

К. А. ВОЛКОВ, Н. Н. ДЕМИДОВ, М. Ф. ФЕДОРОВ,  
Н. А. ФЕОПЕМПТОВ, Н. А. ЩЕРБАКОВ

53

3-41

# ЗБІРНИК ЗАДАЧ З ФІЗИКИ

ДЛЯ VIII—X КЛАСІВ  
СЕРЕДНЬОЇ ШКОЛИ

Ціна 1 крб. 10 коп.

ДЕРЖАВНЕ  
УЧБОВО-ПЕДАГОГІЧНЕ ВИДАВНИЦТВО  
„РАДЯНСЬКА ШКОЛА“

3097

✓









П К. А. ВОЛКОВА, Н. Н. ДЕМІДОВ, М. Ф. ФЕДОРОВ,  
Н. А. ФЕОПЕМПТОВ, Н. А. ЩЕРБАКОВ У

ЗБІРНИК ЗАДАЧ  
З ФІЗИКИ

ДЛЯ VIII—X КЛАСІВ СЕРЕДНЬОЇ ШКОЛИ

під редакцією  
Н. Н. ДЕМІДОВА

Переклад з шостого російського  
виправленого видання НКО РРФСР

ВИДАННЯ П'ЯТЕ

Затверджено НКО УРСР

3097  
ста  
Г. Архивна група  
Інститут фізики

✓  
проверено  
1966 г.

ДЕРЖАВНЕ  
УЧБОВО-ПЕДАГОГІЧНЕ ВИДАВНИЦТВО  
„РАДЯНСЬКА ШКОЛА“  
КИЇВ • 1938 • ХАРКІВ

Бібліографічний опис цього видання вміщено в „Літописі Укр. Друку“, „Картковому реєструарі“ та інших покажчиках Української Книжкової Палати

ВИБРАНО  
1938

Редактор *Гурін І. М.*  
Літредактор *Панчул К. К.*

Техредактор *Полтієнко С. Р.*  
Коректор *Позіна Г. А.*

«Радикола». Видання № 40. Уповн. Головліту № 839. Зам. № 1632. Тираж 41.000. Друк. арк. 9<sup>1</sup>/<sub>4</sub>. Папер. арк. 4<sup>3</sup>/<sub>4</sub>. Авт. арк. 10. Формат паперу 60×92 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Знаків у 1 папер. арк. 92.000. Здано на виробництво 11/II 1938 р. Підписано до друку 3/III 1938 р.  
Ціна книги 85 коп. Оправа 25 коп.

Книжкова ф-на ДВРП ім. Г. І. Петровського. Харків.

Якщо в цій книжці будуть дефекти, просимо повернути її для заміни на адресу :  
Книжковій фабриці ім. Г. І. Петровського. Харків, вул. К. Маркса, № 1.



## § 1. Про наближені величини і дії з ними.

При розв'язуванні задач цього збірника учням треба мати на увазі, що фізичні величини можуть бути виміряні тільки наближено, з певною мірою точності.

Міра точності, з якою зроблено вимірювання, визначається двома способами:

1) величиною можливої при вимірюваннях похибки, — це так звана абсолютна похибка;

2) відношенням абсолютної похибки до всієї вимірюваної величини. Це відношення здебільшого виражається в процентах і називається відносною похибкою. Відносну похибку можна оцінювати також порядком останньої значущої цифри.

Виконуючи арифметичні дії з наближеними величинами, в результаті, очевидно, ми одержуємо також число наближене.

Розглянемо приклад. Припустимо, що треба перемножити два числа: 815,3 на 13,6, визначених з точністю до десятих частин, тобто абсолютна похибка кожного з чисел менша 0,05.

Множачи звичайним способом, маємо:

Помічаючи, що в частинних добутках підкреслені цифри ми одержали в результаті множення на цифри не зовсім точні, робимо висновок, що і в загальному добутку цілком надійними знаками є тільки перші два, в наслідок чого одержуємо наближену відповідь у вигляді: 11000.

$$\begin{array}{r}
 815,3 \\
 \times 13,6 \\
 \hline
 48918 \\
 24459 \\
 \hline
 8153 \\
 \hline
 11088,08
 \end{array}$$

З викладеного ясно, що наведені нижче в таблицях значення фізичних величин, а також відповіді в задачах скрізь наближені, хоч і не завжди мають знак наближення.

## § 2. Питома вага і густина речовини.

**Приклад.** Свинцевий циліндр з площею основи  $5 \text{ см}^2$  і висотою  $6 \text{ см}$  має вагу  $P = 339 \text{ Г}$ . Визначити питому вагу свинцю  $d$ .

**Розв'язування.** Об'єм циліндра  $V = 5 \text{ см}^2 \cdot 6 \text{ см} = 30 \text{ см}^3$ . За формулою  $d = \frac{P}{V}$  питома вага визначається:

$$d = \frac{339 \text{ Г}}{30 \text{ см}^3} = 11,3 \text{ Г/см}^3.$$



## ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

1. Визначити питому вагу сталі, коли 60  $\text{см}^3$  її важать 468 Г.  
2. Залізний стрижень завдовжки 1 м і з поперечним перекроєм 3  $\text{см}^2$  важить 2,34 кг. Знайти питому вагу заліза.

3. Скільки важить мідний дріт завдовжки 15 м і з перекроєм 1  $\text{мм}^2$ ?

4. Людина може підняти вантаж до 80 кг. Чи може вона підняти сулію, наповнену ртуттю? Сулія має об'єм  $\approx 3,07 \text{ дм}^3$ .

5. Визначити вагу дубового бруска завдовжки 2 м, і який має в перекрої прямокутник 15  $\text{см} \times 2 \text{ см}$ .

6. Мармурова плита має розміри 70  $\text{см} \times 40 \text{ см} \times 4 \text{ см}$ . На скільки вона буде важча дубової дошки таких самих розмірів?

7. Розміри кімнати 5 м  $\times$  6 м  $\times$  4 м. Скільки важить повітря, що є в кімнаті?

8. Для будування будинку потрібно 500 000 цеглин. Скільки потрібно буде автомобілів вантажністю в 3 т кожний для підвозу цегли? Розміри цеглин 25  $\text{см} \times 12 \text{ см} \times 6,5 \text{ см}$ .

9. При будуванні залізниці зробили виїмку об'ємом 600  $\text{м}^3$ . Скільки потрібно возів, щоб відвезти накопану землю, якщо на кожний віз кладуть 800 кг і питома вага землі 1,4  $\text{Г/см}^3$ ?

10. Соснова модель мідного виливка важить 300 Г. Скільки важить мідний виливок?

11. Лист дахового заліза завдовжки 1,4 м і завширшки 0,7 м важить 5 кг. Визначити товщину листа.

12. Людина може підняти 80 кг вантажу і може повезти на санчатах 400 кг вантажу. Яку суму грошей золотом людина може підняти й повезти на санчатах, якщо 1  $\text{см}^3$  золота коштує 25 крб.?

13. Соснова модель сталювого виливка важить 400 Г. Скільки важить сталювий виливок, якщо об'ємне зступання сталі прийняти за 3,6%?

14. Скільки буде кубічних сантиметрів льоду, якщо заморозити 1 л води?

15. Відро вміщає 12,3 кг води. Скільки в нього ввійде кілограмів морської води?

16. Визначити ємність бутля, якщо в нього входить 2,46 кг гасу.

17. Визначити вагу гасу, налитого в циліндричний бак, діаметр якого 30 см, а висота 1,5 м.

18. Чавунний виливок, що має зовнішній об'єм 2,51  $\text{дм}^3$ , важить 17,5 кг. Чи має він порожноти (раковини) всередині і якщо має, то який об'єм цих раковин?

19. 1 кг дробу займає об'єм 155  $\text{см}^3$ . Який об'єм займає повітря, що міститься між дробинками?

20. пляшка вміщає 1 кг гасу. Скільки вона може вмістити кілограмів гліцерину?

21. Об'єм залізничної цистерни 20  $\text{м}^3$ . Скільки тонн нафти може приставити поїзд у 30 цистерн?

22. У циліндричний бак, діаметр дна якого 4 м, наливо 32 т нафти. Як високо стоїть рівень нафти в баку?



23. Кусок цинку важить 355 Г. Яка буде вага скла, взятого в такому ж об'ємі?

24. У колбу входить 216 г ефіру. Скільки ввійде в неї спирту?

25. Два тіла, об'ємом 300 см<sup>3</sup> кожне, важать 2,31 кг. З них одне важче від другого в 10 раз. Визначити, які це тіла.

26. В якій склянці і на скільки рівень рідини буде вищий, якщо в одну з них налито 158 г води, а в другу — стільки ж спирту? Площа дна склянки дорівнює 25 см<sup>2</sup>.

27. Пляшка, наповнена водою, важить на 150 Г більше, ніж та сама пляшка, наповнена спиртом. Знайти її об'єм.

28. При нікелюванні предмета з поверхню 5 дм<sup>2</sup> витрачено 8,8 г нікелю. Визначити товщину шару нікелю.

29. Скільки коштує позолочення 6 столових ложок поверхню 1,62 дм<sup>2</sup> кожна, якщо товщина шару 0,005 мм, а ціна 1 крб. 25 коп. за 1 г золота?

30. Для посріблення предмета пішло 157,5 г срібла. Яка поверхня предмета, якщо товщина шару срібла 0,05 мм?

31. Для антени потрібно 40 м мідного дроту діаметром 2 мм. Визначити вартість антени, якщо 1 кг такого дроту коштує 2 крб. 50 коп.

32. Визначити вагу 200 м залізного дроту діаметром 4 мм.

33. Визначити вагу латунної кулі, знаючи, що діаметр кулі 20 см.

34. Стальна кулька важить 117 Г. Знайти радіус кульки.

35. Залізний обвід колеса, ширина якого 7 см і товщина 0,5 см, важить 8,58 кг. Знайти діаметр колеса.

36. Визначити вагу куска мідної трубки, завдовжки 0,4 м, зовнішній діаметр якої 5 см, а внутрішній 4 см.

37. Стоп складається з 109,5 Г олова і 56,5 Г свинцю. Визначити питому вагу стопу.

38. Скільки грамів міді треба додати до 289,5 Г золота, щоб стоп мав питому вагу 17,55 Г/см<sup>3</sup>?

39. Стоп золота й срібла важить 300 Г і має питому вагу 12 Г/см<sup>3</sup>. Визначити процентний вміст золота й срібла в цьому стопі.

40. Порожниста куля, зроблена з міді, важить 1 кг і має питому вагу 5 Г/см<sup>3</sup>. Визначити товщину стінок кулі.

41. Колба ємністю 1 л, що містить у собі повітря, важить 300 Г. Після того, як було викачано 0,9 повітря, що містилося в ній, вага колби стала 298,83 Г. Знайти питому вагу повітря.

42. Яким газом наповнена скляна посудина, у якої зовнішній об'єм 2,8 дм<sup>3</sup>, а ємність 2 л? Вага посудини разом з газом 2003,94 Г.

### § 3. Робота і потужність.

**Приклад 1.** Вантажний автомобіль, вага якого з вантажем дорівнює  $P = 5$  т, зупинився серед дороги, через псування мотора. Скільки коней треба запрягти, щоб відвезти цей автомобіль по горизонтальній ділянці шляху, якщо кожний кінь розвиває силу в 45 кг, а коефіцієнт тертя  $k = 0,045$ ?



*Розв'язування.* Сила тертя, що виникає при переміщенні автомобіля, а тому і сила тяги всіх коней  $F = k \cdot P$ , або:

$$F = 0,045 \cdot 5000 \text{ кг} = 225 \text{ кг}. \text{ Звідси число коней}$$

$$n = \frac{225 \text{ кг}}{45 \text{ кг}} = 5.$$

**Приклад 2.** Для накачування води в бак, що міститься на висоті 12 м, поставлено насос, який приводиться в рух двигуном. Обчислити, якої потужності повинен бути двигун, якщо за хвилину треба подавати 1,8 м<sup>3</sup> води і якщо коефіцієнт корисної дії насоса  $\eta = 75\%$ .

*Розв'язування.* Вага води, яку накачують за 1 хвилину, дорівнює 1,8 т = 1800 кг. Робота, потрібна для цього (корисна робота),  $A_1 = P \cdot s$ , тобто  $A_1 = 1800 \text{ кг} \cdot 12 \text{ м} = 21\,600 \text{ кгМ}$  і відповідно потужність  $N_1 = \frac{A_1}{t}$ , тобто  $N_1 = \frac{21\,600 \text{ кгМ}}{60 \text{ сек}} = 360 \text{ кгМ/сек}$  або

$N_1 = \frac{360 \text{ кгМ/сек}}{75} = 4,8 \text{ КС}$ . Це — корисна потужність; вона становить частину потужності ( $N$ ) двигуна, тобто  $N_1 = \eta \cdot N$ ; звідси

$$N = \frac{N_1}{\eta}, \text{ або } N = \frac{4,8 \text{ КС}}{0,75} = 6,4 \text{ КС}.$$

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

#### Швидкість рівномірного руху.

43. Людина пройшла 6 км за 1,5 години. З якою швидкістю йшла людина?

44. Автомобіль їде з швидкістю 15 м/сек. Визначити цю швидкість в кілометрах за годину.

45. Довжина хвилинної стрілки кишенькового годинника 2 см. З якою лінійною швидкістю рухається кінець стрілки?

#### Робота.

46. Вантаж вагою в 2,5 т піднято на висоту 80 см. Визначити виконану роботу.

47. Дошова крапля вагою в 40 мг упала з висоти 1,5 км. Визначити роботу сили тяжіння.

48. Треба підняти 2000 т кам'яного вугілля на висоту 9 м з допомогою цебра, що вміщає 1 т вугілля. Цебер важить 500 кг. Обчислити роботу, яку треба виконати.

49. Робітник піднімає 28 цеглин вагою в 3,5 кг кожна на висоту 6 м. Яку корисну роботу виконує робітник і яка робота виконується ним насправді, якщо вага робітника дорівнює 75 кг?

50. Яка робота виконується при підйманні залізної балки завдовжки 5 м з перекроєм 50 см<sup>2</sup> на висоту 20 м?



## Потужність.

51. Кінь тягне віз із силою 60 кГ. Визначити потужність коня, якщо за 2 години він пройшов віддаль у 7,2 км.

52. Людина вагою 70 кГ піднімається по сходах заввишки 12 м. Один раз вона піднялася протягом 35 сек., а другий раз — бігом за 10 сек. Порівняти роботи, виконані людиною, і потужність в обох випадках. В якому випадку і чому вона втомиться більше?

53. Літак важить 2,5 т. На підняття його витрачається 35% потужності мотора. Визначити потужність мотора, якщо літак піднявся на висоту 1200 м протягом 5 хв.

54. Мотор потужністю в 1 КС працював 1 год. Яку роботу виконав мотор?

55. Підіймальний кран підняв вантаж у 4,5 т на висоту 8 м. Потужність двигуна при крані 12 КС. Скільки часу затрачено на підняття вантажу?

56. Плуг, що оре землю, тягнеться трактором з швидкістю 1,2 м/сек. Визначити опір ґрунту, що його зазнає плуг, якщо потужність, споживана ним, дорівнює 24 КС.

57. Дирижабль іде з швидкістю 15 м/сек при двох моторах потужністю по 110 КС кожний. Визначити силу тяги моторів.

## Тертя.

58. Вагонетка з вантажем важить 2 т. Для пересування вагонетки по горизонтальному шляху з постійною швидкістю треба прикласти силу в 16 кГ. Визначити коефіцієнт тертя.

59. Кінь везе віз вагою в 800 кГ по горизонтальному шляху з постійною швидкістю. Яку силу тяги розвиває кінь, якщо коефіцієнт тертя 0,04?

60. Щоб пересунути по підлозі ящик з вантажем, треба прикласти силу в 8 кГ. Коефіцієнт тертя  $\approx 0,4$ . Визначити вагу ящика.

61. До вертикальної стінки притиснули широкою стороною дошку вагою 1,5 кГ. Коефіцієнт тертя дошки об стінку 0,3. З якою найменшою силою треба притискувати дошку, щоб вона не ковзала вниз?

62. На столі лежить вантаж вагою в 1 кГ. На яку віддаль треба пересунути його по столу, щоб виконати роботу в 1 кГм, якщо коефіцієнт тертя 0,4?

63. Автомобіль, вага якого 1,5 т, іде з швидкістю 27 км/год. Коефіцієнт тертя 0,2. Яку потужність розвиває мотор автомобіля?

64. Поїзд іде з швидкістю 54 км/год. Потужність паровоза 400 КС. Коефіцієнт тертя 0,004. Визначити вагу складу поїзда.

65. Залізний вал завдовжки 5 м і з діаметром в 10 см обертається, роблячи 120 обертів за 1 хв. Визначити потужність, яка витрачається на перемагання тертя в опорах, якщо коефіцієнт тертя в них  $k = 0,05$ .



## Коефіцієнт корисної дії.

66. З колодязя підняли відро з водою. Глибина колодязя 4 м. Вага відра 2 кг. Відро вміщає 12 л води. Визначити коефіцієнт корисної дії. Чи залежить коефіцієнт корисної дії від глибини колодязя?

67. Парова машина підіймає молот вагою в 400 кг 120 раз на хвилину на висоту 90 см. Потужність машини 12 КС. Визначити коефіцієнт корисної дії молота.

68. За допомогою підіймального крана підіймається вантаж вагою в 1 т на висоту 15 м протягом 20 сек. Визначити потужність машини при крані, якщо його коефіцієнт корисної дії 80%.

69. Садівник для поливання саду накачує воду з колодязя завглибшки 9 м. Коефіцієнт корисної дії насоса 40%. Потужність людини при тривалій роботі  $\approx 0,1$  КС. Скільки води накачав садівник за годину?

70. Підіймальний кран підіймає вантаж вагою 5 т. Потужність двигуна при крані 20 КС. Коефіцієнт корисної дії крана 80%. Визначити швидкість підймання вантажу.

71. Нафту качають з свердловини завглибшки 400 м. Для відкачування поставлено насос з мотором у 15 КС. Коефіцієнт корисної дії насоса 80%. Який добовий видобуток нафти з цієї свердловини?

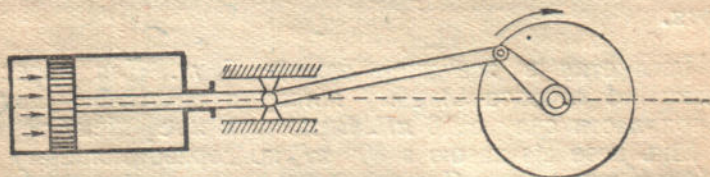


Рис. 1.

72. Визначити корисну (ефективну) потужність парової машини (рис. 1), діаметр поршня якої  $d = 40$  см, а хід поршня  $s = 60$  см. Пара тисне на поршень з середньою силою в 5 кг на  $1 \text{ см}^2$  залежно від напрямку руху поршня як з лівої, так і з правої сторони поршня. Машина робить 120 обертів за хвилину, і коефіцієнт корисної дії механізму, що передає рух від поршня до вала, дорівнює 90%.



# ЧАСТИНА ПЕРША.

## РОЗДІЛ I.

### ТВЕРДІ ТІЛА, РІДИНИ І ГАЗИ.

#### § 4. Тиск.

**Приклад.** Сила  $F = 20 \text{ кг}$  діє на площу  $S = 1 \text{ дм}^2$ . Чому дорівнює тиск  $p$ ?

В даному випадку  $F = 20 \text{ кг}$ ,  $S = 1 \text{ дм}^2 = 100 \text{ см}^2$ , і отже:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{20 \text{ кг}}{100 \text{ см}^2} = 0,2 \text{ кг/см}^2.$$

#### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

73. Сила в  $60 \text{ кг}$  діє на площу в  $4 \text{ м}^2$ . Чому дорівнює тиск?

74. Визначити силу, що діє на площу в  $4 \text{ м}^2$ , якщо її тиск дорівнює  $2 \text{ кг/см}^2$ .

75. Тиск рівний  $100 \text{ кг/см}^2$ ; сила  $20 \text{ Г}$ . На яку площу діє сила?

76. Довжина стола  $1,2 \text{ м}$ , ширина  $0,75 \text{ м}$ . Стіл має чотири ніжки з площею основи  $9 \text{ см}^2$  кожна. Вага стола  $18 \text{ кг}$ . Який тиск стола на підлогу, якщо він стоїть нормально? Чому дорівнюватиме тиск, якщо перевернути стіл догори ногами?

77. Людина в черевиках стоїть на льоду. Вага людини  $80 \text{ кг}$ . Площа стикання підошов з льодом  $200 \text{ см}^2$ . Визначити тиск людини на лід. Який тиск зробить та сама людина на бігових ковзанах в  $40 \text{ см}$  довжини і з шириною леза в  $1 \text{ мм}$ ?

78. Танк вагою  $12,8 \text{ т}$  має гусеничний хід—2 стрічки завширшки  $0,4 \text{ м}$  кожна. Довжина частини стрічки, що стикається з ґрунтом, дорівнює  $2 \text{ м}$ . Визначити тиск танка на ґрунт.

79. Людина натискує рукою на ручку шила з силою  $2 \text{ кг}$ . Площа вістря  $0,1 \text{ мм}^2$ . Чому дорівнює тиск вістря шила?

80. Визначити тиск шестивісного локомотива на рейки, якщо вага локомотива  $90 \text{ т}$ , а площа стикання кожного колеса з рейкою  $5 \text{ см}^2$ .

#### § 5. Механічні властивості твердих тіл.

**Приклад.** Яка потрібна сила  $F$ , щоб сталевий стрижень, довжина якого  $L = 1 \text{ м}$  і перекрій  $S = 1 \text{ см}^2$  видовжити на  $\Delta l = 1 \text{ мм}$ ? При якому найменшому навантаженні стрижень розірветься,



якщо границя міцності дорівнює  $p = 70 \text{ кг/мм}^2$ ? Модуль Юнга  $E = 22\,000 \text{ кг/мм}^2$ .

Розв'язування. 1) На основі формули  $E = \frac{FL}{\Delta l}$  знаходимо:

$$F = \frac{E \Delta l}{L} = \frac{22\,000 \text{ кг/мм}^2 \cdot 100 \text{ мм}^2 \cdot 1 \text{ мм}}{1000 \text{ мм}} = 2200 \text{ кг}.$$

2) За визначенням  $p = \frac{F}{S}$ . Отже:

$$F = pS = 70 \text{ кг/мм}^2 \cdot 100 \text{ мм}^2 = 7000 \text{ кг}.$$

#### ЗАДАЧІ.

81. На квадратний стрижень завтовшки 2 см діє розтягальна сила 4 т. Знайти натяг.

82. Обчислити натяг дроту діаметром 0,2 мм, до якого підвішений тягар у 300 Г.

83. Дріт завдовжки 2 м збільшився в довжині на 5 мм. Чому дорівнює відносне видовження?

84. Початкова довжина дроту 80 см. Відносне видовження становить 0,05%. Знайти абсолютне видовження.

85. Латунний дріт, довжина якого 3 м і діаметр 2 мм, під дією сили в 9,42 кг збільшився в довжині на 1 мм. Знайти модуль Юнга для латуні.

86. На алюмінієвий стрижень перекроєм 3 мм<sup>2</sup> діє сила 48 кг. Знайти відносне видовження стрижня.

87. Залізний брус завдовжки 1,2 м збільшився в довжині на 0,1 мм. Знайти натяг.

88. До гумового шнура почепили тягар в 10 Г, після чого шнур видовжився на 1 см. Обчислити модуль Юнга для гуми, якщо початкова довжина шнура 1 м і площа поперечного перекрою 10 мм<sup>2</sup>.

89. Яку роботу треба виконати, щоб гумовий шнур завдовжки 1 м видовжити на 10 см, якщо площа поперечного перекрою шнура 1 см<sup>2</sup>? Звернути увагу на те, що в даному випадку сила змінна.

90. Під дією сили в 10 кг дріт завдовжки 2 м з перекроєм 4 мм<sup>2</sup> видовжився на  $\frac{1}{4}$  мм. На скільки видовжиться зроблений з того самого матеріалу дріт завдовжки 5 м з перекроєм 3 мм<sup>2</sup> під дією сили 8 кг?

91. Два дроти однакової довжини і перекрою, один залізний, другий мідний, підвішені вертикально. Внизу вони сполучені горизонтальним стрижнем. Чи збережеться горизонтальність цього стрижня, якщо до його середини підвісити досить великий тягар?

92. Яка потрібна сила, щоб розірвати круглий залізний стрижень діаметром 1 см? Міцність на розрив 40 кг/мм<sup>2</sup>.

93. При якій найменшій довжині свинцевий дріт обірветься від власної ваги? Вважається, що розрив буде поблизу точки підвісу. Міцність на розрив для свинцю 200 кг/см<sup>2</sup>.



94. Обчислити найбільшу припустиму висоту фабричної труби, збудованої з звичайної цегли, якщо міцність на стискання становить  $100 \text{ кг/см}^2$  і запас міцності вибрано рівним 10.

## § 6. Гідростатичний тиск.

**Приклад 1.** Сила тиску на рідину малого поршня гідравлічного преса дорівнює  $50 \text{ кг}$ . Площа малого поршня  $4 \text{ см}^2$ , площа великого  $300 \text{ см}^2$ . Визначити силу тиску рідини на великий поршень.

**Розв'язування.** За законом Паскаля рідини передають тиск, який вони дістають, в усі сторони рівномірно; тому, позначивши силу тиску на великий поршень через  $x$ , можна написати таке рівняння:

$$\frac{50 \text{ кг}}{x} = \frac{4 \text{ см}^2}{300 \text{ см}^2}, \text{ звідки } x = \frac{300 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ кг}}{4 \text{ см}^2} = 3750 \text{ кг}, \text{ або } 3,75 \text{ т.}$$

**Приклад 2.** Площа  $S$  дна цистерни, наповненої гасом, дорівнює  $20 \text{ м}^2$ . Визначити  $F$  — силу тиску гасу на дно цистерни, якщо висота стовпа гасу  $h = 4 \text{ м}$ .

**Розв'язування.** На основі правила для визначення сили тиску рідини на дно посудини можна написати таке рівняння:

$$F = d \cdot S \cdot h = 0,8 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} \cdot 20 \text{ м}^2 \cdot 4 \text{ м} = 64 \text{ т.}$$

**Приклад 3.** Висота стовпа води в одній з сполучених посудин дорівнює  $36 \text{ см}$ . Знайти питому вагу кислоти, що наповнює другу посудину, якщо висота стовпа її дорівнює  $30 \text{ см}$ .

**Розв'язування.** Знаючи, що висоти рівнів різнорідних рідин у сполучених посудинах обернено пропорціональні їх питомим вагам, що виражається формулою  $\frac{d_1}{d_2} = \frac{h_2}{h_1}$ , можна написати таке рівняння, позначивши шукану питому вагу через  $x$ :

$$\frac{36 \text{ см}}{30 \text{ см}} = \frac{x}{1 \text{ Г/см}^3}, \text{ звідки } x = \frac{36 \text{ Г}}{30 \text{ см}^3} = 1,2 \text{ Г/см}^3.$$

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

#### Гідравлічний прес.

95. Площа малого поршня гідравлічного преса  $2 \text{ см}^2$ , площа великого  $500 \text{ см}^2$ . Визначити силу тиску великого поршня, якщо на малий поршень діє сила в  $50 \text{ кг}$ .

96. Сила тиску на великий поршень гідравлічного преса становить  $5 \text{ т}$ . Визначити силу тиску на малий поршень, якщо площа великого поршня  $5 \text{ дм}^2$ , а малого  $10 \text{ см}^2$ .

97. На малий поршень діє сила в  $5 \text{ кг}$ . Поршень опустився на  $15 \text{ см}$ . Великий поршень піднявся на  $3 \text{ мм}$ . Яка сила діє на великий поршень?



98. Під час роботи гідравлічного преса малий поршень опускається на 20 см. На скільки піднімається при цьому великий поршень, якщо площі їх: 3 см<sup>2</sup> і 300 см<sup>2</sup>?

99. Щоб спресувати паку бавовни, треба площадку, з'єднану з великим поршнем гідравлічного преса, підняти на 40 см. Скільки разів доведеться опустити малий поршень преса, якщо поршні циліндричні з діаметром 1 см і 20 см і якщо малий поршень за один хід опускається на 20 см?

100. Після 50 ходів малого поршня гідравлічного преса вантаж, що знаходиться на площадці, з'єднаній з великим поршнем гідравлічного преса, піднімається на 30 см. Діаметр великого поршня 10 см. Визначити діаметр меншого поршня, якщо він за один хід опускався на 15 см.

101. Площі поршнів гідравлічного преса 2 см<sup>2</sup> і 400 см<sup>2</sup>. Визначити силу тиску на більший поршень і висоту його підняття, якщо при опусканні меншого поршня на 20 см виконується робота в 10 кГм.

102. Тиск у пресі під час роботи дорівнює 2 кГ/см<sup>2</sup>. При одному ході малого поршня 12 см<sup>3</sup> масла переходить з малого циліндра до великого. Знайти роботу, що виконується при одному ході малого поршня.

103. Гідравлічний прес, пристосований для підйому важких вантажів на незначну висоту, приводиться в дію двигуном внутрішнього згорання. Визначити потужність двигуна, якщо при піднятті вантажу в 30 т малий поршень зробив 100 ходів протягом 1,25 хв., опускаючись за 1 хід на 30 см. Площі поршнів відносяться, як 1:100, коефіцієнт корисної дії преса дорівнює 80%.

104. За допомогою гідравлічного преса треба підняти на висоту 60 см вантаж, вага якого 90 т. Визначити число ходів малого поршня за 1 хв., якщо за 1 хід він опускається на 20 см. Потужність двигуна при пресі 4 КС, коефіцієнт корисної дії преса 75%, відношення площ поршнів 1:100.

### Тиск власної ваги рідини.

105. Визначити силу тиску на дво посудини, наповненої спиртом, якщо площа дна 60 см<sup>2</sup> і висота стовпа спирту 0,5 м.

106. У дні бака, наповненого спиртом, утворився отвір, площа якого 20 см<sup>2</sup>. Щоб припинити витікання спирту, доводиться пластинку, що закриває отвір, стримувати силою в 12 кГ. Визначити висоту рівня спирту в баку, якщо пластинка, яка закриває отвір, важить 0,5 кГ.

107. У баку, наповненому водою, є боковий отвір, площа якого 12 см<sup>2</sup>, а віддаль від центра його до рівня рідини 6 м. Визначити силу тиску на пробку, що закриває цей отвір.

108. Визначити силу тиску рідини на пробку за даними попередньої задачі, але при умові, що бак наповнений гасом або кислотою з питомою вагою 1,2 Г/см<sup>3</sup>.



109. Отвір лійки, зануреної в воду (рис. 2), закрито пластинкою, яка відривається, якщо в лійку налити  $0,5 \text{ кг}$  води. Чи відірветься пластинка, якщо в лійку насипати  $0,5 \text{ кг}$  дробу?

110. Дерев'яний брусок, ребра якого  $10 \text{ см}$ ,  $20 \text{ см}$  і  $25 \text{ см}$ , весь занурений у воду так, що більша грань його є верхньою і знаходиться на віддалі  $0,2 \text{ м}$  від рівня води. Визначити: 1) силу тиску на верхню й нижню грані бруска; 2) напрям і величину сили, потрібної для вдержання бруска в зазначеному положенні. Вага бруска  $3 \text{ кг}$ .

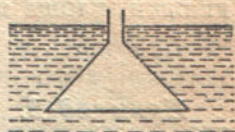


Рис. 2.

111. Визначити силу тиску на верхню й нижню грані того ж бруска (задача 110) та силу, потрібну для вдержання його в зазначеному положенні, якби він був занурений у морську воду; у гас.

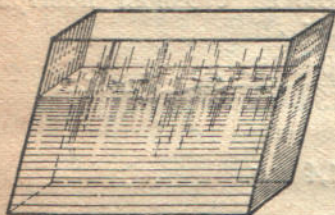


Рис. 3.

112. У посудину, що має форму косяго паралелепіпеда (рис. 3), налита ртуть. На яку з бічних стінок тиск більший — на праву чи на ліву?

### Сполучені посудини.

113. В одну з сполучених посудин, нижня частина яких наповнена ртуттю, наливається вода. Визначити різницю в висоті рівнів ртутних стовпчиків, якщо водяний стовп матиме  $27,2 \text{ см}$  висоти.

114. Визначити різницю в висоті рівнів ртуті, якщо замість води налити ефіру, при чому висота стовпа його буде  $27,2 \text{ см}$ .

115. Трубка діаметром  $8 \text{ см}$  занурена одним кінцем у воду, при чому цей кінець закритий скляною пластинкою (рис. 4). Якої висоти стовп гасу треба налити в трубку, щоб пластинка впала, якщо глибина занурення закритого кінця  $20 \text{ см}$ , а вага пластинки  $50 \text{ г}$ ?

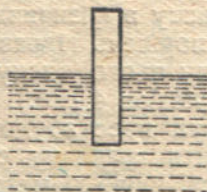


Рис. 4.

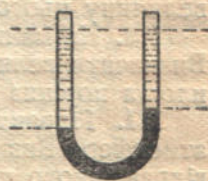


Рис. 5.

116. Нижня частина U-подібної трубки (рис. 5) заповнена ртуттю. Над ртуттю в одному коліні міститься гліцерин, у другому — спирт, при чому верхні рівні рідин в обох колінах знаходяться на одній висоті. Знайти різницю в положеннях рівнів ртуті в колінах трубки, якщо висота стовпа спирту  $32 \text{ см}$ .

## § 7. Атмосферний тиск.

**Приклад 1.** Атмосферний тиск дорівнює  $767 \text{ мм}$ . Визначити силу тиску атмосфери на поверхню книжки, розмір якої  $20 \text{ см} \times 30 \text{ см}$ .



*Розв'язування.* При тиску, рівному 767 мм, на 1 см<sup>2</sup> тисне 13,6  $\frac{\Gamma}{\text{см}^2} \cdot 1 \text{ см}^2 \cdot 76,7 \text{ см} = 1043 \text{ Г}$ , або 1,043 кГ. На поверхню ж книжки, площа якої 20 см · 30 см = 600 см<sup>2</sup>, сила тиску  $F$  буде:

$$1,043 \frac{\text{кГ}}{\text{см}^2} \cdot 600 \text{ см}^2 = 625,8 \text{ кГ}.$$

**Приклад 2.** Атмосферний тиск на поверхні землі дорівнює 772 мм. Визначити тиск на висоті 80 м.

*Розв'язування.* Висоти стовпів повітря і ртуті при тому ж самому тиску будуть обернено пропорціональні їх питомим вагам, так само, як це було зазначено для рівнів різнорідних рідин у сполучених посудинах. Тому, позначивши через  $x$  в сантиметрах висоту ртутного стовпа, що відповідає стовпові повітря заввишки 80 м, можна написати рівність:

$$\frac{x}{8000 \text{ см}} = \frac{0,00129}{13,6}, \text{ звідки } x = \frac{8000 \cdot 0,00129}{13,6} \text{ см} \approx 7,6 \text{ мм}.$$

Отже, тиск на висоті 80 м буде:

$$772 \text{ мм} - 7,6 \text{ мм} = 764,4 \text{ мм}.$$

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

117. Визначити силу тиску на поверхню стола, довжина якого 2,5 м, а ширина 0,75 м, якщо барометр показує 775 мм.

118. Визначити силу тиску атмосферного повітря на площу, що дорівнює поверхні тіла людини, якщо поверхня тіла людини 1,35 м<sup>2</sup>, а барометр показує 750 мм.

119. Тиск на дно посудини дорівнює 10 кГ/см<sup>2</sup>. Виразити величину цього тиску в фізичних атмосферах.

120. На малий поршень гідравлічного преса діє сила 200 кГ. Визначити величину цього тиску в фізичних атмосферах, якщо площа поршня дорівнює 4 см<sup>2</sup>.

121. Гідравлічний прес збудований на тиск в 50 технічних атмосфер. Визначити граничну силу тиску на малий поршень гідравлічного преса, якщо діаметр малого поршня дорівнює 3 см.

122. Ковпак повітряного насоса являє собою циліндр з плоским дном; діаметр дна циліндра 20 см. Яку силу треба прикласти, щоб підняти ковпак, якщо атмосферний тиск 752 мм ртутного стовпа, а манометр, уміщений під ковпаком, показує пружність повітря, що залишилось, 3,2 мм ртутного стовпа? Вага ковпака 2 кГ.

123. Магдебурзькі півкулі мають форму плоских тарілок. Визначити тиск повітря, що залишилося в них, у міліметрах ртутного стовпа, якщо сила, що може роз'єднати тарілки,— 323,7 кГ. Діаметр тарілок 20 см, атмосферний тиск 764 мм ртутного стовпа.

124. Посудина містить стиснуте до 4 технічних атмосфер повітря. Який великий атмосферний тиск, якщо для того, щоб удержати пробку, яка закриває круглий отвір діаметром 2 см, потрібна сила в 9,3 кГ?



125. Ртутний барометр показує тиск 755 мм. Яка була б висота стовпа в барометрі, трубка якого містила б у собі воду? масло з питомою вагою  $0,85 \text{ Г/см}^3$ ?

126. Різниця рівнів у ртутному манометрі для малих тисків (рис. 6) дорівнює 25 мм. Визначити тиск газу в грамах на квадратний сантиметр.

127. Манометр, наповнений сульфатною кислотою, прилучений до крана газопровідної труби. Різниця рівнів кислоти в трубках манометра 3,6 см. Знайти тиск газу в трубках, якщо атмосферний тиск дорівнює 750 мм ртутного стовпа.

128. Манометр, укріплений на магістралі водопроводу, показує тиск води 2,2 атмосфери (технічної). Чи підніметься вода на четвертий поверх будинку, якщо кран установлений на висоті 18 м над рівнем магістралі? Яку силу треба прикласти, щоб удержати воду від витікання з крана на другому поверсі, якщо площа отвору крана  $4 \text{ см}^2$ ? Кран знаходиться на висоті 9 м над рівнем магістралі.



Рис. 6.

129. Щоб провадити роботи на дні ріки при закладанні греблі, в воду опущений кесон у вигляді циліндричного залізного ящика. В кесон зверху накачують повітря, щоб вигнати з нього всю воду. Визначити в технічних атмосферах тиск повітря всередині кесона, якщо глибина ріки в цьому місці дорівнює 12 м і вода в кесоні стоїть на 80 см вище його основи. Атмосферний тиск 760 мм ртутного стовпа.

130. З посудини А частково викачане повітря (рис. 7). Визначити тиск залишеного повітря в міліметрах ртутного стовпа, якщо різниця рівнів насиченого розчину мідного купоросу в трубці В дорівнює 35 см. Атмосферний тиск 750 мм ртутного стовпа.

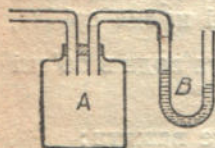


Рис. 7.

131. Тиск на поверхні води дорівнює 740 мм ртутного стовпа. Чому дорівнює тиск у міліметрах ртутного стовпа і в кілограмах на квадратний сантиметр на глибині 5 м у прісній воді?

132. Тиск на поверхні води дорівнює 770 мм ртутного стовпа. На якій глибині в морській воді тиск дорівнює  $3,5 \text{ кг/см}^2$ ?

133. Тиск на поверхні води 765 мм ртутного стовпа. На якій глибині в морській воді тиск у три рази більший, ніж атмосферний?

134. На поверхні води тиск повітря 740 мм, на дні ставка — 900 мм ртутного стовпа. Визначити глибину ставка.

135. На дні ставка, глибина якого 2 м, барометр показує 888 мм. Визначити тиск на поверхні води.

136. Підводний човен спустився на глибину 98 м. У скільки разів збільшилась сила тиску на нього, якщо на поверхні води тиск дорівнює 735 мм ртутного стовпа?

137. У Тихому океані найбільша глибина визначається в 9,5 км. Обчислити тиск на такій глибині в кілограмах на квадратний сантиметр і в фізичних атмосферах. Атмосферний тиск не брати до уваги.

138. На дні шахти барометр показує 802,7 мм, а на поверхні землі 755 мм ртутного стовпа. Визначити глибину шахти.



Примітка. При розв'язуванні цієї задачі і дальших на зміну питомої ваги повітря залежно від зміни висоти не зважати.

139. Визначити величину тиску на висоті 60 м, якщо на поверхні землі тиск дорівнює 740 мм ртутного стовпа.

140. При основі башти барометр показує тиск 748,8 мм ртутного стовпа. Визначити висоту башти, якщо тиск на вершині її в цей же час 725 мм ртутного стовпа.

141. Визначити силу тиску повітря на площу, що дорівнює поверхні аеростата, на висоті 1000 м, якщо на поверхні землі барометр показує 744,9 мм, а діаметр аеростата дорівнює 30 м.

142. Барометр під час польоту аероплана показував найменший тиск 703 мм ртутного стовпа. Визначити найбільшу висоту підняття аероплана, якщо на поверхні землі тиск у цей час був 760 мм ртутного стовпа.

143. При піднятті аероплана тиск на поверхні землі був 757 мм ртутного стовпа. Визначити тиск, який показував барометр на аероплані, що піднявся на висоту 700 м.

144. Висота Москви над рівнем моря 140 м. Барометр показує 760 мм. Які були б покази барометра, якби Москва була на рівні моря?

## § 8. Закон Архімеда.

**Приклад 1.** Кусок срібла в повітрі важить 21 Г. Обчислити вагу його при зануренні в воду.

**Розв'язування.** При зануренні в воду кусок металу важитиме менше на стільки, скільки важить вода в об'ємі куска срібла, а об'єм куска срібла буде  $\frac{21 \text{ Г}}{10,5 \text{ Г/см}^3} = 2 \text{ см}^3$ . Вага води в об'ємі  $2 \text{ см}^3$  дорівнює 2 Г.

