата	19,3
Калій	0,88
Газа	0,80
Латунь	8,5
Лёд	0,90
Масла (машыннае)	0,90
Медзь	8,9
Нікель	8,8
Нікелін	8,8
Ніхром	8,3
Волава	7,39
Осмій	22,6
Плаціна	21,5

Рэчыва	Шчыльнасць $\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Палоній	9,4
Ртуць	13,6
Свінец	11,3
Серабро	10,5
Спірт	0,80
Тытан	4,5
Уран	18,7
Хром	7,1
Цэзій	1,9
Цынк	7,1
Чыгун	7,0

Табліца 4

### Абсалютны паказчык праламлення $n$ рэчываў

Рэчыва	$n$	Рэчыва	$n$
Алмаз	2,42	Серная кіслата	1,43
Ацэтон	1,36	Саляная кіслата	1,25
Вада	1,33	Шкіпінар	1,47
Кварц	1,54	Спірт этылавы	1,36
Лёд	1,31	Шкло (флінт)	1,70
Алей сланечнікавы	1,5	Шкло (крон)	1,58
		Бурштын	1,55

Табліца 5

## Масы некаторых часціц і атамаў

Назва часціцы або нукліду	Абзначэнне	Маса, а. а. м.
Часціцы		
Пратон	${}^1_1p$	1,00728
Нейтрон	${}^1_0n$	1,00867
Электрон	${}^0_{-1}$	0,00055
Нукліды		
Азот	${}^{14}_7\text{N}$	14,00307
Азот	${}^{15}_7\text{N}$	15,00011
Алюміній	${}^{27}_{13}\text{Al}$	26,98146
Берылій	${}^7_4\text{Be}$	7,01693
Берылій	${}^8_4\text{Be}$	8,00531
Берылій	${}^9_4\text{Be}$	9,0121822
Берылій	${}^{10}_4\text{Be}$	10,01354
Бор	${}^{10}_5\text{B}$	10,01294
Бор	${}^{11}_5\text{B}$	11,00931
Вадарод	${}^1_1\text{H}$	1,00783

Назва часціцы або нукліду	Абзначэнне	Маса, а. а. м.
Вадарод	${}^2_1\text{H}$	2,01410
Вадарод	${}^3_1\text{H}$	3,01605
Гелій	${}^3_2\text{He}$	3,01602
Гелій	${}^4_2\text{He}$	4,00260
Жалеза	${}^{56}_{26}\text{Fe}$	55,934936
Кісларод	${}^{16}_8\text{O}$	15,994914
Кісларод	${}^{17}_8\text{O}$	16,99913
Крэмній	${}^{30}_{14}\text{Si}$	29,97376
Літый	${}^6_3\text{Li}$	6,01512
Літый	${}^7_3\text{Li}$	7,01600
Магній	${}^{23}_{12}\text{Mg}$	22,989769
Магній	${}^{24}_{12}\text{Mg}$	23,9850417
Марганец	${}^{54}_{25}\text{Mn}$	53,940350
Малібдэн	${}^{95}_{42}\text{Mo}$	94,905854
Натрый	${}^{23}_{11}\text{Na}$	22,98976928
Плаціна	${}^{196}_{78}\text{Pt}$	195,9649515



Назва часціцы або нукліду	Абзначэнне	Маса, а. а. м.
Радый	$^{223}_{88}\text{Ra}$	223,0185022
Радый	$^{226}_{88}\text{Ra}$	226,02435
Рубідый	$^{90}_{37}\text{Rb}$	89,914802
Свінец	$^{206}_{82}\text{Pb}$	205,97445
Сера	$^{32}_{16}\text{S}$	31,972074
Вуглярод	$^{12}_6\text{C}$	12,00000
Вуглярод	$^{13}_6\text{C}$	13,003354
Уран	$^{235}_{92}\text{U}$	235,04394
Уран	$^{238}_{92}\text{U}$	238,05079
Фосфар	$^{32}_{15}\text{P}$	31,973900
Францый	$^{223}_{87}\text{Fr}$	223,20940
Цэзій	$^{137}_{55}\text{Cs}$	136,9070895
Цэзій	$^{144}_{55}\text{Cs}$	143,932077