Отже, кусок срібла при зануренні в воду буде важити:

$$21 \text{ Г} - 2 \text{ Г} = 19 \text{ Г}.$$

**Приклад 2.** Скільки важитиме кусок міді при зануренні в спирт, якщо вага його в повітрі дорівнює 26,7 Г?

**Розв'язування.** Об'єм міді дорівнює  $26,7 \text{ Г} : 8,9 \text{ Г/см}^3 = 3 \text{ см}^3$ ; спирт в об'ємі  $3 \text{ см}^3$  важить  $0,8 \text{ Г/см}^3 \cdot 3 \text{ см}^3 = 2,4 \text{ Г}$ . Отже, вага куска міді при зануренні в спирт буде:

$$26,7 \text{ Г} - 2,4 \text{ Г} = 24,3 \text{ Г}.$$

**Приклад 3.** При зануренні в спирт кусок заліза важить 28,8 Г. Визначити вагу його в повітрі.

**Розв'язування.** Позначимо вагу заліза в повітрі через  $x$ . Отже, об'єм заліза дорівнює  $\frac{x}{7,8 \text{ Г/см}^3}$ , а вага спирту в об'ємі заліза  $\frac{0,8 \cdot x}{7,8}$ .

На основі закону Архімеда можна написати рівність:

$$x - \frac{0,8 \cdot x}{7,8} = 28,8 \text{ Г}, \text{ звідки } x \approx 32,1 \text{ Г}.$$



## ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

145. Кусок металу в повітрі важить 31,2 Г, а при зануренні в воду 27,2 Г. Визначити питому вагу металу і назвати цей метал.

146. Скільки важить у повітрі, в воді і в гасі кусок заліза, об'єм якого 40 см<sup>3</sup>?

147. Залізна балка, вага якої в повітрі 4 т, занурена в морську воду. Визначити силу, потрібну для підняття цієї балки в морській воді.

148. Залізний стрижень, занурений у воду, важить менше, ніж у повітрі, на 10 кГ. Визначити вагу його в повітрі.

149. Куля з червоної міді при зануренні в спирт важить менше, ніж у повітрі, на 79 Г. Визначити вагу цієї кулі в повітрі і в воді.

150. Кусок срібла при зануренні в воду важить 950 Г. Визначити вагу цього куска в повітрі і в спирті.

151. Для визначення за законом Архімеда питомої ваги тіл, що розчиняються в воді, їх занурюють не в воду, а в якусь іншу рідину, в якій тіло не розчиняється і питома вага якої відома. Грудка кухонної солі в повітрі важить 21,5 Г, а в ефірі 14,3 Г. Визначити питому вагу кухонної солі.

152. Кусок мідного купоросу в повітрі важить 66 Г, а в гасі 42 Г. Визначити питому вагу мідного купоросу.

153. Кусок скла в повітрі важить 25 Г, а при зануренні в гас 17 Г. Визначити питому вагу гасу.

154. Кусок пробки важить 40 Г. Яка сила потрібна для занурення пробки в воду? в гас?

155. Кусок пробки вагою в 1,2 Г прив'язаний до куска заліза, вага якого 11,7 Г. При зануренні цих зв'язаних тіл у воду вага їх дорівнює 6,4 Г. Визначити питому вагу пробки.

156. Кусок воску вагою в 2,88 Г прив'язаний до куска міді, вага якого 8,9 Г. При зануренні в воду вага цих зв'язаних тіл дорівнює 7,78 Г. Визначити питому вагу воску.

157. Кусок металу, що являє собою стоп міді й срібла, в повітрі важить 245,6 Г, а при зануренні в воду 221,6 Г. Скільки срібла й скільки міді в цьому куску?

158. До складу стопу входять мідь і срібло в відношенні 8:1 за вагою. Скільки важитиме в повітрі і в воді кусок такого стопу, об'єм якого 10 см<sup>3</sup>?

159. Зливok з золота і срібла в повітрі важить 300 Г, а при зануренні в воду 275,6 Г. Визначити вагу золота й срібла в зливку.

160. Зливok золота, вага якого 968 Г, при зануренні в воду важить 918 Г. Визначити, чи має в собі зливok домішки?

161. Кусок заліза плаває в ртуті. Яка частина куска занурена в ртуть?

162. Тіло, що має форму куба з ребром 1 м, плаває в воді, при чому глибина занурення нижньої грані дорівнює 25 см. Після того як на тіло поклали камінь, об'єм якого 10 дм<sup>3</sup>, глибина занурення нижньої грані збільшилась на 2 см. Визначити питому вагу тіла і питому вагу каменя.



163. Обчислити об'єм коркового пояса, потрібного для вдер-  
жання людини в морській воді так, щоб її голова й плечі ( $\frac{1}{8}$  об'єму)  
не були занурені в воду. Вага людини 70 кг, об'єм 65,4 дм<sup>3</sup>.

164. Площа перекрою пароплава вздовж ватерлінії дорівнює  
4000 м<sup>2</sup>. Глибина осідання пароплава, що знаходився в морській  
воді, після закінчення навантаження збільшилась на 1,5 м. Визна-  
чити вагу вантажу, прийнятого пароплавом.

165. На скільки збільшиться глибина осідання пароплава,  
площа перекрою якого вздовж ватерлінії дорівнює 3500 м<sup>2</sup>, якщо  
пароплав прийме 2500 т вантажу і знаходитиметься в морській  
воді? у прісній воді?

166. Пробірка з деякою кількістю дробу занурюється в спирт  
до нанесеної на пробірці мітки (рис. 8). Вага пробірки з дробом  
56 г. Скільки дробу, треба додати в пробір-  
ку, щоб вона занурилась до тієї ж мітки в сульфатній  
кислоті?

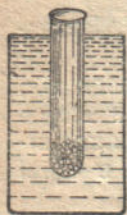


Рис. 8.

167. Тіло в повітрі важить 11 кг, а при зануренні  
в воду 1 кг. Знайти вагу цього тіла в порожняві.

168. Скільки повинна важити оболонка кулі, на-  
повненої воднем, щоб куля „нічого не важила“ в  
повітрі? Об'єм кулі дорівнює 800 м<sup>3</sup>.

169. Обчислити об'єм кулі, наповненої світіль-  
ним газом, що може підняти одного чоловіка вагою  
в 70 кг. Вага оболонки й гондоли 18 кг, питома  
вага світільного газу 0,00042 г/см<sup>3</sup>.

170. Визначити підймальну силу аеростата, що вміщає 1500 м<sup>3</sup>  
водню, якщо оболонка й гондола з усіма приладами важать 815 кг.

171. В якому випадку, навіть при найточнішому зважуванні,  
не треба робити поправки на втрату ваги в повітрі?

## РОЗДІЛ II.

## ТЕПЛО<sup>1</sup>.

### § 9. Кількість тепла. Теплоємність тіла і питома тепло- ємність речовини. Температура суміші.

**Приклад 1.** Скільки тепла  $Q$  треба витратити, щоб нагріти  
кусок міді масою  $m = 180$  г на  $t = 4,2^\circ$ ?

**Розв'язування.** Задача розв'язується такими міркуваннями:  
щоб нагріти 1 г міді на  $1^\circ$ , потрібно  $c = 0,09$  кал/г·град (за та-  
блицею в кінці книги). Для нагрівання 180 г міді на  $1^\circ$  треба  
буде тепла в 180 раз більше, тобто  $0,09 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}} \cdot 180$  г, а для на-  
грівання на  $4,2^\circ$  — в 4,2 раза більше.

Потрібна кількість тепла:

$$x = 0,09 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}} \cdot 180 \text{ г} \cdot 4,2^\circ \approx 68 \text{ кал.}$$

<sup>1</sup> Стандартні позначення: кал — мала калорія (грам · калорія), ккал — велика калорія (кілограм · калорія).



Те саме одержуємо й підставлянням за формулою  $Q = c \cdot m \cdot t$ .

**Приклад 2.** Кусок нагрітого заліза в 1,4 кг занурений у 2,1 л води з початковою температурою  $7^\circ$ , після чого температура води підвищилась до  $18,3^\circ$ . Визначити початкову температуру заліза.

**Розв'язування.** Позначивши шукану температуру через  $x$ , можна записати, що залізо охолodиться на  $x - 18,3^\circ$ .

Через те що питома теплоємність заліза за таблицею дорівнює  $0,11 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ , то на основі таких самих міркувань, як і в попередній задачі, можемо записати, що залізо повинно віддати:

$$0,11 \cdot 1,4 \cdot (x - 18,3^\circ) \text{ ккал тепла.}$$

З другого боку, вода нагріється на  $18,3^\circ - 7^\circ$  і одержить таким чином:  $1 \cdot (18,3 - 7) \cdot 2,1$  ккал тепла, де множник 1 являє собою питому теплоємність води.

Кількості тепла, віддана залізом і одержана водою, повинні бути рівні між собою. Таким чином дістаємо так зване рівняння теплового балансу:

$$0,11 \cdot 1,4 \cdot (x - 18,3^\circ) = (18,3^\circ - 7^\circ) \cdot 2,1,$$

звідки  $x \approx 172^\circ$ .

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

#### Кількість тепла.

172. Скільки тепла треба затратити, щоб скип'ятити воду в самоварі, який вмiщає 6 л? Початкова температура води  $7^\circ$ .

173. Яку кількість тепла віддає вода ставка площею  $420 \text{ м}^2$  і середньою глибиною 1,4 м при охолодженні на  $1^\circ$ ?

174. На скільки градусів нагріється склянка води (250 г), якщо їй надати 1 ккал тепла?

175. Яку кількість води можна нагріти від  $15^\circ$  до кипіння, затративши 170 ккал тепла?

176. Срібний карбованець масою 18 г внесли з вулиці, де температура  $-15^\circ$ , у кімнату з температурою повітря  $+20^\circ$ . Визначити, яку кількість тепла вбирає при цьому карбованець.

177. У мідну каструлю, маса якої 0,8 кг, налито 2,4 кг води при температурі  $+14^\circ$ . Каструля з водою ставиться на вогонь, і вода нагрівається до кипіння. Обчислити кількість тепла, що затрачується на нагрівання каструлі і на нагрівання води.

178. Для нагрівання цеглини масою в 4 кг від  $15^\circ$  до  $30^\circ$  затрачено 12 ккал тепла. Знайти теплоємність цегли і питому теплоємність її.

179. Кусок срібла, кусок міді й кусок заліза мають однаковий об'єм по  $1 \text{ дм}^3$  кожний. Знайти теплоємність кожного куска.

180. Знайти питому теплоємність латуні, якщо на нагрівання латунної гири масою 200 г від  $+12^\circ$  до  $+16,4^\circ$  пішло 81,8 ккал тепла.



181. Для нагрівання 100 г ртуті на  $100^{\circ}$  затрачено таку ж кількість тепла, як і для нагрівання 100 г води на  $3,3^{\circ}$ . Знайти питому теплоємність ртуті.

182. На нагрівання куска льоду масою 600 г затрачено 2,1 ккал тепла, після чого кусок льоду мав температуру  $-5^{\circ}$ . Визначити початкову температуру льоду.

183. Кусок заліза масою 100 г має температуру  $71^{\circ}$ . Яка буде температура куска заліза, якщо він через охолодження віддасть 1 ккал тепла?

184. На скільки градусів нагріється кусок заліза масою 10 кг, що дістав таку саму кількість тепла, яка нагріває 5 кг води від  $0^{\circ}$  до кипіння?

185. Визначити масу залізної гирі, на нагрівання якої від  $+12^{\circ}$  до  $+22,5^{\circ}$  було витрачено 2310 кал тепла.

### Температура суміші води.

186. Змішують 10 л води при  $9^{\circ}$  і 2 л при  $90^{\circ}$ . Визначити температуру суміші.

187. Змішують 1 л гарячої води з 2 л води при  $11^{\circ}$ . Температура суміші буде  $39^{\circ}$ . Знайти температуру гарячої води.

188. У ванну влило 210 л води при  $10^{\circ}$ . Скільки кип'ятку треба долити в ванну, щоб температура води була  $37^{\circ}$ ?

189. Для ванни треба приготувати 320 л води при температурі  $36^{\circ}$ . У колонці температура нагрітої води  $78^{\circ}$ , і з водопроводу йде вода при температурі  $8^{\circ}$ . Скільки треба взяти тієї й другої води для приготування ванни?

### Рівняння теплового балансу.

190. Змішано 1,66 кг води при температурі  $14,2^{\circ}$  і 2,4 кг ртуті, нагрітої до  $100^{\circ}$ . Після перемішування остаточно температура встановилась  $18,1^{\circ}$ . Визначити питому теплоємність ртуті.

191. Для визначення питомої теплоємності заліза в калориметр, що містить 226 г води при  $16,2^{\circ}$ , занурили 60 г заліза, нагрітого до  $100^{\circ}$ . Остаточна температура в калориметрі встановилась  $18,6^{\circ}$ . Яка питома теплоємність заліза? На теплоємність посудини не зважати.

192. 4,65 кг води, взятої при температурі  $13^{\circ}$ , хочуть нагріти до  $35^{\circ}$  зануренням у воду заліза, нагрітого до  $500^{\circ}$ . Визначити, яку кількість заліза треба занурити в воду.

193. Для визначення температури печі в ній нагрівають залізне кільце масою 0,6 кг і кидають його в посудину, що містить 5,65 л води з початковою температурою  $7,2^{\circ}$ . Остаточна температура в посудині встановилась  $13,2^{\circ}$ . Визначити температуру печі. На нагрівання посудини не зважати.

194. Деяка кількість води має температуру  $20^{\circ}$ . У воду вливається така ж вагою кількість ртуті. Температура суміші стала  $21^{\circ}$ . Визначити початкову температуру ртуті.



195. Мідне тіло, маса якого 300 г, нагріте до  $100^{\circ}$ , покладено в воду, маса якої 100 г і температура  $10^{\circ}$ . Яка встановиться остаточна температура?

196. У склянку налита вода при температурі  $80^{\circ}$ . На скільки градусів знизиться температура води, якщо в склянку опустити срібну ложку масою 50 г? Води в склянку налито 250 г, температура ложки  $10^{\circ}$ .

197. Визначити температуру суміші: 800 г води, взятої при температурі  $10^{\circ}$ , і 600 г заліза при температурі  $100^{\circ}$ , якщо відомо, що втрати тепла при перенесенні заліза в воду досягають 20%.

198. В калориметр, що містить 340 г води при  $12,6^{\circ}$ , опущено мідне тіло масою в 200 г, нагріте до температури  $100^{\circ}$ . Остаточна температура в калориметрі встановилась  $16,8^{\circ}$ . Обчислити теплоємність (водяний еквівалент) калориметра.

199. В латунний калориметр масою 128 г, що містить у собі 240 г води при температурі  $8,4^{\circ}$ , опущено металічне тіло вагою 192 г, нагріте до температури  $100^{\circ}$ . Остаточна температура в калориметрі встановилась  $21,5^{\circ}$ . Визначити питому теплоємність впробовуваного тіла.

200. В металічній посудині було 400 г води при температурі  $15^{\circ}$ . Туди влили ще 220 г води при температурі  $69^{\circ}$ . Температура суміші стала  $33^{\circ}$ . Скільки тепла пішло на нагрівання посудини? Чому дорівнює теплоємність посудини?

201. В каструлю налили 4 кг води при температурі  $20^{\circ}$ , 2 кг води при температурі  $50^{\circ}$  і 1 кг води при температурі  $100^{\circ}$ . Визначити температуру суміші. На нагрівання каструлі не зважати.

202. Мідна каструля має масу 500 г. Вона містить 1 кг води при температурі  $20^{\circ}$ . Скільки кип'ятку треба долити, щоб мати температуру суміші в  $50^{\circ}$ ?

203. Взято 200 г води при температурі  $20^{\circ}$  і в неї занурено 60 г заліза, нагрітого до температури  $100^{\circ}$ , і 20 г міді, нагрітої до температури  $50^{\circ}$ . Визначити середню температуру, що встановилася.

## § 10. Теплотворна здатність. Механічний еквівалент тепла.

**Приклад 1.** Обчислити, скільки треба спалити деревного вугілля для кип'ятіння 7,5 л води, взятої при температурі  $4^{\circ}$ , в мідному самоварі масою 6 кг. Коефіцієнт корисної дії самовара 30%.

**Розв'язування.** Позначимо витрачену в кілограмах кількість вугілля через  $x$ . Через те що за таблицею теплотворної здатності палива теплотворна здатність деревного вугілля становить 8000 ккал/кг, то при згорянні  $x$  кілограмів може виділитись 8000 ккал/кг  $\cdot x$  ккал тепла. За умовами задачі з усього виділеного тепла самоваром використовується 30%, тобто:

$$\frac{8000 \text{ ккал/кг} \cdot x \cdot 30}{100} \text{ ккал.}$$



З другого боку, кількість тепла, потрібного для нагрівання води в самоварі і самого самовара від  $4^\circ$  до  $100^\circ$ , може бути представлена :

$$1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 7,5 \text{ кг} \cdot (100^\circ - 4^\circ) + 0,09 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 6 \text{ кг} \cdot (100^\circ - 4^\circ) = \\ = (7,5 + 0,09 \cdot 6) \cdot (100^\circ - 4^\circ) \text{ ккал.}$$

Складаємо рівняння теплового балансу :

$$\frac{8000 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \cdot x \cdot 30}{100} = (7,5 + 0,09 \cdot 6) \cdot (100^\circ - 4^\circ) \text{ ккал,}$$

звідки :

$$x \approx 0,322 \text{ кг} \approx 322 \text{ г.}$$

**Приклад 2.** Визначити потужність парової машини, яка витрачає за 1 годину 90 кг кам'яного вугілля при коефіцієнті корисної дії 5%.

*Розв'язування.* По таблиці знаходимо теплотворну здатність кам'яного вугілля 7000 ккал/кг; таким чином при згорянні 90 кг кам'яного вугілля виділяється: 7000 · 90 ккал тепла, з яких одержуємо :

$$\frac{7000 \cdot 90 \cdot 427 \cdot 5}{100} \text{ кГм корисної роботи.}$$

Цю роботу парова машина виконує протягом години; отже, корисна потужність машини буде :

$$\frac{7000 \cdot 90 \cdot 427 \cdot 5}{100 \cdot 60 \cdot 60} \text{ кГм/сек,}$$

або :

$$\frac{7000 \cdot 90 \cdot 427 \cdot 5}{100 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 75} \text{ КС} \approx 50 \text{ КС.}$$

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

**Теплотворна здатність палива.**

204. На скільки градусів можна нагріти 5 кг води, використовуючи все тепло, виділене при згорянні 15 г гасу ?

205. В резервуар примуса, коефіцієнт корисної дії якого 40%, наливо 0,5 кг гасу. Яку кількість води можна скип'ятити, використовуючи весь гас, якщо початкова температура води  $20^\circ$  ?

206. Скільки кам'яного вугілля треба спалити в топильній печі для нагрівання 21 т чавуну, що має температуру  $15^\circ$ , до температури топлення  $1165^\circ$ , якщо коефіцієнт корисної дії печі 15% ?

207. Для підтримання жлої температури в кімнаті потрібно на добу 24000 ккал. Кімната опалюється голландською грубою з коефіцієнтом корисної дії 30%. Скільки березових дров треба затратити щодня ?

208. Обчислити коефіцієнт корисної дії самовара, який вміщає 28 л води. Для кип'ятіння води, взятої при  $8^\circ$ , самовар потребує витрати 1,4 кг деревного вугілля.



209. На примусі, коефіцієнт корисної дії якого 40%, нагріваються до кипіння 5 кг води, налитої в мідну каструлю, що має масу 5 кг. Початкова температура води 12°. Визначити витрату гасу на нагрівання води й нагрівання каструлі.

210. Кімната розмірами 4 м × 5 м × 3 м втрачає через холодні стіни й вікна 6 ккал на хвилину. Яку кількість дров треба спалити в печі з коефіцієнтом корисної дії 20%, щоб протягом доби підтримувати температуру кімнатного повітря без змін? Скільки дров треба спалити, щоб крім того нагріти повітря в кімнаті на 10°?

211. Обчислити, скільки треба затратити бензину для нагрівання 10 кг води, взятої при 20°, на стільки градусів, на скільки підвищується температура цієї води при зануренні в неї 5 кг заліза, взятого при 1075°. Коефіцієнт корисної дії бензинової лампи 50%.

### Механічний еквівалент тепла.

212. Скільком малим калоріям еквівалентні 5 кГм роботи?

213. Скільки кілограмметрів роботи треба виконати, щоб еквівалентною кількістю тепла нагріти до кипіння склянку води (250 г) з початковою температурою 8°?

214. На скільки градусів підвищиться температура склянки води (250 г), якщо надати їй тепла в кількості, еквівалентній 100 кГм роботи?

215. На скільки градусів нагрівався б кожний літр води водопаду з висотою падіння 10 м, якби вся енергія падання йшла на нагрівання води?

216. Тиск у циліндрі парової машини 12 атмосфер. Площа поршня 300 см<sup>2</sup> і довжина ходу його 50 см. Обчислити, скільки калорій виділяє пара за один хід поршня.

217. Мотор потужністю 0,1 КС протягом п'яти хвилин обертає лопаті гвинта всередині калориметра, в якому міститься 5 л води. На скільки нагрілась вода?

218. Свинцева куля рушниці при пострілі вертикально вгору досягла висоти 1200 м. При падінні назад, ударившись об землю, куля нагрілась. Вважаючи, що 50% усієї енергії удару пішло на нагрівання кулі, обчислити, на скільки підвищиться її температура при цьому.

219. Кожний квадратний сантиметр поверхні землі при повному вбиранні перпендикулярно падаючого сонячного проміння одержує близько 1 кал на хвилину. Обчислити повну енергію сонячного проміння на 1 м<sup>2</sup> поверхні землі протягом 8 годин у великих калоріях і яка це буде потужність у кінських силах.

220. Залізний молот, маса якого 1 кг, під час роботи протягом 2 хв. нагрівся на 30°. Вважаючи, що тепло, яке пішло на нагрівання молота, становить 40% усього тепла, що виділилося за рахунок виконаної роботи, визначити кількість усієї виконаної роботи і потужність її.

221. На скільки градусів може нагрітися кусок міді вагою в 1 кГ, якщо він упаде з висоти 500 м при повному перетворенні



механічної енергії в теплову? Обчислити, яку кількість вугілля треба було б спалити, щоб одержати таку ж енергію.

222. Двигун внутрішнього згоряння витрачає за одну годину 25,3 кг нафти. Коефіцієнт корисної дії двигуна 25%. Обчислити потужність двигуна.

223. Обчислити витрату нафти за 1 годину на 1 КС у двигуні внутрішнього згоряння з коефіцієнтом корисної дії 30%.

224. Обчислити вартість роботи протягом години на 1 КС двигуна Дізеля з коефіцієнтом корисної дії 30% і парової машини Уатта з коефіцієнтом корисної дії 5%. Двигун Дізеля працює на нафті вартістю 5 коп. за 1 кг, а парова машина — на кам'яному вугіллі вартістю 1,4 коп. за 1 кг.

225. Парова машина потужністю 140 КС витрачає за годину 105,4 кг вугілля. Обчислити коефіцієнт корисної дії машини.

226. Корисна потужність генераторів Волховбуду становить у цілому 80 000 КС. Обчислити, скільки вагонів кам'яного вугілля витрачалося б протягом доби для одержання такої ж потужності з допомогою парових турбін з коефіцієнтом корисної дії 20%. Вагон вміщає 16,5 т вугілля.

227. Паровоз, коефіцієнт корисної дії якого 8%, працює три години з середньою потужністю 400 КС. Скільки вугілля витрачить він за цей час?

228. Мідна каструля з водою нагрівається примусом до кипіння. Маса каструлі 2 кг. Води налито в каструлю 5 кг. Початкова температура 20°. Коефіцієнт корисної дії примуса 40%. Обчислити, скільки згоріло газу і яка корисна потужність примуса, якщо вода нагрівалась 20 хв.

**Примітка.** Нагрівання каструлі віднести до корисної дії примуса.

229. Парова машина з коефіцієнтом корисної дії 10% служить для підняття води, при чому за 5 годин піднімає 300 т води на висоту 45 м. Обчислити її корисну потужність і кількість вугілля, витраченого нею за цей час.

230. Обчислити, скільки витрачає бензину двигун автомобіля на проїзд 300 км, якщо при середній потужності двигуна 30 КС швидкість його руху 20 км/год. Коефіцієнт корисної дії двигуна 16%.

231. Авіаційний мотор потужністю в 400 КС має коефіцієнт корисної дії 30%. Обчислити, скільки бензину треба на переліт Москва — Ленінград (650 км) при швидкості польоту 180 км/год.

232. Обчислити, який має бути заряд пороху в гвинтівці, щоб куля вагою в 50 Г при пострілі вертикально вгору піднялась на висоту 2 км. Коефіцієнт корисної дії гвинтівки 15%. Теплотворна здатність пороху 700 ккал/кг. На опір повітря не зважати.

233. Парова машина з коефіцієнтом корисної дії 15% розвиває потужність 10 КС і протягом 7 год. роботи витрачає 42 кг вугілля. Обчислити теплотворну здатність вугілля.

234. Літак, що має мотор потужністю 240 КС, піднімається на висоту 1000 м. Вага літака 3,5 т. Обчислити, за скільки часу літак підніметься на зазначену висоту і скільки витратить бензину



за цей час, якщо на піднімання витрачається 35% потужності мотора. Коефіцієнт корисної дії мотора 25%.

235. Для роботи двигуна з коефіцієнтом корисної дії 16% запасено 5,4 т нафти. Обчислити, на скільки днів вистачить цього запасу палива, якщо середня потужність двигуна під час роботи 20 КС. Робочий день дорівнює 8 годинам.

236. Автомобіль пробіг 128,1 км з середньою швидкістю 40 км/год. Витрачено на цей шлях бензину 24,3 кг. Коефіцієнт корисної дії мотора 25%. Яку середню потужність розвивав мотор автомобіля під час пробігу?

237. На паровозі, що веде склад вагонів, є запас вугілля в кількості 5 т. При швидкості поїзда 30 км/год паровоз розвиває середню потужність 700 КС. Обчислити, на яку віддалі вистачить запасу вугілля, якщо коефіцієнт корисної дії паровоза 9%.

238. Середня потужність мотора автомобіля 40 КС, а коефіцієнт корисної дії його 25%. На віддалі 854 км було витрачено тільки 216 кг бензину. Обчислити, з якою середньою швидкістю була пройдена вся віддаль.

239. Середня потужність паровоза під час руху поїзда 320 КС. Середня швидкість руху 50 км/год. Обчислити витрату нафти на 1 км шляху, якщо коефіцієнт корисної дії паровоза 8%.

## § 11. Теплове розширення тіл.

**Приклад 1.** Довжина мідного масштабу при температурі 0° дорівнює 1 м. Знайти, на скільки збільшиться довжина його при температурі 100°.

**Розв'язування.** Через те що за таблицею коефіцієнтів розширення коефіцієнт лінійного розширення міді дорівнює 0,000017, то це значить, що 1 мм міді при нагріванні на 1° збільшує свою довжину на 0,000017 мм: отже, 1000 мм при нагріванні на 1° збільшиться на 0,000017 · 1000 мм і при нагріванні на 100° — на 0,000017 · 1000 · 100 мм = 1,7 мм.

Той же самий результат ми могли одержати відповідним підставленням у формулу  $l = l_0 (1 + \alpha t)$ .

**Приклад 2.** Скільки за об'ємом вийде повітря з кімнати, що має розміри 6 м × 4 м × 5 м, при підвищенні температури повітря від 27° до 28°?

**Розв'язування.** Об'єм повітря при 27° дорівнюватиме:

$$6 \text{ м} \times 4 \text{ м} \times 5 \text{ м} = 120 \text{ м}^3 = 120\,000 \text{ л.}$$

Об'єм повітря при 0° на основі формули  $V_t = V_0 (1 + \beta t)$  можна одержати з рівняння:

$$120\,000 \text{ л} = V_0 \left( 1 + \frac{1}{273} \cdot 27 \right),$$

$$120\,000 \text{ л} = V_0 \frac{300}{273}; \quad V_0 = \frac{120\,000 \cdot 273}{300} \text{ л.}$$



При температурі  $28^\circ$  об'єм повітря виразиться через:

$$V = \frac{120\,000 \cdot 273}{300} \left(1 + \frac{28}{273}\right) \text{ л,}$$

$$V = \frac{120\,000 \cdot 273 \cdot 301}{300 \cdot 273} \text{ л} = 120\,400 \text{ л.}$$

Вийде повітря з кімнати  $120\,400 \text{ л} - 120\,000 \text{ л} = 400 \text{ л}$ .

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

#### Лінійне розширення.

240. Залізна мостова ферма при  $0^\circ$  має довжину  $20 \text{ м}$ . На скільки збільшиться довжина ферми при найвищій літній температурі, що дорівнює  $50^\circ$ ?

241. Зважаючи на те, що взимку температура може падати до  $-40^\circ$ , обчислити, на скільки може змінюватися довжина ферми попередньої задачі при коливаннях температури протягом року від найвищої літньої до найменшої зимової.

242. На скільки збільшується довжина мідного телефонного дроту, натягнутого між Москвою і Ленінградом (віддаль між містами  $\approx 650 \text{ км}$ ), влітку при температурі  $30^\circ$  порівняно з зимою при температурі  $-20^\circ$ ?

243. Латунна пластинка повинна мати при температурі  $0^\circ$  довжину  $30 \text{ см}$ . Обчислити, яку довжину треба їй дати, якщо вона виготовляється при температурі  $20^\circ$ .

244. Мідний брусок при температурі  $50^\circ$  має довжину  $200,17 \text{ см}$ . Обчислити довжину його при температурі  $0^\circ$ .

245. Латунна куля при  $0^\circ$  має діаметр  $5 \text{ см}$ . На скільки збільшиться діаметр кулі, якщо кулю нагріти до  $500^\circ$ ?

246. Антена з мідного дроту при  $0^\circ$  має довжину  $40 \text{ м}$ . Яка буде її довжина при температурі  $-30^\circ$ ?

247. Залізний обруч при температурі  $400^\circ$  має діаметр  $75 \text{ см}$ . Чому дорівнюватиме його діаметр при  $0^\circ$ ?

248. Мідна лінійка при  $0^\circ$  має довжину  $50 \text{ см}$ . При якій температурі її довжина збільшиться на  $1 \text{ мм}$ ?

249. Дерев'яне колесо, радіус якого дорівнює  $60 \text{ см}$ , стягують залізною шиною з радіусом на  $3 \text{ мм}$  менше. До якої температури треба розігріти шину, щоб можна було її натягнути на колесо?

250. Виміряна довжина свинцевого стрижня при температурі  $10^\circ$  була  $60,34 \text{ см}$ . Після нагрівання до  $100^\circ$  вимірювання довжини дало  $60,50 \text{ см}$ . Визначити на основі цих вимірів коефіцієнт лінійного розширення свинцю.

251. При температурі  $0^\circ$  залізний стрижень має довжину  $604 \text{ мм}$ , а цинковий  $600 \text{ мм}$ . При якій температурі їх довжини зрівняються, якщо нагрівати обидва стрижні?



252. Латунний стрижень завдовжки 102,44 см при температурі  $15^\circ$  одним кінцем затиснутий нерухомо, а другим кінцем упирається в коротке плече перпендикулярно встановленого до нього важеля 1-го роду. Відношення плечей важеля 1:15. При нагріванні стрижня до  $100^\circ$  кінець довгого плеча важеля перемістився на 2,61 см. Визначити коефіцієнт лінійного розширення латуні.

253. Величина зазора між залізничними рейками при температурі  $0^\circ$  дорівнювала 0,6 см. Обчислити, до якої температури повинні розігрітися рейки, щоб зазор закрався? Довжину рейки взяти 10 м.

254. Залізний стрижень завдовжки 60 см при температурі  $0^\circ$ , покладений у піч, видовжився на 6,5 мм. Визначити температуру печі.

255. Латунна куля, діаметр якої 8 см, при температурі  $15^\circ$  вільно проходить крізь металічне кільце і ще залишається зазор 0,5 мм з кожного боку. Обчислити, при якій температурі куля розшириться настільки, що перестане проходити крізь кільце.

256. Залізний балці завдовжки 6,25 м і з перекроєм  $24 \text{ см}^2$  надали 5148 ккал тепла. Обчислити видовження балки.

257. Латунний прут масою 4,25 кг і перекроєм  $5 \text{ см}^2$ , взятий при  $0^\circ$ , від нагрівання видовжився на 0,3 мм. Скільки калорій тепла затрачено на його нагрівання?

258. Залізний лист має в довжину 1 м, у ширину 0,75 м при температурі  $0^\circ$ . На скільки збільшиться площа такого листа при нагріванні до  $40^\circ$ ?

259. Визначити площу латунної пластинки при температурі  $110^\circ$ , якщо при температурі  $10^\circ$  вона дорівнює  $120 \text{ см}^2$ .

260. Яку треба прикласти силу до сталюї рейки завдовжки 10 м і з площею поперечного перекрою  $50 \text{ см}^2$ , щоб дістати таке ж видовження його, яке буває при підвищенні температури рейки від  $0^\circ$  до  $40^\circ$ ?

261. З якою силою тисне на стіни наглухо замуrowаний у них залізний брус при підвищенні температури на  $30^\circ$ ? Довжина бруса 5 м і площа поперечного перекрою  $20 \text{ см}^2$ .

### Об'ємне розширення.

262. Об'єм свинцевої кулі при температурі  $20^\circ$  дорівнює  $1,8 \text{ дм}^3$ . Визначити, на скільки збільшиться об'єм цієї кулі при нагріванні її до  $100^\circ$ .

263. Який об'єм займе 1 л повітря, взятого при  $0^\circ$ , при підвищенні температури його на  $10^\circ$ ?

264. Обчислити, на скільки збільшується об'єм залізного куба при нагріванні до температури  $500^\circ$ , якщо ребро його, виміряне при температурі  $0^\circ$ , дорівнює 10 см.

265. Гас, узятий при температурі  $0^\circ$ , займає об'єм 10 л. На скільки градусів треба нагріти гас, щоб об'єм його збільшився на  $100 \text{ см}^3$ ?

266. При якій температурі об'єм газу, взятого при  $0^\circ$ , зменшиться в три рази?



267. Скляна колба вміщає при  $0^{\circ}$  точно  $400 \text{ см}^3$ . Колбу наповнили при цій температурі ртуттю і потім нагріли до температури  $100^{\circ}$ , при чому ртуті витекло  $6,12 \text{ см}^3$ . Визначити коефіцієнт об'ємного розширення ртуті.

268. При температурі  $20^{\circ}$  газ і сульфатна кислота взяті в однаковому об'ємі по  $500 \text{ см}^3$ . Яка буде різниця в об'ємі цих рідин при  $0^{\circ}$ ?

269. Нафта міститься в залізній циліндричній цистерні, висота якої  $6 \text{ м}$ , а діаметр основи  $5 \text{ м}$ . При температурі  $0^{\circ}$  нафта не доходить до країв цистерни на  $20 \text{ см}$ . Обчислити, при якій температурі нафта почала б переливатися через край цистерни. Розрахунок зробити для двох випадків: 1) не враховуючи розширення цистерни, 2) враховуючи розширення цистерни.

270. Мідна куля масою  $17,8 \text{ кг}$ , взята при  $0^{\circ}$ , від нагрівання збільшить свій об'єм на  $10,3 \text{ см}^3$ . Скільки калорій тепла затрачено на її нагрівання?

### Зміна питомої ваги при нагріванні.

271. Обчислити питому вагу заліза, нагрітого до температури  $1000^{\circ}$ .

272. Питома вага ртуті, що дорівнює  $13,596 \text{ Г/см}^3$ , визначена для температури  $0^{\circ}$ . Обчислити питому вагу ртуті при  $-15^{\circ}$ .

273. Спирт, взятий при температурі  $0^{\circ}$  в об'ємі  $500 \text{ см}^3$ , важить  $400 \text{ Г}$ . Визначити питому вагу спирту при температурі  $15^{\circ}$ .

274. Визначити об'єм латунної гирі, вага якої  $2 \text{ кг}$ , при температурі  $40^{\circ}$ .

275.  $10 \text{ л}$  спирту при  $10^{\circ}$  важать  $7,9 \text{ кг}$ . Скільки важитиме спирт, взятий в тому ж об'ємі, при  $30^{\circ}$ ?

276. Визначити коефіцієнт об'ємного розширення газу, якщо  $500 \text{ см}^3$  газу при  $0^{\circ}$  важать  $400 \text{ Г}$ , а при  $60^{\circ}$  важать  $380 \text{ Г}$ .

277. Обчислити вагу повітря в кімнаті, розміри якої дорівнюють  $4 \text{ м} \times 5 \text{ м} \times 5 \text{ м}$ , при температурі  $27^{\circ}$ .

278. Обчислити, на скільки збільшиться вага повітря в кімнаті при зниженні температури від  $+27^{\circ}$  до  $+7^{\circ}$  при незмінному тиску. Розміри кімнати  $4 \text{ м} \times 6 \text{ м} \times 5 \text{ м}$ .

279. Залізний брусок завдовжки в  $40 \text{ см}$  і з перекроєм  $30 \text{ см}^2$  при температурі  $0^{\circ}$  занурений у посудину, що містить  $20 \text{ кг}$  води при температурі  $90^{\circ}$ . Визначити температуру, якої набуде брусок у воді, і визначити об'єм його при цій температурі.

280. Визначити коефіцієнт розширення ртуті з допомогою сполучених посудин, якщо висота стовпа ртуті в одній з сполучених посудин при температурі  $0^{\circ}$  дорівнює  $39,3 \text{ см}$ , а в другій при температурі  $100^{\circ}$  висота стовпа  $40 \text{ см}$ .

281. В одній із сполучених посудин, наповнених газом, температура  $10^{\circ}$  і висота стовпа рідини  $30 \text{ см}$ . У другій посудині температура  $100^{\circ}$ . Обчислити різницю рівнів газу в обох посудинах.

282. Висота стовпа газу в одній із сполучених посудин при температурі  $0^{\circ}$  дорівнює  $20 \text{ см}$ . Яка повинна бути температура газу в другій посудині, щоб різниця рівнів у них дорівнювала  $2 \text{ см}$ ?



## § 12. Перехід тіла з одного стану в інший при нагріванні.

**Приклад 1.** Визначити кількість тепла, потрібного для того, щоб розтопити 5 т чавуну, температура якого  $15^{\circ}$ .

**Розв'язування.** Перше ніж розтопити чавун, його треба нагріти до точки топлення  $1165^{\circ}$ , для чого потрібно:

$$0,11 \cdot 5000 (1165 - 15) \text{ ккал тепла.}$$

З таблиці в кінці книги знаходимо, що теплота топлення чавуну дорівнює 33 ккал на кожний кілограм. Таким чином загальна кількість потрібного тепла може бути представлена:

$$\begin{aligned} & 0,11 \cdot 5000 (1165 - 15) \text{ ккал} + 33 \cdot 5000 \text{ ккал} = \\ & = (0,11 \cdot 1150 + 33) \cdot 5000 \text{ ккал} = 797\,500 \text{ ккал.} \end{aligned}$$

**Приклад 2.** Визначити кількість тепла, потрібного для перетворення на пару 100 г льоду, взятого при температурі  $-5^{\circ}$ .

**Розв'язування.** Потрібна кількість тепла складається з чотирьох доданків:

1) Кількість тепла, потрібна для нагрівання льоду до  $0^{\circ}$ ; вона може бути представлена:

$$0,5 \cdot 100 \cdot 5 \text{ кал,}$$

де  $0,5 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$  — питома теплоємність льоду.

2) Кількість тепла, потрібна для танення льоду; вона дорівнює:

$$80 \cdot 100 \text{ кал,}$$

де  $80 \text{ кал/г}$  — тепло танення льоду.

3) Кількість тепла, потрібна для нагрівання води від  $0^{\circ}$  до  $100^{\circ}$ ; вона представиться:

$$1 \cdot 100 \cdot 100 \text{ кал.}$$

4) Кількість тепла, потрібна для перетворення води в пару:

$$539 \cdot 100 \text{ кал,}$$

де  $539 \text{ кал/г}$  — тепло паротворення води.

Отже, маємо таку відповідь:

$$\begin{aligned} & 0,5 \cdot 100 \cdot 5 \text{ кал} + 80 \cdot 100 \text{ кал} + 1 \cdot 100 \cdot 100 \text{ кал} + \\ & + 539 \cdot 100 \text{ кал} = 72\,150 \text{ кал} = 72,15 \text{ ккал.} \end{aligned}$$



## Топлення.

283. Скільки треба затратити тепла, щоб 400 г льоду при температурі  $0^{\circ}$  перетворити в воду при тій же температурі?

284. Обчислити, скільки затрачено тепла для перетворення в кип'яток 2,4 кг льоду, взятого при  $0^{\circ}$ .

285. Скільки треба затратити тепла, щоб 2,5 кг льоду, взятого при температурі  $-12^{\circ}$ , перетворити в воду і воду нагріти до  $32^{\circ}$ ?

286. 5,5 л води, взятої при  $70^{\circ}$ , треба охолодити до  $30^{\circ}$ , вкидаючи в неї куски льоду при  $0^{\circ}$ . Скільки піде на це льоду?

287. 400 г льоду при температурі  $-30^{\circ}$  занурили в 0,38 л води при температурі  $100^{\circ}$ . Яка встановиться остаточна температура, коли весь лід розтане?

288. Яка потрібна кількість тепла для того, щоб розтопити 15 кг свинцю, взятого при температурі  $17^{\circ}$ ?

289. Визначити кількість тепла, потрібну для того, щоб розтопити 5 т чавуну, температура якого  $15^{\circ}$ .

290. Три бруски однакового об'єму — мідний, залізний і свинцевий — треба нагріти від  $0^{\circ}$  і розтопити. Яке з тіл вимагатиме найбільшої і яке найменшої кількості тепла?

291. У заглибину, зроблену в куску льоду, температура якого  $0^{\circ}$ , вилили розтопленний свинець при температурі  $370^{\circ}$ . Визначити кількість свинцю, якщо він прохолонув до  $0^{\circ}$  і при цьому розтопив 51 г льоду. Питому теплоємність свинцю вважати однаковою в твердому й рідкому стані.

292. Залізна куля, охолоджуючись від  $800^{\circ}$  до  $0^{\circ}$ , розтопила 349,8 кг льоду. Визначити масу і об'єм кулі в нагрітому стані.

293. Для визначення захованої теплоти топлення олова зробили таку спробу: 200 г розтопленого олова при температурі  $480^{\circ}$  опущено в залізний калориметр масою 1000 г, який містить 1000 г води при температурі  $15^{\circ}$ . Остаточна температура калориметра і води в ньому встановилась  $22,4^{\circ}$ . Визначити теплоту топлення олова на основі цієї спроби. Питому теплоємність олова в твердому й рідкому стані вважати однаковою.

294. Скільки льоду, взятого при  $0^{\circ}$ , можна розтопити, якщо на це затратити все тепло, одержане від спалювання 2 кг кам'яного вугілля?

295. На тертя двох кусків льоду по 200 г кожний затрачено 13 664 кГм роботи. Скільки льоду розтане, якщо вся робота перетворюється в тепло?

296. З якої висоти повинна впасти свинцева куля, щоб при ударі об непружний ґрунт вона розтопилась? Вважати: 1) що вся енергія падаючої кулі перетворюється в тепло і йде на її нагрівання; 2) початкова температура кулі дорівнює  $0^{\circ}$ .

297. 2 кг льоду, взятого при  $0^{\circ}$ , топляться й нагріваються до  $100^{\circ}$  на примусі з коефіцієнтом корисної дії 40%. Обчислити кількість витраченого гасу.



298. Скільки вагонів кам'яного вугілля потрібно було б для того, щоб розтопити лід, який вкриває невелике озеро з поверхнею  $2,4 \text{ км}^2$ , при середній товщині льоду  $70 \text{ см}$  і температурі  $0^\circ$ ? Вагон містить  $16 \text{ т}$  вугілля.

299. У снігорозтоплювачі з коефіцієнтом корисної дії  $30\%$  спалено  $1,8 \text{ т}$  дров. Яку площу можна очистити від снігу при температурі  $0^\circ$  такою кількістю палива, якщо товщина снігового покриву  $60 \text{ см}$ ? Питома вага снігу  $0,3 \text{ Г/см}^3$ .

300. З двору, площа якого  $2000 \text{ м}^2$ , хочуть прибрати сніг з допомогою снігорозтоплювачів з коефіцієнтом корисної дії  $30\%$ . Обчислити, скільки дров потрібно буде для цього, якщо товщина снігового покриву  $70 \text{ см}$ , а температура снігу  $-10^\circ$ . Питома вага снігу  $0,6 \text{ Г/см}^3$ , а питома теплоємність снігу  $0,4 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ .

301. Скільки кам'яного вугілля треба спалити в топильній печі з коефіцієнтом корисної дії  $15\%$ , щоб його теплом можна було розтопити тону міді з початковою температурою  $24^\circ$ ?

302. Визначити коефіцієнт корисної дії топильної печі, в якій для виготовлення  $7 \text{ т}$  литих чавунних виробів було витрачено  $1,1 \text{ т}$  кам'яного вугілля. Початкова температура взятого чавуну  $0^\circ$ .

303. Скільки чавуну можна розтопити в печі з коефіцієнтом корисної дії  $16\%$ , спалюючи  $2,2 \text{ т}$  кам'яного вугілля? Початкова температура чавуну  $15^\circ$ .

304. Яка кількість снігу при температурі  $0^\circ$  розтане під колесами автомобіля, якщо він буксує протягом  $\frac{1}{2}$  хвилини? Потужність автомобіля  $28 \text{ КС}$ , а на буксування витрачається  $50\%$  всієї потужності.

305. Сани вагою  $30 \text{ кг}$  рухаються по горизонтальному шляху на віддалі  $1 \text{ км}$ . Припускаючи, що все тепло, яке розвивається при терті, йде на танення снігу, визначити кількість снігу, що розтанув. Температура снігу  $0^\circ$ , коефіцієнт тертя під час руху саней дорівнює  $0,04$ .

### Паротворення.

306. Яка потрібна кількість тепла, щоб  $100 \text{ г}$  води, взятої при температурі  $10^\circ$ , скип'ятити і  $10 \text{ г}$  її випарити?

307.  $2 \text{ л}$  води, взятої при температурі  $10^\circ$ , нагрівають на примусі. За  $5$  хвилин вода закипіла. Скільки часу має тривати нагрівання, щоб вода вся википіла, якщо приплив тепла весь час рівномірний?

308. Спирт і ефір узяті в об'ємах по  $100 \text{ см}^3$  при спільній температурі  $15^\circ$ . Обчислити, скільки потрібно буде тепла для нагрівання кожної з цих рідин до кипіння і перетворення її в пару.

309. Для нагрівання  $1,8 \text{ л}$  води, взятої при температурі  $16^\circ$ , було витрачено  $200 \text{ ккал}$  тепла. Обчислити, яка кількість води при цьому перетвориться в пару.

310. Штучний лід можна виготовити охолодженням води, яке буває при випаровуванні ефіру. Обчислити, яку кількість ефіру



треба перетворити в пару для одержання 10 кг льоду з води при температурі  $7^{\circ}$ .

311. Для нагрівання ванни, в яку налито 300 л води при температурі  $6^{\circ}$ , через неї по змійовиках пропускають 11,8 кг пари при температурі  $100^{\circ}$ . Обчислити, до якої температури нагрівається вода ванни. На нагрівання стінок не зважати.

312. Для визначення теплоти паротворення води зроблено таку спробу: в мідний калориметр масою 180 г, в якому міститься 420 г води при температурі  $8,4^{\circ}$ , через змійовик було пропущено 18 г сухої водяної пари при температурі  $100^{\circ}$ . Остаточна температура в калориметрі встановлюється  $33,4^{\circ}$ . Визначити теплоту паротворення води.

313. Визначити кількість тепла, потрібного для перетворення в пару 100 г льоду, взятого при температурі  $-5^{\circ}$ .

314. Обчислити, яка кількість тепла йде на випаровування води ставка, поверхня якого 400 м<sup>2</sup>, при зниженні рівня його на 1 см. Обчислити, на скільки підвищилась би температура всієї води ставка при середній глибині його 1,2 м, якби випаровування не було і тепло йшло на нагрівання води. Теплоту випаровування прийняти рівною 600 ккал/кг.

315. Кусок заліза масою 2 кг, нагрітий до  $750^{\circ}$ , занурений у 1,8 кг води при температурі  $25^{\circ}$ ; при цьому вся вода нагрілась до  $100^{\circ}$  і частина її випарилась. Визначити кількість води, що випарилась.

316. Суміш, що складається з 20 л води і 10 кг льоду при  $0^{\circ}$ , нагрівається до  $100^{\circ}$ , і 200 г води перетворюються в пару, якщо в суміш опустити розжарені на червоне ( $800^{\circ}$ ) куски заліза. Обчислити, скільки було опущено заліза.

317. У посудину, що містить 2,4 л води при температурі  $8^{\circ}$ , кидають розжарений кусок заліза масою 400 г. Визначити початкову температуру куска заліза, якщо температура води в посудині підвищилась до  $21^{\circ}$ , при чому 10 г води випарилось.

318. Суміш, що складається з 5 кг льоду і 15 кг води при спільній температурі  $0^{\circ}$ , нагрівають до температури  $80^{\circ}$  пропусканням водяної пари при  $100^{\circ}$ . Обчислити потрібну кількість пари.

319. Для визначення теплоти паротворення спирту роблять таку спробу: 400 г перетвореного в пару спирту при температурі  $78^{\circ}$  проводять для зрідження по змійовику, опущеному в мідний калориметр масою 1000 г, що містить 1200 г води при температурі  $0^{\circ}$ . Остаточна температура встановилась  $66,5^{\circ}$ . Визначити теплоту паротворення спирту.

320. Кімната з паровим опаленням має такі розміри: 8 м довжини, 5 м ширини та 4 м висоти. Яку кількість пари треба витратити в трубах опалення, щоб підвищити температуру повітря кімнати від  $15^{\circ}$  до  $25^{\circ}$ , якщо прийняти, що вода, добута з пари, охолоджується також до  $25^{\circ}$ ? Коефіцієнт корисної дії парового опалення 40%.

321. Латунний калориметр масою в 145 г містить 280 г води при температурі  $0^{\circ}$ . У калориметр опускають 40 г льоду при



температурі  $-10^{\circ}$  і туди ж впускають 15 г водяної пари при  $100^{\circ}$ . Визначити температуру, що остаточно встановилася в калориметрі.

322. Яку роботу треба виконати, щоб теплою, еквівалентною затраченій роботі, нагріти до кипіння склянку води (250 г) і всю її випарити? Початкова температура води  $0^{\circ}$ .

323. Яку кількість роботи треба затратити, щоб утвореним теплом нагріти до кипіння й перетворити в пару 20 кг води з початковою температурою  $14^{\circ}$ ?

324. Яку кількість води при температурі  $9^{\circ}$  можна довести до кипіння і потім перетворити в пару теплом, одержуваним при спалюванні 3 кг кам'яного вугілля при повному використанні тепла?

325. Визначити, яку кількість води при температурі  $12^{\circ}$  можна перетворити в пару при  $100^{\circ}$  за рахунок тепла, одержуваного при спалюванні 1 кг нафти. Коефіцієнт корисної дії кип'ятильника  $80\%$ .

326. У примусі з коефіцієнтом корисної дії  $40\%$  протягом 10 хв. згоряє 20 г гасу. Обчислити, скільки часу потрібно для нагрівання на примусі 2 кг води з  $15^{\circ}$  до  $100^{\circ}$ , при чому 50 г цієї води перетворюється в пару. Обчислити корисну потужність примуса.

327. У перегінному кубі було налито 24 л води при температурі  $4^{\circ}$ . Обчислити, скільки треба спалити дров у топці куба для одержання 10 л дистильованої води. Коефіцієнт корисної дії куба  $15\%$ .

328. На примусі, коефіцієнт корисної дії якого  $50\%$ , згоріло 44,5 г гасу, при чому нагрівались 2 л води від температури  $10^{\circ}$  до  $100^{\circ}$ , і частина цієї води випарилась. Обчислити кількість води, що випарилась.

329. У тонкостінну склянку, що містить 30 г ефіру при температурі  $20^{\circ}$ , опущена пробірка з 5 г води при цій самій температурі. Продуваючи повітря через ефір, його примушують випаровуватись, при чому температура ефіру знижується до  $-10^{\circ}$  і далі підтримується на тому ж рівні. Спроба закінчується, коли замерзне вся вода. Обчислити кількість ефіру, що випарився. На охолодження склянки і пробірки не зважати.

330. У суміш, що складається з 20 л води і 10 кг льоду при  $0^{\circ}$ , виливають розтопленний свинець при температурі топлення. Вся суміш приймає температуру  $100^{\circ}$ , і 200 г води при цій температурі перетворюється в пару. Обчислити, скільки було вилито свинцю.

331. При тиску  $5 \text{ кг}$  на  $1 \text{ см}^2$  поверхні вода кипить при температурі  $151^{\circ}$ , і захована теплота паротворення для неї в цьому випадку дорівнює  $505,4 \text{ ккал/кг}$ . Скільки вугілля треба спалити в топці парового котла для одержання 100 кг пари при цих умовах? Початкова температура води  $10^{\circ}$  і коефіцієнт корисної дії котла  $80\%$ .



### § 13. Рівняння стану газів.

**Приклад 1.** Визначити об'єм 65 г повітря при тиску 730 мм ртутного стовпа і температурі 0° С.

*Розв'язування.* Для визначення об'єму повітря при зазначених умовах скористуємося формулою закону Бойля — Маріотта:  $Vp = V_0p_0$ , перетворюючи яку, дістанемо:

$$V = \frac{V_0p_0}{p}.$$

Позначивши через  $P$  вагу тіла, обчислимо спершу  $V_0$  за формулою:

$$d_0 = \frac{P}{V_0}, \text{ звідки } V_0 = \frac{P}{d_0} = \frac{65}{0,0013} \text{ л} = 50 \text{ л}.$$

Отже,

$$V = \frac{V_0p_0}{p} = \frac{50 \cdot 76}{73} \text{ л} = 52,055 \text{ л}.$$

**Приклад 2.** Тиск усередині щільно закупореної пляшки при температурі 10° був 84 см ртутного стовпа. При нагріванні до 35° пробка з пляшки вилетіла. Визначити, при якому тиску вилетіла пробка.

*Розв'язування.* При постійному об'ємі тиск газу залежно від температури визначається формулою:

$$p = p_0(1 + \beta t).$$

Для визначення тиску в пляшці при температурі 35° треба визначити спочатку початковий тиск  $p_0$ , який дорівнює:

$$p_0 = \frac{p}{1 + \beta t} = \frac{84}{1 + 0,0037 \cdot 10} \text{ см ртутного стовпа} = \\ = 81 \text{ см ртутного стовпа}$$

( $\beta$  можна прийняти рівним 0,0037).

Шуканий тиск  $p$  буде:

$$p = 81(1 + 0,0037 \cdot 35) \text{ см ртутного стовпа} = \\ = 91,5 \text{ см ртутного стовпа}.$$

**Приклад 3.** Газометр (циліндр для зберігання газів), об'єм якого 50 л, наповнений киснем. Визначити вагу кисню, що міститься в газометрі, якщо температура всередині газометра 20°, тиск дорівнює 78 см ртутного стовпа; питому вагу кисню при нормальних умовах прийняти 0,0014 г/см<sup>3</sup>.

*Розв'язування.* Вагу газу можна визначити за формулою  $P = d_0V_0$ . Для обчислення ваги треба знайти  $V_0$ .

Для визначення  $V_0$  скористуємося формулою газового стану:

$$\frac{Vp}{T} = \frac{V_0p_0}{273},$$



перетворюючи яку, дістанемо:

$$V_0 = \frac{Vp \cdot 273}{T \cdot p_0}$$

Підставляючи в одержану формулу замість букв їх числові значення ( $T = t + 273^\circ = 20^\circ + 273^\circ = 293^\circ$ ):

$$V_0 = \frac{50 \cdot 78 \cdot 273}{293 \cdot 76} \text{ л} = 47,8 \text{ л.}$$

Вага кисню буде:  $P = 0,0014 \frac{\Gamma}{\text{см}^3} \cdot 47,8 \text{ л} \approx 67 \text{ Г.}$

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

#### Закон Бойля — Маріотта.

332. Повітря при тиску 780 мм ртутного стовпа має об'єм 5 л. Визначити його об'єм при тиску 750 мм ртутного стовпа.

333. Повітря під поршнем насоса мало об'єм 200 см<sup>3</sup> при тиску 760 мм ртутного стовпа. При якому тиску повітря займе об'єм 130 см<sup>3</sup>?

334. До якого тиску накачують автомобільну шину ємністю 12 л після 40 змахів насоса? Відомо, що насос за 1 змах втягує 300 см<sup>3</sup> повітря. Шина до накачування заповнена повітрям наполовину.

335. Футбольний м'яч ємністю 2,8 л накачується поршнеvim насосом до тиску 1,8 атмосфери. Скільки змахів треба зробити насосом, якщо при кожному змаху він втягує 200 см<sup>3</sup> повітря? М'яч до накачування повітря не має.

336. Відкритий кінець велосипедного насоса має діаметр 4 мм і затиснутий пальцем. Яке зусилля розвиває палець для вдержання повітря в насосі, якщо поршень, стискаючи повітря, не доходить до кінця насоса на 2 см? Довжина насоса 42 см.

337. Обчислити об'єм 1 кг повітря при тиску 730 мм ртутного стовпа.

338. Обчислити вагу повітря, що міститься в кімнаті, довжина якої 10 м, ширина 8 м і висота 4 м, якщо температура 0°, а барометричний тиск 775 мм ртутного стовпа.

339. Бульбашки повітря, що піднімаються з дна якоїсь водойми, швидко збільшують свій об'єм при підніманні вгору. Обчислити, на якій глибині бульбашки повітря мають об'єм удвоє менший, ніж біля поверхні води, якщо барометричний тиск на рівні води дорівнює 760 мм ртутного стовпа.

340. У скляній трубці, запаяній з одного кінця, є стовпчик повітря, замкнений стовпчиком ртуті завдовжки 12,5 см. Якщо трубку тримати відкритим кінцем угору, то довжина повітряного стовпчика буде 5 см. Якщо трубку тримати відкритим кінцем униз, то довжина повітряного стовпчика 7 см. Чому дорівнює атмосферний тиск?



341. В циліндричній посудині, закритій поршнем, міститься  $750 \text{ см}^3$  повітря. Поршень важить  $680 \text{ Г}$ . Площа поршня  $50 \text{ см}^2$ . З зовнішнього боку на поршень діє атмосферний тиск у  $765 \text{ мм}$  ртутного стовпа. Який об'єм займе повітря в циліндрі, якщо на поршень покласти гирю в  $10 \text{ кг}$ ?

342. В циліндричній трубці завдовжки  $70 \text{ см}$  за допомогою насоса розрідили повітря. Коли кінець трубки опустили в воду і відкрили кран, то вода піднялась у трубці до висоти  $68 \text{ см}$  (рис. 9). Яка була пружність повітря, що залишилося в трубці, після того, як відокремили її від насоса? Атмосферний тиск під час спроби  $755 \text{ мм}$  ртутного стовпа.

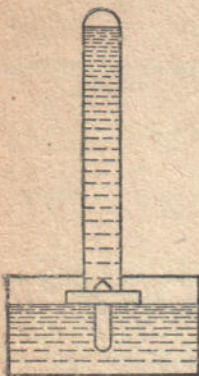


Рис. 9.

343. Скільки важить кисень, що наповнює газову бомбу, об'єм якої  $40 \text{ л}$ , при температурі  $0^\circ$  і тиску  $25$  атмосфер?

344. Для наповнення газової бомби вуглекислотою при температурі  $0^\circ$  і тиску  $30$  атмосфер потрібно було  $2,85 \text{ кг}$  вуглекислоти. Визначити об'єм бомби.

345. На скільки часу горіння водневого полум'я вистачить водневої бомби, ємністю в  $10 \text{ л}$ , накачаної до  $200$  атмосфер при  $0^\circ$ , якщо паливник спалює  $10 \text{ г}$  водню за годину?

### Закон Бойля — Маріотта — Гей-Люссака.

346. Обчислити об'єм повітря при температурі  $30^\circ$  і тиску  $730 \text{ мм}$  ртутного стовпа, якщо при нормальних умовах його об'єм  $2 \text{ л}$ .

347. Об'єм вуглекислоти при нормальних умовах дорівнює  $10 \text{ л}$ . Обчислити об'єм цієї вуглекислоти при температурі  $40^\circ$  і тиску  $740 \text{ мм}$  ртутного стовпа.

348. При температурі  $-20^\circ$  і тиску  $780 \text{ мм}$  ртутного стовпа об'єм повітря дорівнює  $12 \text{ л}$ . Обчислити його вагу і об'єм при нормальних умовах.

349. При тиску  $720 \text{ мм}$  ртутного стовпа повітря, вага якого  $2,24 \text{ кг}$ , займає об'єм  $2 \text{ м}^3$ . Визначити температуру повітря.

350. Повітря, що міститься в колбі, об'єм якої  $2 \text{ л}$ , при температурі  $-23^\circ$  важить  $3 \text{ Г}$ . Визначити тиск повітря.

351. При температурі  $-30^\circ$  атмосферний тиск дорівнює  $770 \text{ мм}$  ртутного стовпа, а барометр, при виготовленні якого в торрічеллійову пустоту попало повітря, показує  $765 \text{ мм}$  ртутного стовпа. Визначити питому вагу повітря, що є в торрічеллійовій пустоті.

352. Тиск повітря в велосипедній шині при температурі  $12^\circ$  дорівнює  $140 \text{ см}$  ртутного стовпа. Визначити, який буде тиск, якщо температура підвищиться до  $27^\circ$ .

353. Скільки важить водень, що наповнює аеростат, якщо об'єм аеростата  $1400 \text{ м}^3$ , тиск  $720 \text{ мм}$  ртутного стовпа і температура  $7^\circ$ ?



354. Балон ємністю 40 л містить 1,97 кг вуглекислоти. Балон може витримати тиск не більший 30 атмосфер. При якій температурі виникає небезпека вибуху?

355. Аеростат, об'єм якого  $500 \text{ м}^3$ , наповнений воднем при температурі  $27^\circ$  і тиску 80 см ртутного стовпа. Визначити об'єм кожної газової бомби, в якій міститься водень перед заповненням аеростата, якщо їх було 200 штук і водень у них мав тиск 30 атмосфер і температуру  $7^\circ$ .

356. Питома вага повітря при нормальних умовах  $0,0013 \text{ Г/см}^3$ . Яка повинна бути температура, щоб повітря мало ту ж питому вагу при тиску 740 мм ртутного стовпа?

## § 14. Вологість.

**Приклад 1.** Визначити абсолютну і відносну вологість повітря приміщення, температура в якому  $18^\circ$ , а точка роси  $8^\circ$ .

**Розв'язування.** Для визначення абсолютної вологості треба скористуватися таблицею пружності або кількості насиченої пари (в кінці книжки). При температурі  $8^\circ$  для насичення  $1 \text{ м}^3$  повітря треба водяної пари 8,3 г. Точка роси є температура, при якій повітря насичується водяною парою; отже,  $8,3 \text{ г/м}^3$  — це й буде абсолютна вологість його. Для насичення повітря парою при  $18^\circ$  потрібно пари 15,4 г, отже відносна вологість буде:

$$\frac{8,3}{15,4} = 0,54, \text{ або } 54\%.$$

**Приклад 2.** В аудиторії, розміри якої 15 м, 8 м та 4 м, на початку уроку при температурі  $14^\circ$  точка роси була  $6^\circ$ ; при другому визначенні точки роси в тій же аудиторії в кінці уроку при температурі  $15^\circ$  точка роси була  $8^\circ$ . Визначити відносну вологість повітря на початку та в кінці уроку і обчислити, скільки водяної пари надійшло в повітря протягом уроку.

**Розв'язування.** Користуючись таблицею вологості, знаходимо абсолютну вологість і кількість водяної пари, потрібної для насичення повітря в цих умовах.

Абсолютна вологість на початку уроку дорівнює  $7,3 \text{ г/м}^3$ . Відносна вологість на початку уроку:  $\frac{7,3}{12,1} = 0,6$ , або 60%. Абсолютна вологість повітря в кінці уроку дорівнює  $8,3 \text{ г/м}^3$ . Відносна вологість повітря в кінці уроку:  $\frac{8,3}{12,8} = 0,65$ , або 65%.

За час уроку в  $1 \text{ м}^3$  повітря прибавилось пари:  $8,3 \text{ г} - 7,3 \text{ г} = 1 \text{ г}$ . Всього ж водяної пари надійшло в повітря аудиторії:  $1 \text{ г/м}^3 \cdot 480 \text{ м}^3 = 480 \text{ г}$ .

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

357. Точка роси для повітря, що є в кімнаті,  $8^\circ$ . Визначити кількість водяної пари в кімнаті, розміри якої  $10 \text{ м} \times 5 \text{ м} \times 3 \text{ м}$ . Визначити відносну вологість, якщо температура кімнати  $18^\circ$ .



358. Відносна вологість повітря, температура якого  $24^{\circ}$ , дорівнює  $70\%$ . Визначити, скільки може випаритися води в  $1 \text{ м}^3$  такого повітря.

359. Розміри кімнати  $12 \text{ м} \times 6 \text{ м} \times 3 \text{ м}$ , температура повітря  $22^{\circ}$ , точка роси  $12^{\circ}$ . Визначити, скільки треба водяної пари для насичення повітря кімнати.

360. При температурі  $20^{\circ}$  і відносній вологості  $60\%$  тиск дорівнює  $766 \text{ мм}$  ртутного стовпа. Як змінився б тиск, якби вологість дорівнювала  $40\%$  при незмінних інших умовах?

361. При температурі  $20^{\circ}$  відносна вологість повітря була  $70\%$ . Визначити, скільки конденсувалось пари при зниженні температури до  $8^{\circ}$ , якщо розміри приміщення  $20 \text{ м} \times 10 \text{ м} \times 3 \text{ м}$ .

362. Обчислити, скільки конденсується водяної пари з кожного кубічного метра повітря при його охолодженні на  $15^{\circ}$ , якщо початкова температура його  $28^{\circ}$  і відносна вологість  $70\%$ .

363. Увечері температура повітря  $20^{\circ}$ , відносна вологість  $60\%$ . Яка повинна бути температура вночі, щоб могла утворитися роса?

364. Температура повітря ввечері була  $16^{\circ}$ , відносна вологість  $65\%$ . Уночі температура знизилась до  $4^{\circ}$ . Чи була роса? Якщо була, то скільки водяної пари конденсувалось з  $1 \text{ м}^3$  повітря?

365. Тиск при температурі повітря  $26^{\circ}$  і відносній вологості  $70\%$  дорівнює  $765 \text{ мм}$  ртутного стовпа. Чому дорівнював би тиск, якби температура знизилась до  $-5^{\circ}$  і відносна вологість була б  $80\%$  при незмінних інших умовах?

---



# ЧАСТИНА ДРУГА.

## РОЗДІЛ I.

### СТАТИКА.

#### § 15. Складання і розкладання паралельних сил. Центр ваги.

**Приклад 1.** Для двох паралельних сил  $P = 16$  кг і  $Q = 8$  кг, що діють в різні сторони, знайти величину і точку прикладання їх рівнодійної. Віддаль між силами  $AB = 0,6$  м (рис. 10).

**Розв'язування.** Покажемо на рисунку сили  $P$  і  $Q$ , що діють на точки  $A$  і  $B$ . Їх рівнодійна  $R$ , як сил, що діють у різні сторони, дорівнюватиме  $R = P - Q$ , тобто  $R = 16$  кг  $- 8$  кг  $= 8$  кг. Точка прикладання її ( $C$ ) лежить за силою  $P$  від  $A$  на віддалі  $AC = x$ , тоді  $BC = BA + AC$ , або  $BC = 0,6$  м  $+ x$ . Напишемо пропорцію:

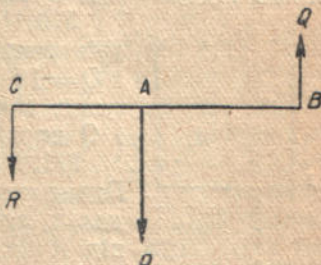


Рис. 10.

$$\frac{BC}{AC} = \frac{P}{Q}, \text{ або } \frac{x + 0,6 \text{ м}}{x} = \frac{16}{8}.$$

Розв'язуючи це рівняння, знаходимо  $x = 0,6$  м.

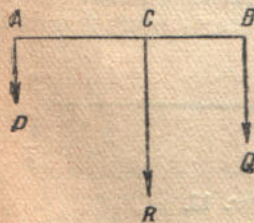


Рис. 11.

**Приклад 2.** На палці переносять вантаж  $R = 60$  кг два робітники так, що віддаль його від плеча переднього робітника  $AC = 0,6$  м, а від плеча заднього  $CB = 0,4$  м. Знайти сили тиску палки на плечі робітників (рис. 11).

**Розв'язування.** Позначимо силу тиску на плече переднього робітника ( $A$ ) через  $P$ , а на плече заднього ( $B$ ) через  $Q$ . Для визначення  $P$  і  $Q$  складаємо два

рівняння:

$$1) P + Q = R \quad 2) \frac{P}{Q} = \frac{CB}{AC} \quad \text{або} \quad \frac{P}{R - P} = \frac{0,4}{0,6}.$$

Звідси  $P = 24$  кг і  $Q = 36$  кг.



**Сили, що діють по одній прямій.**

366. На землі лежить вантаж, вага якого 120 кг. Людина намагається підняти його, прикладаючи силу в 40 кг, напрямлену вертикально. Визначити, з якою силою тисне вантаж на землю.

367. З якою силою тисне на землю людина вагою в 80 кг, яка несе вантаж вагою 32 кг?

368. Буксирний пароплав тягне 3 баржі різних розмірів, які плывуть одна за одною. Сила тяги пароплавного гвинта дорівнює 1800 кг. Опір рухові пароплава дорівнює 600 кг, першій баржі теж 600 кг, другій 400 кг і третій 200 кг. На пароплаві є канат, що витримує розтягальну силу в 200 кг. Скільки канатів треба натягнути від пароплава до першої баржі, від першої до другої і від другої до третьої?

**Паралельні сили.**

369. Знайти величину і точку прикладання рівнодійної двох паралельних сил  $P = 10$  кг і  $Q = 30$  кг, які діють в одну сторону, якщо віддаль між ними  $AB = 40$  см.

370. Чому дорівнює і де повинна бути прикладена зрівноважувальна двох паралельних сил  $P = 12$  кг і  $Q = 18$  кг, які діють на тіло в одну сторону, якщо віддаль між точками прикладання сил  $P$  і  $Q$  дорівнює 50 см?

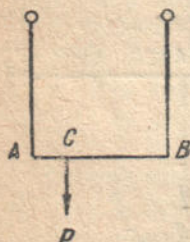


Рис. 12.

371. На гойдалці сидить людина вагою  $P = 64$  кг. Визначити сили, що розтягують вірвовки гойдалки, якщо довжина  $AB = 2$  м, а людина сидить від  $A$  на віддалі  $AC = 0,5$  м (рис. 12).

372. На залізничному мосту, що підтримується двома биками, віддаль між якими дорівнює 40 м, стоїть паровоз вагою 75 т. Визначити силу тиску мосту на кожний з биків від ваги паровоза, якщо напрям його сили ваги проходить на віддалі 8 м від лівого кінця.

373. На тіло діють дві паралельні сили:  $P = 20$  кг і  $Q = 50$  кг, напрямлені в різні сторони. Знайти величину і точку прикладання зрівноважувальної сили, якщо віддаль між точками прикладання сил  $P$  і  $Q$  дорівнює 75 см.

374. Визначити тиск бруса  $AC$  на опори  $A$  і  $B$ . Одна опора  $A$  біля лівого кінця бруса, друга  $B$  — на віддалі  $AB = 0,5$  м від кінця  $A$ ; довжина всього бруса  $AC = 2,5$  м. На вільний, звислий кінець  $C$  діє сила  $P = 500$  кг (рис. 13).



Рис. 13.

375. Вал двигуна лежить на двох опорах, віддаль між якими  $AB = 0,9$  м, і виступає за одну опору на 0,45 м. Посередині між опорами на вал діє тиск, що напрямлений униз і дорівнює 1,2 т, а на виступаючому кінці насаджений маховик, вага якого 800 кг. Визначити тиск на опори, не беручи до уваги вагу вала.



376. При ремонті будинку зовні, щоб не будувати риштування, зробили так: до кінця  $B$  балки  $AB$ , що проходить через віконний отвір, підвісили колиску з робітниками і матеріалом, загальна вага яких  $240 \text{ кг}$ ; другий кінець  $A$  балки, що спирається в  $C$  на підвіконня, прикріпили до стельової балки в  $D$ . Знайти тиск балки  $AB$  на підвіконня і її дію по величині і напрямку на скріплення  $AD$  (рис. 14). Вагу балки до уваги не брати. Віддаль  $AC = 0,75 \text{ м}$ ,  $CB = 1,5 \text{ м}$ .

### Центр ваги.

377. Дві кулі вагою в  $3 \text{ кг}$  і  $5 \text{ кг}$  скріплені стрижнем, вага якого  $2 \text{ кг}$ . Визначити положення спільного центра ваги, якщо радіус першої кулі  $5 \text{ см}$ , радіус другої  $7 \text{ см}$  і довжина сполучного стрижня  $30 \text{ см}$ .

378. До стрижня завдовжки  $1 \text{ м}$  підвішені три гири, як показано на рис. 15. Віддаль  $AB = 90 \text{ см}$ ,  $BC = 10 \text{ см}$ . Де треба помістити точку опори, щоб стрижень залишався в горизонтальному положенні? На вагу стрижня не зважати.

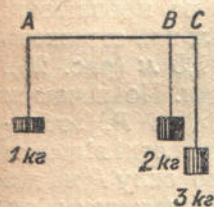


Рис. 15.

379. Дошка, довжина якої  $1 \text{ м}$  і вага  $12 \text{ кг}$ , висунута за край столу на  $\frac{1}{3}$  довжини. Який найменший тягар треба покласти на звислий кінець дошки, щоб вона тиснула тільки на край столу?

380. Стельова балка завдовжки  $6 \text{ м}$  спирається кінцями на стіни і на віддалі  $2 \text{ м}$  від правої стіни тримає на собі вагу в  $12000 \text{ кг}$ . Визначити тиск балки на кожну стіну, якщо вага самої балки дорівнює  $1040 \text{ кг}$ .

381. Троє робітників несуть колоду. Один підтримує її ззаду, а двоє інших несуть, підсунувши палку на деякій віддалі від другого кінця. На якій віддалі від другого кінця підкладена палка, якщо всі троє навантажені однаково? Вага колоди  $90 \text{ кг}$ , а її довжина  $4 \text{ м}$ .

382. Визначити положення центра ваги однорідної пластинки, що має форму і розміри, показані на рис. 16. При розв'язуванні

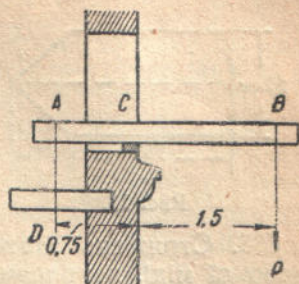


Рис. 14.

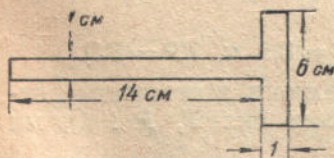


Рис. 16.

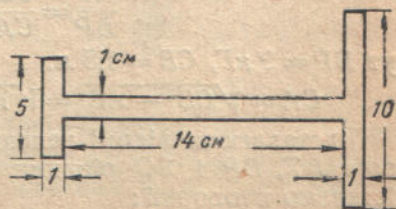


Рис. 17.

задачі мати на увазі, що вага окремих частин фігури пропорціональна їх площам.



383. Визначити положення центра ваги однорідної пластинки, форма і розміри якої показані на рис. 17. При розв'язуванні керуватися вказівкою до попередньої задачі.

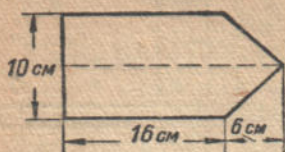


Рис. 18.

384. Визначити положення центра ваги однорідної пластинки, форма і розміри якої показані на рис. 18.



Рис. 19.

385. Стрижень завдовжки 20 см складається наполовину з червоної міді, наполовину — з алюмінію (рис. 19). Визначити положення центра ваги стрижня, якщо поперечний перекрій його всюди однаковий?

## § 16. Складання і розкладання сил за правилом паралелограма.

**Приклад.** Ліхтар вагою  $P = 9$  кг підвішений на кронштейні  $ABC$ . Визначити, яких зусиль зазнають горизонтальний стрижень  $AB$  і похила тяга  $BC$ , якщо  $AB = 1,2$  м і  $BC = 1,5$  м (рис. 20).

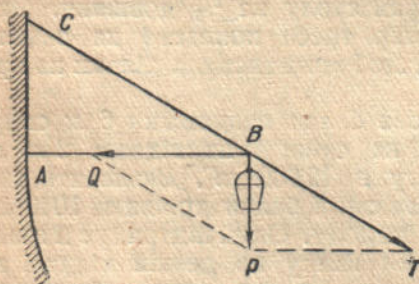


Рис. 20.

**Розв'язування.** Позначаючи вагу ліхтаря через  $P$ , зобразимо силу  $P$  у вигляді відрізка  $BP$ . Розкладемо силу  $P$  на дві складові:  $T$ , напрямлену по  $CB$ , і  $Q$ , напрямлену по  $BA$ , для чого на відрізку  $BP$  будемо паралелограм, як показано на рисунку.

Відрізки  $BT$  і  $BQ$  зображають шукані сили в тому ж масштабі, в якому відрізок  $BP$  зображає силу  $P$ .

Величини  $T$  і  $Q$  можуть бути визначені з подібності трикутників  $PTB$  і  $ABC$ . Складемо пропорції:

$$\frac{BT}{BP} = \frac{CB}{CA} \quad \text{і} \quad \frac{TP}{BP} = \frac{BA}{CA};$$

тут  $BP = 9$  кг,  $CB = 1,5$  м.

$$CA = \sqrt{CB^2 - AB^2} = \sqrt{1,5^2 - 1,2^2} \text{ м} = 0,9 \text{ м}, \quad TP = BQ.$$

Підставляючи відомі величини і замінюючи відношення векторів  $BT$ ,  $BP$  і  $BQ$  рівними відношеннями сил  $T$ ,  $P$  і  $Q$ , ми дістанемо пропорції:

$$\frac{T}{9 \text{ кг}} = \frac{1,5}{0,9} \quad \text{і} \quad \frac{Q}{9 \text{ кг}} = \frac{1,2}{0,9}.$$

Розв'язуючи їх, дістанемо  $T = 15$  кг і  $Q = 12$  кг.



### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

386. Як треба поставити підпору для телеграфного стовпа, коло якого телеграфна лінія змінює свій напрям? Як треба провести відтяжку, що заміняє підпору?

387. Під яким кутом повинні бути напрямлені одна до однієї дві рівні сили, які діють на одну точку, щоб рівнодійна їх дорівнювала одній із сил?

388. Знайти рівнодійну 3 рівних сил, що діють на точку під кутом в  $120^\circ$  одна до одної.

389. На точку діють 4 сили по двох взаємно перпендикулярних напрямках. По горизонталі праворуч діє сила  $20 \text{ кг}$ , по вертикалі вгору — сила  $13 \text{ кг}$ , по горизонталі ліворуч — сила  $4 \text{ кг}$  і по вертикалі вниз — сила  $25 \text{ кг}$ . Визначити їх рівнодійну.

390. До середини дроту завдовжки  $20 \text{ м}$  підвішена електрична лампа, вага якої  $8 \text{ кг}$ . Дріт провисає на  $1 \text{ м}$ . Визначити натяг кожної половини дроту. Чому дорівнюватиме натяг, якщо дріт укріпити так, щоб він провисав тільки на  $20 \text{ см}$ ?

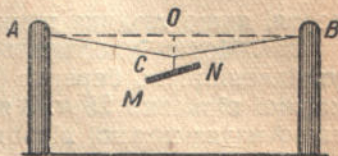


Рис. 21.

391. Трамвайний провід  $MN$  однокільного шляху підвішений до середини тросів  $ACB$ , укріплених на щоглах. Щогли вздовж шляху віддалені одна від однієї на  $40 \text{ м}$ . Для кожного троса  $AC = CB = 8 \text{ м}$ , а стріла провісу  $OC = 0,5 \text{ м}$ . Визначити натяг частин  $AC$  і  $CB$  троса, якщо кожний метр трамвайного провoda важить  $0,75 \text{ кг}$  (рис. 21).

392. Дугова лампа, вага якої  $P = 30 \text{ кг}$ , підвішена на стовпі з допомогою кронштейна  $ACB$ . Довжина горизонтальної поперечки  $AC = 96 \text{ см}$  і підкосу  $BC = 120 \text{ см}$ . Знайти зусилля в брусках  $AC$  і  $BC$  (рис. 22).

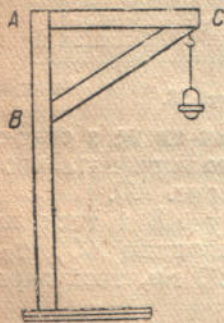


Рис. 22.

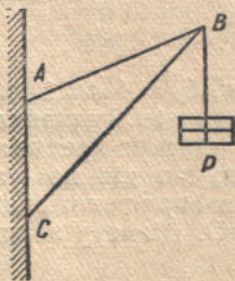


Рис. 23.

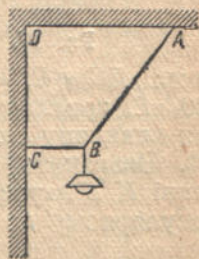


Рис. 24.

393. З допомогою настінного підйимального крана  $ABC$ , що складається з тяги  $AB = 2,7 \text{ м}$  і підкосу  $CB = 3,6 \text{ м}$ , підіймається вантаж  $P = 300 \text{ кг}$ . Визначити дію вантажу на тягу  $AB$  і підкос  $CB$ , якщо  $AC = 1,8 \text{ м}$  (рис. 23).

394. Електрична лампа, вага якої  $0,4 \text{ кг}$ , підвішена на шнурі  $AB$  завдовжки  $2 \text{ м}$  (рис. 24) і відведена вбік з допомогою горизонтального шнура  $BC$ , довжина якого  $0,8 \text{ м}$ . Визначити натяг шнурів  $AB$  і  $BC$ , якщо віддаль  $DA = 2 \text{ м}$ .



395. На даху будинку встановлена щогла для антени. Висота щогли 8 м. Антена діє на вершину щогли з силою  $F$ , рівною 90 кГ і напрямленою горизонтально. Щогла укріплена відтяжкою, як показано на рис. 25. Довжина відтяжки  $AB = 10$  м. Визначити сили, що діють на щоглу і на відтяжку.

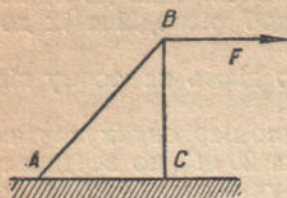


Рис. 25.

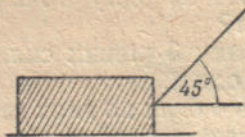


Рис. 26.

396. Людина перетягує вантаж з допомогою вірьовки, прикріпленої, як показано на рис. 26. Вірьовка утворює з горизонтальною площиною кут в  $45^\circ$ . Чому дорівнює сила

тертя, якщо людина прикладає силу 10 кГ?

397. Човен удержується на середині річки двома вірьовками, укріпленими на берегах (рис. 27). Ширина річки 40 м. Довжина кожної вірьовки 25 м. З якою силою вода тягне човен за течією, якщо натяг кожної вірьовки дорівнює 15 кГ?