## Перыядычная сістэма хімічных

Перыяд	Рад	групы элементаў						
		I	II	III	IV	V		
I	1	(H)						
II	2	<b>Li</b> 3 6,939 Літый	<b>Be</b> 4 9,0122 Берылій	5 10,811	<b>B</b> 6 12,01115 Бор	<b>C</b> 7 14,0067 Вуглярод	<b>N</b>	
III	3	<b>Na</b> 11 22,9898 Натрый	<b>Mg</b> 12 24,312 Магній	13 26,9815	<b>Al</b> 14 28,086 Алюміній	<b>Si</b> 15 30,9738 Крэмній	<b>P</b> Фосфар	
IV	4	<b>K</b> 19 39,102 Калій	<b>Ca</b> 20 40,08 Кальцый	<b>Sc</b> 21 44,956 Скандый	<b>Ti</b> 22 47,90 Тытан	<b>V</b> 23 50,942 Ванадый		
	5	29 63,546	<b>Cu</b> 30 65,37 Медзь	<b>Zn</b> 31 69,72 Цынк	<b>Ga</b> 32 72,59 Галій	<b>Ge</b> 33 74,9216 Германій	<b>As</b> Мыш'як	
V	6	<b>Rb</b> 37 85,47 Рубідый	<b>Sr</b> 38 87,62 Стронцый	<b>Y</b> 39 88,905 Ітрый	<b>Zr</b> 40 91,22 Цырконій	<b>Nb</b> 41 92,906 Ніобій		
	7	47 107,868	<b>Ag</b> 48 112,40 Серабро	<b>Cd</b> 49 114,82 Кадмій	<b>In</b> 50 118,69 Індый	<b>Sn</b> 51 121,75 Волава	<b>Sb</b> Сурма	
VI	8	<b>Cs</b> 55 132,905 Цэзій	<b>Ba</b> 56 137,34 Барый	<b>La*</b> 57 138,81 Лантан	<b>Hf</b> 72 178,49 Гафній	<b>Ta</b> 73 180,948 Тантал		
	9	79 196,967	<b>Au</b> 80 200,59 Золата	<b>Hg</b> 81 204,37 Ртуць	<b>Tl</b> 82 207,19 Талій	<b>Pb</b> 83 208,980 Свінец	<b>Bi</b> Вісмут	
VII	10	<b>Fr</b> 87 [223] Францый	<b>Ra</b> 88 [226] Радый	<b>Ac**</b> 89 [227] Актыній	<b>Rf</b> 104 [261] Рэзерфордый	<b>Db</b> 105 [262] Дубній		
ЛАНТАНОІДЫ		<b>Ce</b> 58 140,12 Цэрый	<b>Pr</b> 59 140,907 Празаедым	<b>Nd</b> 60 144,24 Неадым	<b>Pm</b> 61 [145] Праметый	<b>Sm</b> 62 150,35 Самарый	<b>Eu</b> 63 151,96 Еўропій	<b>Gd</b> 64 157,25 Гадаліній
АКТЫНОІДЫ		<b>Th</b> 90 232,038 Торый	<b>Pa</b> 91 [231] Праатактыній	<b>U</b> 92 238,03 Уран	<b>Np</b> 93 [237] Нептуній	<b>Pu</b> 94 [242] Плутоній	<b>Am</b> 95 [243] Амерыцый	<b>Cm</b> 96 [247] Кюрый