398. Визначити сили, що діють по стрижнях  $CE$  і  $CD$  преса, який має в точках  $E$ ,  $C$  і  $D$  шарніри, якщо точки  $E$  і  $D$  лежать на одній

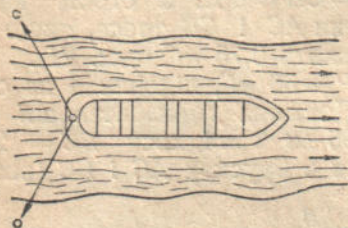


Рис. 27.

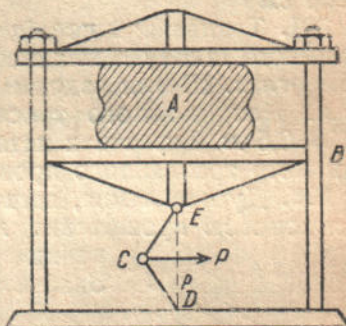


Рис. 28.

вертикалі,  $EC = CD = 40$  см,  $C_p = 4$  см і робітник тягне з силою  $P = 20$  кГ, прикладеною в точці  $C$  і напрямленою горизонтально. Знайти величину сили, що стискує предмет  $A$  (рис. 28).

399. Визначити зусилля, що діє по шатуну  $AB$  і тиск на напрямні  $K$  в паровій машині при положенні кривошипа  $AO$ , перпендикулярному до лінії  $BO$ . Діаметр поршня 20 см, тиск пари

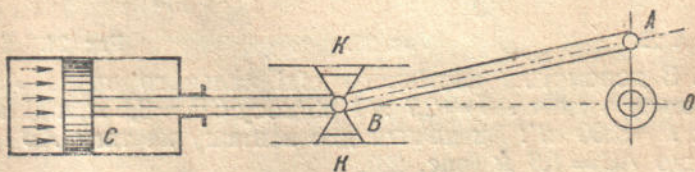


Рис. 29.

10 кГ на  $1 \text{ см}^2$  площі поршня, довжина шатуна  $BA = 80$  см, довжина кривошипа  $AO = 20$  см (рис. 29).



## § 17. Важіль, похила площина та інші найпростіші механізми.

Багато задач попереднього параграфу (наприклад, 371, 372, 374, 375, 376, 380, 381) розв'язуються за допомогою правила моментів.

При розв'язуванні цих задач згаданим методом треба, зберігши одну опору замість другої опори (зв'язки), прикласти таку силу, при якій тіло зберігає свою рівновагу. Ця сила називається *реакцією опори*; вона дорівнює і напрямлена протилежно тисковій тіла на опору.

**Приклад 1.** Розглянемо задачу 375.

**Розв'язування.** Припустимо, що одну з опор, наприклад,  $B$ , усунуто; для збереження рівноваги доведеться прикласти в точці  $B$  деяку силу, напрямлену в даному разі знизу вгору (рис. 30). З розгляду схеми легко бачити, що вал у цьому випадку можна розглядати як важіль 2-го роду, умови рівноваги якого виражаться таким рівнянням:

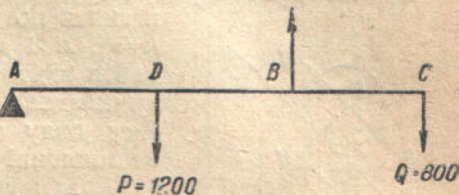


Рис. 30.

$$Q \cdot AC + P \cdot AD = X \cdot AB.$$

Підставляючи числові значення і розв'язуючи рівняння, дістаємо:

$$800 \text{ кг} \cdot 1,35 \text{ м} + 1200 \text{ кг} \cdot 0,45 \text{ м} = X \cdot 0,9 \text{ м} \text{ і } X = 1800 \text{ кг}.$$

Знайдена сила  $X$  є опір опори або, як кажуть, реакція опори; тиск на опору  $B$  буде теж 1800 кг, але напрямлений униз.

Тиск на опору  $A$  можна знайти таким же способом, як і для  $B$ , тобто зберігаючи опору  $B$ , дію опори  $A$  замінюємо деякою силою  $Y$ , величину якої знайдемо з умови рівноваги важеля.

Силу  $Y$  можна знайти також з рівняння  $Y = 1200 \text{ кг} + 800 \text{ кг} - X$ , або  $Y = 1200 \text{ кг} + 800 \text{ кг} - 1800 \text{ кг} = 200 \text{ кг}$ .

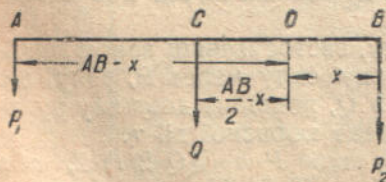


Рис. 31.

**Приклад 2.** Визначити положення точки опори прямолінійного важеля 1-го роду, вага якого 3 кг і довжина 1,6 м. Сили, що діють на кінцях важеля, дорівнюють 2 кг і 8 кг і напрямлені перпендикулярно до важеля.

**Розв'язування.** Представимо схематично важіль з діючими на нього силами, при чому  $Q$  зображає вагу важеля, прикладену в його середині (рис. 31).

б)  $Q \cdot AC + P_1 \cdot AD = P_2 \cdot AB$



Позначаючи віддаль точки опори  $O$  від  $B$  через  $x$ , тобто  $OB = x$ , дістанемо, що  $OA = AB - OB$ , тобто

$$OA = 1,6 \text{ м} - x \text{ і } OC = \frac{AB}{2} - OB \text{ або } OC = 0,8 \text{ м} - x.$$

Умова рівноваги важеля виражається таким рівнянням:

$$P_2 \cdot OB = Q \cdot OC + P_1 \cdot AO, \text{ або } 8 \text{ кг} \cdot x = 3 \text{ кг} (0,8 \text{ м} - x) + 2 \text{ кг} (1,6 \text{ м} - x).$$

Звідси:

$$x = \frac{5,6}{13} \text{ м} = 0,43 \text{ м}.$$

**Приклад 3.** Яку силу треба прикласти, щоб вантаж  $P = 65 \text{ кг}$  підняти по похилій площині, висота якої  $h = 5 \text{ м}$  і довжина  $l = 13 \text{ м}$ ? Коефіцієнт тертя вантажу об площину  $k = 0,02$ . Сила прикладена паралельно довжині площини. Яку силу треба прикласти, щоб вантаж на площині тільки вдержати (рис. 32)?

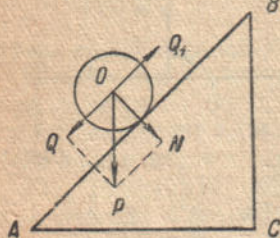


Рис. 32.

*Розв'язування.* Сила, потрібна для вдержання або рівномірного переміщення вантажу, при відсутності тертя по величині дорівнює скожувальній силі і визначається

з співвідношення:  $\frac{Q}{P} = \frac{h}{l}$ , звідки:

$$Q = 65 \cdot \frac{5}{13} \text{ кг} = 25 \text{ кг}.$$

Для визначення сили тертя треба визначити тиск ( $N$ ) вантажу на площину; з прямокутного трикутника  $ONP$  маємо  $N^2 = P^2 - Q^2$ , або  $N^2 = (65 \text{ кг})^2 - (25 \text{ кг})^2$ , тобто  $N = \sqrt{65^2 - 25^2} \text{ кг} = 60 \text{ кг}$ . Сила тертя  $F = k \cdot N$ , або  $F = 0,02 \cdot 60 \text{ кг} = 1,2 \text{ кг}$ . Тепер знаходимо, що сила тяги  $T_1 = Q + F$ , або  $T_1 = 25 \text{ кг} + 1,2 \text{ кг} = 26,2 \text{ кг}$ , а сила, потрібна для вдержання вантажу на площині,  $T_2 = Q - F$ , або  $T_2 = 25 \text{ кг} - 1,2 \text{ кг} = 23,8 \text{ кг}$ .

**Приклад 4.** Відстань гвинта гвинтового преса дорівнює  $0,9 \text{ см}$ , довжина подвійної рукоятки  $2r = 0,9 \text{ м}$ . Яку пресувальну силу можна мати в такому пресі, якщо робітник діє на обидва кінці рукоятки з силою в  $10 \text{ кг}$  на кожний кінець? Розрахунок зробити: 1) не беручи до уваги тертя, 2) вважаючи, що коефіцієнт корисної дії дорівнює  $0,5$ .

*Розв'язування.* Розв'яжемо задачу, застосувавши закон збереження енергії. Позначимо пресувальну силу через  $P$ , силу, що діє на одному кінці рукоятки, через  $Q$ , подвійну довжину рукоятки  $2r$ , відстань гвинта  $h$  і коефіцієнт корисної дії  $\eta$ .

При відсутності тертя пишемо, що  $P \cdot h = (Q \cdot 2\pi r) \cdot 2$ , або  $P \cdot 0,9 \text{ см} = (10 \text{ кг} \cdot 2\pi \cdot 45 \text{ см}) \cdot 2$ , тобто  $P = \frac{10 \cdot 2\pi \cdot 90}{0,9} \text{ кг} = 6280 \text{ кг}$ , при наявності тертя:  $P \cdot h = \eta (Q \cdot 2\pi \cdot r) \cdot 2$ , або  $P \cdot 0,9 \text{ см} = 0,5 (10 \text{ кг} \cdot 2\pi \cdot 45 \text{ см}) \cdot 2$ , звідки  $P = 3140 \text{ кг}$ .



## ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

### Важелі, правило моментів.

400. Плечі важеля 1-го роду мають довжину: ліве 30 см і праве 70 см. До короткого плеча підвішена гиря в 5 кг, а до довгого — в 2 кг. На вагу важеля не зважаємо. Як рухатиметься важіль під дією прикладених сил? Який тягар треба підвісити до довгого плеча, щоб важіль був у рівновазі?

401. На кінцях прямого важеля 1-го роду, довжина якого 2 м, діють сили в 8 кг і 24 кг. Визначити положення точки опори при рівновазі. Сили напрямлені перпендикулярно до важеля. Вагу важеля до уваги не брати.

402. Коромисло терезів має плечі неоднакової довжини. Якщо зважити предмет на лівій шальці терезів, то він важить 36 г, якщо ж зважити на правій — то 39 г. Чому дорівнює справжня вага предмета? На скільки ми помилилися, якщо за справжню вагу візьмемо середнє арифметичне чисел 36 і 39?

403. Двоє робітників підіймають за кінець  $B$  телеграфний стовп, щоб поставити його на місце. Довжина стовпа  $AB = 7$  м, звисаючий кінець  $AC = 1$  м, вага стовпа 168 кг. Визначити зусилля кожного робітника в момент підймання стовпа (рис. 33).

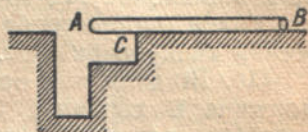


Рис. 33.

404. Важіль 1-го роду важить 500 г. Довжина важеля 1 м. Коротке плече має довжину 40 см. Який вантаж треба підвісити до короткого плеча, щоб важіль був у рівновазі?

405. Прямолінійний важіль 2-го роду має довжину в 2 м, точку опори на лівому кінці і важить 20 кг. На віддалі 0,5 м від точки опори діє вниз сила в 100 кг, а на правий кінець важеля діє сила в 40 кг вгору. Як рухатиметься важіль під дією цих сил? Яку силу треба прикласти на правому кінці важеля для його зрівноваження?

406. Робітник користується колодою завдовжки 2 м і вагою 20 кг як важелем другого роду для перемання опору в 80 кг. З яким зусиллям повинен діяти робітник на кінець колоди, якщо віддаль точки прикладання опору від другого її кінця, що є точкою опори, дорівнює 0,5 м? З якою потужністю він працював, якщо підняв свій кінець на висоту 0,5 м протягом 1,5 секунди?

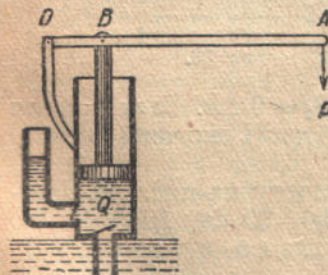


Рис. 34.

407. При накачуванні води насосом треба перемогти тиск води на поршень  $Q = 160$  кг. Яке зусилля  $P$  повинен прикласти робітник для цього на кінці  $A$  рукоятки, якщо довжина рукоятки  $OA = 1,2$  м, а віддаль  $OB = 12$  см (рис. 34)?



408. В ящику, вага якого  $10 \text{ кг}$  і довжина  $120 \text{ см}$ , лежить вантаж в  $24 \text{ кг}$ . Центр ваги вантажу віддалений на  $40 \text{ см}$  від ребра  $A$ . Яке зусилля потрібне, щоб повернути ящик: 1) біля ребра  $A$ ? 2) біля ребра  $B$  (рис. 35)?



Рис. 35.

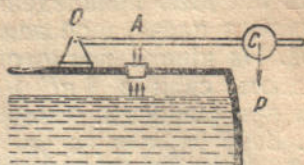


Рис. 36.

запирається важелем 2-го роду, що тисне на нього на віддалі  $4 \text{ см}$  від точки опори  $O$ . Важіль важить  $2,5 \text{ кг}$  і центр його ваги віддалений від точки опори на  $32 \text{ см}$ . На якій віддалі ( $OC$ ) від точки опори треба повісити тягар  $P = 5 \text{ кг}$  для зрівноваження тиску пари (рис. 36)?

410. Віддаль між осями невеликої платформи дорівнює  $1,8 \text{ м}$ , довжина її дорівнює  $3,6 \text{ м}$ , а вага  $1,2 \text{ т}$ . Скільки робітників потрібно для того, щоб трохи підняти платформу за її край, якщо кожний робітник може дати підймальну силу в  $80 \text{ кг}$ ? Яку роботу виконують робітники, трохи піднявши ближчі до них колеса на  $20 \text{ см}$ ?

411. Для підймання вантажу користуються системою двох прямолінійних важелів, що мають точки опори  $O_1$  і  $O_2$ . На кінець  $A$  першого важеля діють силою  $Q = 12 \text{ кг}$  (рис. 37).

Визначити величину вантажу  $P$ , що його треба підняти, якщо

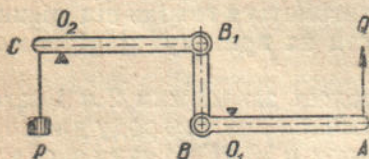


Рис. 37.

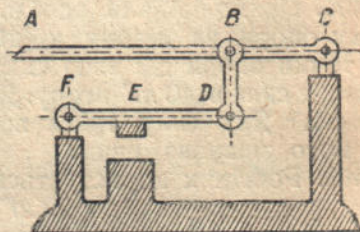


Рис. 38.

$AO_1 = 1,2 \text{ м}$ ,  $O_1B = 0,2 \text{ м}$ ,  $B_1O_2 = 1 \text{ м}$  і  $CO_2 = 0,2 \text{ м}$ . Вагу важеля до уваги не брати. Який виграш у силі дасть кожний важіль окремо і який — система обох важелів?

412. Важільний прес має будову, показану на рис. 38. Довжина плеча  $AC = 60 \text{ см}$ ,  $BC = 15 \text{ см}$ ,  $FD = 30 \text{ см}$ ,  $FE = 10 \text{ см}$ . Яку силу треба прикласти на кінці верхнього важеля  $A$ , щоб стиснути предмет з силою в  $100 \text{ кг}$ ?

413. Молотком витягають цвях, як показано на рис. 39. Визначити опір цвяха витягання, якщо сила  $Q = 12 \text{ кг}$  прикладена перпендикулярно до ручки. Розміри дано на рисунку.



414. Брус  $AB$ , прикріплений до стіни шарніром  $A$ , вдержується в рівновазі горизонтальною вірвовкою  $BC$ . Визначити силу натягу вірвовки, якщо  $AC = CB$  і вага бруса  $P = 100 \text{ кг}$  (рис. 40).

Вказівка. У цій задачі, залишивши  $A$  опорою, вірвовку замінити силою, після чого написати умову рівноваги бруса у вигляді рівняння моментів сил, що діють на нього.

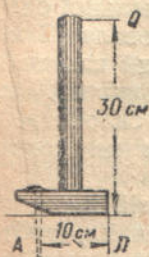


Рис. 39.

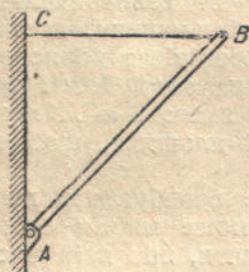


Рис. 40.

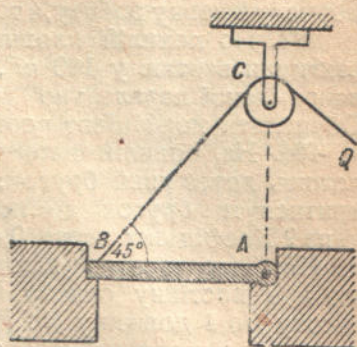


Рис. 41.

415. Дверки люка  $AB$ , які обертаються біля шарніра  $A$ , відкриваються з допомогою шнура  $BC$ , що обвиває нерухомий блок  $C$ . З якою силою  $Q$  треба тягнути за шнур на початку підняття рами, якщо вага рами  $P = 80 \text{ кг}$  і кут між шнуром  $BC$  і  $AB$  дорівнює  $45^\circ$  (рис. 41)?

### Похила площина.

416. Щоб удержати тіло на похилій площині, треба прикласти силу  $8 \text{ кг}$ . Тіло важить  $17 \text{ кг}$ . З якою силою тіло тисне на похилу площину?

417. Залізничний вагон, вага якого  $20 \text{ т}$ , втягується з допомогою каната на підйом, довжина якого  $50 \text{ м}$ , висота  $7,5 \text{ м}$ . Обчислити, не беручи до уваги тертя, силу, що діє на канат. Розв'язати задачу, застосувавши: 1) закон похилої площини і 2) закон зберігання енергії.

418. В ящику, довжина якого  $AB = 40 \text{ см}$ , лежить куля, вага якої  $2 \text{ кг}$  (рис. 42). З якою силою куля тисне на стінки ящика, якщо край  $A$  підняти на  $24 \text{ см}$ ?

419. Яку силу треба прикласти, щоб втягнути вантаж вагою  $51 \text{ кг}$  по похилій площині, довжина якої  $1,7 \text{ м}$  і висота  $0,8 \text{ м}$ , якщо коефіцієнт тертя  $0,2$ ? Яку силу треба прикласти, щоб тільки вдержати вантаж?

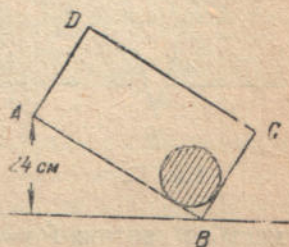


Рис. 42.

420. На похилій площині, довжина якої  $2,5 \text{ м}$  і висота  $0,7 \text{ м}$ , лежить вантаж вагою  $50 \text{ кг}$ . Коефіцієнт тертя  $0,3$ . Яку силу треба прикласти, щоб стягнути вантаж униз по похилій площині?



421. З гори, висота якої 9 м і довжина 15 м, скочуються сани з сідцями загальною вагою в 150 кг. Обчислити силу, що рухає сани, якщо коефіцієнт тертя саней об гору  $k=0,02$ .

422. По похилому помосту, довжина якого 8 м і висота 1,6 м, втягують вантаж вагою 225 кг. Коефіцієнт тертя 0,1. Визначити корисну й повну роботу, а також обчислити коефіцієнт корисної дії.

423. По похилій площині, довжина якої 18 м і висота 6 м, втягнули вантаж у 180 кг, при чому величина підйомальної сили, напрямленої паралельно довжині площини, дорівнювала 77 кг. Обчислити коефіцієнт тертя і коефіцієнт корисної дії площини.

424. На похилій площині завдовжки 1 м і заввишки 60 см лежить дерев'яний брусок, вага якого 2 кг. З якою силою треба притиснути брусок до похилої площини, щоб він не ковзав униз? Коефіцієнт тертя 0,4.

425. Тіло вагою  $P$  кілограмів перебуває на похилій площині, що має постійну основу ( $b$ ) і може міняти свій нахил, тобто висоту ( $h$ ) і довжину ( $l$ ). Визначити, при якій висоті  $h$  рушійна сила дорівнюватиме силі тертя, якщо коефіцієнт тертя  $k$ . Яке означення коефіцієнта тертя можна дати, користуючись відповіддю на попереднє питання?

426. Поїзд вагою 500 т іде з швидкістю 18 км/год на підйом в 0,005. Коефіцієнт тертя  $k=0,007$ . Визначити потужність паровоза (підйом в 0,005 означає зміну висоти площини на 5 одиниць на кожні 1000 одиниць її довжини).

427. Поїзд, вага якого 500 т, за 1 хв. 20 сек. пройшов підйом завдовжки 480 м. Потужність паровоза 400 КС. Коефіцієнт тертя 0,004. Визначити підйом шляху.

428. Автомобіль вагою в 2 т іде з сталою швидкістю на гору, нахил якої 0,01. Коефіцієнт тертя  $k=0,05$ . Обчислити швидкість автомобіля в кілометрах за годину, якщо потужність його мотора дорівнює 16 КС.

429. Паровоз рухається вгору по укосі в  $2^\circ$ . Вага паровоза 70 т. Коефіцієнт тертя 0,01. Визначити витрату вугілля на 1 км шляху, якщо коефіцієнт корисної дії паровоза  $6\%$ .

430. Клин заганяється в заглибину зусиллям 16 кг (рис. 43). Визначити тиск клина на бічні поверхні заглибини, якщо  $AB=4$  см і  $BC=20$  см. Тертя не враховувати.

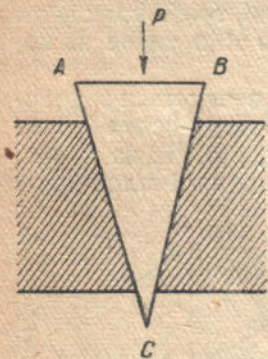


Рис. 43.

### Блоки і поліспасти.

431. За допомогою нерухомого блока підіймається вантаж  $P=1$  т. Кут охоплення  $AOB=90^\circ$ . Визначити тиск на вісь блока  $O$ . Чому дорівнюватиме тиск, якщо силу  $Q$  спрямувати вниз (рис. 44)?

432. За допомогою одного нерухомого і одного рухомого блоків треба підняти вантаж, що дорівнює 240 кг. Скільки робітників потрібно для цієї роботи, якщо кожний робітник розвиває



зусилля, що дорівнює  $30 \text{ кг}$ ? Яка робота виконується при підйманні вантажу на  $10 \text{ м}$ ?

433. Який буде найбільший вантаж, що його може підняти людина вагою в  $80 \text{ кг}$ , користуючись одним нерухомим і одним рухомим блоками? Тертя не враховувати. Чи зміниться величина цього вантажу і на скільки, якщо враховувати тертя і коефіцієнт корисної дії механізму прийняти рівним  $0,8$ ?

434. Через нерухомий блок перекинута вірвочка. Людина прив'язала себе до одного кінця вірвочки і почала піднімати сама себе, перехоплюючи руками другу частину вірвочки. Пояснити, чому в цьому випадку нерухомий блок дає вигреш у силі в два рази.

435. Скільки рухомих блоків треба взяти для поліспасти 1-го роду, щоб силою в  $5 \text{ кг}$  можна було підняти вантаж у  $80 \text{ кг}$ ? Тертя не враховувати.

436. Чому дорівнює коефіцієнт корисної дії поліспасти 1-го роду, що складається з 3 рухомих блоків і одного нерухомого, якщо вантаж у  $800 \text{ кг}$  підіймається силою, що дорівнює  $134 \text{ кг}$ ? На яку висоту підіймається вантаж, якщо з нерухомого блока зійде  $4 \text{ м}$  вірвочки?

437. Бочку, вага якої  $80 \text{ кг}$ , піднімають по похилій площині за допомогою двох вірвочок, як показано на рис. 45. Яка сила прикладена до кожної вірвочки, якщо довжина похилої площини  $2 \text{ м}$ , а висота  $1 \text{ м}$ ? Тертя не враховувати.

438. Один нерухомий і три рухомі блоки утворюють поліспаст 1-го роду (рис. 46). Кожний блок важить  $200 \text{ Г}$ . Який тягар треба підвісити до шнура, що звисає з нерухомого блока, щоб зрівноважити власну вагу блоків?

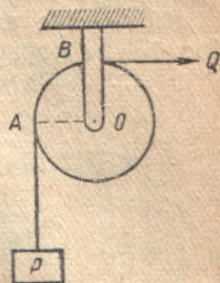


Рис. 44.

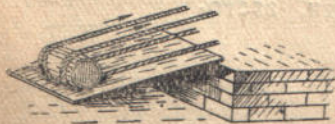


Рис. 45.

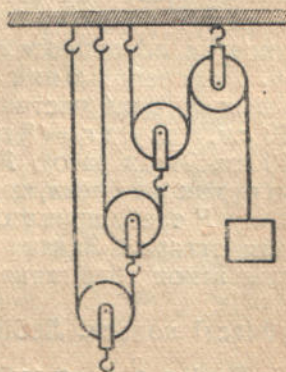


Рис. 46.

439. Визначити силу, потрібну для підймання вантажу в  $600 \text{ кг}$  за допомогою поліспасти 2-го роду (талей), що складається з 3 рухомих і 3 нерухомих блоків, не беручи до уваги тертя. Чому дорівнює сила, якщо коефіцієнт корисної дії поліспасти дорівнює  $60\%$ ?



## Коловорот.

440. У колодязного коловорота вал має діаметр, що дорівнює 30 см, а радіус колеса коловорота 75 см. Яка сила потрібна для підняття відра з водою вагою 18 кг? Тертя не враховувати.

441. Діаметр вала коловорота 20 см, а радіус рукоятки 45 см. Яку силу треба прикласти до рукоятки, якщо треба підняти вантаж, що дорівнює 90 кг, і коефіцієнт корисної дії коловорота 80%.

442. Радіус вала коловорота 6 см. Радіус рукоятки 20 см. Коефіцієнт корисної дії коловорота 90%. Який виграш у силі дає коловорот?

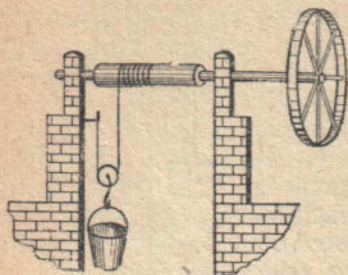


Рис. 47.

443. З колодязя на рухомому блоці підіймають за допомогою коловорота вебер з водою, вагою в 48 кг. Радіус вала коловорота дорівнює 30 см, а радіус колеса коловорота 1,2 м. Глибина колодязя 30 м. З якою силою і потужністю працює людина, коли одне підняття вона робить протягом 2 хв.? Тертя до уваги не брати (рис. 47).

444. За допомогою коловорота двоє робітників перетягують по землі вантаж. Радіус вала коловорота 20 см, радіус рукоятки 80 см. Кожний робітник прикладає силу в 10 кг. Чому дорівнює вага вантажу, якщо коефіцієнт тертя 0,4?

445. За допомогою коловорота втягують по похилому помосту з дощок завдовжки 20 м кам'яну плиту вагою 1,2 т на висоту 12 м. Коефіцієнт тертя каменя об дошки  $k = 0,2$ . Радіус вала 15 см, радіус рукоятки 75 см. Яку силу прикладають робітники до рукоятки коловорота?

446. Диференціальний коловорот складається з вала, одна частина якого має радіус  $r_1 = 10$  см, а друга  $r_2 = 8$  см. Радіус рукоятки  $R = 40$  см. Тягар вагою  $P = 100$  кг підвішений до рухомого блока, як показано на рис. 48. Яку силу  $F$  треба прикласти до рукоятки для підняття тягара? Задачу розв'язати, застосувавши закон збереження енергії.

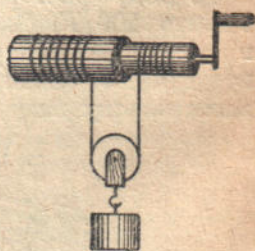


Рис. 48.

## Зубчасті колеса. Лебідка.

447. Радіус одного зубчастого колеса дорівнює 5 см, радіус другого, що зчеплюється з першим, дорівнює 25 см. Визначити число зубців другого колеса, якщо перше має 12 зубців.

448. Два вали А і В однакового радіуса сполучені зубчастими колесами, як показано на рис. 49; на вал А намотана вірвовка, до якої підвішений тягар  $P = 4$  кг. Який тягар  $Q$  треба підвісити до вірвовки, намотаної на вал В, щоб обидва тягарі були в рівновазі, якщо радіуси початкових кіл зубчастих коліс є 8 см і 6 см?



449. Яку силу треба прикласти до рукоятки лебідки (рис. 50), якщо радіус рукоятки  $R_1=40$  см, радіус початкового кола шестерні  $r_1=5$  см, радіус великого зубчастого колеса  $R_2=25$  см, радіус вала  $r_2=8$  см, а вага вантажу, який піднімають,  $P=320$  кг? Розрахунок зробити, застосувавши закон збереження енергії. На шкідливі опори не зважати.

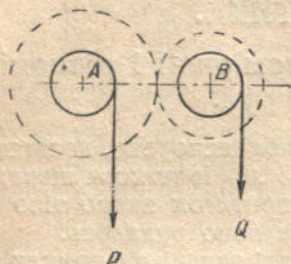


Рис. 49.

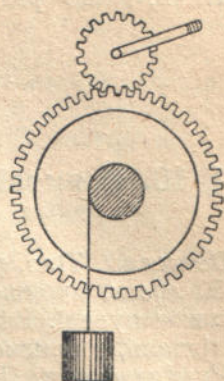


Рис. 50.

### Гвинт.

450. Відстань гвинта домкрата дорівнює 1,2 см, довжина ручки 0,6 м. Яке зусилля потрібне для підняття вантажу в 2,4 т, якщо не брати до уваги шкідливих опорів? Як зміниться величина цього зусилля, якщо коефіцієнт корисної дії домкрата прийняти рівним 40%.

451. Відстань гвинта домкрата 0,4 см. Довжина ручки 25 см. Визначити коефіцієнт корисної дії домкрата, якщо вантаж вагою 500 кг можна піднімати силою 3 кг.

452. Який виграш у силі дає домкрат, у якого відстань гвинта 1 см, радіус рукоятки 25 см і коефіцієнт корисної дії 40%.

453. Відстань гвинта лещат дорівнює 1 см. Довжина стрижня  $AB=24$  см. Віддаль губ лещат  $C$  від осі  $D$  дорівнює  $CD=24$  см, а віддаль осі гвинта  $E$  від осі  $D$ , що дорівнює  $ED=16$  см. На

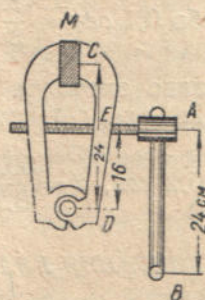


Рис. 51.

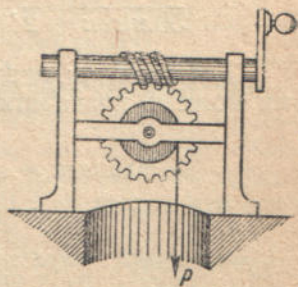


Рис. 52.

кінець стрижня  $AB$  діє сила 20 кг. З якою силою лещата затискують предмет (рис. 51)? На тертя не зважати.

454. На вал зубчастого колеса намотана віршовка, до якої прив'язаний тягар  $P=100$  кг. З зубцями колеса зчеплена нарізка безконечного гвинта (рис. 52). Радіус ручки гвинта  $R=25$  см, радіус вала  $r=5$  см. Яку силу треба прикласти до рукоятки, щоб підняти тягар, якщо колесо має  $z=50$  зубцям? Розрахунок зробити, застосувавши закон збереження енергії. На тертя не зважати.



455. Робітник піднімає вантаж вагою 500 кг, обертаючи рукоятку машини невідомої системи. Коли робітник зробив 20 повних обертів рукояткою, вантаж піднявся на 30 см. Яку силу прикладав робітник, якщо радіус рукоятки 25 см? На тертя не зважати.

## РОЗДІЛ II.

### КІНЕМАТИКА.

#### § 18. Прямолінійний рівномірний і рівномірно-змінний рух.

**Приклад.** Тіло, рухаючись рівноприскорено, досягає швидкості 50 м/сек, пройшовши віддаль 5 м. Початкова швидкість тіла дорівнює нулеві. Визначити час, протягом якого тіло пройшло цю віддаль, і прискорення, з яким воно рухалось.

**Розв'язування.** Підставляючи дані задачі в формули рівноприскореного руху:

$$v = at, \quad s = \frac{at^2}{2},$$

одержимо:

$$50 \text{ м/сек} = at, \quad 5 \text{ м} = \frac{at^2}{2}.$$

Для розв'язання одержаної системи двох рівнянь з двома невідомими ділимо друге рівняння на перше:

$$\frac{5 \text{ м}}{50 \text{ м/сек}} = \frac{t}{2}, \text{ або } 0,1 \text{ сек} = \frac{t}{2}, \text{ звідки } t = 0,2 \text{ сек}.$$

Підставляючи одержане значення для  $t$  в першу формулу, ми можемо визначити величину прискорення  $a$ :

$$50 \text{ м/сек} = a \cdot 0,2 \text{ сек}, \quad a = \frac{50 \text{ м/сек}}{0,2 \text{ сек}} = 250 \text{ м/сек}^2.$$

#### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

##### Рівномірний рух.

456. Пасажи́р швидкого поїзда налічив протягом  $\frac{1}{2}$  хв. 40 ударів колеса об стики рейок. Визначити швидкість поїзда, вважаючи, що рейка має довжину 15 м.

457. Хмару курави від розриву артилерійського снаряда відзначено через 3 сек. після пострілу, а звук розриву долетів до гармати через 9 сек. після пострілу. Визначити, на якій віддалі від гармати розірвався снаряд і яка була його середня швидкість. Шлях снаряда вважати за пряму лінію. Швидкість звуку дорівнює 330 м/сек.



458. З двох точок  $A$  і  $B$ , що розташовані на віддалі 90 м одна від одної, одночасно почали рухатись два тіла по лінії  $AB$  в напрямі від  $A$  до  $B$ . Тіло, що рухається з  $A$ , має швидкість в 5 м/сек і тіло, що рухається з  $B$ , — швидкість у 2 м/сек. За який час перше тіло наздожене друге? Які віддалі пройдуть тіла?

459. Комбайн Чулкова — машина для обмолоту пшениці на стерні — дозволяє обробляти площу 0,72 га за годину. Визначити швидкість руху комбайна, якщо він при своєму русі захоплює смуги поля завширшки 2 м.

#### Рівноприскорений рух з початковою швидкістю.

460. Автомобіль протягом 4 сек. збільшив швидкість з 7,2 км/год до 25,2 км/год. Визначити прискорення автомобіля.

461. Велосипедист, маючи швидкість 3 м/сек, починає спускатися з гори з прискоренням 0,8 м/сек<sup>2</sup>. Знайти довжину гори і швидкість велосипедиста в кінці її, якщо спуск тривав 6 сек.

462. Тіло, маючи деяку початкову швидкість, рухається рівноприскорено з прискоренням 2 м/сек<sup>2</sup>. Протягом 5 сек. воно проходить шлях у 125 м. Визначити початкову швидкість тіла.

#### Рівносповільнений рух.

463. Автомобіль при гальмуванні зменшив швидкість протягом 5 сек. від 43,2 км/год до 28,8 км/год. Визначити: 1) сповільнення автомобіля, 2) віддаль, пройдену ним під час гальмування.

464. Куля гвинтівки пробила стіну завтовшки 35 см, при чому її швидкість зменшилась з 670 м/сек до 320 м/сек. Визначити сповільнення кулі і час руху її в дереві.

#### Рівноприскорений рух без початкової швидкості.

465. Поїзд, рушаючи з станції, йде рівноприскорено. Через 60 сек. після початку руху він мав швидкість 54 км/год. Визначити прискорення, з яким рухався поїзд.

466. Вагон трамваю, рушаючи з місця, рухається рівноприскорено і проходить за 20 сек. віддаль у 100 м. Визначити прискорення вагона.

467. Вагонетка котиться під укіс із сталим прискоренням 0,05 м/сек<sup>2</sup>. Довжина шляху 640 м. Визначити час, за який вагонетка пройде шлях, і швидкість її в кінці шляху.

468. Сани скочуються з гори, що має довжину 72 м, протягом 12 сек. Визначити прискорення саней і швидкість їх у кінці гори.

469. Поїзд рушив із станції і на віддалі 2,1 км розвинув швидкість у 54 км/год. Визначити час розгону і прискорення поїзда.

470. Куля вилетіла з дула гвинтівки з швидкістю 600 м/сек. Довжина ствола 60 см. Визначити час проходження кулею ствола і прискорення її, вважаючи рух кулі рівноприскореним.



471. Літак для зльоту повинен мати швидкість  $108 \text{ км/год}$ . На розгін (щоб досягти цієї швидкості) він витрачає  $12 \text{ сек}$ . Визначити віддаль, яку пройде літак при розгоні.

472. Довжина ствола гвинтівки  $70 \text{ см}$ . Швидкість кулі при вильоті з дула дорівнює  $700 \text{ м/сек}$ . Яка буде швидкість кулі при вильоті, якщо ствол укоротити на  $20 \text{ см}$ ? Рух кулі в стволі вважати за рівноприскорений.

473. Два тіла починають рухатися з тієї самої точки через  $20 \text{ сек}$  одне після другого і рухаються по одному шляху. Перше тіло має початкову швидкість в  $25 \text{ м/сек}$  і прискорення  $0,5 \text{ м/сек}^2$ , а друге — початкову швидкість в  $10 \text{ м/сек}$  і прискорення  $2,5 \text{ м/сек}^2$ . Через скільки часу обидва тіла стикнуться?

474. З двох точок  $A$  і  $B$ , розташованих на віддалі  $25 \text{ м}$  одна від другої, одночасно починають рухатися два тіла по лінії  $AB$  в напрямі від  $A$  до  $B$ . Тіло, що рухається з  $A$ , має початкову швидкість  $1 \text{ м/сек}$  і прискорення в  $1,16 \text{ м/сек}^2$ , а тіло, що рухається з  $B$ , — початкову швидкість в  $5 \text{ м/сек}$  і прискорення  $0,2 \text{ м/сек}^2$ . Коли перше тіло дожене друге?

**Рівносповільнений рух з остаточною швидкістю, що дорівнює нулеві.**

475. Автомобіль, що рухався з швидкістю  $43,2 \text{ км/год}$ , зупиняється, витративши на гальмування  $0,5 \text{ хв}$ . Визначити сповільнення автомобіля.

476. Паровоз рухався з швидкістю  $12 \text{ м/сек}$ . Після гальмування протягом  $30 \text{ сек}$  він зупинився. Визначити сповільнення паровоза і віддаль, яку він пройшов від початку гальмування до остаточного зупинення.

477. Поїзд рухався з швидкістю  $36 \text{ км/год}$ . При гальмуванні до остаточного зупинення він пройшов віддаль у  $200 \text{ м}$ . Визначити сповільнення і час, протягом якого відбувалось гальмування.

478. Артилерійський снаряд у момент влучення в вал мав швидкість у  $600 \text{ м/сек}$ , при чому заглибився в нього на  $1,5 \text{ м}$ . Визначити час заглиблення снаряда у вал і його сповільнення.

**Падання тіл.**

479. Визначити глибину ущелини, якщо камінь, який кинули в неї згори, долетів до її дна протягом  $5 \text{ сек}$ . Визначити швидкість каменя в момент досягнення ним дна.

480. Стріла, випущена з лука вертикально вгору, досягла найвищої точки за  $5 \text{ сек}$ . Визначити, до якої висоти піднялась стріла. З якою швидкістю вона була випущена?

481. М'яч, кинутий вгору, упав на землю через  $4 \text{ сек}$ . Визначити висоту його підняття.

482. Бомба кинута з літака, що летів на висоті  $1960 \text{ м}$ . Через скільки часу впаде вона на землю? Яка її швидкість у момент стикання з землею? На опір повітря не зважати.

483. Вода з пожежного насоса б'є на висоту  $19,6 \text{ м}$ . З якою швидкістю викидається вона насосом?



484. Баба (для забивання паль) вільно падає з висоти 4,9 м. На підняття її сторонньою силою потрібно втричі більше часу, ніж на її падання. Скільки ударів робить вона за хвилину?

485. Тіло падає з висоти 490 м. Визначити, яку віддаль пройде це тіло в сьому секунду свого падання; в останню секунду свого падання.

486. Тіло падає з висоти 2000 м. За який час воно пройде останні 100 м свого шляху?

487. Щоб визначити глибину колодязя, у нього кидають камінь. Звук від падання каменя в воду дійшов до спостерігача через 4 сек. після початку падання. Визначити глибину колодязя. Швидкість звуку 330 м/сек. Прийняти  $g = 10$  м/сек<sup>2</sup>.

488. Жонглер кинув вертикально вгору м'ячик. Коли м'ячик дійшов у верхній точці свого шляху висоти 4,9 м, жонглер кинув угору другий м'ячик з тією самою початковою швидкістю, що й перший. На якій висоті м'ячі зустрінуться?

489. У скільки разів треба збільшити початкову швидкість кинутого вгору тіла, щоб висота підняття збільшилась удвоє?

### § 19. Обертовий рух.

490. Вал парової машини робить 240 об/хв. Визначити кутову швидкість обертання вала в радіанах за секунду.

491. Земля робить повний оберт протягом доби. Визначити кутову швидкість її обертання в радіанах за секунду.

492. Тіло обертається з кутовою швидкістю 15,7 рад/сек. Визначити, скільки обертів зробить тіло протягом 10 хв.

493. Маховиківі, що перебував у спокої, надали рівноприскореного обертання з кутовим прискоренням 0,5 рад/сек<sup>2</sup>. Через скільки саме часу маховик матиме кутову швидкість 360 об/хв? Скільки часу потрібно, щоб маховик, обертаючись рівноприскорено, зробив 600 обертів?

494. Маховик обертався, роблячи 300 об/хв. Будучи залишений на самого себе, він зупинився через 30 сек. Визначити кутове сповільнення його; скільки обертів він зробив до моменту зупинення?

495. Тіло, що перебувало в спокої, почало рівноприскорено обертатись. До моменту, коли кутова швидкість його дорівнювала 100 рад/сек, воно встигло зробити 60 обертів.

Визначити кутове прискорення тіла; через скільки часу воно досягло кутової швидкості 100 рад/сек?

496. Шків трансмісійного вала має діаметр 955 мм. Скільки обертів на хвилину робить вал, якщо швидкість паса, що охоплює шків, 6 м/сек? На ковзання паса не зважати.

497. Нарізи у стволі гвинтівки роблять один оберт на 24 см довжини ствола. Скільки обертів у секунду робить куля, якщо швидкість польоту 600 м/сек?

498. Радіус землі 6400 км. Визначити швидкість точок земної поверхні на широті Москви (56°).

499. Кругла пила має діаметр 600 мм. Лінійна швидкість точок на її колі повинна дорівнювати 15 м/сек. На осі її насаджений



шків діаметром 300 мм, на валу мотора — шків діаметром 120 мм.

Визначити число обертів, що їх робить мотор за хвилину.

500. На трансмісійному валу, що робить 120 об/хв, насаджений шків діаметром 36 см. З нього перекинутий пас на шків токарного верстата, що має діаметр 24 см. У верстаті обточується болванка діаметром 10 см. Визначити швидкість різання (швидкість обточуваної поверхні відносно різця).

501. Мотор електричного трамваю робить 480 об/хв. На валу його насаджена зубчатка з 16 зубцями, з нею зчеплена зубчатка в 40 зубців, яка насаджена на вісь ведучих коліс. Діаметр ведучих коліс 60 см. Визначити швидкість руху трамваю.

## § 20. Складний рух.

**Приклад.** Тіло кинуто в горизонтальному напрямі з швидкістю 10 м/сек з висоти 7,056 м. Визначити, на якій віддалі впаде тіло.

**Розв'язування.** Тіло буде в складному русі, який ми можемо розглянути як рух, що складається з двох простих:

поперше, тіло вільно падає в вертикальному напрямі з висоти 7,056 м з прискоренням 9,8 м/сек<sup>2</sup>;

подруге, тіло за час падання переміщається в горизонтальному напрямі з сталою швидкістю в 10 м/сек.

Обчислимо, скільки часу падатиме тіло з заданої висоти. Для цього в формулу рівноприскореного руху

$$s = \frac{at^2}{2}$$

підставляємо дані задачі. Дістанемо:

$$7,056 \text{ м} = \frac{9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot t^2}{2},$$

звідки:

$$t^2 = \frac{14,112 \text{ м}}{9,8 \text{ м/сек}^2} = 1,44 \text{ сек}^2; \quad t = \sqrt{1,44 \text{ сек}} = 1,2 \text{ сек}.$$

За час падання, що дорівнює 1,2 сек., тіло встигне переміститися в горизонтальному напрямі на 10 м/сек · 1,2 сек = 12 м.

Отже, тіло упаде на віддалі 12 м.

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

#### Складний рух.

502. Пасажи́р сидить біля вікна поїзда, що йде з швидкістю 43,2 км/год. Скільки часу проведуть повз його вікно вагони зустрічного товарного поїзда завдовжки 612 м, що йде з швидкістю 21,6 км/год?

503. Літак, що розвиває швидкість 110 км/год, проходить туди і назад віддалю у 330 км. Визначити час, потрібний літакові, щоб пролетіти цю віддалю: 1) без вітру і 2) при вітрі, що дме по лінії польоту з швидкістю 55 км/год.



504. Аеростат рівномірно знижується з швидкістю  $3 \text{ м/сек}$ . З гондоли його був підкинутий вертикально вгору камінь з швидкістю  $22,6 \text{ м/сек}$  (відносно аеростата). Яка буде віддаль між гондолою аеростата і каменем, коли камінь досягне вищої точки свого шляху?

505. Гребець надає човнові швидкості в  $4 \text{ м/сек}$ , напрямленої перпендикулярно до течії. Швидкість течії води в річці  $3 \text{ м/сек}$ . Визначити, з якою швидкістю рухатиметься човен.

506. Поїзд іде рівномірно з швидкістю  $54 \text{ км/год}$ . Краплі дощу, які падають вертикально з швидкістю  $15 \text{ м/сек}$ , залишають косі сліди на вікнах вагонів. Визначити кут, утворений слідом краплі на склі з вертикальною лінією.

507. Стрілець обстрілює верхівця, що проїжджає повз нього на віддалі  $900 \text{ м}$  з швидкістю  $6 \text{ м/сек}$  (напрямок руху верхівця перпендикулярний до променя зору). На скільки метрів уперед повинен цілити стрілець, щоб влучити в верхівця, якщо середня швидкість кулі при польоті на дистанцію  $900 \text{ м}$  дорівнює  $750 \text{ м/сек}$ ?

508. Вагон, ширина якого  $3,6 \text{ м}$ , рухається з швидкістю  $15 \text{ м/сек}$ ; він був пробитий кулею, яка летіла перпендикулярно до руху вагона. Отвір у стінці вагона, найближчій до стрільця, був на  $12 \text{ см}$  попереду отвору на протилежній стінці. Визначити швидкість руху кулі.

509. Літак, що має в безвітряний день швидкість  $150 \text{ км/год}$ , летить при східному вітрі з швидкістю  $50 \text{ км/год}$ . Який повинен бути напрям поздовжньої осі літака, щоб він летів точно на північ? За скільки часу літак пролетить віддаль  $282 \text{ км}$ ?

510. Куля, випущена з гвинтівки в горизонтальному напрямі з швидкістю  $600 \text{ м/сек}$ , влучає в ціль через  $0,2 \text{ сек}$ . після пострілу. На скільки переміститься куля за цей час у вертикальному напрямі під дією ваги і на якій віддалі знаходиться ціль від дула гвинтівки?

511. З гармати, встановленої на висоті  $19,6 \text{ м}$  над рівнем моря, випущений снаряд у горизонтальному напрямі з швидкістю  $700 \text{ м/сек}$ . Визначити, на якій віддалі впаде снаряд у море.

512. З літака, що летить на висоті  $1960 \text{ м}$  з швидкістю  $180 \text{ км/год}$ , скинута бомба. За скільки часу до проходження літака над ціллю і на якій віддалі до цілі повинна бути скинута бомба? (Віддаль вважати по горизонтальному напрямі.)

513. Поїзд іде з швидкістю  $36 \text{ км/год}$ . Хлопчик стоїть, висувшись у вікно вагона, і кидає з висоти  $4,9 \text{ м}$  пакунок, намагаючись влучити в певне місце. На якій віддалі до цього місця хлопчик повинен випустити пакунок?

514. Зенітна гармата обстрілює ворожий літак, що пролітає над батареєю з швидкістю  $180 \text{ км/год}$ . Початкова швидкість снаряда  $735 \text{ м/сек}$ . На який кут має бути відхилене від вертикалі дуло гармати, щоб снаряд влучив у літак? Постріл робиться в момент проходження літака над головою.

515. Куля випущена з початковою швидкістю  $600 \text{ м/сек}$  під кутом  $30^\circ$  до горизонту. Визначити її швидкість у верхній точці траєкторії. Опір повітря не враховувати.



516. Камінь кинуто під кутом  $15^\circ$  до горизонту з початковою швидкістю  $10 \text{ м/сек}$ . Якої найбільшої висоти досягне камінь?

517. Куля випущена з гвинтівки з швидкістю  $360 \text{ м/сек}$  під кутом  $30^\circ$  до горизонту. На якій віддалі від стрільця упала б куля, якби не було опору повітря?

518. Початкова швидкість кулі  $600 \text{ м/сек}$ . Маса кулі  $10 \text{ г}$ . Під яким кутом до горизонту пущена куля, якщо кінетична енергія кулі в верхній точці її траєкторії дорівнює  $45 \text{ кГм}$ .

519. Камінь, кинутий під кутом  $60^\circ$  до горизонту з початковою швидкістю  $30 \text{ м/сек}$ , через 2 сек. впав на дах будинку. Визначити висоту будинку і віддаль до нього.

520. Камінь, кинутий з башти вгору під кутом  $60^\circ$  до горизонту з початковою швидкістю  $10 \text{ м/сек}$ , через 3 сек. впав на землю. Чому дорівнює висота башти?

### РОЗДІЛ III.

## ДИНАМІКА.

### § 21. Закони Ньютона. Кінетична енергія тіла, що переміщується в поступальному русі. Системи одиниць.

**Приклад 1.** На тіло, маса якого  $19,62 \text{ кг}$ , діє якась сила протягом 5 сек. Під впливом цієї сили тіло набуло швидкості в  $50 \text{ м/сек}$ . Початкова швидкість тіла дорівнювала нулеві. Визначити величину сили, що діє на тіло.

**Розв'язування.** Підставляючи в формулу рівноприскореного руху:

$$v = at$$

дані задачі, одержимо:

$$50 \text{ м/сек} = a \cdot 5 \text{ сек},$$

звідки знайдемо величину прискорення, якого надала тілу сила:

$$a = \frac{50 \text{ м/сек}}{5 \text{ сек}} = 10 \text{ м/сек}^2.$$

Для визначення величини сили ми застосуємо формулу, яка виражає другий закон динаміки:

$$F = m \cdot a.$$

Всі величини, що входять у цю формулу, повинні бути виражені в одиницях якоїнебудь однієї системи, наприклад, в одиницях технічної системи.

Прискорення  $a = 10 \text{ м/сек}^2$  уже виражено в одиницях технічної системи.

Маса тіла дорівнює  $19,62 \text{ кг}$ , або  $\frac{19,62 \text{ кг}}{9,81} = 2$  одиницям маси в технічній системі.

Підставляючи ці дані в формулу другого закону динаміки, одержимо:

$$F = 2 \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} = 20 \text{ кг}.$$



**Приклад 2.** Куля вилітає з гвинтівки з швидкістю 500 м/сек. Маса кулі 10 г, маса гвинтівки 3,25 кг. Визначити швидкість відбою гвинтівки при пострілі.

**Розв'язування.** Виражаємо насамперед всі дані в одиницях якоїсь однієї системи, наприклад, CGS.

Швидкість кулі дорівнює 50 000 см/сек. Маса кулі вже виражена в одиницях цієї системи. Маса гвинтівки дорівнює 3250 г.

Підставляючи дані задачі в формулу —  $m_1 v_1 = m_2 v_2$ , одержимо:

$$-10 \text{ г} \cdot 50\,000 \text{ см/сек} = 3250 \text{ г} \cdot v_2,$$

звідки знаходимо величину  $v_2$  швидкості відбою гвинтівки:

$$v_2 = -\frac{500\,000}{3250} \text{ см/сек} \approx -154 \text{ см/сек} = -1,54 \text{ м/сек}.$$

**Приклад 3.** Визначити кінетичну енергію поїзда, маса якого 600 т і який іде з швидкістю 36 км/год.

**Розв'язування.** Виразимо всі дані в одиницях якоїнебудь однієї системи, наприклад, MTS. Матимемо:

Швидкість  $v = 36 \text{ км/год} = 10 \text{ м/сек}$ .

Маса поїзда  $m = 600$  тонн.

Підставляючи ці дані в формулу кінетичної енергії рухомого тіла  $W = \frac{mv^2}{2}$ , одержимо:

$$W = \frac{600 \text{ т} \cdot 10^2 \text{ м}^2/\text{сек}^2}{2} = 30\,000 \text{ кдж} \approx 8,3 \text{ квт-г}.$$

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

#### Другий закон Ньютона.

**521.** Робітник штовхає вагон, який стоїть на горизонтальному шляху, з силою 25 кГ. З яким прискоренням рухатиметься вагон, якщо маса вагона 3,43 т? Яка буде швидкість вагона після того, як він пройде 3,5 м?

**522.** Екіпаж, маса якого 196 кг, рухаючись рівноприскорено, за перші 10 сек. проходить віддаль у 25 м. З яким прискоренням рухався екіпаж? Чому дорівнює сила, що надавала екіпажеві цього прискорення? На тертя не зважати.

**523.** Сила в 20 кГ надала тілу прискорення 50 м/сек<sup>2</sup>. Визначити масу тіла.

**524.** Вагонетка, маса якої 4,9 т, рухається по горизонтальному шляху силою робітника, яка дорівнює 25 кГ. З яким прискоренням рухається вагонетка, якщо на перемагання тертя потрібна сила в 15 кГ?

**525.** До одного кінця вірьовки, перекинутої через блок, почеплений вантаж, вага якого 10 кГ. З якою силою треба тягти вниз за другий кінець вірьовки, щоб вантаж підіймався з прискоренням 1 м/сек<sup>2</sup>?



526. На нитці, перекинутій через блок, підвішені дві гирки по 98 Г кожна. На одну з гирок покладений ще переважок вагою в 4 Г. 1) Визначити прискорення, якого переважок надає гиркам; 2) визначити, за скільки часу гирки пройдуть віддаль у 90 см; 3) визначити швидкість гирок у кінці зазначеного шляху.

527. На нитці, перекинутій через блок, підвішені два тягарі по 244,5 Г кожний. Який переважок треба підвісити на один з тягарів, щоб одержати рух, при якому за 10 сек. буде пройдений шлях у 100 см?

528. На нитці, перекинутій через блок, зліва підвішена гирка в 11 Г, а справа — гирка в 13 Г. Вся система тягарів рухається з прискоренням  $81,8 \text{ см/сек}^2$ . Визначити прискорення сили тяжіння для даного місця.

529. Щоб кинути ядро в міжпланетний простір, йому треба надати швидкості  $12 \text{ км/сек}$ . Визначити, з якою силою тиснутиме на дно снаряда тіло людини, вагою в 80 кг, яка знаходиться всередині ядра. Довжину ствола гармати прийняти рівною 600 м; рух снаряда в каналі гармати рівноприскорений.

530. В шахту опускається рівноприскорено цебер, вага якого 280 кг. За перші 10 сек. він проходить 35 м. Обчислити натяг каната, на якому висить цебер.

531. Льотчик, вага якого 78,4 кг, викинувся з літака. Пролетівши 120 м, він розкрив парашут. Протягом 5 сек. парашут зменшив швидкість падіння льотчика до  $4,5 \text{ м/сек}$ . Визначити найбільшу силу натягу тросів, на яких льотчик був підвішений до парашута.

532. Поїзд, відправляючись з станції, рухається рівноприскорено. Пройшовши віддаль 800 м, він набуває швидкості в  $72 \text{ км/год}$ . Визначити, з яким прискоренням ішов поїзд. Чому дорівнює сила, що надає цього прискорення поїздові, якщо маса його 100 т?

533. Вагон, маса якого 4900 кг, рухається з швидкістю  $4,8 \text{ м/сек}$ . Під дією якоїсь сили швидкість його збільшується до  $9 \text{ м/сек}$ , і при цьому вагон проходить віддаль 72,45 м. Яка величина сили, що діє на нього?

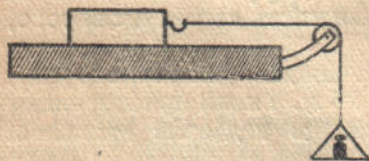


Рис. 53.

534. Ствол гвинтівки має довжину 60 см. Швидкість кулі при вильоті її з дула дорівнює  $600 \text{ м/сек}$ . Маса кулі 15 г, а її калібр 8 мм. Визначити середній тиск порохів газів у стволі.

535. На столі лежить дерев'яний брусок, до якого прив'язана нитка, перекинута через блок, як показано на рис. 53. До другого кінця нитки підвішений тягар у  $0,85 \text{ кг}$ , після чого брусок почав рухатись рівноприскорено і за 3 сек. пройшов шлях 81 см. Вага бруска 2 кг. Визначити коефіцієнт тертя.

536. Вагон відчепився від поїзда, який перебуває в спокої, і почав котитися вниз під укіс рівноприскорено. За перші 5 сек. він пройшов віддаль 1,25 м. Визначити укіс шляху. На силу тертя не зважати.



537. Брусок ковзається по похилій площині, довжина якої 5 м, а висота 3 м. За який час скотиться брусок з похилої площини, якщо коефіцієнт тертя його об площину дорівнює 0,1?

538. Брусок падав ковзаючись по похилій площині протягом 2 сек. Похила площина утворює з площиною горизонту кут у  $30^\circ$ . Довжина похилої площини 4 м. Визначити коефіцієнт тертя.

539. Літак для зльоту повинен мати швидкість у 108 км/год. Час розгону для досягнення цієї швидкості дорівнює 12 сек. Вага літака 1960 кг. Коефіцієнт тертя при розгоні 0,05. Визначити середню потужність мотора літака, потрібну для розгону.

540. Яку роботу треба затратити, щоб підняти тіло, вага якого 29,4 кг, на висоту 10 м, при чому тіло повинно рухатись рівноприскорено з прискоренням  $0,5 \text{ м/сек}^2$ ?

541. Автомобіль вагою в 3,92 т рушає з місця і йде в гору, нахил якої 0,05. Пройшовши 200 м, автомобіль розвинув швидкість в 28,8 км/год. Визначити середню потужність мотора автомобіля. На тертя не зважати.

542. Поїзд, маса якого 784 т, іде під укіс, крутість якого 0,005, і протягом 50 сек. розвиває швидкість у 18 км/год. Коефіцієнт тертя 0,005. Визначити середню потужність паровоза.

543. Поїзд, вага якого 588 т, рушив з місця і почав йти з прискоренням  $0,2 \text{ м/сек}^2$ . Визначити потужність, яку розвиває паровоз через 20 сек. після початку руху, якщо коефіцієнт тертя дорівнює 0,005.

544. Автомобіль, маса якого 490 кг, іде з швидкістю 10 м/сек. В наслідок гальмування він зупиняється через 20 сек. Визначити сповільнення і силу гальмування.

545. велосипедист, що рухається з швидкістю 10 м/сек, гальмує і зупиняється через 2,5 сек. після початку гальмування. Обчислити сповільнення руху і коефіцієнт тертя велосипеда об ґрунт при гальмуванні.

546. Поїзд, маса якого 392 т, рухається з швидкістю 36 км/год і при гальмуванні зупиняється, пройшовши віддаль 200 м. Визначити силу гальмування і роботу цієї сили.

547. Куля перед ударом у вал летіла із швидкістю 400 м/сек і заглибилась на віддаль 0,5 м. Визначити опір вала рухові кулі, якщо маса її 24 г.

548. Паровоз серії „Э“ (вага 90 т), один з потужних товарних паровозів залізниць СРСР, розвиває силу тяги в 16 200 кг. Він може рухати по горизонтальній дільниці склад у 2700 т, або 108 навантажених товарних вагонів, на підйомі ж у 0,008 — склад у 1500 т, або 60 навантажених товарних вагонів.

а) Прийнявши дані для паровоза серії „Э“ і коефіцієнт тертя під час руху вагона по рейках рівним 0,002, розрахувати силу, потрібну для перемагання тертя під час руху граничного складу вагонів вагою 2700 т. Чому результат підрахунку значно відрізняється від наведеної в описі сили тяги в 16 200 кг? Для чого лишається такий великий „запас“?

б) Для того щоб зрушити з місця склад вагонів треба, крім сили тертя, перебороти інерцію маси, яка приводиться в рух. Який



закон треба тут застосувати? Який щодо характеру рух буде в перший період?

в) Розрахувати прискорення, яке буде при русі поїзда з паровозом серії „Э“ по горизонтальному шляху, прийнявши коефіцієнт тертя рівним 0,002 і взявши потрібні дані з опису.

г) Якщо поїзд (60 вагонів) іде вгору по шляху з нахилом у 0,008, то скільки кілограмів лишається в запасі від граничної сили тяги в 16 200 кг? Яке прискорення тут можливе, якщо доведеться з місця брати такий підйом?

### Третій закон Ньютона.

549. З гармати, маса якої 2000 кг, вилітає снаряд у 10 кг з початковою швидкістю 600 м/сек. Визначити швидкість відкочування гармати. Вважаючи, що коефіцієнт тертя лафета об ґрунт дорівнює 0,3, визначити довжину відкочування гармати.

550. Гвинтівка, вага якої 3 кг, підвішена на нитках і при пострілі (через віддачу) відхилилась на висоту 19,6 см. Маса кулі 10 г. Визначити швидкість, з якою вилетіла куля.

551. Граната, що летіла з швидкістю 15 м/сек, розірвалась на дві частини: масою 6 кг і 14 кг. Швидкість великого куска збільшилась до 24 м/сек (у напрямі руху). Яка буде швидкість меншого уламка?

552. Трамвайний вагон, вага якого 2,4 т, рухається з швидкістю 2 м/сек. Людина масою 80 кг, яка стоїть на землі, стає на підніжку під час руху вагона. Яка буде швидкість вагона після цього?

553. Ракета вагою 300 Г підіймається на висоту 100 м. Визначити швидкість виходу газів з ракети, вважаючи, що вибух був миттєвий. Маса заряду пороху 40 г.

554. В балістичний маятник, вага якого 5 кг, ударились куля масою 10 г. При цьому маятник відхилився на висоту 4,9 см. Визначити швидкість кулі при ударі.

Балістичним маятником називається тіло, підвішене на нитках. При ударі кулі це тіло відхиляється назад. З величини цього відхилення можна судити про швидкість кулі в момент удару.

### Кінетична енергія.

555. Людина, маса якої 64 кг, іде з швидкістю  $1\frac{1}{2}$  м/сек. Обчислити її кінетичну енергію.

556. Маса кулі 10 г, швидкість її польоту 860 м/сек. Визначити її кінетичну енергію в кілограмометрах і гектоват-годинах.

557. Яку швидкість повинен мати паровий молот з масою 2940 кг, щоб її кінетична енергія в момент удару дорівнювала 15 000 кгМ?

558. Яка маса тіла, якщо при швидкості руху 5 м/сек воно має кінетичну енергію 50 кгМ?

559. Баба для забивання палів вагою в 1,2 т має безпосередньо перед ударом кінетичну енергію в 3000 кгМ. Визначити швидкість баби, що відповідає цій кінетичній енергії, і висоту, на яку вона була піднята.



560. Визначити кінетичну енергію снаряда, що вилетів з дула гармати з швидкістю  $600 \text{ м/сек}$ . Маса снаряда дорівнює  $19,6 \text{ кг}$ . Визначити середній тиск порохових газів на снаряд при умові, що довжина ствола гармати дорівнює  $2 \text{ м}$ .

561. Куля, маса якої  $10,9 \text{ г}$ , летить із швидкістю  $600 \text{ м/сек}$ . Попадаючи в перепону, вона заглиблюється на  $1 \text{ м}$ . Обчислити кінетичну енергію кулі і силу, яку вона подолає при заглибленні в перепону.

562. Молот, маса якого  $1,47 \text{ кг}$ , ударяє в головку цвяха, маючи швидкість  $6 \text{ м/сек}$ , через що цвях входить у дошку на  $2 \text{ см}$ . Визначити силу удару молотом у кілограмах.

563. На якій віддалі зупиниться паровоз, що йде з швидкістю  $36 \text{ км/год}$ , після припинення дії пари? Коефіцієнт тертя  $0,05$ .

564. Вагон, маса якого  $11\,270 \text{ кг}$ , іде з швидкістю  $18 \text{ км/год}$ . Яка повинна бути сила гальмування, щоб зупинити вагон на віддалі  $250 \text{ м}$ ?

565. Сани, маса яких  $78,4 \text{ кг}$ , скотившись з гори, мають швидкість  $5 \text{ м/сек}$  і продовжують потім рухатися по горизонтальному шляху. Визначити силу тертя саней на горизонтальній частині шляху, якщо відомо, що вони зупинились, пройшовши  $80 \text{ м}$ .

566. Літак підходить до землі на посадку з швидкістю  $72 \text{ км/год}$  і пробігає по землі віддалі у  $100 \text{ м}$ . Визначити коефіцієнт тертя літака об землю при посадці. Прийняти  $g = 10 \text{ м/сек}^2$ .

567. Велосипедист, розвинувши швидкість  $54 \text{ км/год}$ , намагається виїхати на гору завдовжки  $50 \text{ м}$  і заввишки  $10 \text{ м}$  з розгону (не працюючи під час підймання педалями). Коефіцієнт тертя велосипеда об землю  $0,02$ . Чи виїде велосипедист на гору при даній початковій швидкості?

568. Тіло вагою  $4 \text{ кг}$  впало з деякої висоти, при чому падання тривало  $3 \text{ сек}$ . Визначити кінетичну енергію в останній момент падання. Визначити потенціальну енергію тіла в верхньому положенні.

569. Тіло, вага якого  $10 \text{ кг}$ , падає з висоти  $9,8 \text{ м}$ . Обчислити суму потенціальної і кінетичної енергії тіла в середній точці його шляху.

570. Поїзд, маса якого  $490 \text{ т}$ , рушає з місця і рухається рівномірноприскорено, з прискоренням  $0,2 \text{ м/сек}^2$ . Він досягає повного ходу через  $1,5 \text{ хв}$ . Обчислити кінетичну енергію поїзда під час повного ходу.

571. Якої швидкості треба надати кускові заліза, щоб його кінетична енергія при перетворенні в тепло могла нагріти його на  $1^\circ$ ?

572. Свинцева куля летить із швидкістю  $320 \text{ м/сек}$  і вдаряє в мішень. Припустимо, що вся енергія її перетворюється в тепло і йде на нагрівання кулі. Чи розтопиться при цьому куля? Початкова температура кулі  $100^\circ$ .

573. Снаряд ударяється у вал із швидкістю  $500 \text{ м/сек}$ . Визначити, на скільки нагріється снаряд, якщо вважати, що вся кінетична енергія, перетворившись у тепло, пішла на нагрівання снаряда.



574. Заряд пороху в мисливській рушниці дорівнює 6 г. Заряд дробу важить 36 г. Дріб вилітає з рушниці з швидкістю 360 м/сек. Визначити коефіцієнт корисної дії рушниці, якщо відомо, що теплотворна здатність пороху дорівнює 700 ккал/кг.

575. З дула гармати, довжина якого 6 м, вилітає снаряд із швидкістю 600 м/сек. Маса снаряда 98 кг. Визначити потужність, яку розвиває гармата під час пострілу.

576. Ріка, що тече з швидкістю 1,4 м/сек, дає 6 т води кожної секунди. Визначити, яку потужність можна одержати від ріки, використовуючи повнотою кінетичну енергію текучої води.

577. Пожежний насос за одну хвилину викидає 980 л води із швидкістю 18 м/сек. Визначити потужність двигуна при цьому насосі.

578. Автомобіль, вага якого 2 т, рушає з місця й іде на гору, нахил якої дорівнює 0,01. На віддалі 100 м автомобіль розвинув швидкість 36 км/год. Коефіцієнт тертя автомобіля об ґрунт дорівнює 0,05. Визначити середню потужність мотора автомобіля. Прийняти  $g = 10$  м/сек<sup>2</sup>.

579. В цирку іноді показують такий фокус: на груди людини ставлять ковадло і на ньому розбивають молотом каміння. Маса молота 2 кг, швидкість його в момент удару 10 м/сек. Людина при таких умовах спроби може витримати на грудях удар, кінетична енергія якого не перебільшує 2 кГм. Визначити, яку найменшу масу повинне мати ковадло, взяте для цієї спроби. Удар вважати непружним.

## § 22. Закони динаміки для обертового тіла, кінетична енергія обертового тіла.

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

580. Маховик має вигляд диска масою 392 кг і діаметром 1,2 м. На циліндричну поверхню його накручена віршовка, на кінець якої діє сила в 2 кГ. Знайти кутове прискорення маховика. За скільки часу він матиме кутову швидкість в 240 об/хв?

Момент інерції циліндра з масою  $m$  і радіусом  $r$  дорівнює  $\frac{mr^2}{2}$ .

581. Вал діаметром 20 см і масою 392 кг обертається в підшипниках, роблячи 240 об/хв. Будучи залишений на самого себе, він зупинився через 4 сек. Визначити силу тертя вала об підшипники.

582. Обчислити кінетичну енергію вала діаметром 30 см і вагою 2 т, який обертається з кутовою швидкістю 200 об/хв. При розв'язуванні цієї задачі і задачі 583 прийняти:  $g = 10$  м/сек<sup>2</sup>;  $\pi^2 = 10$ .

583. Снаряд має вигляд циліндра діаметром 6 см і масою 30 кг. Він летить із швидкістю 400 м/сек і обертається, роблячи 500 об/сек. Визначити його повну кінетичну енергію.



584. Диск діаметром 2 м і масою 196 кг котиться по горизонтальній поверхні, при чому швидкість центра його дорівнює 4 м/сек. Обчислити повну кінетичну енергію диска.

585. Диск діаметром 1,6 м і масою 490 кг обертається, роблячи 600 об/хв. До його циліндричної поверхні притискується колодка гальма силою 20 кг. Коефіцієнт тертя колодки об диск дорівнює 0,4.

Скільки обертів зробить диск до остаточного зупинення?

### § 23. Відцентрова сила.

**Приклад.** Тіло, маса якого 10 г, рухається по колу з радіусом 20 см із швидкістю 150 см/сек. Обчислити величину відцентрової сили.

**Розв'язування.** Всі дані задачі виражені в одиницях системи CGS.

Підставляючи їх у формулу, що виражає величину відцентрової сили:

$$F = \frac{mv^2}{R},$$

дістанемо:

$$F = \frac{10 \text{ г} \cdot 150^2 \text{ см}^2/\text{сек}^2}{20 \text{ см}} = 11\,250 \text{ дин},$$

або, виражаючи величину сили в грамах ваги:

$$F = \frac{11\,250 \text{ дин}}{981} \approx 11,5 \text{ Г}.$$

#### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

586. Тіло, маса якого 19,6 кг, рівномірно обертається по колу радіусом 80 см і робить за хвилину 240 обертів. Визначити відцентрову силу.

587. Камінь, маса якого 98 г, прив'язаний за вірвовку завдовжки 1 м, другий кінець якої знаходиться в руці. В наслідок руху каменя по колу розвивається відцентрова сила в 250 Г. Визначити швидкість руху каменя.

588. Два стрижні скріплені під прямим кутом (рис. 54). По горизонтальному стрижню може ковзати кулька А вагою 50 Г, по вертикальному — тягар В вагою 200 Г. Кулька і тягар сполучені ниткою, перекинутою через блок С. Віссю обертання прилада служить вертикальний стрижень, кулька А міститься від цієї осі на віддалі 5 см. Скільки обертів на хвилину повинен робити прилад, щоб тягар В був піднятий відцентровою силою, яка розвивається при обертанні кульки А?

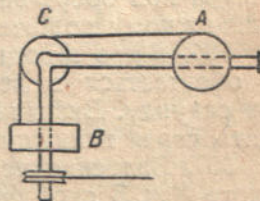


Рис. 54.



589. Диск парової турбіни Лавалля має масу 9,8 кг і робить 30 000 об/хв. Визначити відцентрову силу при обертанні цієї турбіни, якщо відомо, що вісь турбіни проходить на віддалі 0,1 мм від центра ваги диска (в наслідок помилки при насаджуванні).

590. Людина перебуває на краю круглої горизонтальної платформи радіусом 4 м, яка обертається навколо вертикальної осі. Скільки обертів на хвилину повинна робити платформа, щоб людина не могла удержатись на ній? Коефіцієнт тертя 0,2.

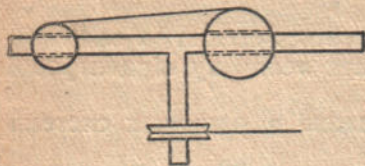


Рис. 55.

591. Дві кульки насаджені на стрижень і зв'язані ниткою, як показано на рис. 55. Кульки можуть ковзати по стрижню. Маса кульок 100 г і 200 г. Велика кулька міститься на віддалі 5 см від осі обертання. На якій віддалі від осі треба помістити малу кульку, щоб при обертанні кульки лишались у рівновазі?

592. Гиря, перебуваючи на полюсі Землі, важить 1 кг. Скільки втратить вона у вазі завдяки відцентровій силі, якщо її помістити на екваторі Землі? (Радіус Землі 6400 км, час обертання її навколо осі 24 години.)

593. Трамвай, вага якого 19,6 т, іде по вигнутому мосту з швидкістю 32,4 км/год. Радіус кривини мосту дорівнює 30 м. Визначити, з якою силою тисне трамвай на міст при своєму русі.

594. Міст, угинаючись під вагою поїзда, що важить 400 т, утворює дугу з радіусом 2000 м. Визначити тиск поїзда на міст при проходженні через його середину. Вважати, що швидкість поїзда всюди однакова і дорівнює 20 м/сек. Прийняти  $g = 10 \text{ м/сек}^2$ .

595. Тіло вагою 2,45 кг, прив'язане на шнурі, довжина якого 1,2 м, і обертається, роблячи 60 об/хв. Визначити силу натягу шнура при обертанні в вертикальній площині в найвищому і в найнижчому положеннях тіла.

596. Відро з водою прив'язане до вірвочки завдовжки 0,6 м і обертається в вертикальній площині, роблячи один оберт на секунду. Визначити, чи виливається вода, коли відро проходить через найвищу точку і буває догори дном.

597. Велосипедист має проїхати по чортовому колесу, радіус якого 8 м. З якої висоти повинен розпочати він свій пробіг, щоб не впасти у верхній точці колеса?

598. Велосипедист іде по горизонтальному шляху. Яку найменшу швидкість він повинен розвинути, щоб з розгону зробити мертву петлю радіусом 2 м? Прийняти  $g = 10 \text{ м/сек}^2$ .

599. Кулька, вага якої дорівнює  $P$ , підвішена на нитці і відведена вбік так, що нитка утворює з початковим напрямом кут в  $90^\circ$ . Потім кульці дають гойдатись. Визначити натяг нитки в момент проходження кулькою положення рівноваги.



600. Люстра висить на ланцюзі завдовжки 2,5 м. Ланцюг може витримати тягар не більший як 50 кг. Вага люстри дорівнює 25 кг. Люстру відхиляють від вертикального положення на деякий кут і випускають з рук, через що вона розгойдується на ланцюзі. Визначити, на який найбільший кут можна відхилити люстру без обриву ланцюга під час гойдання. Прийняти  $g = 10 \text{ м/сек}^2$ .

601. Тіло прив'язане до шнура, довжина якого 1 м. Скільки обертів на хвилину робить тіло, якщо шнур описує конус, утворюючи з горизонтом кут  $30^\circ$ ?

602. Велосипедист іде з швидкістю 36 км/год по закругленню трека, радіус якого дорівнює 20 м. Знайти поперечний нахил, що його треба надати доріжці трека. При розв'язуванні задач 602 і 603 прийняти  $g = 10 \text{ м/сек}^2$ .

603. Вагон іде по закругленню, радіус якого 800 м, з швидкістю 72 км/год. Віддаль між рейками дорівнює 1,5 м. Визначити, на скільки зовнішня рейка має бути вища порівняно з внутрішньою.

## § 24. Всесвітнє тяжіння.

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

604. В системі CGS сила має назву г·см/сек<sup>2</sup>. Яку назву повинна мати гравітаційна стала в формулі закону всесвітнього тяжіння, щоб права частина формули мала назву сили?

605. З якою силою притягуються два кораблі масою 10 000 т кожний, віддалені на 1 км один від одного?

606. Радіус Землі дорівнює 6370 км. Скільки важить маса в 1 т, що перебуває на висоті 12 км над поверхнею Землі?

607. На якій висоті над поверхнею Землі тиск тіла на підставку в наслідок тяжіння до Землі буде вдвоє менший, ніж на поверхні Землі?

608. Обчислити середню густину Землі, якщо відома гравітаційна стала. Радіус Землі дорівнює 6370 км; прийняти  $g = 981 \text{ см/сек}^2$ .

609. Радіус планети Марс дорівнює 0,53 радіуса Землі. Маса Марса дорівнює 0,11 маси Землі. Визначити, в скільки разів сила тяжіння на Марсі менша сили тяжіння на Землі.

610. Місяць знаходиться від Землі на віддалі приблизно 60 земних радіусів і обертається навколо Землі по колу, при чому один оберт робить, приблизно за 27,3 доби. Обчислити доцентрове прискорення руху Місяця навколо Землі і порівняти його з прискоренням земного тяжіння на віддалі Місяця. Радіус Землі дорівнює 6370 км.

611. З якою швидкістю гармата повинна кинути снаряд у горизонтальному напрямі, щоб снаряд не впав на землю, а почав обертатись навколо Землі по колу? На опір повітря не зважати.

612. Розв'язати попередню задачу, вважаючи, що гармата перебувала на висоті 12 600 км над поверхнею Землі.



## КОЛИВНИЙ РУХ. ЗВУК.

## § 25. Маятник.

**Приклад.** Визначити для Москви довжину секундного маятника.

**Розв'язування.** За означенням секундного маятника період його простого коливання дорівнює 1 секунді. Застосовуємо формулу

$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ ; через те що для Москви прискорення  $g = 9,815 \text{ м/сек}^2$ , то одержимо:

$$1 \text{ сек} = \pi \sqrt{\frac{l}{9,815 \text{ м/сек}^2}}$$

Звідси:

$$l = \frac{9,815}{\pi^2} \text{ м} = \frac{9,815}{9,86} \text{ м} = 0,995 \text{ м}.$$

## ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

613. Маятник, вага якого 200 Г і довжина 0,5 м, гойдається по дузі з хордою 30 см. Знайти величину сили, що рухає маятник, коли він перебуває у відхиленнях, які відповідають хордам у 30 см, 15 см і 0 см.

614. Визначити вагу кульки маятника, якщо при куті відхилення в  $60^\circ$  рушійна сила дорівнює 100 Г.

615. Залізна кулька діаметром 4 см при деякому відхиленні має рушійну силу 150 Г. Визначити кут відхилення.

616. Знайти прискорення сили тяжіння в тому місці земної поверхні, де довжина секундного маятника буде 0,995 м.

617. Визначити довжину секундного маятника для місця, в якому  $g = 9,8 \text{ м/сек}^2$ .

618. Визначити період простого коливання маятника завдовжки 1,8 м, якщо  $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ .

619. Яка буде довжина маятника з періодом простого коливання в пів секунди?

620. Маятник завдовжки 2 м робить за годину 2536 коливань. Визначити прискорення сили тяжіння для цього місця.

621. З двох маятників один за деякий час зробив 10 коливань, другий за той же час — 6 коливань; різниця в їх довжині 20 см. Знайти довжину кожного.

622. Яку довжину повинен мати маятник, що вибиває в Лондоні секунди? Прискорення сили тяжіння для Лондона  $g = 9,812 \text{ м/сек}^2$ .

623. Один маятник робить 200 коливань за хвилину, другий 300. Знайти співвідношення їх довжин.

624. Чи буде відставати або поспішати годинник з секундним маятником, якщо його з Берліна перевезти до Лондона? Прискорення сили тяжіння  $g$  для Берліна  $9,814 \text{ м/сек}^2$ , для Лондона  $9,812 \text{ м/сек}^2$ .



625. На скільки піде вперед годинник за добу, якщо його з екватора перенести на полюс? Для прискорення сили тяжіння відповідно приймемо  $g = 978,1 \text{ см/сек}^2$ ,  $g_1 = 983,1 \text{ см/сек}^2$ .

626. Годинник з маятником за добу відстає на годину. Що треба зробити з маятником, щоб годинник ішов правильно?

627. Як треба зменшити довжину маятника, щоб він у Парижі, як і в Москві, вибивав секунди? Прискорення сили тяжіння для Москви  $981,5 \text{ см/сек}^2$ , для Парижа  $981 \text{ см/сек}^2$ .

628. Визначити прискорення сили тяжіння в Севастополі, якщо годинник з маятником, правильний для Москви, відстає там на 35 сек. на добу, для Москви  $g = 981,5 \text{ см/сек}^2$ .

629. Як змінюватиметься хід годинника з маятником узимку і влітку?

630. Вивести залежність періоду коливань маятника від зміни температури.

631. Залізний маятник при  $0^\circ$  відбиває секунди. На скільки відстане такий годинник за добу влітку при температурі  $30^\circ$ ?

632. Годинник з мідним маятником при температурі  $0^\circ$  за добу йде вперед на 7 сек. і відстає на 9 сек. за добу при температурі  $20^\circ$ . Визначити коефіцієнт лінійного розширення міді.

633. Визначити потенціальну і кінетичну енергію маятника завдовжки  $2,5 \text{ м}$ , з кулею, що важить  $1 \text{ кг}$ , в той момент, коли нитка її утворює з вертикаллю кут в  $20^\circ$ . Найбільший кут відхилення маятника від положення рівноваги  $30^\circ$ .

634. Визначити швидкість маятника завдовжки  $2 \text{ м}$  при проходженні ним положення рівноваги, якщо він був відхилений на  $30^\circ$ .

## § 26. Коливання пружних тіл і звукові явища.

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

635. Як відомо, період пружних коливань якоїнебудь маси  $m$  визначається формулою  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ , де  $k$  — коефіцієнт, вимірюваний силою, що діє на цю масу при її відхиленнях з положення рівноваги на одиницю довжини.

Розрахувати період коливання тягара з масою  $245 \text{ г}$ , підвішеного на пружині, яка при навантазі в  $1 \text{ кг}$  видовжується на  $10 \text{ см}$ . Розрахунок зробити як за системою CGS, так і за системою технічною.

636. В лещатах затиснута пружна пластинка, на кінці якої є маса в  $98 \text{ г}$ . Скільки коливань на секунду даватиме пластинка, якщо пружність її така, що від дії сили в  $0,45 \text{ кг}$  кінець її відходить на  $5 \text{ см}$ ?

637. Формула  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$  (див. задачу 635) визначає період коливань, що відбуваються під дією сили, пропорціональної



віддалі. Ця умова пропорціональності вірна і для маятника. Чому ж період його коливань обчислюється за зовсім іншою

формулою  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ ?

Знайдіть розмірності обох виразів і покажіть, що з першої формули можна дістати другу.

Вказівка. Сила, що повертає маятник у положення рівноваги, виражається через вагу маятника  $P$  і кут відхилення  $\varphi$  таким чином:

$$F = P \sin \varphi \approx P\varphi \approx P \frac{x}{l}.$$

638. Спостерігач помітив спалах від пострілу, зробленого на віддалі 2 км, на 6,1 сек. раніше, ніж почув звук від пострілу. Визначити швидкість звуку в умовах спроби.