## элементар Д. И. Мендзялеева

группы элементаў						
VI	VII	VIII				
	1 1,00797 Вадарод <b>H</b>	Абазначэнне элемента <b>Li</b> Літый Атамны нумар 3 6,939 Адносная атамная маса			2 4,0026 Гелій <b>He</b>	
8 15,9994 Кісларод <b>O</b>	9 18,9984 Фтор <b>F</b>				10 20,183 Неон <b>Ne</b>	
16 32,064 Медзь <b>S</b>	17 35,453 Хлор <b>Cl</b>				18 39,948 Аргон <b>Ar</b>	
<b>Cr</b> 24 51,996 Хром	<b>Mn</b> 25 54,938 Марганец	<b>Fe</b> 26 55,847 Жалеза	<b>Co</b> 27 58,9332 Кобальт	<b>Ni</b> 28 58,71 Нікель		
34 78,96 Селен <b>Se</b>	35 79,904 Бром <b>Br</b>				36 83,80 Крыптон <b>Kr</b>	
<b>Mo</b> 42 95,94 Малібдэн	<b>Tc</b> 43 [99] Тэхнецій	<b>Ru</b> 44 101,07 Рутэній	<b>Rh</b> 45 102,905 Родый	<b>Pd</b> 46 106,4 Паладый		
52 127,60 Тэлур <b>Te</b>	53 126,9044 Ёд <b>I</b>				54 131,30 Ксенон <b>Xe</b>	
<b>W</b> 74 183,85 Вальфрам	<b>Re</b> 75 186,2 Рэній	<b>Os</b> 76 190,2 Осмій	<b>Ir</b> 77 192,2 Ірыдый	<b>Pt</b> 78 195,09 Плацина		
84 [210] Палоній <b>Po</b>	85 210 Астат <b>At</b>				86 [222] Радон <b>Rn</b>	
<b>Sg</b> 106 [263] Сіборгій	<b>Bh</b> 107 [262] Борый	<b>Hs</b> 108 [265] Хасій	<b>Mt</b> 109 [266] Мейтнэрый	110		
<b>Tb</b> 65 158,924 Тэрбий	<b>Dy</b> 66 162,50 Дыспрозій	<b>Ho</b> 67 164,930 Гольмій	<b>Er</b> 68 167,26 Эрбий	<b>Tm</b> 69 168,934 Тулій	<b>Yb</b> 70 173,04 Ітэрбий	<b>Lu</b> 71 174,97 Лютэцій
<b>Bk</b> 97 [247] Берклій	<b>Cf</b> 98 [249] Каліфорній	<b>Es</b> 99 [254] Эйнштэйній	<b>Fm</b> 100 [253] Фермій	<b>Md</b> 101 [256] Мендзялеев	<b>No</b> 102 [255] Набелій	<b>Lr</b> 103 [257] Лаўрэнсій

## Змест

<i>Ад аўтараў</i> .....	3
<b>Ваганні і хвалі</b>	
I. Механічныя ваганні і хвалі .....	6
II. Электрамагнітныя ваганні і хвалі .....	51
<b>Оптыка</b>	
III. Хвалевае аптыка .....	88
IV. Геаметрычная аптыка .....	105
V. Лінзы .....	162
<b>Асновы спецыяльнай тэорыі адноснасці</b>	
VI. Элементы тэорыі адноснасці .....	200
<b>Квантавая фізіка</b>	
VII. Фатоны. Дзеянні святла .....	218
VIII. Фізіка атама .....	245
IX. Ядзерная фізіка і элементарныя часціцы .....	259
<i>Адказы</i> .....	292
<i>Дадаткі</i> .....	309

Вучэбнае выданне  
Дарафейчык Уладзімір Уладзіміравіч  
Сілянкоў Міхаіл Анатольевіч

## **ЗБОРНИК** **задач** **па фізіцы**

Вучэбны дапаможнік  
для 11 класа ўстаноў адукацыі,  
якія рэалізуюць адукацыйныя праграмы  
агульнай сярэдняй адукацыі з беларускай мовай  
навучання і выхавання  
(базавы і павышаны ўзроўні)

Нач. рэдакцыйна-выдавецкага аддзела *С. П. Маляўка*  
Рэдактар *К. А. Сакалоўская*  
Мастацкі рэдактар *К. А. Тарасевіч*  
Мастак *З. П. Болцікава*  
Вокладка мастака *З. П. Болцікавай*  
Камп'ютарная вёрстка *Я. І. Архінавай*  
Карэктар *Н. В. Федарэнка*

Падпісана да друку 11.09.2023. Фармат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Папера афсетная.  
Друк афсетны. Ум. друк. арк. 18,6. Ул.-выд. арк. 12,0.  
Тыраж 3402 экз. Заказ

Навукова-метадычная ўстанова «Нацыянальны інстытут адукацыі»  
Міністэрства адукацыі Рэспублікі Беларусь.  
Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы,  
распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 1/263 ад 02.04.2014.  
Вул. Караля, 16, 220004, г. Мінск

Мінскае абласное ўнітарнае прадпрыемства  
«Барысаўская ўзбуйненая друкарня імя 1 Мая».  
Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы,  
распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 2/13 ад 21.11.2013.  
Вул. Будаўнікоў, 33, 222120, г. Барысаў

(Назва ўстановы адукацыі)

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