639. Визначити, на якій віддалі від спостерігача ударила гроза, якщо він почув грім через 6 сек. після спалаху блискавки.

Примітка. В цій і в наступних задачах швидкість звуку прийняти рівною 330 м/сек.

640. У двох точках  $A$  і  $B$ , що лежать на рівних віддальх від стіни (200 м), стоять двоє спостерігачів. У точці  $A$  роблять уривчастий звук, спостерігач у точці  $B$  чує його на 1 сек. раніше, ніж відбитий від стіни. Визначити віддаль між спостерігачами.

641. Людина за секунду вимовляє 4 склади. Визначити, на якій віддалі треба поставити перед нею перепону, щоб вона встигла сказати слово з 5 складів раніше, ніж почує луна.

642. Визначити довжину хвилі звуку від свистка паровоза, що дає 660 коливань на секунду.

643. Знайти довжину хвилі основного тону  $la$ , що має 435 коливань на секунду.

644. Визначити швидкість звуку в воді, якщо коливання з періодом 0,005 сек. викликає хвилю завдовжки 7,175 м.

645. Довжина хвиль людської мови коливається між 2,4 м і 3,65 м. Знайти граничні періоди коливань.

646. Швидкість поширення звуку в сталі коливається від 4880 до 4982 м/сек. Визначити найменшу і найбільшу довжини хвилі, одержуваної в сталі при періоді коливання 0,001 сек.

647. Сирена має 60 отворів і робить 360 об/хв. Визначити довжину хвилі звуку сирени і його період.

648. Визначити період коливань звуку від крил вентилятора, якщо його звук однакової висоти з сиреною, що має 20 отворів і робить 300 об/хв.

649. Сирена має 16 отворів, дає звук, що відповідає числу коливань, рівному 106,6. Визначити число обертів.

650. Сирена дає звук, що відповідає 660 коливанням; до неї наближається спостерігач із швидкістю 18 км/год. Чи буде він чути вищий звук і з яким числом коливань?

651. Пароплав, відходячи, починає давати свисток, що відповідає звукові 400 коливань на секунду. Ті, що перебувають



на березі, чують цей свисток як звук, що відповідає 395 коливанням на секунду. З якою швидкістю відходить пароплав, якщо швидкість звуку  $340 \text{ м/сек}$ ?

652. До поїзда, що йде з швидкістю  $60 \text{ км/год}$ , наближається другий з швидкістю  $40 \text{ км/год}$ , який дає свисток, що відповідає звукові з 840 коливаннями. Якому числу коливань відповідає звук, що його чує перед зустріччю поїздів пасажир, який перебуває в першому поїзді?

653. Паровоз, що дає свисток, який відповідає звукові в 500 коливань, пройшов повз людини, яка стояла на полотні залізниці і почула цей свисток як звук, що відповідає 480 коливанням. З якою швидкістю йшов паровоз, якщо швидкість звуку  $340 \text{ м/сек}$ ?

654. Рушнична куля, що пролетіла повз вуха спостерігача, знизилася тон свого звуку на октаву. Визначити швидкість кулі.



## РОЗДІЛ І.

### ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ.

#### § 27. Кількість електрики, величина струму, опір, напруга. Робота і потужність струму.

**Приклад 1.** Протягом 10 хвилин на електроді ванни з розчином срібної солі виділилось 11,18 г металічного срібла. Визначити величину струму.

1) Визначаємо в кулонах кількість електрики, що протекла. 1 кулон виділяє 1,118 мг срібла; кількість електрики, що протекла, дорівнює:

$$q = \frac{11,18 \text{ г}}{1,118 \text{ мг/к}} = \frac{11\,180 \text{ мг}}{1,118 \text{ мг/к}} = 10\,000 \text{ кулонів.}$$

2) Визначаємо величину струму за формулою:

$$I = \frac{q}{t}, \quad t = 10 \text{ хв.} = 600 \text{ сек.}$$

Маємо:

$$I = \frac{10\,000 \text{ к}}{600 \text{ сек}} \approx 16,7 \text{ А.}$$

**Приклад 2.** Провідник з нейзильберу має в довжину 50 м і площу поперечного перекрою 2 мм<sup>2</sup>. Визначити опір цього провідника при температурі 500° С.

1) Знаходимо опір провідника при 0° за формулою:

$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

Підставляючи дані:

маємо:  $l = 50 \text{ м}; S = 2 \text{ мм}^2; \rho = 0,3$  (з таблиць),

$$R = 0,3 \cdot \frac{50}{2} \Omega = 7,5 \Omega.$$

2) Знаходимо опір цього провідника при температурі 500° С за формулою:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t),$$

де:

$R_0 = 7,5 \Omega; \alpha$  для нейзильберу дорівнює 0,0004;  $t = 500^\circ$ .

Дістаємо:

$$R = 7,5(1 + 0,0004 \cdot 500) \Omega = 9 \Omega.$$



**Приклад 3.** Електрична лампочка вбирає потужність 15 W при величині струму в 1,5 A. Визначити різницю потенціалів на кінцях нитки розжарювання лампочки.

Розв'язуємо за формулою  $N = I \cdot U$ , звідси

$$U = \frac{N}{I}.$$

Через те що  $N = 15 \text{ W}$  і  $I = 1,5 \text{ A}$ , то

$$U = \frac{15 \text{ W}}{1,5 \text{ A}} = 10 \text{ V}.$$

**Приклад 4.** Електрична лампочка горить під напругою 120 V при величині струму в 0,5 A. Визначити вартість горіння за 10 годин, якщо 1 гектоват-година енергії коштує 2 коп.

1) Визначаємо потужність, споживану лампочкою, за формулою:

$$N = I \cdot U.$$

Через те що  $I = 0,5 \text{ A}$  і  $U = 120 \text{ V}$ , то

$$N = 0,5 \text{ A} \cdot 120 \text{ V} = 60 \text{ W} = 0,6 \text{ hW}.$$

2) Знаючи потужність і час роботи, можемо визначити зроблену роботу за формулою:

$$A = Nt.$$

Через те що  $N = 0,6 \text{ hW}$ ,  $t = 10$  годинам, то затрачена енергія

$$W = 0,6 \text{ hW} \cdot 10 \text{ год} = 6 \text{ hWh}.$$

3) Визначаємо вартість горіння лампочки: 1 гектоват-година коштує 2 коп., звідки

$$6 \cdot 2 \text{ коп.} = 12 \text{ коп.}$$

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

**Підрахунок кількості електрики і величини струму.**

655. Електричний струм, проходячи через ванну з розчином мідного купоросу, виділяє на електроді 0,165 г міді. Визначити кількість електрики, що протекла.

656. Яка кількість срібла виділиться на електроді кулонометра, якщо через нього пройде 100 кулонів електрики?

657. Протягом 1 хвилини через поперечний перекрій даного провідника пройшло 600 кулонів електрики. Визначити величину струму.

658. Яка кількість електрики пройде через провідник при величині струму 5 A протягом 1 години?

659. Визначити час, протягом якого через провідник пройде 3000 кулонів електрики при величині струму в 5 A.

660. Після пропускання протягом 10 хвилин електричного струму через ванну з розчином мідного купоросу на електроді виділилось 0,66 г міді. Визначити величину струму.



## Розрахунок опорів.

661. Визначити опір провода телеграфної лінії Москва — Харків завдовжки 780 км, якщо проводка зроблена з залізного дроту діаметром 5 мм.

662. Який має бути перекрій залізного дроту, взятого для виготовлення реостата, опір якого повинен дорівнювати 20  $\Omega$  при довжині дроту в 200 м?

663. Визначити опір 100 г нікелінового дроту, діаметр перекрою якого 1 мм.

664. Скільки на вагу потрібно буде дроту з заліза діаметром 2 мм для того, щоб дістати опір 40  $\Omega$ ?

665. Для економії міді останнім часом часто практикується заміна мідного провода алюмінійовим. За правилами ОСТ (відділ стандартів і нормалей) питомий опір алюмінію не повинен перевищувати 0,03.

Якого перекрою треба надати алюмінійовому проводові, щоб опір лінії не змінився? Мідний провід мав перекрій 50 мм<sup>2</sup>.

666. В якому відношенні зміниться вага провода в попередній задачі при заміні міді алюмінієм?

## Залежність опору від температури<sup>1</sup>.

667. Опір реостата з нікеліну, вимірний при 0°, дорівнює 20  $\Omega$ . Розрахувати, який буде опір реостата, коли дріт його нагріється до 200°.

668. Опір металічної нитки лампи розжарювання в холодному стані дорівнює 20  $\Omega$ . Опір тієї ж нитки, вимірний при горінні лампи, дорівнює 188  $\Omega$ . Визначити температуру розжарення лампи. Температурний коефіцієнт опору нитки  $\alpha = 0,0046$ .

669. Вугільна нитка лампи розжарювання має опір в холодному стані 300  $\Omega$ . Розжарена струмом до 1700° нитка тієї ж лампи являє опір 45  $\Omega$ . Визначити температурний коефіцієнт вугілля.

670. На скільки збільшується опір телеграфного дроту, натягненого між Москвою і Ленінградом, влітку порівняно з зимою, якщо прийняти різницю в температурах між цими порами року в 50°? Віддаль між Москвою і Ленінградом 640 км. Дріт — залізний, з перекроєм 3 мм<sup>2</sup> ( $\alpha = 0,004$ ).

671. На скільки повинна збільшитись температура мідного провідника, щоб опір його збільшився в 2 рази?

## Підрахунок роботи і потужності струму.

672. Різниця потенціалів на кінцях дільниці кола 12 V, а величина струму, що протікає по ньому, 5 А. Обчислити потужність, споживану цією дільницею кола.

673. Потужність струму в колі дорівнює 1 kW. Визначити напругу на затискачах кола, якщо величина струму дорівнює 10 А.

674. Якої величини струм вийде в колі від динамомашини, корисна потужність якої 5 КС, а напруга біля її полюсів 100 V?

<sup>1</sup> Температурний коефіцієнт опору приймемо: для чистих металів — 0,004, для нікеліну — 0,0002.



675. Знайти потужність електричного струму, що живить лампочку розжарювання, якщо через неї проходить струм величиною 0,5 А при напрузі на затискачах лампочки 120 В.

676. Шатурська електростанція, включена в сітку МОГЕС, має потужність 136 000 kW і є одним з джерел електропостачання Москві. Обчислити, скільки тонн довізної нафти економить щодня Шатурська установка. Прийняти, що зазначену потужність станція розвиває в середньому по 12 годин на добу. Теплотворну здатність нафти прийняти 11 000 ккал/кг. Коефіцієнт використання теплової енергії дорівнює 20%.

677. Шатурська електростанція мала потужність 48 000 kW, а в кінці першої п'ятиріччя її потужність доведена до 136 000 kW. Скільки електричних ламп може загорітись за рахунок збільшеної потужності, якщо струм буде подаватись при напрузі 120 В і через кожену лампу буде йти струм величиною в 0,4 А?

678. Приймавши дані попередньої задачі про потужність Шатурської станції і середній час роботи за 1 добу, обчислити, яку кількість умовного палива затрачує станція на кожену кіловат-годину відпущеної енергії. Добова витрата умовного палива дорівнює близько 1100 т.

679. Визначити роботу електричного струму величиною в 2 А за 10 годин, якщо напруга була 110 В. Роботу обчислити в гектоват-годинах.

680. Визначити роботу струму за 1 годину, якщо величина струму дорівнює 2 А, а напруга струму 4,2 В.

681. Обчислити вартість горіння пустотної лампи в 30,3 свічок протягом 8 годин, при тарифі 1,6 коп. за гектоват-годину.

Примітка. Потужність, яку вбирають різні лампи розжарювання на 1 свічку, для цієї задачі і дальших треба брати з таблиці, вміщеної в кінці книги.

682. Якої величини струм потрібен для електричної газоповної лампи в 100 свічок, якщо вона включена в сітку з напругою в 110 В?

683. Електрична газоповна лампочка споживає потужність в 200 W. Скільки коштуватиме 5 годин горіння такої лампочки при оплаті енергії по 1,6 коп. за гектоват-годину?

684. Обчислити вартість горіння за місяць однієї лампочки розжарювання, що горить щодня по 6 год. і споживає при 120 В напруги струм величиною в 0,5 А. За 1 гвт-год енергії сплачується 2,8 коп.

685. В майстерні працюють 3 мотори по 5 КС і 5 моторів по 1 КС щодня по 8 годин. Визначити місячну вартість споживаної енергії при тарифі 1,6 коп. за 1 гвт-год.

686. Ліфт вагою 1000 кг піднімається на висоту 20 м протягом 40 сек. Мотор ліфта працює від сітки під напругою в 120 В. Яка величина струму потрібна для роботи мотора? Втрати на тертя та інше не брати до уваги.

687. Вагон трамваю, розвиваючи силу тяги в 300 кг, рухається з сталою швидкістю по горизонтальному шляху і проходить віддалі в 1 км. Визначити швидкість руху вагона, якщо напруга струму,



що живить мотор вагона, 500 V, а величина струму дорівнює 75 A? Втрати енергії до уваги не брати.

688. Електровоз рухається з швидкістю 36 км/год і розвиває в середньому силу тяги в 500 кГ. Визначити, якої величини струм споживає мотор електровоза, якщо напруга на його затискачах дорівнює 500 V?

689. Електрична установка, коефіцієнт корисної дії якої 50%, використовує енергію води, що падає з греблі заввишки 4 м, при щосекундній витраті води, рівній 1 м<sup>3</sup>. Скільки лампочок розжарювання може жити така установка, якщо величина струму в кожній з лампочок дорівнює 1 A при напрузі в сітці в 120 V.

690. В радгоспі ім. Фрунзе застосовується корчувальна електрична машина з мотором 20 КС, яка може витягти пень за пів хвилини. Визначити виконану роботу і її вартість, рахуючи 2 коп. за гектоват-годину.

## § 28. Закон Ома для частини кола.

**Приклад.** Визначити величину струму на ділянці кола з константанового дроту завдовжки в 20 м, діаметром 0,8 мм, якщо напруга на кінцях цієї ділянки кола 40 V.

1) Визначаємо площу поперечного перерізу дроту за формулою  $S = \pi r^2$ .

Через те що радіус дроту 0,4 мм, то:

$$S = 3,14 \cdot 0,4^2 \text{ мм}^2 = 0,5024 \text{ мм}^2 \approx 0,5 \text{ мм}^2.$$

2) Визначаємо опір константанового дроту за формулою:

$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

Маємо:

$$R = 0,5 \frac{20}{0,5} \Omega = 20 \Omega.$$

3) Визначаємо величину струму за формулою:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{40}{20} \text{ A} = 2 \text{ A}.$$

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

691. Визначити величину струму в електричній лампочці, опір якої 400  $\Omega$ , а напруга на затискачах 120 V.

692. Втрата напруги в реостаті дорівнює 100 V. Визначити його опір, якщо величина струму, що проходить через реостат, дорівнює 5 A.

693. Яка різниця потенціалів потрібна буде для того, щоб дістати струм величиною в 60 A в дроті з опором 2  $\Omega$ ?



694. До затискачів динамомашини примкнено опір в  $0,4 \Omega$ . Амперметр показує величину струму в колі  $300 \text{ A}$ . Знайти напругу на затискачах динамо і потужність, яку вона віддає опоріві.

695. Потужність, споживана реостатом, дорівнює  $30 \text{ W}$ . Знайти опір реостата, якщо напруга на його затискачах дорівнює  $60 \text{ V}$ .

696. Лампа розжарювання споживає  $96 \text{ W}$  і має опір  $150 \Omega$ . Визначити: 1) величину струму в лампі, 2) напругу на затискачах лампи.

697. Реостат зроблений з нікелінового дроту завдовжки в  $15 \text{ м}$  і площею поперечного перекрою в  $1 \text{ мм}^2$ . Знайти величину струму в реостаті і споживану ним потужність, якщо напруга на його затискачах дорівнює  $18 \text{ V}$ .

698. Довжина провода, що підводить струм від динамомашини до споживача електричної енергії, дорівнює в обидва кінці  $120 \text{ м}$ . Який діаметр повинен мати мідний провід, якщо при величині струму, що протікає по ньому в  $160 \text{ A}$ , втрата напруги повинна дорівнювати  $8 \text{ V}$ ?

699. Електричний ліхтар, що потребує для горіння напруги  $45 \text{ V}$  при величині струму в  $10 \text{ A}$ , вмикається в сітку з напругою  $110 \text{ V}$ , при чому зайва напруга вбирається реостатом. Визначити довжину нікелінового дроту, що пішов на виготовлення реостата. Перекрій провода  $2 \text{ мм}^2$ .

700. Електрична піч, зроблена з нікелінового дроту в  $56,25 \text{ м}$  завдовжки і  $1,5 \text{ мм}^2$  в поперечному перекрої, прилучена до сітки з напругою  $120 \text{ V}$ . Розрахувати вартість користування піччю протягом місяця (30 днів), якщо піч буде щодня працювати по 6 годин. За  $1 \text{ гвт-год}$  енергії платиться  $2,5$  коп.

701. Лампочка розжарювання в  $25$  свічок витрачає  $1,2 \text{ W}$  на свічку. Визначити величину струму, споживану лампочкою, якщо напруга біля її затискачів  $120 \text{ V}$ . Знайти опір лампочки і вартість горіння її протягом місяця, якщо ціна на електричну енергію встановлена в  $1,6$  коп. за гектоват-годину і якщо лампочка горітиме щодня по 8 годин.

702. Вугільна лампа розжарювання горить під напругою в  $120 \text{ V}$  при величині струму в  $1,5 \text{ A}$ . Визначити опір вугільного волоска лампи в холодному стані при температурі  $0^\circ \text{C}$ , якщо температура волоска лампи в розжареному стані  $1600^\circ \text{C}$  ( $\alpha = -0,0005$ ).

• 703. Економічна лампочка горить під напругою  $120 \text{ V}$  при величині струму в  $0,3 \text{ A}$ . Визначити температуру розжарювання, якщо лампочка в холодному стані має опір  $44,4 \Omega$ .

## § 29. Закон Ома для всього кола.

**Приклад.** Електрорушійна сила елемента  $1,4 \text{ V}$ , опір зовнішнього кола  $4 \Omega$ , а внутрішній опір елемента  $3 \Omega$ . Визначити величину струму і напругу на затискачах елемента.



1) Знаходимо величину струму за формулою:

$$I = \frac{E}{R + r}$$

де:

$$E = 1,4 \text{ V}; R = 4 \Omega; r = 3 \Omega.$$

Маємо:

$$I = \frac{1,4}{4 + 3} \text{ A} = 0,2 \text{ A}.$$

2) Визначаємо напругу на зовнішньому колі за формулою:

$$U = E - Ir.$$

Маємо:

$$U = 1,4 \text{ V} - 0,2 \Omega \cdot 3 \text{ A} = 0,8 \text{ V}.$$

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

704. Електрорушійна сила елемента 1,8 V; внутрішній опір його 2,2  $\Omega$ . Визначити величину струму, доставлюваного елементом, якщо опір зовнішнього кола 7,8  $\Omega$ .

705. Електрорушійна сила елемента дорівнює 2 V; опір зовнішнього кола 1,14  $\Omega$ . Визначити внутрішній опір елемента, якщо величина його струму 1,25 A.

706. До зовнішнього кола елемента з електрорушійною силою в 1,5 V і внутрішнім опором в 0,5  $\Omega$  ввімкнений деякий опір. Визначити величину цього опору, якщо величина струму в колі 0,1 A.

707. Чому дорівнює втрата напруги в гальванічному елементі з опором 2,2  $\Omega$ , якщо він дає в коло струм величиною в 0,5 A?

708. Внутрішній опір гальванічного елемента 0,6  $\Omega$ , зовнішній опір кола 0,4  $\Omega$ . Визначити електрорушійну силу і напругу на затискачах, якщо величина струму в колі 1,6 A.

709. Коло складається з елемента і провідника з опором в 2  $\Omega$ . Знайти величину струму в колі і напругу на затискачах елемента, якщо його електрорушійна сила дорівнює 1,4 V, а внутрішній опір 0,8  $\Omega$ .

710. Елемент замкнуто нікеліновим провідником завдовжки 3 м, площею поперечного перекрою 0,5 мм<sup>2</sup>. Визначити електрорушійну силу, якщо напруга зовнішнього кола 1,92 V, а внутрішній опір елемента 0,2  $\Omega$ .

711. Визначити внутрішній опір джерела енергії, яке, маючи електрорушійну силу в 4 V, замкнуте залізним дротом завдовжки 40 м і з діаметром поперечного перекрою 1 мм; джерело енергії дає величину струму в 0,5 A.

712. Джерело струму з електрорушійною силою 10 V і внутрішнім опором 0,2  $\Omega$  замкнуте залізним проводом, діаметр якого 1,5 мм, при чому одержуємо струм величиною в 2 A. Визначити довжину провода і напругу на затискачах джерела.

713. Елемент з електрорушійною силою 1,5 V і внутрішнім опором 2  $\Omega$  замкнутий залізним дротом завдовжки в 5 м, при



чому величину струму одержуємо в 0,5 А. Знайти площу перекрою дроту.

714. Гальванічний елемент дає струм величиною в 0,8 А, якщо його замкнути мідним дротом завдовжки 50 м з поперечним перекроєм 1,7 мм<sup>2</sup>. При замиканні того ж елемента залізним дротом завдовжки 60 м і поперечним перекроєм 3 мм<sup>2</sup> з'являється струм в 0,5 А. Знайти електрорушійну силу і внутрішній опір елемента.

715. Елемент, внутрішній опір якого 0,2 Ω, замкнутий нікелювним дротом завдовжки 6 м і площею перекрою 1 мм<sup>2</sup>. Напруга на кінцях дроту 1,8 V. Знайти коефіцієнт корисної дії.

716. Акумулятор, внутрішній опір якого 0,05 Ω, замкнутий провідником з опором 2 Ω, при чому величина струму виходить рівною 1 А. Визначити електрорушійну силу, напругу зовнішнього кола і коефіцієнт корисної дії.

717. Елемент з електрорушійною силою 2,1 V і внутрішнім опором 0,2 Ω сполучений з реостатом. Чому дорівнюють величина струму і опір реостата, якщо напруга на затискачах елемента дорівнювала 2 V? Якої довжини залізний дріт треба взяти для виготовлення реостата, якщо перекрій його 0,75 мм<sup>2</sup>? Чому дорівнює витрата енергії в зовнішньому колі за 1/2 години?

### § 30. Послідовне і паралельне сполучення провідників.

*Приклад 1.* П'ять провідників, що мають опір у 5, 8, 10, 2 і 4 Ω, можуть бути сполучені послідовно і паралельно. Визначити їх спільний опір в обох випадках.

1) Знаходимо опір усіх провідників, коли вони сполучаються послідовно, за формулою:

$$R = r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n;$$
$$R = 5 \Omega + 8 \Omega + 10 \Omega + 2 \Omega + 4 \Omega = 29 \Omega.$$

2) Знаходимо опір тих же провідників, коли вони з'єднуються паралельно, за формулою:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots + \frac{1}{r_n};$$
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{5 \Omega} + \frac{1}{8 \Omega} + \frac{1}{10 \Omega} + \frac{1}{2 \Omega} + \frac{1}{4 \Omega} = \frac{47}{40 \Omega},$$

звідки:

$$47 R = 40 \Omega; R = \frac{40}{47} \Omega \approx 0,85 \Omega.$$

*Приклад 2.* Напруга на затискачах 10 ламп, сполучених паралельно, 110 V. Опір однієї лампи 400 Ω. Опір проводів, що підводять струм, 3,6 Ω. Визначити: 1) величину струму в одній лампі, 2) величину струму в головному колі, 3) спадання напруги в проводах, що підводять струм, 4) коефіцієнт корисної дії проводки.



1) Визначимо величину струму в одній лампі за формулою закону Ома для частини кола:

$$I = \frac{U}{R}.$$

Через те що  $U = 110 \text{ V}$ ,  $R = 400 \Omega$ , то величина струму буде:

$$I = \frac{110}{400} \text{ A} = 0,275 \text{ A}.$$

2) Знайдемо величину струму в головному колі. Через те що величина струму головного кола дорівнює сумі величин струмів окремих віток, а в даному випадку в усіх вітках (лампах) величина струму однакова, то величина струму в головному колі дорівнюватиме добутковій величині струму однієї лампи на число ламп:

$$I = 0,275 \text{ A} \cdot 10 = 2,75 \text{ A}.$$

3) Визначимо за законом Ома для частини кола спадання напруги на проводах, що підводять струм:

$$U_2 = I \cdot R_1.$$

Через те що

$$I = 2,75 \text{ A}, \text{ а } R_1 = 3,6 \Omega,$$

то:

$$U_2 = 2,75 \text{ A} \cdot 3,6 \Omega = 9,9 \text{ V}.$$

4) Далі визначимо напругу всієї проводки за формулою:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n.$$

У нас  $U_1 = 110 \text{ V}$ , а  $U_2 = 9,9 \text{ V}$ , і напруга всієї проводки буде:

$$U = 110 \text{ V} + 9,9 \text{ V} = 119,9 \text{ V}.$$

5) Тепер визначимо коефіцієнт корисної дії для проводки за формулою:

$$100 \frac{U_1}{U} = \eta\%.$$

де

$$U_1 = 110 \text{ V}, \text{ а } U = 119,9 \text{ V}.$$

Підставляючи в формулу, знаходимо:

$$\eta\% = \frac{110 \cdot 100}{119,9}\% = 91,7\%.$$

#### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

##### Послідовне сполучення.

718. Коло складається з проводів з опором  $0,4 \Omega$ , дугового ліхтаря, що має опір  $3 \Omega$ , і реостата з опором  $10 \Omega$ . Який опір всього зовнішнього кола, якщо провідник, ліхтар і реостат увімкнуті послідовно?



719. Чотири дугових ліхтарі ввімкнені послідовно і мають опір по 3,6  $\Omega$  кожний. Опір проводів 1,2  $\Omega$  і реостата 1,07  $\Omega$ . Величина струму, що живить ліхтарі, дорівнює 12 А. Визначити напругу в сітці.

720. Динамомашинна з внутрішнім опором 0,95  $\Omega$  дає струм у коло, що складається з проводів з опором 0,15  $\Omega$ , дугового ліхтаря, який має опір 3,3  $\Omega$ , і з додаткового опору в 2,6  $\Omega$ . Визначити електрорушійну силу динамомашини, якщо величина струму в колі дорівнює 10 А.

721. Обчислити довжину нікелінового дроту, взятого для виготовлення реостата на 20  $\Omega$ , якщо площа перекрою 1  $\text{мм}^2$ . Яке буде спадання потенціала на кожний метр довжини дроту, якщо ввімкнути його в освітлювальну сітку з напругою 120 В?

722. До міської освітлювальної сітки з напругою 110 В треба ввімкнути послідовно 5 лампочок розжарювання з напругою кожна по 12 В. Обчислити додатковий опір, який буде потрібний для лампочок, і величину струму в них, якщо опір кожної лампочки дорівнює 20  $\Omega$ .

723. Обчислити площу перекрою мідного провoda для передачі струму потужністю 6 kW при напрузі 100 В. Довжина провoda в обидва кінці 100 м і втрата напруги в них не повинна перевищувати 6 В.

Примітка. Зазначені потужність і напруга стосуються до затискачів джерела струму.

724. Зробити обчислення перекрою мідного провoda за умовами попередньої задачі, якщо напруга струму дорівнює 220 В, а втрата напруги в проводах не повинна перевищувати 11 В.

725. Треба передати потужність у 6 kW на віддаль в 1 км, при чому втрата енергії в проводах не повинна перевищувати 5% усієї передаваної енергії. Зазначену потужність можна передати в одному випадку при напрузі 120 В, у другому — при напрузі 600 В.

Обчислити, якого перекрою треба було б узяти мідний провід для передачі енергії в обох випадках. Визначити економію міді в процентах при передаванні енергії другим способом.

726. Дуговий ліхтар, що потребує для свого горіння напруги 50 В і струму в 10 А, ввімкнено в сітку з напругою в 120 В. Зайву напругу вбирає реостат. Визначити: 1) опір реостата, 2) довжину нікелінового дроту, затраченого на його виготовлення, якщо перекрій дроту дорівнює 2  $\text{мм}^2$ , 3) енергію, потрібну для горіння ліхтаря протягом 6 годин.

727. У проводах, що живлять лампу розжарювання, яка горить під напругою 120 В, втрачається напруга, що становить 2% від напруги біля затискачів лампи. Який опір проводів, якщо величина струму, споживаного лампою, 5 А? Визначити перекрій мідних проводів, якщо повна довжина їх 48 м.

728. У колі, опір якого дорівнює 1,2  $\Omega$ , проходить струм величиною 100 А. Визначити корисну потужність машини, що дає струм у коло, а також потужність двигуна (в кіловатах



і кінських силах), що приводить в рух машину, якщо коефіцієнт корисної дії її 75%.

729. Динамомашинна з вольтажем 120 V має потужність 10 КС. Яка буде потужність струму у споживача, якщо проводка зроблена з алюмінійового дроту площею поперечного перекрою  $20 \text{ мм}^2$  і має довжину 500 м?

730. Мотор потужністю 5,5 kW працює при напрузі 110 V. Якої величини струм бере мотор для роботи? Чому дорівнює опір мідних проводів, що підводять струм, якщо втрата напруги в них становить 8% від напруги, споживаної моторами? Яка довжина цих проводів, якщо площа перекрою дорівнює  $35 \text{ мм}^2$ ?

731. Електрична лампа споживає потужність 59 W. Опір мідних проводів, що підводять струм, дорівнює 4  $\Omega$ . Визначити: 1) величину струму в лампі, 2) опір лампи і 3) різницю потенціалів, при якій вона горить. Напруга на затискачах динамо 120 V.

732. Треба передати струм при напрузі в 500 V потужністю в 10 kW на віддаль 0,5 км по мідних проводах з площею поперечного перекрою в  $30 \text{ мм}^2$ . Визначити коефіцієнт корисної дії проводки.

### Паралельне сполучення.

733. Дванадцять провідників з опором кожний у 15  $\Omega$  сполучені по 4 послідовно у 3 паралельні кола. Визначити спільний опір.

734. Чотири провідники з опором у 2, 4, 5 і 8  $\Omega$  сполучені паралельно. Визначити величину струму в кожній вітці, якщо в першій з них величина струму дорівнює 5 А. Визначити величину струму в головному колі.

735. Три провідники з опором у 2, 6 і 3  $\Omega$  сполучені паралельно. Визначити величину струму в кожній вітці, якщо в головному колі величина струму дорівнює 10 А.

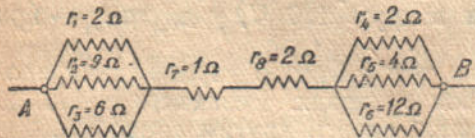


Рис. 56.

736. Який опір повинен мати шунт, щоб амперметром з опором 0,006  $\Omega$ , який вимірює струми величиною в 10 А, можна було виміряти струми в лінії величиною до 160 А?

737. Провідник має вигляд, показаний на рис. 56. Визначити опір цього складного провідника і величину струму в кожному окремому провіднику, якщо різниця потенціалів на кінцях А і В провідника дорівнює 26 V.

738. В одній групі 10 ламп з опором кожна по 200  $\Omega$ , а в другій 8 ламп з опором кожна по 240  $\Omega$ . Величина струму в головному проводі 12 А. Визначити величини струмів у групах, якщо опір провідників у кожній з них по 0,3  $\Omega$ .

739. Різниця потенціалів у сітці 120 V. Опір кожної з двох лампочок розжарювання 300  $\Omega$ . Яка величина струму піде через



ці лампочки, якщо вони сполучені послідовно? Якщо вони сполучені паралельно?

740. В освітлювальну сітку при напрузі 110 V ввімкнено паралельно 25 однакових ламп. Скільки амперів вимагає така сітка? Який опір кожної лампочки і всієї сітки лампочок, якщо через кожну з них проходить струм у 0,4 А?

741. Динамомашина потужністю в 2 КС живить деяку кількість паралельно ввімкнених ламп при напрузі в 120 V. Кожна лампа має опір 400  $\Omega$ . Яку кількість ламп живить машина? На опір сполучних провідників не зважати.

742. В освітлювальну сітку ввімкнено паралельно декілька ламп, з яких кожна вимагає 0,2 А. Яку напругу повинна мати динамомашина, якщо відомо, що опір кожної лампи 550  $\Omega$ , а втрата напруги в провідці становить 10 V?

743. Динамомашина з напругою на затискачах 110 V і внутрішнім опором 0,2  $\Omega$  живить 100 сполучених паралельно ламп, кожна з опором 400  $\Omega$ . Визначити електрорушійну силу динамо.

744. Динамомашина має опір 0,5  $\Omega$ , а зовнішнє коло складається з 60 ламп розжарювання з опором по 240  $\Omega$  кожна, сполучених паралельно. Визначити коефіцієнт корисної дії такої установки.

745. 100 ламп розжарювання, що мають кожна опір 400  $\Omega$ , увімкнені паралельно в сітку з напругою 120 V. Визначити: 1) величину струму, споживану всіма лампами, 2) втрату напруги в сполучних проводах, якщо опір їх дорівнює 0,4  $\Omega$ , 3) напругу на затискачах і потужність динамо.

746. Електрорушійна сила джерела струму 12 V, внутрішній опір 0,2  $\Omega$ , величина струму 1,2 А. У зовнішнє коло ввімкнено нікеліновий провідник. Визначити опір, величину струму і напругу в зовнішньому колі, якщо паралельно нікеліновому провідникові увімкнуті провідник залізний з опором 1,4  $\Omega$ ?

747. Від динамомашини йдуть два паралельні кола. В одному увімкнені паралельно 20 ламп розжарювання з опором кожна по 200  $\Omega$  і з напругою в 220 V, а в другому 24 лампи, увімкнені по дві послідовно, кожна з яких має опір 240  $\Omega$ . Визначити величину струму, яку споживають всі лампи, і загальний опір сітки.

748. По магістральному проводу підводиться струм величиною в 10 А до групового розподільного щитка. Від щитка зроблені відгалуження у вигляді трьох паралельних груп. В одній групі 10 лампочок з опором кожна по 700  $\Omega$ , у другій 9 економічних лампочок з опором по 1080  $\Omega$  і в третій 7 лампочок з опором по 280  $\Omega$ . Визначити величину струму, споживаного кожною групою, і напругу в сітці, якщо відомо, що лампочки з'єднані в групах паралельно.

749. Для освітлення будинку потрібно 25 газоповних ламп по 100 свічок і 120 пустотних ламп по 25 свічок кожна. Лампи повинні горіти під напругою 110 V. Визначити вольтаж джерела, якщо відомо, що воно знаходиться від будинку на віддалі 100 м. Проводка зроблена з мідного проводу перекроєм у 17 мм<sup>2</sup>.



750. 100 лампочок розжарювання ввімкнені паралельно в сітку з напругою 110 V, при чому кожна лампочка витрачає струм величиною в 0,4 A. Визначити: 1) опір однієї лампочки, 2) опір усіх лампочок, 3) величину струму в сітці, 4) опір проводів при умові, щоб втрата потужності у проводах становила 8% від загальної потужності лампочок, 5) перекрій мідних проводів при віддалі лампочок від станції 100 м.

751. У майстерні встановлено 7 моторів, увімкнених у сітку паралельно під напругою 120 V. Кожний мотор споживає потужність у 1,2 kW. Визначити: 1) величину струму, споживану кожним мотором, 2) величину струму в сітці, 3) напругу на затискачах динамомашини, віддаленої від майстерні на 125 м, якщо проводи зроблені з мідного дроту перекроєм у 25 мм<sup>2</sup>, 4) втрату потужності у проводах, яку виразити в процентах від загальної потужності моторів.

### § 31. Сполучення елементів у батареї.

*Приклад.* Є 6 елементів з електрорушійною силою по 2 V кожний і внутрішнім опором по 3 Ω. Зовнішнє коло має опір 5 Ω. Визначити величину струму, якщо елементи сполучити в батарею: 1) послідовно, 2) паралельно.

1) Знаходимо величину струму, якщо елементи сполучені в батарею послідовно, за формулою:

$$I = \frac{En}{R + rn},$$

де  $E = 2 \text{ V}$ ;  $n = 6$  елем.;  $R = 5 \Omega$ ;  $r = 3 \Omega$ . Маємо:

$$I = \frac{2 \cdot 6 \text{ V}}{5 \Omega + 3 \cdot 6 \Omega} = \frac{12}{23} \text{ A} \approx 0,52 \text{ A}.$$

2) Знаходимо величину струму, якщо елементи будуть сполучені в батарею паралельно, за формулою:

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}.$$

Одержуємо:

$$I = \frac{2 \text{ V}}{5 \Omega + \frac{3}{6} \Omega} = \frac{2}{5,5} \text{ A} \approx 0,36 \text{ A}.$$

752. До батареї, складеної з 4 послідовно сполучених елементів Бунзена, прилучено провідник, що має опір 2,5 Ω. Визначити величину струму в колі, якщо кожний елемент має електрорушійну силу 1,85 V і внутрішній опір 0,3 Ω. Яка напруга на кінцях провідника?

753. Три елементи Лекланше, кожний з електрорушійною силою в 1,5 V і внутрішнім опором 2 Ω, сполучені в батарею. Як вигідніше сполучити їх — послідовно чи паралельно, щоб одержати найбільший струм у зовнішньому провіднику з опором у 3 Ω?



754. Батарея складається з 10 елементів Мейдінгера, кожний з електрорушійною силою в 1,1 V і внутрішнім опором по 10  $\Omega$ . Опір зовнішнього кола дорівнює 100  $\Omega$ . Визначити величину струму і коефіцієнт корисної дії батареї, вважаючи, що елементи сполучені: 1) послідовно і 2) паралельно.

755. Два однакових елементи, сполучені послідовно на зовнішній опір в 1  $\Omega$ , дали струм, величина якого 2 А. Ті ж елементи, сполучені паралельно, дали струм, величина якого 1,6 А. Визначити електрорушійну силу і внутрішній опір кожного елемента.

756. Визначити, скільки потрібно буде елементів Мейдінгера, сполучених послідовно, щоб обслужити телеграфну станцію здвома послідовними телеграфними апаратами, знаючи, що опір кожного телеграфного апарата з гальваноскопом дорівнює 637  $\Omega$ . Опір телеграфної лінії 126  $\Omega$ , величина струму, потрібна для приведення в дію телеграфного апарата, дорівнює 10 mA. Електрорушійна сила одного елемента Мейдінгера 1,1 V, а внутрішній опір 10  $\Omega$ .

757. Коло складається з двох елементів, сполучених послідовно, залізного провідника завдовжки 10 м і з площею поперечного перекрою в 2 мм<sup>2</sup>, двох провідників, сполучених паралельно, з яких один має опір 8  $\Omega$ , а другий 2  $\Omega$ . Визначити повну величину струму, якщо внутрішній опір кожного елемента 0,45  $\Omega$ , а електрорушійна сила 2,1 V. Визначити напругу на зовнішньому колі.

• 758. Батарея складається з 12 елементів, сполучених по 6 елементів послідовно в 2 паралельно сполучені кола. Електрорушійна сила кожного елемента 1,5 V, внутрішній опір 0,5  $\Omega$ , зовнішній опір кола 5  $\Omega$ . Визначити коефіцієнт корисної дії батареї.

• 759. Батарея складається з 40 елементів, з'єднаних по 10 елементів послідовно у 4 паралельно сполучені групи. Електрорушійна сила кожного елемента 1,5 V, внутрішній опір 0,4  $\Omega$ , зовнішній опір дорівнює 4  $\Omega$ . Визначити величину струму в зовнішньому колі, вольтаж батареї і коефіцієнт корисної дії її.

## § 32. Теплові дії струму.

**Приклад 1.** Електрична піч, зроблена з нікелінового дроту перекроєм 1,5 мм<sup>2</sup>, завдовжки 51 м, прилучається до сітки з напругою 110 V. Яку кількість тепла дасть піч протягом 1 години?

**Розв'язування.** Визначаємо опір електричної печі, зробленої з нікелінового дроту завдовжки 51 м і з перекроєм 1,5 мм<sup>2</sup>:

$$R = \rho \frac{l}{S}; R = 0,4 \cdot \frac{51}{1,5} \Omega = 13,6 \Omega.$$

Кількість тепла, яку дає така піч протягом 1 години, дорівнює:

$$Q = 0,24 \frac{U^2}{R} t; Q = \frac{0,24 \cdot 110^2 \cdot 3600}{13,6} \text{ кал} = 768707 \text{ кал}.$$

**Приклад 2.** З манганінового дроту зроблено нагрівник з коефіцієнтом корисної дії 84%, який при напрузі в 120 V нагріває



1200 г води від 16° до 100°С протягом 8 хв. Визначити величину струму, що проходить через нагрівник.

*Розв'язування.* Кількість тепла, потрібного для нагрівання 1200 г води з 16° до 100°С:

$$Q_1 = m(t_2 - t_1) = 1200(100 - 16) \text{ кал} = 100\,800 \text{ кал.}$$

Повна кількість тепла, виділена електричним струмом у нагрівнику:

$$Q = \frac{100\,800}{0,84} \text{ кал} = 120\,000 \text{ кал.}$$

При цьому за законом Джоуля-Ленца затрачена електрична енергія  $W$  в нагрівнику дорівнює:

$$W = \frac{Q}{0,24} = \frac{120\,000}{0,24} \text{ дж} = 500\,000 \text{ джоулям.}$$

Тепер визначаємо величину струму, що проходить через нагрівник при напрузі 120 V і виконує роботу 500 000 джоулів протягом 8 хв.:

$$W = I \cdot U \cdot t, \text{ звідки } I = \frac{W}{U \cdot t} = \frac{500\,000}{8 \cdot 60 \cdot 120} \text{ А} \approx 8,7 \text{ А.}$$

**Приклад 3.** Три провідники, опір яких 3, 6 і 8  $\Omega$ , сполучені паралельно. В першому провіднику виділяється 5 ккал тепла. Визначити, яка кількість тепла виділяється за цей час у кожному з решти провідників.

*Розв'язування.* Визначаємо кількість тепла, яку виділяє струм у другому провіднику:

$$Q_1 : Q_2 = r_2 : r_1,$$

звідки 
$$Q_2 = \frac{Q_1 r_1}{r_2} = \frac{5 \cdot 3}{6} \text{ ккал} = 2,5 \text{ ккал.}$$

Визначаємо кількість тепла, яку виділяє струм у третьому провіднику:

$$Q_1 : Q_3 = r_3 : r_1, \text{ звідки } Q_3 = \frac{Q_1 r_1}{r_3} = \frac{5 \cdot 3}{8} \text{ ккал} = 1,875 \text{ ккал.}$$

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

**Визначення кількості тепла.**

760. Визначити кількість тепла, що виділяється в реостаті з опором 5  $\Omega$ , при проходженні через нього струму в 20 А протягом 1 хвилини.

761. 30,3-свічкова лампочка розжарювання споживає потужність 1,32 W на свічку. Визначити кількість тепла в лампочці щосекунди.

762. Дві електричні лампочки з опором 300  $\Omega$  і 200  $\Omega$  вмикаються в сітку з напругою в 110 V. Визначити кількість тепла,



що виділяється щосекунди в кожній лампочці, якщо вони сполучені: а) паралельно, б) послідовно.

763. Ламповий реостат з 10 вугільних ламп, сполучених паралельно, з опором кожна  $480 \Omega$ , вмикається в сітку з напругою  $110 \text{ V}$ . Яка кількість тепла виділиться в такому реостаті протягом 10 хв.?

764. У двох провідниках, сполучених послідовно, при проходженні через них струму виділяється  $18,72 \text{ ккал}$  тепла. Визначити, яка кількість тепла виділяється в кожному провіднику, якщо опір їх  $4 \Omega$  і  $9 \Omega$ .

765. Два провідники, сполучені паралельно, мають опір  $5 \Omega$  і  $8 \Omega$ . При проходженні через них струму в першому провіднику виділяється  $7,2 \text{ ккал}$  тепла. Визначити, яка кількість тепла виділиться за цей час у другому провіднику.

766. Зовнішнім колом для батареї, що складається з 8 послідовно сполучених акумуляторів, є три паралельно сполучених провідники, опір яких  $2 \Omega$ ,  $3 \Omega$  і  $6 \Omega$ . Визначити кількість тепла, що виділяється в кожному проводі окремо за 1 хв. Електрорушійна сила акумулятора  $2 \text{ V}$ , внутрішній опір  $0,01 \Omega$ .

767. Два дугових ліхтарі, кожний з яких вимагає напруги  $45 \text{ V}$ , увімкнуті послідовно в сітку з напругою  $120 \text{ V}$ , при чому зайва напруга вбирається реостатом. Величина струму  $10 \text{ A}$ . Визначити кількість тепла, що виділяється в реостаті за 5 годин горіння.

#### Визначення температури, теплоємності, маси.

768. Рідкий реостат має опір  $5 \Omega$  і вмикається на 10 сек. у коло струму, величина якого  $20 \text{ A}$ . Об'єм рідини дорівнює  $10 \text{ л}$ . Обчислити, на скільки градусів нагрілася рідина реостата. Питому вагу і питому теплоємність прийняти рівною 1.

769. Електричний чайник, що вміщає  $1,5 \text{ л}$  води, має коефіцієнт корисної дії  $90\%$ . Яку температуру повинна мати вода, щоб вартість кип'ятіння не перевищувала  $4,5 \text{ коп.}$  при оплаті  $2,6 \text{ коп.}$  за 1 гектоват-годину?

770. Для опалення кімнати розміром  $60 \text{ м}^3$  користуються електричною піччю, яка прилучена до сітки з напругою  $110 \text{ V}$  і забирає струм  $6 \text{ A}$ . На скільки градусів підвищиться температура повітря в кімнаті при дії такої печі протягом 1 години? Кімната витрачає за 1 хв. крізь холодні стіни і вікна  $9000 \text{ кал.}$

771. У сітку з напругою  $120 \text{ V}$  вмикається два нагрівники з опорами  $20 \Omega$  і  $30 \Omega$ , які вміщають по  $1 \text{ л}$  води. На скільки градусів підвищиться температура води в нагрівниках через 1 хв., якщо нагрівники сполучені: а) паралельно, б) послідовно? Коефіцієнт корисної дії нагрівника  $80\%$ .

772. Динамомашина замкнена двома проводами, сполученими послідовно: залізним завдовжки  $100 \text{ м}$ , площею поперечного перекрою  $4 \text{ мм}^2$ , і мідним — завдовжки  $50 \text{ м}$ , площею поперечного перекрою  $1,7 \text{ мм}^2$ . На скільки градусів нагріється залізний провід, якщо мідний за той самий час нагріється на  $10^\circ$ .

Примітка. У цій задачі є числові дані, які не є істотно необхідними, а наведені лише для полегшення її розв'язування. Указати, які саме ці дані.



773. Зовнішнє коло складається з мідного провода перекроєм  $3 \text{ мм}^2$  і сполученого з ним послідовно свинцевого провода перекроєм  $1 \text{ мм}^2$ . На скільки градусів нагріється мідний провід у разі топлення свинцевого? Початкову температуру прийняти за  $27^\circ$ .

774. Проводи, які несуть напругу  $120 \text{ V}$ , замкнені накоротко двома проводами, сполученими паралельно: свинцевим завдовжки  $1 \text{ м}$ , площею поперечного перекрою  $5 \text{ мм}^2$  і мідним завдовжки  $1 \text{ м}$ , площею поперечного перекрою  $0,2 \text{ мм}^2$ . Який провід перегорить раніше? Втрат тепла в навколишній простір не враховувати. Початкову температуру проводів прийняти за  $17^\circ$ .

775. В калориметр з  $800 \text{ г}$  скипидару опущено дріт з опором  $30 \Omega$ . Різниця потенціалів на кінцях дроту  $10 \text{ V}$ . Яка теплоємність скипидару, якщо після  $10$ -хвилинного проходження струму скипидар нагрівся на  $1,4^\circ$ ?

776. Яку масу води при температурі  $16^\circ \text{C}$  можна скип'ятити протягом  $10$  хвилин у кип'ятильнику з опором  $24 \Omega$  і коефіцієнтом корисної дії  $84\%$ ? Напруга на затискачах кип'ятильника  $120 \text{ V}$ .

777. Обчислити об'єм масла, яке повинно протікати за секунду через реостат для його охолодження, якщо температура масла підвищується за час протікання по реостату на  $50^\circ \text{C}$ . Питома вага масла  $0,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ , а питома теплоємність  $0,4 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ . У реостаті вбирається потужність  $10 \text{ kW}$ .

778. Щодня горять  $100$  ламп розжарювання по  $6$  годин при напрузі  $110 \text{ V}$ . Величина струму в кожній лампі  $0,5 \text{ A}$ . Визначити щоденну витрату бензину в двигуні динамомашини, якщо коефіцієнт корисної дії електричної установки  $85\%$ , а коефіцієнт корисної дії двигуна  $30\%$ .

### Визначення величини струму, напруги, опору, часу, розмірів провідників та питомого опору.

779. Електричний струм, проходячи по провіднику з опором  $10 \Omega$ , зануреному в  $432 \text{ г}$  гасу, нагрів його протягом  $50$  сек. на  $5^\circ$ . Визначити напругу на кінцях провідника.

780. Електричний струм, проходячи по провіднику з опором  $5 \Omega$ , зануреному в  $100 \text{ г}$  спирту, нагрів його протягом  $70$  сек. на  $6^\circ$ . Визначити величину струму.

781. У калориметрі є  $1605 \text{ г}$  води при температурі  $28^\circ$ . Визначити опір провідника, зануреного в воду, якщо відомо, що при пропусканні струму  $12 \text{ A}$  протягом  $10$  хв. вода закипіла і  $170 \text{ г}$  її перетворилось у пару. Теплоту паротворення прийняти  $540 \text{ кал/г}$ .

782. Скільки часу потрібно буде для того, щоб скип'ятити  $720 \text{ г}$  води, якщо в неї занурити спіраль, по якій іде струм  $4 \text{ A}$  при напрузі  $120 \text{ V}$ ? Початкова температура води  $20^\circ \text{C}$ . Неefективні втрати становлять  $20\%$ .

783. Електричний самовар ємністю в  $2,5 \text{ л}$ . Визначити коефіцієнт корисної дії самовара, якщо вартість нагрівання в ньому води



від  $12^{\circ}$  до  $100^{\circ}$  С буде 7,3 коп. при оплаті енергії 2,6 коп. за 1 *гвт-год*. Визначити час, протягом якого нагрівається вода. Напруга при кип'ятінні 120 V; величина струму 10 А.

784. Для опалення кімнати розмірами 4 м  $\times$  5 м  $\times$  3 м користуються електричною піччю. Обчислити вартість користування піччю протягом 6 годин, якщо за цей час повітря в кімнаті нагрівається на  $10^{\circ}$ . Кімната втрачає крізь холодні стіни і вікна 13 *ккал* за 1 хвилину. Вартість енергії 2,6 коп. за 1 *гвт-год*.

785. Визначити величину струму і вартість кип'ятіння в електричному кофейнику, в якому за 10 хв. нагрівається 1 л води від  $12^{\circ}$  до  $100^{\circ}$  С. Напруга при кип'ятінні 110 V. Коефіцієнт корисної дії кофейника 80%. Вартість енергії 2,6 коп. за 1 *гвт-год*.

786. З нікелінового дроту завдовжки 5 м з перекроєм 0,08 *мм<sup>2</sup>* зроблений нагрівник з коефіцієнтом корисної дії 80%, який бере струм 3 А. Який додатковий опір треба ввести в коло струму, якщо напруга сітки 110 V? За скільки часу 580 г води при початковій температурі  $13,6^{\circ}$  С нагріються до  $100^{\circ}$  С?

787. Треба зробити з нікелінового дроту перекроєм 1,5 *мм<sup>2</sup>* електричну піч для опалення кімнати, яка втрачає крізь холодні стіни й вікна 712,8 *ккал* за 1 годину. Якої довжини дріт треба взяти, щоб протягом доби підтримувати температуру кімнати без зміни? Напруга сітки 110 V.

788. З нікелінового дроту перекроєм 0,08 *мм<sup>2</sup>* треба зробити нагрівник, який при величині струму 5 А за 12,5 хв. нагрів би 1,5 л води від  $16^{\circ}$  до  $100^{\circ}$  С. Втрати тепла не повинні перевищувати 20%. Вартість енергії 2,6 коп. за 1 *гвт-год*. Якої довжини дріт треба взяти для цієї мети? Скільки коштуватиме кип'ятіння в такому нагрівнику?

789. Електричний чайник, коефіцієнт корисної дії якого 90%, увімкнений у сітку з напругою 110 V. Опір чайника складається з нікелінового дроту, довжина якого 5 м. 1) Якого перекрою взято дріт, якщо вартість кип'ятіння води в такому чайнику за 30 хв. дорівнює 7 коп. при оплаті енергії по 2,6 коп. за 1 *гвт-год*? 2) Яку кількість води при початковій температурі  $10^{\circ}$  можна скип'ятити в чайнику за цей час?

790. У двигуні динамомашини щосекунди витрачається бензину 0,485 г. Визначити напругу струму у споживача і кількість ламп, яку може живити динамомашинна, якщо опір кожної лампи 240  $\Omega$ , величина струму в колі 50 А. Коефіцієнт корисної дії динамомашини 90%, а коефіцієнт корисної дії двигуна 30%.

791. Електричний кип'ятильник з коефіцієнтом корисної дії 85% за 20 хв. доводить до кипіння 1 л води з температурою  $15^{\circ}$  С. Квартира освітлюється електричними лампами в 25 W. Скільки таких ламп треба було б погасити під час діяння кип'ятильника, щоб витрата енергії залишилась без змін?

792. У магістраль, що складається з мідного провода, перекрій якого 5 *мм<sup>2</sup>*, треба ввімкнути свинцевий запобіжник. Якого перекрою треба його взяти, щоб при нагріванні магістралі більш ніж на  $10^{\circ}$  він розтопився? Початкова температура свинцю  $27^{\circ}$ .



## § 33. Магнетизм.

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

793. Як можна визначити, чи магнітне дане тіло?

794. Якщо два намагнічені сталіні півкільця сполучити по лінії розрізу протилежними полюсами і піднести до магнітної стрілки, як поводитиме себе стрілка при наближенні точок розрізу і чому?

795. Якщо роз'єднати кільце по лінії розрізу на два півкільця і піднести окремо кожне півкільце до магнітної стрілки, як поводитиме себе стрілка і чому?

796. Чи можна намагнітити кульку або кільце?

797. Якщо дві намагнічені сталіні спиці скласти протилежними полюсами і піднести до магнітної стрілки, яка буде дія їх на стрілку? Як зміниться дія їх на магнітну стрілку, якщо спиці скласти однойменними полюсами?

798. Чи однакова буде дія на магнітну стрілку, якщо скласти однойменними полюсами спочатку 2, а потім 10 намагнічених сталіних спиць?

799. Якщо до північного полюса магнітної стрілки піднести з двох боків на рівних віддальх однакові магніти, обидва південними полюсами, як орієнтується стрілка?

800. Нарисувати розташування магнітних силових ліній: а) для прямого магніта, б) підковоподібного магніта, в) двох прямих магнітів, покладених паралельно однойменними полюсами і різнойменними.

801. Нарисувати поле підковоподібного магніта, між полюсами якого міститься сталіне кільце.

802. Нарисувати розташування силових ліній двох прямих магнітів, покладених паралельно різнойменними полюсами, якщо кінці їх сполучені брусками: а) з м'якого заліза, б) з чавуну, в) з міді.

803. Якщо (запитання 799) один з магнітів відсунути від стрілки або замінити його слабшим магнітом, що буде з стрілкою?

804. Якщо (запитання 799) один з магнітів розжарити на червоне, не змінюючи розташування магнітів відносно стрілки, або по одному з магнітів постукати, що буде з стрілкою?

805. Якщо на магнітну стрілку надіти панцер із сталі з невеликим скляним віконцем для спостережень, як поводитиме себе стрілка в розглянутих випадках (запитання 803 і 804) і чому?

806. Чи однаковий вплив постукування при намагнічуванні і на намагнічене вже тіло і чому?

807. Як розмагнітити магніт та як зберегти магнітні властивості магніта постійними?

808. Чи можна намагнітити сталіний стрижень, якщо вздовж нього водити одним полюсом магніта то в одному напрямі, то в протилежному?

809. Стрілка, що міститься поблизу підковоподібного магніта, відхилилась на деякий кут. Що буде з стрілкою, якщо на цей



магніт покласти другий так, щоб полюси його були протилежні полюсам нижнього?

810. Що буде з магнітною стрілкою (запитання 809), якщо між нею і магнітом всунути товстий лист заліза (магнітний екран), міді або товсте скло?

811. Визначити силу взаємодії двох магнітних мас по 50 одиниць *CGSM* кожна, які містяться на віддалі 10 *см* одна від одної.

812. Визначити віддалі між двома магнітними масами по 20 одиниць *CGSM* кожна, якщо вони притягуються одна до одної з силою в 2 дини.

813. Визначити величину магнітної маси, якщо дві рівні маси на віддалі 10 *см* відштовхуються з силою, що дорівнює 9 динам.

814. Одна магнітна маса дорівнює 10 одиницям *CGSM*, друга — 40 одиницям *CGSM*. На якій віддалі одна від одної знаходяться ці маси, якщо сила взаємодії між ними дорівнює 4 динам?

815. Дві магнітні маси на віддалі 20 *см* діють одна на одну з силою в 2 дини. Одна магнітна маса більша другої в два рази. Визначити величини обох мас.

816. Є два прямих магніти, осі яких розташовані на одній прямій, повернутих один до одного однойменними полюсами. Віддалі між полюсами 12 *см*. Магнітні маси (в полюсах) одного магніта по 50 одиниць *CGSM*, другого — по 100 одиниць *CGSM* кожна. Де треба помістити магнітну масу в 8 одиниць *CGSM*, щоб вона була в рівновазі під дією двох сил? Дію других кінців магнітів не враховувати.

817. Прямий магніт завдовжки 20 *см* має магнітні маси (в полюсах) по 100 одиниць *CGSM* кожна. На продовженні осі цього магніта на віддалі 10 *см* від південного полюса розташована маса в 3 одиниці *CGSM* південного магнетизму. Визначити величину і напрям сили, що діє на цю масу.



Рис. 57.



Рис. 58.

818. Прямий магніт завдовжки 20 *см* має магнітні маси (в полюсах) по 100 одиниць *CGSM* кожна. На віддалі 10 *см* по перпендикулярному напрямку до осі магніта в середині міститься маса в 6 одиниць *CGSM* південного магнетизму. Визначити величину і напрям сили, що діє на цю масу.

819. Біля магніта попередньої задачі міститься магнітна маса в 6 одиниць *CGSM* південного магнетизму, розташована так, що кут  $S_sN = 90^\circ$ , а кут  $sSN = 60^\circ$  (рис. 57). Визначити величину і напрям сили, що діє на цю масу.

Чи зміниться сила, що діє на магнітну масу в 6 одиниць *CGSM* південного магнетизму, якщо ця маса буде розташована так, як показано на рис. 58?



820. Прямий магніт завдовжки 25 см має магнітні маси (в полюсах) по 80 одиниць CGSM кожна. Яку масу північного магнетизму можна помістити на віддалі 5 см (на продовженні осі магніта) від північного полюса, щоб відштовхна сила, яка діє на масу, дорівнювала 25 динам?

821. Прямий магніт завдовжки 20 см притягує до себе масу південного магнетизму в 5 одиниць CGSM, розташовану на віддалі 10 см від північного полюса, з силою в 2 дини. Визначити величину магнітних мас магніта (в полюсах).

822. Магніт, довжина якого 10 см, укріплений у вертикальному положенні, має магнітні маси (в полюсах) по 100 одиниць CGSM кожна. На тій же вертикалі розташований другий брусок завдовжки 1,5 см з магнітними масами (в полюсах) по 40 одиниць CGSM кожна. Силою притягання верхнього магніта маленький магніт удержується в повітрі на віддалі 1 см від першого. Визначити вагу нижнього магніта.

823. Визначити величину сили, що діє на магнітний полюс стрілки з магнітною масою в 10 одиниць CGSM, якщо магнітне поле однорідне з напруженістю 20 000 ерстедів.

824. В однорідне магнітне поле поміщена магнітна стрілка. Визначити напруженість поля, якщо на магнітний полюс стрілки з магнітною масою в 5 одиниць CGSM діє сила в 51 Г.

825. Визначити напруженість магнітного поля прямого магніта завдовжки 16 см з магнітними масами (в полюсах) по 50 одиниць CGSM кожна, в точці, що знаходиться на віддалі 6 см по перпендикулярному напрямку до осі магніта, в середині.

826. Визначити густину магнітного потоку в залізі при напруженості поля в 20 ерстедів, якщо магнітна проникність заліза 2000.

827. В однорідне магнітне поле, індукція якого дорівнює 250 одиницям, введена магнітна стрілка. Визначити силу, що діє на магнітний полюс стрілки з магнітною масою 5 одиниць CGSM.

828. При якій напруженості магнітного поля індукція поля буде 16 000 одиниць, якщо магнітна проникність середовища 800?

## § 34. Електромагнетизм.

829. У посудині з маслом є поплавки з магнітними стрілками. Як розташуються стрілки, якщо посудину помістити всередину кільцевого струму, напрям якого: а) за годинниковою стрілкою? б) проти годинникової стрілки?

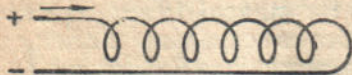


Рис. 59.

830. Як зміниться розташування стрілок, якщо провідник з струмом пропустити через дно посудини при напрямі струму: а) згори вниз? б) знизу вгору?

831. Як розташуються стрілки, якщо посудину всунути всередину соленоїда, по якому тече струм (рис. 59) указанного напрямку?

832. Нарисувати поле прямого струму, кільцевого і соленоїда.



833. Дротяне кільце, по якому тече струм проти годинникової стрілки, закріплене в горизонтальному положенні. Як стане магнітна стрілка, вміщена в центрі кільця?

834. Визначити напрям струму і полюса у джерела струму, якщо магнітна стрілка, піднесена до провода (рис. 60), відхиляється в указаному напрямі.

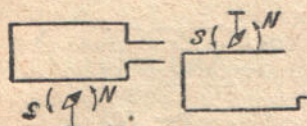


Рис. 60.



Рис. 61.

835. Яке взаємне положення матимуть два контури (рис. 61), по яких тече струм у вказаних напрямках, якщо контури поставлені паралельно?

836. Як зміниться положення, якщо змінити напрям струму: а) в правому контурі? б) в лівому? в) в обох?

837. Яке взаємне положення матимуть два контури, розташовані, як показано на рис. 62, при вказаних напрямках струмів?

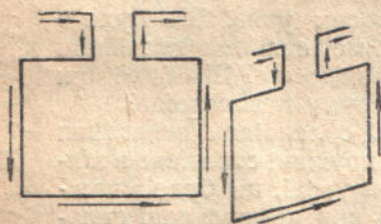


Рис. 62.

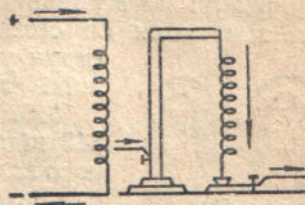


Рис. 63.

838. Що буде з спіраллю (рис. 63), коли по ній потече постійний струм? Пояснити дію спіралі, у якій нижній кінець опущений у чашечку з ртуттю.

839. Як треба піднести магніт до першого контуру (запитання 835), щоб викликати ту саму дію?

840. Яке положення (рис. 64) відносно магніта займе при пускові струму контур? Як зміниться положення, якщо змінити напрям струму?

841. Якщо біля дівнічного полюса магнітної стрілки розташувати на рівних віддальх два однакові соленоїди так, щоб сторони, звернуті до стрілки, обтікалися струмом рівної величини за годинниковою стрілкою, як орієнтується стрілка?

842. Якщо в один з соленоїдів ввести: а) сталевий стрижень, б) мідний, в) змінити в ньому напрям струму, г) поставити магнітний екран між ним і стрілкою, як зміниться положення стрілки і чому?

843. Якщо один соленоїд (запитання 841) взяти з числом обо-

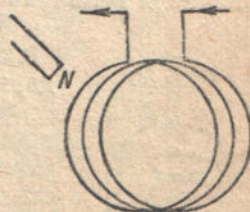


Рис. 64.



ротів дроту більшим у два рази, а в другому збільшити вдвоє величину струму, як орієнтується стрілка.

844. Через соленоїд, всередині якого знаходиться сталений стрижень (рис. 65), пропускають постійний струм указанного напрямку. Визначити полюси в одержаного магніта.

845. Як змінити положення полюсів одержаного магніта?



Рис. 65.



Рис. 66.

846. Визначити напрям струму та полюси джерела струму (рис. 66), якщо при пропусканні постійного струму через соленоїд осердя з сталі намагнічується зазначеним способом.

847. Визначити напрям струму і полюси у його джерела (рис. 67), якщо положення полюсів у підковоподібних магнітів при пропусканні струму таке, як показано на рисунку. Обмотки лівих колін електромагнітів зроблені за годинниковою стрілкою.

848. Над соленоїдом (рис. 68) підвішений вертикально на пружині магніт північним полюсом униз. Що буде з магнітом, коли по соленоїду йтиме сильний постійний струм указанного напрямку? Що буде при зміні напрямку струму в соленоїді?

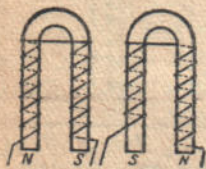


Рис. 67.

849. Якщо над соленоїдом (запитання 848) підвісити на пружині стрижень з м'якого заліза, чавуну, міді, що буде з кожним із стрижнів при пропусканні сильного постійного струму через соленоїд?

850. В який бік відхилиться стрілка гальванометра, показаного на рис. 69? Рис. 68.

Чи можна користуватися таким гальванометром для визначення величини струму (як амперметром)?

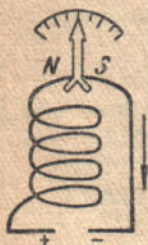


Рис. 69.

851. Визначити напруженість магнітного поля на віддалі 10 см від прямолінійного трамвайного проводу, якщо величина струму в проводі дорівнює 100 А.

852. На якій віддалі від прямолінійного трамвайного проводу напруженість магнітного поля, утворюваного струмом, дорівнюватиме напруженості магнітного поля Землі, якщо величина струму в проводі 100 А?

Напруженість магнітного поля Землі (горизонтальна складова) дорівнює 0,2 ерстеда.

853. Визначити напруженість магнітного поля в центрі витка дроту, по якому тече струм величиною в 10 А, якщо діаметр витка дорівнює 20 см.

854. Якої величини струм треба увімкнути в коло, складене з 5 близько розташованих витків з радіусом 20 см, щоб напруженість поля в центрі була 1 ерстед?

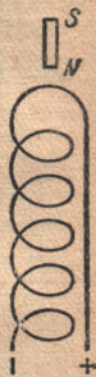


Рис. 68.



855. Визначити силу, що діє на магнітний полюс стрілки з магнітною масою в 5 одиниць *CGSM*, вміщеного в центрі витка з радіусом 10 см, якщо величина струму у витку 10 А.

856. Визначити напруженість магнітного поля всередині індукційної котушки при величині струму 5 А, якщо довжина котушки 20 см і на цій довжині розташовано 2000 витків дроту.

857. Яку кількість витків треба розташувати на 1 см довжини індукційної котушки, щоб при величині струму 10 А напруженість поля в середній частині котушки становила 40 ампервитків на сантиметр? Виразити напруженість поля такої котушки в ерстедах.

858. При якій величині струму напруженість магнітного поля в середній частині соленоїда, що має 200 витків дроту на довжині 20 см, дорівнюватиме 20 ампервиткам на сантиметр?

859. Напруженість магнітного поля всередині соленоїда 20 ерстедів, перекрій соленоїда 10 см<sup>2</sup> заповнений залізним осердям, який дає магнітний потік 20 000 одиниць *CGSM* (максвелів). Визначити величину індукції поля і проникність заліза (осердя).

860. Визначити магнітний потік у залізному осерді, що заповнює внутрішню порожнину соленоїда перекроєм 20 см<sup>2</sup>, якщо магнітна проникність заліза осердя 2000 при напруженості магнітного поля 5 ерстедів.

## § 35. Електромагнітна індукція.

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

861. Визначити напрям індуктованого струму в провіднику при русі його в магнітному полі перпендикулярно до ліній сил: а) коли провідник переміщується згори вниз, б) знизу вгору (рис. 70).

862. Визначити напрям індукційного струму у витках котушки при русі магніта: а) північним полюсом, б) південним (рис. 71).

863. Чи буде індуктуватися струм у котушці, якщо обмотку котушки зробити біфілярною (зробленою з дроту, складеного пополам по всій довжині і в такому вигляді намотаного на котушку)?

864. Визначити напрям індуктованого струму в котушці при введенні всередину її другої котушки, напрям струму в якій показано на рис. 72.

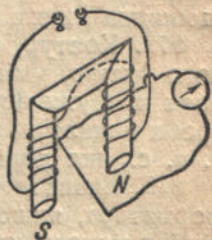


Рис. 70.

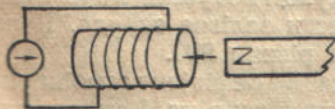


Рис. 71.



Рис. 72.

865. Якого напрямку струм буде індуктуватися у вторинній котушці (рис. 73), якщо в первинній: а) замикати струм? б) розмикати? в) посилювати? г) послаблювати?



866. Визначити величину електрорушійної сили (е. р. с.) Індукції, що виникає на кінцях прямолінійного провада при переміщенні його в магнітному полі перпендикулярно до ліній сил, якщо за 0,01 сек. провідник перетинає 1000 силових ліній.

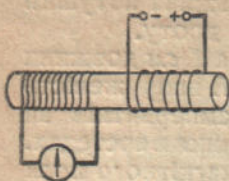


Рис. 73.

867. Яке число магнітних силових ліній повинен перетинати прямолінійний провід при переміщенні в магнітному полі перпендикулярно до напрямку магнітних силових ліній в 1 сек., щоб у ньому виникла е. р. с., яка дорівнює 0,1 V?

868. З якою швидкістю повинен переміщатися провідник завдовжки 1 м у магнітному полі, індукція якого 2000 одиниць CGSM (гаусів), перпендикулярно до напрямку силових ліній, щоб на кінцях його виникла е. р. с., яка дорівнює 0,01 V?

869. Визначити величину е. р. с., індуктованої на кінцях провідника попередньої задачі, якщо він переміщатиметься з швидкістю 5 см/сек у магнітному полі Землі. Напруженість магнітного поля Землі 0,2 ерстеда.

870. Виток дроту, перекрій якого 5 см<sup>2</sup>, знаходиться між полюсами електромагніта, де напруженість магнітного поля 400 ерстедів. Визначити величину електрорушійної сили, яка індуктується у витку, якщо усунення його з поля триває 0,005 сек. Площина витка перпендикулярна до магнітних силових ліній поля.

871. Визначити е. р. с., яка індуктується в контурі, що складається з 10 однакових витків перекроєм 5 см<sup>2</sup>, якщо їх внести в магнітне поле з напруженістю 1000 ерстедів протягом 0,005 сек. (площина витка перпендикулярна до ліній сил).

872. Контур, що має 100 близько розташованих один до одного витків, уміщений перпендикулярно до ліній сил магнітного поля напруженістю 10 000 ерстедів. Визначити, як швидко його треба видаляти з магнітного поля, щоб у ньому індуктувалась е. р. с., яка дорівнює 5 V. Діаметр витка 5 см.

873. Визначити коефіцієнт трансформації у дзвінкового трансформатора, якщо первинна його обмотка прилучається до міської лінії змінного струму з напругою 120 V, а вторинна повинна мати напругу 3 V.

874. Визначити коефіцієнт самоіндукції котушки, яка має 500 витків на довжині 50 см, якщо діаметр витка 7,6 см.

875. Визначити коефіцієнт самоіндукції котушки попередньої задачі, якщо всередину котушки ввести залізне осердя. Коефіцієнт магнітної проникності прийняти рівним 200.

876. Котушка хвильоміра повинна мати коефіцієнт самоіндукції 0,00068 генрі. Визначити потрібне число витків на 1 см довжини котушки, якщо довжина котушки 3,5 см, діаметр 10 см. Визначити повне число витків.

877. Є індукційна котушка, первинна обмотка якої намотана на залізний стрижень, довжина якого дорівнює 68 см і діаметр 6,8 см, з числом витків на всій довжині рівним 170. Визначити



коефіцієнт самоіндукції, якщо коефіцієнт магнітної проникності прийняти рівним 400.

878. Індукційна котушка повинна мати коефіцієнт самоіндукції 0,00013 генрі при довжині 2,5 см і діаметрі 5 см. Визначити число витків, потрібних для одержання потрібного коефіцієнта.

### § 36. Динамомашини.

**Приклад 1.** Визначити величину струму в якорі шунтової динамомашини, якщо опір обмотки індуктора машини дорівнює 30  $\Omega$ , а напруга біля затискачів машини дорівнює 120 V, при чому величина струму в зовнішньому колі дорівнює 110 A.

**Розв'язування.** Через те що індукторна обмотка зв'язана між затискачами, то маємо, що  $120 \text{ V} = 30 \Omega \cdot i_u$ , де  $i_u$  є величина струму в індукторі. Величина струму в якорі дорівнюватиме сумі величини струмів в індукторі і зовнішньому колі:

$$i_x = i_u + 110 \text{ A} = \frac{120}{30} \text{ A} + 110 \text{ A} = 4 \text{ A} + 110 \text{ A} = 114 \text{ A}.$$

**Приклад 2.** Визначити потужність, яку потрібно затратити на обертання динамомашини, що дає струм величиною 40 A при напрузі 120 V, знаючи, що промислова віддача її дорівнює 0,8.

**Розв'язування.** Визначаємо корисну потужність динамомашини, що дорівнює  $40 \cdot 120$  ватів. Ділячи її на потужність двигуна у ватах  $736 \cdot x$ , де  $x$  — потужність двигуна в кінських силах, ми одержимо промислову віддачу:

$$\frac{40 \cdot 120}{736 \cdot x} = 0,8,$$

звідки:

$$x = \frac{40 \cdot 120}{736 \cdot 0,8} \text{ КС} = 8,1 \text{ КС}.$$

#### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

879. Якор шунтової динамомашини розвиває електрорушійну силу в 129 V. Визначити напругу між затискачами цієї машини і опір обмотки індуктора, якщо величина струму в зовнішньому колі дорівнює 30 A, в обмотці індуктора 1,5 A, а опір якоря дорівнює 0,2  $\Omega$ .

880. Динамомашинна з послідовним збудженням при електрорушійній силі в 200 V дає струм величиною 10 A. Опір якоря дорівнює 5  $\Omega$ , а опір обмотки електромагнітів дорівнює 6  $\Omega$ . Визначити різниці потенціалів на щітках і на клемах.

881. Визначити електрорушійну силу шунтової динамомашини, а також величини струмів у якорі, в шунті і в зовнішньому колі, якщо опір обмотки якоря дорівнює 0,08  $\Omega$ , опір обмотки електромагнітів дорівнює 48  $\Omega$ , опір зовнішнього кола дорівнює 3,5  $\Omega$ , а різниця потенціалів на клемах 110 V.

882. Визначити напругу між затискачами шунтової машини і опір обмотки індуктора, якщо нам відомо, що якор розвиває



електрорушійну силу в 120 V, величина струму в зовнішньому колі дорівнює 40 A, а в обмотці індуктора 1,5 A, при чому опір якоря дорівнює 0,2  $\Omega$ .

883. Визначити електричну віддачу шунтової динамомашини, в якій напруга між затискачами дорівнює 110 V, величина струму в якорі дорівнює 45 A, в зовнішньому колі 42 A, вважаючи, що опір якоря 0,15  $\Omega$ .

884. Динамомашини подає в зовнішнє коло струм величиною 25 A при напрузі в 80 V. Визначити потужність, яку треба затратити, щоб привести в рух динамомашину, вважаючи, що її промислова віддача дорівнює 82%.

885. Визначити повну електрорушійну силу і електричну віддачу динамомашини з послідовним збудженням, яка обслуговує кілька дугових ліхтарів, що ввімкнені послідовно і споживають струм величиною в 10 A, якщо відомо, що на затискачах підтримується напруга 420 V. Опір обмотки індуктора і якоря дорівнює 6  $\Omega$ .

886. Динамомашини з послідовним збудженням живить зовнішнє коло струмом величиною 40 A. Визначити повну й корисну потужність динамомашини, знаючи, що напруга на її затискачах дорівнює 250 V, а втрата потужності в обмотках становить 8% повної потужності.

887. Визначити електрорушійну силу, яку розвиває якор, і величину струму в зовнішньому колі шунтової динамомашини, якщо опір якоря дорівнює 0,2  $\Omega$ , напруга на затискачах 110 V, опір шунта дорівнює 55  $\Omega$ , а величина струму в якорі 30 A.

888. Динамомашини приводиться в рух двигуном у 23 КС. Визначити корисну потужність динамомашини, якщо її промисловий коефіцієнт корисної дії дорівнює 78%.

889. Визначити електрорушійну силу в якорі динамомашини „Компаунд“, якщо відомо, що вона дає струм у зовнішнє коло величиною 55 A при напрузі між затискачами в 80 V, при чому опір якоря дорівнює 0,018  $\Omega$ , тонка обмотка має опір 40  $\Omega$ , а товста 0,04  $\Omega$ .

890. Визначити величину струму, яку дає в зовнішнє коло динамомашини, що має промислову віддачу 88%, а напруга біля затискачів 120 V. Потужність двигуна, що приводить в рух динамомашину, дорівнює 30 КС.

891. Визначити, чому дорівнює втрата напруги в якорі шунтової динамомашини, а також, чому дорівнює напруга коло затискачів машини, якщо повна електрорушійна сила якоря дорівнює 120 V, опір якоря дорівнює 0,06  $\Omega$ , а величина струму в ньому 50 A.

892. Шунтова динамомашини, якор якої має опір 0,05  $\Omega$ , а обмотки електромагнітів 30  $\Omega$ , дає при напрузі в 80 V струм величиною в 25 A. Визначити електрорушійну силу якоря, величину струму в обмотках електромагнітів і в якорі.

893. Скільки змін струму за одну секунду дає восьмиполюсна динамомашини змінного струму при 600 об/хв?

894. Скільки обертів треба дати машині змінного струму з вісьмома полюсами, щоб число періодів одержуваного від неї струму дорівнювало 50?



895. Визначити тривалість одного періоду і число полюсів альтернатора, який робить 250 об/хв і дає струм, частота якого дорівнює 50.

896. Визначити, скільки періодів на секунду має струм альтернатора з 24 полюсами, якщо він працює при 250 об/хв.

897. Скільки полюсів повинен мати альтернатор, який розвиває змінний струм в 50 періодів, якщо число обертів на хвилину дорівнює 1500?

## § 37. Електродвигуни.

**Приклад 1.** Визначити величину струму, який живить мотор „Серіес“, якщо напруга на затискачах дорівнює 120 V, обернена електрорушійна сила якоря дорівнює 100 V, а опір обмотки якоря й індуктора дорівнює 0,8 Ω.

*Розв'язування.* Знаючи, що величина струму, одержувана в моторі, дорівнює різниці між напругою на затискачах мотора і оберненою електрорушійною силою, поділеною на опір обмотки якоря й індуктора, маємо:

$$i = \frac{120 \text{ V} - 100 \text{ V}}{0,8 \Omega} = 25 \text{ A.}$$

**Приклад 2.** Визначити величину струму, споживану електродвигуном потужністю в 6 КС, що ввімкнений у лінію з напругою в 110 V. Промислова віддача електродвигуна дорівнює 0,8.

*Розв'язування.* Знаючи, що промислова віддача дорівнює корисній механічній потужності, поділеній на витрачувану потужність, маємо:

$$0,8 = \frac{736 \cdot 6 \text{ W}}{110 \text{ V} \cdot i},$$

де  $i$  — величина струму, споживаного мотором. Звідси:

$$i = \frac{736 \cdot 6 \text{ W}}{110 \text{ V} \cdot 0,8} \approx 50 \text{ A.}$$

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

898. Визначити обернену електрорушійну силу якоря мотора „Серіес“, у якого опір індуктора і обмотки якоря дорівнює 0,7 Ω, напруга на затискачах 200 V, а величина струму, що живить мотор, дорівнює 32 A.

899. Визначити електричну віддачу мотора „Серіес“, у якого напруга на затискачах дорівнює 120 V, протиелектрорушійна сила дорівнює 100 V.

900. Визначити промислову віддачу шунтового мотора в 3 КС, ввімкненого в лінію з напругою 100 V, знаючи, що він споживає струм величиною в 25 A.

901. Мотор з послідовним збудженням працює під напругою 500 V. Визначити його опір, якщо його електрична віддача дорівнює 0,8, а величина робочого струму становить 24 A.



902. Визначити потужність шунтового мотора, який бере 80 А, будучи приєднаний до сітки з напругою у 200 В, якщо відомо, що промислова віддача мотора дорівнює 0,8.

903. Визначити обернену електрорушійну силу якоря мотора „Серіес“ з опором 0,85  $\Omega$ , якщо мотор споживає струм у 8 А, а опір індуктора 0,8  $\Omega$ . Мотор дістає струм від динамомашини з напругою у 300 В, яка віддалена від нього на 60 м. Перекрій мідних проводів дорівнює 4 мм<sup>2</sup>.

904. Визначити величину струму, що живить мотор послідовного збудження з промисловою віддачею 80%, якщо відомо, що корисна потужність його дорівнює 10 КС, а робоча напруга 200 В.

## § 38. Електростатика.

**Приклад 1.** Дві смужки паперу, кожна вагою 0,01 Г, підвішені на шовкових нитках завдовжки по 50 см (рис. 74). Після того як смужки були однаково наелектризовані, вони відійшли одна від одної на віддаль 7 см. Визначити заряд кожної смужки.

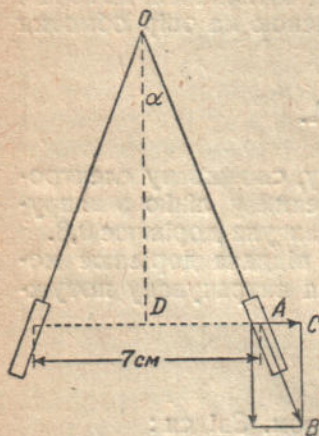


Рис. 74.

**Розв'язування.** Визначаємо кут відхилення нитки від положення рівноваги. З  $\triangle OAD$  знаходимо:

$$\sin \alpha = \frac{AD}{OA} = \frac{3,5}{50} = 0,07;$$

з тригонометричних таблиць знаходимо:  
 $\alpha \approx 4^\circ$ .

Силу взаємодії зарядів виразимо за законом Кулона:

$$F = \frac{q_1 q_2}{R^2} = \frac{q^2}{7^2}; \quad q_1 = q_2 = q$$

в наслідок однакової електризації обох смужок.

На смужку паперу діють 2 сили: вага її  $P = 0,01$  Г і сила електричного відштовхування  $F$ . Рівновага можлива в тому випадку, коли їх рівнодійна має напрям нитки. З  $\triangle ABC$  знаходимо:

$$AC = CB \cdot \operatorname{tg} 4^\circ,$$

де  $AC = F = \frac{q^2}{7^2}$ ;  $CB = P = 0,01$  Г  $\approx 10$  динам;  $\operatorname{tg} 4^\circ \approx 0,07$  ( $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha$  через малу величину кута), звідки

$$\frac{q^2}{7^2 \text{ см}^2} = 10 \cdot 0,07; \quad q^2 = 49 \cdot 10 \cdot 0,07;$$

$$q \approx 5,9 \text{ електростатичних одиниць.}$$

**Приклад 2.** Кулька А з зарядом  $+40$  електростатичних одиниць притягує до себе з силою 10 дин другу кульку В, що віддалена від неї на 6 см (рис. 75).



Цьому притяганню протидіють, підносячи до кульки  $B$  з протилежного боку наелектризовану паличку  $C$ , заряд якої  $+160$  електростатичних одиниць.

На якій віддалі треба тримати паличку від кульки  $B$ , щоб вона залишилась у рівновазі?

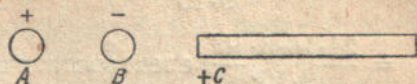


Рис. 75.

*Розв'язування.* Визначаємо заряд кульки  $B$ , застосовуючи закон Кулона (взаємодія в повітрі):

$$F = \frac{q_1 q_2}{R^2}; 10 \text{ дн} = \frac{40 \text{ г}^{\frac{1}{2}} \text{ см}^{\frac{3}{2}} \text{ сек}^{-1} \cdot q_2}{6^2 \text{ см}^2} = \frac{40 \text{ г}^{\frac{1}{2}} \text{ см}^{\frac{3}{2}} \text{ сек}^{-1} \cdot q_2}{36 \text{ см}^2};$$

$$q_2 = \frac{360}{40} \text{ г}^{\frac{1}{2}} \text{ см}^{\frac{3}{2}} \text{ сек}^{-1} = 9 \text{ електростатичним одиницям (CGSE)}.$$

Для рівноваги потрібно, щоб паличка притягувала кульку  $B$  з тією ж силою, з якою її притягує кулька  $A$ .

На основі закону Кулона визначаємо віддаль між кулькою  $B$  і паличкою:

$$10 \text{ дн} = \frac{9 \text{ г}^{\frac{1}{2}} \text{ см}^{\frac{3}{2}} \text{ сек}^{-1} \cdot 160 \text{ г}^{\frac{1}{2}} \text{ см}^{\frac{3}{2}} \text{ сек}^{-1}}{R^2}; R^2 = 9 \cdot 16 \text{ см}^2; R = 12 \text{ см}.$$

**Приклад 3.** Порівняти між собою роботу підймання вантажу в  $1 \text{ кг}$  на висоту  $1 \text{ м}$  з роботою пересування в електричному полі заряду в  $1 \text{ кулон}$  між двома точками, для яких „підняття“ потенціала становить  $1 \text{ В}$ .

*Розв'язування.* В першому випадку робота дорівнює  $1 \text{ кг} \cdot \text{м}$ . В другому (за системою CGS):

$1 \text{ кулон} = 3 \cdot 10^9$  електростатичних одиниць;

$1 \text{ вольт} = \frac{1}{300} \text{ CGS}$  електростатичних одиниць потенціала;

робота  $A = qU = 3 \cdot 10^9 \cdot \frac{1}{300} \text{ ергам} = 10^7 \text{ ергам} = 1 \text{ джоулі}$ .

**Приклад 4.** На лист слюди, товщина якого  $0,1 \text{ мм}$ , наклеєні з обох сторін кружки станіолу діаметром  $8 \text{ см}$ . Кружки електризуються від машини, яка дає різницю потенціалів  $18000 \text{ В}$ . Яка кількість електрики знаходиться на кожному з кружків?

1) Знаходимо ємність конденсатора за формулою:

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi d},$$

де  $\epsilon = 6$  (для слюди),  $S = \pi R^2 = \pi 4^2 \text{ см}^2 = 16\pi \text{ см}^2$ ;  $d = 0,1 \text{ мм} = 0,01 \text{ см}$ . Отже,

$$C = \frac{6 \cdot 16\pi}{4\pi \cdot 0,01} \text{ см} = \frac{24}{0,01} \text{ см} = 2400 \text{ см},$$

$$2400 \text{ см} = \frac{2400}{9 \cdot 10^{11}} \text{ фарадам} = \frac{24}{9 \cdot 10^9} \text{ F}.$$



2) Визначаємо заряд кожної обкладки за формулою  $q = CU$ :

$$q = \frac{24}{9 \cdot 10^9} \cdot 18000 \text{ кулонів} = \frac{24 \cdot 18}{9 \cdot 10^6} \text{ кулонів} = \\ = \frac{24 \cdot 18 \cdot 3 \cdot 10^9}{9 \cdot 10^6} \text{ електростатичних одиниць} = 144000 \text{ CGSE.}$$

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

#### Закон Кулона.

905. З якою силою будуть взаємодіяти два заряди по 1 кулону кожний, віддалені на 1 м один від одного?

906. Два однакові заряди віддалені один від одного на 10 см і відштовхуються з силою в 100 дин. Яка кількість електрики в кожному заряді?

907. Два заряди на віддалі 20 см взаємодіють з силою в 2 дини. Один заряд у 2 рази більший другого. Визначити величину обох зарядів.

908. Два заряди, один у 10, а другий у 20 електростатичних одиниць, знаходяться на віддалі 12 см один від одного. Де треба помістити третій заряд в 1 електростатичну одиницю, щоб він перебував у рівновазі під впливом електричних сил? Розглянути випадок однойменних і різнойменних зарядів.

909. Два заряди: +10 електростатичних одиниць і +40 електростатичних одиниць перебувають у повітрі на віддалі 5 см один від одного. На якій віддалі їх треба вмістити в гасі, щоб сила взаємодії залишилась попередньою?

910. Як і в скільки разів зміниться сила взаємодії між двома наелектризованими тілами, якщо віддаль збільшиться у чотири рази, а діелектрична стала нового середовища буде вдвоє менша попередньої?

911. Два заряди, перебуваючи в повітрі на віддалі 5 см, діють один на одного з силою в 12 дин, а в гасі на віддалі 10 см з силою в 1,5 дини. Визначити діелектричну сталу гасу.

#### Електростатичне поле.

912. Електричне поле утворено двома різнойменними зарядами, рівними величиною. Довести, що в усіх точках поля, однаково віддалених від одного й другого заряду, електрична сила — паралельна лінії, яка сполучає ці два заряди.

913. На колі на однаковій віддалі один від одного розташовані три рівні заряди +q. Яка остаточна сила, з якою вони діятимуть на четвертий заряд +1, вміщений у центрі того ж кола?

914. По колу радіуса 4 см на однаковій віддалі один від одного розташовані три заряди: перший +20 електростатичних одиниць, другий +20 електростатичних одиниць і третій —20 електростатичних одиниць. З якою остаточною силою вони діятимуть на четвертий заряд +1, вміщений у центрі цього кола?



915. В точках  $A$  і  $B$  (рис. 76), віддалі між якими  $10\text{ см}$ , знаходяться два заряди по  $+100$  електростатичних одиниць. Третій заряд  $+1$  розташований у точці  $C$  на віддалі  $5\text{ см}$  по перпендикуляру, проведеному до середини відрізка  $AB$ . Знайти величину спільної сили, з якою два перші заряди діють на третій.

916. Земна куля, будучи заряджена електрикою, утворює навколо себе електростатичне поле, напруженість якого в середньому становить  $1\text{ В}$  на  $1\text{ см}$ . При чому, як показує дослід, потенціал поблизу поверхні Землі зростає з висотою. Знайти знак і величину заряду Землі. Радіус Землі  $\approx 6400\text{ км}$ .

917. Куляка, вага якої  $10\text{ Г}$ , має заряд  $+30$  електростатичних одиниць. Як зміниться в наслідок електризації її прискорення при паданні на Землю? Прискорення ваги  $980\text{ см/сек}^2$ . Напруженість земного електростатичного поля  $1\text{ В}$  на  $1\text{ см}$ .

918. Порошинка, вага якої  $0,000001\text{ Г}$ , має заряд  $0,003$  електростатичної одиниці. Яка з двох сил — вага чи електростатичне притягання Землі — відіграє тут більшу роль? Обчислити кожен з цих сил. Обчислити прискорення порошинки, спричинюване полем, напруженість якого  $1\text{ В/см}$ .

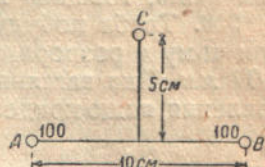


Рис. 76.

### Потенціал.

919. Яка буде робота, виконана при пересуванні в електростатичному полі заряду, який дорівнює  $30$  електростатичним одиницям, між двома точками з різницею потенціалів у  $900\text{ В}$ ?

920. При переміщенні заряду в  $100$  електростатичних одиниць виконана робота в  $1$  ерг. Яка різниця потенціалів крайніх точок шляху у вольтах?

921. У сильному електричному полі з напруженістю в  $10000\text{ В/см}$  переміщуються заряди з загальною величиною в  $0,01$  кулона. На яку віддалі перемістились заряди, якщо виконана робота дорівнює  $1$  джоулеві?

922. Якщо провідник знаходиться в електростатичному полі, то, як відомо, всі точки його мають той самий потенціал. Який кут повинні при цьому утворити силові лінії з поверхнею провідника?

923. Електростатичне поле утворене між двома провідниками, з яких один наелектризований позитивно, а другий негативно (рис. 77). По якій із силових ліній —  $A$ ,  $B$  чи  $C$  повинен рухатися заряд  $+1$  від першого провідника до другого, щоб робота при цьому була найбільшою?

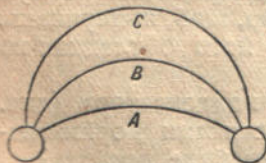


Рис. 77.

### Ємність конденсатора.

924. Можна довести, що ємність кулястого провідника дорівнює його радіусові, вираженому в сантиметрах. Знайти ємність



земної кулі в фарадах і мікрофарадах. Радіус земної кулі дорівнює 6370 км.

925. Хочуть виготовити конденсатор, ємність якого дорівнює ємності земної кулі (див. попередню задачу). Яка повинна бути площа кожної з його обкладок, якщо ізолятором є парафінований папір, товщина якого 0,02 мм?

926. Треба побудувати конденсатор ємністю в 2 мікрофаради, при чому в розпорядженні є парафінований папір, товщина якого 0,02 мм. Яка загальна площа станиюлю, що пішов на його виготовлення, якщо конденсатор складається з двох суцільних пластин?

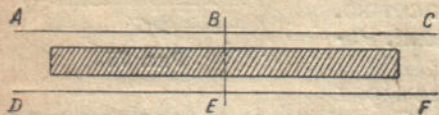


Рис. 78.

927. Дано плоский конденсатор  $ACDF$  (рис. 78). Чи зміниться його ємність, якщо його розрізати пополам по лінії  $BE$  і прикласти так, щоб лінія  $BC$  збіглася з  $DE$ ? Чи не буде частина станиюлю зайвою? При

цьому зовнішні частини обкладки з'єднуються між собою, утворюючи одну спільну обкладку.

928. При розбиранні конденсатора виявилось, що він складається з 10 листів парафінованого паперу завтовшки 0,02 мм і 11 листів станиюлю площею  $31,4 \text{ см}^2$  кожний. Знайти ємність такого конденсатора.

929. Повітряний конденсатор змінної ємності, що служить для настроювання в радіоприймачі, складається з 15 рухомих півдисків і 16 нерухомих. Діаметр дисків 8 см, а віддаль між ними 1 мм. Обчислити: 1) ємність конденсатора при введенні рухомих дисків цілком і 2) ємність конденсатора при повороті на  $60^\circ$  з першого положення.

930. Кожний кілометр телеграфного дроту має помітну ємність (близько 0,012 мікрофаради). Чи не можна розглядати цей дріт як конденсатор? Що тут буде обкладкою і що діелектриком?

931. Ємність одного кілометра вкритого бронею кабеля з зовнішнім діаметром 8 мм і діаметром жили 4 мм, ізольованого гутаперчею (діелектрична стала 2,5), дорівнює 0,2 мікрофаради. Зробити розрахунок ємності в даному випадку, користуючись звичайною формулою конденсатора. Чи відрізняється результат обчислення від наведеної величини (0,2 мікрофаради)? Чому?

932. Яку ємність повинен мати конденсатор, щоб, прилучивши його до сітки з напругою 110 В, одержати на його обкладках по 1 кулону заряду?

933. Яка повинна бути площа пластин у конденсатора (див. попередню задачу), якщо віддаль між пластинами дорівнюватиме 1 см, при чому ізолюючим середовищем буде повітря?

934. Велика лейденська банка з площею кожної обкладки  $28,26 \text{ дм}^2$  розряджається за допомогою двох кульок, при чому іскра одержується при напрузі 20 000 В. Яка кількість електрики в кулонах знаходиться перед моментом розряду на кожній обкладці? Товщина скла 5 мм, його діелектрична стала дорівнює 6. Ємність кульки не враховується.



935. Заряджений конденсатор має запас електричної енергії, яка при розряді (сполучення провідником його пластин) переходить в енергію струму. Яка середня різниця потенціалів, при якій відбувається розряд, якщо спочатку конденсатор був заряджений до  $U$  вольтів? Скільки енергії містилося в ньому, якщо заряд кожної обкладки дорівнює  $q$  кулонам?

936. Електричну енергію конденсатора можна перевести в механічну роботу, даючи можливість пластинкам притягуватися до повного стикання. Визначити силу притягання між пластинками конденсатора, які спочатку віддалені на  $5\text{ см}$  одна від одної і заряджені тоді до різниці потенціалів  $600\text{ В}$ . Заряд кожної обкладки  $0,0005$  кулона.

937. До якої різниці потенціалів треба було б зарядити конденсатор, ємність якого  $1000\text{ см}$  при віддалі між його обкладками  $1\text{ см}$ , щоб він міг підняти вантаж в  $1\text{ т}$ ? Вважати, що  $1\text{ Г}$  дорівнює  $1000$  динам.

938. Чи можна використати в техніці для підймання вантажів такий пристрій, який описаний у попередній задачі? Що буде при такій різниці потенціалів (вважаючи, що пластинки знаходяться в повітрі)? Як треба змінити ємність конденсатора, щоб при тій же віддалі між його пластинками й тій же підйомній силі зменшити різницю потенціалів?

939. Чутливий гальванометр може вимірювати струми в  $10^{-12}\text{ А}$ . Якщо такий струм утворений потоком електронів, то скільки їх проходить через поперечний перекрій провідника за  $1\text{ сек}$ ?

940. Кулька радіусом  $1\text{ см}$  сполучена з негативним полюсом акумулятора, що має електрорушійну силу  $2\text{ В}$ ; другий полюс акумулятора відведений до землі. Скільки електронів знаходиться на кульці?

941. Скільки електронів містить  $1$  кулон негативної електрики?

Щоб судити про величину одержаного числа, розрахувати, скільки електронів припало б на кожний квадратний метр, якби цей заряд був рівномірно розподілений по поверхні земної кулі. Радіус земної кулі прийняти рівним  $6400\text{ км}$ .

## § 39. Електроліз. Струми в газах.

**Приклад 1.** Через розчин мідного купоросу проходить струм у  $5\text{ А}$ . Визначити кількість міді, яка виділяється ним протягом  $1$  години.

**Розв'язування.** Знаходимо в таблицях електрохімічний еквівалент міді, що дорівнює  $0,33\text{ мг/к}$ , тобто кількість її, виділену струмом в  $1\text{ А}$  за  $1\text{ сек}$ .

За законом Фарадея, кількість виділеної речовини прямо пропорційна величині струму і часові його проходження.

Тому струм, який дорівнює  $5\text{ А}$ , протягом  $1$  секунди виділить  $0,33 \cdot 5\text{ мг}$ , а протягом  $1$  години  $= 3600$  секундам виділить  $0,33 \cdot 5 \cdot 3600\text{ мг}$ . Таким чином шукана кількість міді:

$$m = 0,33\text{ мг/к} \cdot 5\text{ А} \cdot 3600\text{ сек} = 5940\text{ мг} = 5,94\text{ г}.$$



**Приклад 2.** Для сріблення встановлено 10 ванн, сполучених паралельно, при чому опір кожної з них  $0,6 \Omega$ . В усіх ваннах за 4 години повинно виділитися  $805,96 \text{ г}$  срібла. Визначити: 1) яка повинна бути потужність динамо, взятого для цієї мети; 2) який буде коефіцієнт корисної дії зовнішнього кола, якщо динамо сполучене з ваннами товстим мідним дротом з опором  $0,01 \Omega$ .

*Розв'язування.* Знаходимо опір 10 паралельно ввімкнених ванн за формулою опору складного кола:

$$R = \frac{0,6}{10} \Omega = 0,06 \Omega.$$

Виходячи з загальної кількості виділеного срібла, знаходимо суму величин струмів в усіх ваннах або, що однаково, величину струму в головному проводі. За законом Фарадея:

$$m = Kit;$$

$$m = 805,96 \text{ г} = 805\,960 \text{ мг};$$

$$t = 4 \text{ години} = 4 \cdot 3600 \text{ сек};$$

$$K = 1,118 \text{ мг/к};$$

$$805\,960 \text{ мг} = 1,118 \text{ мг/к} \cdot I \cdot 4 \cdot 3600 \text{ сек};$$

$$I = \frac{805\,960}{1,118 \cdot 4 \cdot 3600} \text{ А} = 50 \text{ А}.$$

За законом Ома напруга на затискачах ванн:

$$U_1 = IR = 50 \text{ А} \cdot 0,06 \Omega = 3 \text{ В}.$$

Корисна потужність, затрачувана в ваннах:

$$N_1 = IU_1 = 50 \text{ А} \cdot 3 \text{ В} = 150 \text{ В} = 0,15 \text{ кВт}.$$

Напруга на затискачах машини:

$$U = 3 \text{ В} + 0,01 \Omega \cdot 50 \text{ А} = 3,5 \text{ В}.$$

Потужність, яку розвиває машина в зовнішньому колі:

$$N = IU = 50 \text{ А} \cdot 3,5 \text{ В} = 175 \text{ В} = 0,175 \text{ кВт}.$$

Коефіцієнт корисної дії установки:

$$\eta = \frac{N_1}{N} = \frac{0,15}{0,175} \approx 86\%.$$

**Приклад 3.** Ємність акумулятора при розряді становить 15 ампер-годин. Чи достатня ця ємність для виділення  $2 \text{ л}$  кисню при електролізі підкисленої води, вважаючи температуру кисню рівною  $0^\circ$ , а тиск  $760 \text{ мм}$ ?

*Розв'язування.* 1) Знаходимо масу виділеного кисню:

$$m = VD; V = 2 \text{ л}; D = 0,0014 \text{ г/см}^3; m = 0,0028 \text{ кг} = 2800 \text{ мг}.$$



2) За законом Фарадея визначимо кількість електрики, яка повинна протекти для виділення 2 л кисню:

$$m = KIt = Kq; \quad K \approx 0,08 \text{ мг/к}; \quad m = 2800 \text{ мг};$$

$$q = \frac{2800}{0,08} \text{ к} = 35\,000 \text{ кулонів} = \frac{35\,000}{3600} \text{ а} \cdot \text{г} \approx 10 \text{ ампер} \cdot \text{годинам.}$$

Ємність акумулятора (15 ампер-годин) цілком достатня для виділення потрібної кількості кисню.

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

942. Треба осадити з розчину мідного купоросу 10 г міді протягом 4 годин. Якої величини струм потрібний для цього?

943. Через мідний вольтметр протекло 30 000 кулонів електрики. Скільки міді при цьому виділилось?

944. При срібленні з розчину відповідної солі було виділено 50,41 г срібла протягом 2,5 години. Визначити величину струму в ванні, що містить розчин, і напругу на її затискачах, якщо опір розчину дорівнює 0,8  $\Omega$ .

945. В електролітичній мідній ванні за 20 хвилин виділилось 1,98 г міді. Визначити споживану потужність. Опір розчину ванни 0,8  $\Omega$ .

946. Динамомашинна напруги 6 V дає струм для нікелювання в 100 паралельно ввімкнених ванн кожна з опором 3  $\Omega$ . Знайти всю кількість нікелю, виділену за 1 годину.

947. У розчин мідного купоросу опущені 2 циліндричні вуглини, на одній з яких відкладається мідь. Чому найтовстіший шар буде на тій частині її поверхні, яка повернута до другої вуглини?

948. При срібленні користуються струмом, густина якого дорівнює 0,5 A на 1  $\text{дм}^2$ . Сітка, в яку ввімкнено послідовно 40 ванн, має напругу 120 V. Поверхня, що вкривається сріблом, в кожній ванні дорівнює 5  $\text{дм}^2$ . Знайти: 1) витрату енергії в усіх ваннах за 5 год. сріблення і 2) кількість срібла, виділеного в усіх ваннах за той же час.

949. Динамомашинна потужністю 8 kW дає напругу 8 V. Скільки алюмінію можна виділити з розчину алюмінієвої солі при роботі даної машини протягом доби?

950. Елемент Лекланше з електрорушійною силою 1,5 V і внутрішнім опором 0,5  $\Omega$  потрібний для приведення в дію дзвоника, опір якого 2,5  $\Omega$ . Визначити кількість витраченого в елементі цинку за 1 місяць, вважаючи, що дзвоник працює щоденно в середньому по 10 хвилин.

951. Мідна пластинка з площею  $10 \times 5 \text{ см}^2$  має товщину 4,03 мм. Її занурюють у ванну з розчином мідного купоросу і пропускають струм величиною 3 A. З яким полюсом джерела треба сполучити пластинку і скільки часу треба пропускати струм, щоб після електролізу товщина пластинки дорівнювала точно 4 мм?

952. Чому дорівнює електрохімічний еквівалент алюмінію, якщо для відкладання 560 мг його протягом 10 хвилин потрібно



було ввімкнуті послідовно 6 акумуляторів з напругою по 2 V (внутрішнього опору акумулятора не враховувати)? Опір ванни з розчином алюмінієвої солі дорівнює 1,2  $\Omega$ .

953. За який час струм величиною в 1 A розкладе 1 г води?

954. Для очищення (рафінування) міді, яка має домішки, з неї роблять пластини, які потім служать анодами під час пропускання електричного струму через ванни з розчином мідного купоросу. При цьому мідь розчиняється і в чистому вигляді осідає на катодній пластинці. Обчислити, скільки коштуватиме очищення 1 кг міді, яка містить 12% домішок, якщо напруга на затискачах 4,5 V, а вартість 1 kWh 2 коп.

955. Для сріблення 3 столових ложок, з повною поверхнею в 0,94  $дм^2$  кожна, їх занурюють у ванну, що має подвійну синеродисту сіль срібла і калію, і протягом 4 годин пропускають струм величиною в 0,25 A на 1  $дм^2$ . 1) Яка товщина відкладеного срібла? 2) Чому дорівнює напруга на затискачах ванни, опір якої 2  $\Omega$ ?

956. Визначити величину струму в колі і коефіцієнт корисної дії установки, що складається з динамомашини з напругою 110 V, реостата та 30 ванн для золочення. У кожній ванні підтримується напруга 3 V і протягом 5 годин повинно виділитися по 34 г золота.

957. Для визначення полюсів джерела струму часто користуються смужками паперу, змоченими розчином калійної селітри ( $KNO_3$ ) з додатком фенолфталеїну (речовина, що дає червоне забарвлення при дії на неї лугів). На яким полюсі з'явиться забарвлення, якщо пропускати струм через таку смужку? Чи буде вона помітно проводити струм, якщо її висушити? Якщо змочити після цього чистою водою?

958. До смужки полюсного паперу (див. попередню задачу), завтовшки 0,04 мм і завширшки в 1 см прикладені на віддалі 2 см один від одного два проводи, напруга між якими 110 V. Після проходження струму протягом 5 секунд з'явилося помітне червоне забарвлення. Яка кількість калію виділилася при цьому? Питомий опір змоченого розчином паперу прийняти рівним приблизно 100 000.

959. Знаючи, що електрохімічний еквівалент водню 0,01044, обчислити електрохімічні еквіваленти срібла, міді, нікелю. Порівняти обчислені величини з наведеними в таблицях (обчислення зробити до другого десяткового знака).

960. При електролізі виділяється в одному випадку 1 г водню, в другому 1 г срібла. Чи однакові кількості електрики протікають при цьому? Якщо різні, то які саме?

961. У трьох окремих ваннах відбувається електроліз, при чому в першій з них виділяється 1,008 г водню, у другій 107,9 г срібла і в третій 31,8 г міді, тобто речовини виділяються в тих кількостях, у яких вони заміщають одна одну в хемічних сполуках (так звані хемічні еквіваленти). Скільки кулонів при цьому протекло через першу, другу й третю ванни? Електрохімічний еквівалент водню 0,01044, срібла 1,118, міді 0,328.



Через те що електрохімічний еквівалент срібла визначений найточніше, то можна вважати, що всі такі еквівалентні кількості різних речовин виділяються, коли протікає однакова кількість електрики, а саме 96500 кулонів.

962. Як відомо, іон водню при електролізі має найменший можливий у природі заряд позитивної електрики (елементарний заряд). Обчислити величину цього заряду в кулонах, користуючись такими даними:  $1 \text{ см}^3$  водню при нормальних умовах має  $2,7 \cdot 10^{19}$  молекул. Питома вага водню при тих же умовах  $0,000089 \text{ г/см}^3$ . Молекула водню складається з двох атомів (звернути увагу на результат попередньої задачі).

963. У ряді попередніх задач була мова про проходження струму через розчин солей та про виділення з них чистих металів (нікелювання, сріблення, золочення). Чому при цих розрахунках не враховувалась електрорушійна сила поляризації?

964. Ванна з платиновими електродами, яка наповнена розчином  $\text{H}_2\text{SO}_4$  і має опір  $1,68 \text{ }\Omega$ , з'єднана з акумулятором, електрорушійна сила якого  $2 \text{ V}$ , а внутрішній опір  $0,02 \text{ }\Omega$ . Обчислити величину струму, якщо електрорушійна сила поляризації ванни  $1,15 \text{ V}$ .

965. 1) Чи буде струм, якщо скласти коло з двох елементів з однаковою електрорушійною силою й однакоvim опором таким чином, що анод першого сполучається з анодом другого і катод першого — з катодом другого? 2) Чи буде струм, якщо електрорушійні сили цих елементів рівні, а опори різні? 3) Чи буде струм при різних електрорушійних силах обох елементів?

966. За схемою попередньої задачі сполучені акумулятор з електрорушійною силою  $2 \text{ V}$  і внутрішнім опором  $0,04 \text{ }\Omega$  і елемент Лекланше з електрорушійною силою  $1,5 \text{ V}$  і внутрішнім опором  $0,46 \text{ }\Omega$ . Якої величини струм піде в колі?

967. Скільком кулонам відповідає ампер-година?

968. Акумулятор має ємність  $60$  ампер-годин і електрорушійну силу  $2 \text{ V}$ . Яка кількість запасеної в ньому енергії і яко його потужність, якщо розряд тривав протягом  $12$  годин?

969. Скільки міді можна виділити з допомогою акумуляторів ємністю  $100$  ампер-годин? Чи впливає на загальну кількість виділеної міді напруга, яка є на затискачах ванни і яку можна регулювати з допомогою реостата, введеного в коло послідовно з ванною?

970.  $50$  сполучених послідовно акумуляторів заряджаються від динамомашини. Скільки вольтів повинна давати машина на початку і в кінці зарядки? Кожний акумулятор має спочатку електрорушійну силу  $1,85 \text{ V}$ , яка підвищується при зарядці до  $2,75 \text{ V}$ . Внутрішній опір акумулятора  $0,02 \text{ }\Omega$ . Густина струму повинна бути  $0,5 \text{ A/дм}^2$ . В кожному акумуляторі є  $3$  позитивних пластинки розміром по  $2 \text{ дм}^2$ .

971. Дано  $2$  акумулятори, ємність кожного з яких дорівнює  $80$  ампер-годинам, а електрорушійна сила  $2 \text{ V}$ . Яку кількість нікелю можна виділити, використовуючи всю зарядку обох акумуляторів: 1) якщо їх сполучити послідовно? 2) якщо їх сполучити



паралельно? Яке сполучення вигідніше для найбільшого виділення металу? Опір ванни  $0,5 \Omega$ . На внутрішній опір акумуляторів не зважати.

972. На предмет, поверхня якого  $16,18 \text{ дм}^2$ , треба нанести шар нікелю завтовшки  $0,03 \text{ мм}$ . Яка повинна бути найменша ємність акумулятора, придатного для цієї мети, і скільки часу тривало нікелювання, якщо величина струму була  $4 \text{ А}$ ?

### Струми в газах.

973. Електричне поле утворене двома різнойменно наелектризованими пластинками, віддаль між якими  $5 \text{ см}$  і різниця потенціалів  $15\,000 \text{ В}$ . Якої швидкості набуває електрон у такому полі, пройшовши віддаль  $0,00006 \text{ см}$  (це середня величина шляху, який може пройти електрон в атмосферному повітрі без стикання з молекулами газу)? Маса електрона  $9 \cdot 10^{-28} \text{ г}$ , його заряд  $48 \cdot 10^{-11}$  електростатичних одиниць.



Рис. 79.

974. Пучок катодного проміння (рис. 79), проходячи між обкладками конденсатора з напругою поля  $200 \text{ В/см}$ , відхиляється від свого напрямку. Обчислити величину цього відхилення, якщо швидкість катодного проміння прийняти рівною  $0,6 \cdot 10^{10} \text{ см/сек}$ , заряд електрона  $48 \cdot 10^{-11}$  електростатичних одиниць, його маса  $9 \cdot 10^{-28} \text{ г}$ . Довжина

пластинок конденсатора (за ходом променя)  $3 \text{ см}$ .

975. Зберігаючи умови попередньої задачі для розміру конденсатора і напруги поля в ньому, знайти відхилення катодного проміння, що складається з атомів водню з елементарним зарядом  $48 \cdot 10^{-11}$  електростатичних одиниць, з масою  $1,7 \cdot 10^{-24} \text{ г}$  і швидкістю  $10^7 \text{ см/сек}$ .

976. Розжарена речовина, як відомо, випускає електрони; на цьому заснована будова так званих катодних ламп, у яких катодом є нагріваний дріт, анодом — пластинка у вигляді циліндра, розташованого навкруги дроту (рис. 80).

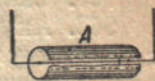


Рис. 80.

Що відбуватиметься з електронами, викинутими розжареним дротом, якщо позитивний полюс батареї прилучити до циліндра, а негативний полюс до дроту й тим самим утворити електричне поле?

Чи покаже струм гальванометр, прилучений, як показано на схемі (рис. 81)?

Чи буде струм, якщо змінити полюси батареї, прилучивши + до дроту, а — до циліндра? Куди в цьому випадку рухатимуться електрони, викинуті дротом?

977. Відомо, що чистий вольфрам в розжареному стані дає з кожного квадратного міліметра за 1 секунду таку кількість електронів, загальний заряд яких становить  $0,001$  кулона.

Яка найбільша величина струму, який можна одержати в колі, зібраному за схемою (рис. 81), якщо діаметр розжареного дроту дорівнює  $0,1 \text{ мм}$ , а довжина його  $3 \text{ см}$ ?



978. Якщо міняти напругу, прикладену до точок  $A$  і  $K$  (рис. 81) катодної лампи, то змінюватиметься і величина струму, показувана гальванометром, при чому ця залежність зображається графіком (рис. 82).

Чому величина струму збільшується лише до певної границі?

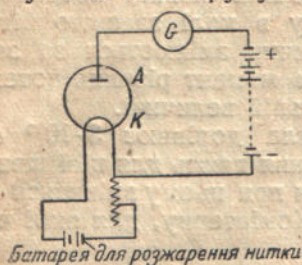


Рис. 81.

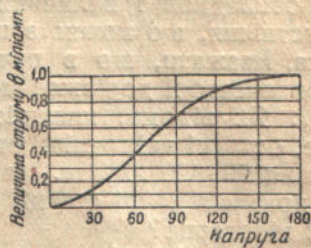


Рис. 82.

Визначити за доданим графіком (рис. 82), на скільки збільшується величина струму, коли напруга змінюється від 30 до 60 V; від 60 до 90 V і т. д. через кожні 30 V.

Чи можна сказати, що величина струму прямо пропорційна напрузі? Чи можна застосовувати закон Ома?

## § 40. Електромагнітні коливання.

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

979. Конденсатор ємністю 900  $\text{см}$ , заряджений від машини до якоїсь різниці потенціалів, розряджається потім через котушку з коефіцієнтом самоіндукції 0,016 генрі. Знайти період коливань, що виникають. Чому кожне наступне коливання дає на обкладках конденсатора меншу різницю потенціалів, ніж попереднє?

980. Яку самоіндукцію треба взяти, щоб дістати коливання з частотою 4000 коливань на секунду (4000 герців), що безпосередньо сприймаються на слух з допомогою телефона? Ємність конденсатора 1000  $\text{см}$ .

981. Коливний контур складається з конденсатора ємністю 900  $\text{см}$  і котушки самоіндукції в 0,001 генрі. На яку довжину хвилі настроений контур?

982. Обчислити частоти в кілогерцах (кілоциклах) таких найпотужніших станцій: Науен (довжина хвилі 18 000  $\text{м}$ ), ім. Комінтерну (довжина хвилі 1744  $\text{м}$ ), Регбі (передає сигнали часу на хвилі 18740  $\text{м}$ ).

983. Коливний контур з конденсатором у 60  $\text{см}$  і котушкою самоіндукції 256 000  $\text{см}^3$  прилучений (за схемою рис. 83) до антени з власною ємністю в 100  $\text{см}$ . На яку хвилю настроений при цьому контур?

984. На який діапазон хвиль можна настроїти контур попередньої задачі, якщо конденсатор змінює ємність від 60 до 480  $\text{см}$ ?

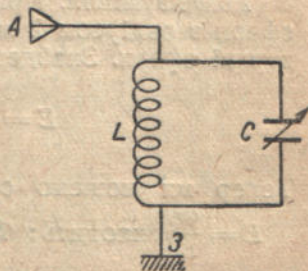


Рис. 83.



985. Приймання провадиться на антену ємністю 120 см. Яку ємність треба підібрати в конденсаторі приймача, щоб при котушці 0,0004 генрі приймати на хвилі 628 м?

986. Конденсатор розряджається через провідник з якоюсь самоіндукцією. Нарисувати графік зміни різниці потенціалів на його обкладках і величини струму в колі залежно від часу, припустивши, що кожна з цих величин змінюється за законом синуса. Вважати, що в початковий момент різниці потенціалів на конденсаторі дорівнює максимальній величині.

987. Як відомо, швидкість світла дорівнює  $3 \cdot 10^{10}$  см/сек. Проте, останні найточніші вимірювання дають для цієї швидкості значення 299 820 км/сек. На скільки при цьому зміниться обчислена довжина хвилі станції імени Комінтерну, для якої частота  $\approx 172$  кілогерца?

Чи є взагалі рація запроваджувати таке уточнення довжини хвилі? Взяти на увагу при цьому, що сучасні способи дають змогу контролювати сталість частоти з точністю до 50 періодів на секунду.

988. На обкладинці однієї з книжок по радіо написана формула  $\lambda = 2\pi \sqrt{LC}$ , де кожна з величин  $L$  і  $C$  виражена в сантиметрах, а довжина хвилі буде тоді також у сантиметрах. Як це можливо, якщо подібною ж формулою виражається не довжина хвилі, а період коливання  $T$  (формула Томсона)?

## РОЗДІЛ II.

## ОПТИКА.

### § 41. Прямолінійне поширення світла. Фотометрія.

**Приклад 1.** Обчислити світловий потік, що падає на площадку в  $10 \text{ см}^2$  від джерела силою в  $I = 200$  свічок, розташованого на віддалі 2 м.

**Розв'язування.** Припустимо, що джерело знаходиться в центрі сфери з радіусом 2 м, а дана площадка  $S$  становить частину поверхні сфери. Знайдемо спочатку освітленість площадки:

$$E = \frac{I}{r^2} = \frac{200}{4} \text{ лк} = 50 \text{ люксів.}$$

Тепер ми можемо обчислити світловий потік  $\Phi$ . З формули

$$E = \frac{\Phi}{S} \text{ виходить: } \Phi = ES = 50 \text{ лк} \cdot 0,001 \text{ м}^2 = 0,05 \text{ люмена.}$$

**Приклад 2.** На стовпі заввишки 6 м висить лампа в 400 свічок. Обчислити освітленість на землі на віддалі 8 м від основи стовпа, якщо припустити, що сила світла лампи одна й та ж у всіх напрямках.

**Розв'язування.** Беремо формулу  $E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha$ . Сила світла  $I$  дана; щоб знайти  $E$ , треба спочатку обчислити  $r^2$  і  $\cos \alpha$ . Зробимо



рисунок (рис. 84). У точці А нехай міститься лампа,  $AC$  — висота стовпа,  $CB$  — віддаль малої площадки на землі, для якої треба обчислити освітленість. З рисунка видно, що  $r = AB = \sqrt{6^2 + 8^2} \text{ м} = 10 \text{ м}$ . Проведемо перпендикуляр  $BP$  із точки  $B$ . Кут  $ABP$  буде кутом падання проміння. Через те що  $\angle ABP = \angle CAB = \alpha$ , то косинус цього кута дорівнює відношенню катета  $AC$  до гіпотенузи, тобто  $\cos \alpha = \frac{6}{10}$ ; підставляючи знайдені величини в формулу, одержимо:

$$E = \frac{400}{10^2} \cdot \frac{6}{10} \text{ лк} = 2,4 \text{ люкса.}$$

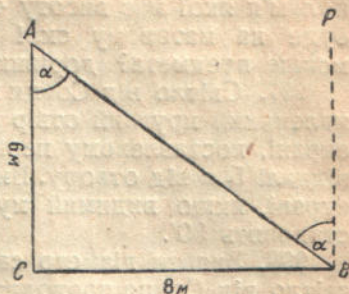


Рис. 84.

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

#### Швидкість світла.

989. Місяць віддалений від Землі на 60 земних радіусів. Визначити, скільки часу йде світло від Місяця до Землі, приймаючи земний радіус рівним 6370 км.

990. Віддаль від Землі до Сонця становить круглим числом 150 000 000 км. За скільки часу світло від Сонця доходить до Землі?

991. Віддаль окремих зір від Землі часто виражають у „світлових роках“. Світловим роком називають віддаль, яку проходить світло протягом одного року ( $365\frac{1}{4}$  днів). Виразити світловий рік у кілометрах.

992. В 1901 році в сузір'ї Персея раптом з'явилась дуже яскрава „нова“ зоря. За кілька місяців, поступово слабнучи, вона перестала бути видимою для неозброєного ока і за нею можна було стежити тільки в телескоп.

Вважають, що „нова“ зоря існувала і раніше, але була дуже слабкою. В наслідок якоїсь катастрофи її яскравість на невеликий час збільшилась у кілька тисяч разів. Коли в дійсності виникла катастрофа, якщо віддаль до „нової“ зорі Персея 2 841 000 000 000 000 км?

#### Тінь і півтінь.

993. Свічка знаходиться на віддалі 2 м від стіни. Хлопчик тримає олівець між свічкою і стіною на віддалі 50 см від свічки. Довжина олівця 15 см. Визначити довжину тіні від олівця на стіні.

994. Будинок, освітлений сонцем, відкидає тінь завдовжки 36 м. Стовп заввишки 1 м, який стоїть вертикально, відкидає тінь завдовжки 120 см. Обчислити висоту будинку.

995. Матова електрична лампочка у вигляді кулі діаметром 6 см освітлює глобус діаметром 26 см. Визначити діаметр тіні і півтіні на стіні від глобуса, якщо віддаль від центра лампочки до центра глобуса 1 м і від центра глобуса до стіни 2 м.



## Одержання зображень за допомогою малого отвору.

996. У камері з малим отвором матове скло віддалене від отвору на 20 см. Камера розташована на віддалі 50 см від свічки, полум'я якої має висоту 4 см. Яка величина зображення полум'я буде на матовому склі камери? При якій умові зображення менше предмета? дорівнює предметові? більше предмета?

997. Світло від Сонця проходить у темну кімнату через дуже маленький круглий отвір у віконниці і дає зображення Сонця на екрані, поставленому перпендикулярно до сонячного проміння на віддалі 5 м від отвору. Визначити діаметр зображення Сонця на екрані, якщо видимий кутовий діаметр Сонця круглим числом становить 30'.

998. Знайти діаметр світлової плями на екрані при умові, що світло від Сонця проходить крізь круглий отвір діаметром у 2 см. Всі інші дані ті ж, що й у попередній задачі.

## Потік променистої енергії. Світловий потік.

999. Численними вимірюваннями знайдено, що при відсутності вбирання світла в земній атмосфері площадка в  $1 \text{ м}^2$ , розташована на земній поверхні перпендикулярно до сонячного проміння, діставала б від Сонця за 1 секунду кількість променистої енергії  $L = \frac{1}{3}$  ккал.

Знаючи, що віддаль від Землі до Сонця  $R = 150\,000\,000 \text{ км}$ , а радіус Сонця  $r = 700\,000 \text{ км}$ , обчислити в кінських силах потужність випромінювання з  $1 \text{ м}^2$  сонячної поверхні. Для полегшення обчислень спочатку розв'язати задачу в загальному вигляді.

1000. Електричну лампочку опустили до патрона в воду, налиту в скляну посудину. Посудина містила 2 л води. Через 5 хвилин температура води підвищилась на  $10,5^\circ$ . Після цього спробу повторили, забарвивши воду чорною фарбою настільки, що світла лампочки не було видно. В цьому випадку через 5 хвилин температура води підвищилась на  $11^\circ$ .

Взявши на увагу, що вода пропускає тільки видимі промені, визначити світлову віддачу лампочки, тобто обчислити, скільки процентів від усієї променистої енергії, яку випускає розжарена нитка лампочки, становить світлова енергія. Чому дорівнює потужність світлового випромінювання даної лампочки?

1001. Один люмен білого світла еквівалентний приблизно  $\frac{1}{230} \text{ W}$ .

Обчислити в кілограмометрах кількість світлової енергії, одержаної за 1 годину тілом, на яке падав світловий потік в 1 люмен. Вважається, що тіло повнотою вбирало падаюче на нього світло.

1002. Чому дорівнює світловий потік джерела з силою світла в 25 свічок?

1003. Повний світловий потік джерела 1000 люменів; знайти силу світла джерела.



## Освітленість.

1004. Світловий потік у 80 люменів падає на площадку в  $5 \text{ м}^2$ . Знайти освітленість.

1005. Освітленість площадки в  $100 \text{ см}^2$  становить 10 люксів. Знайти світловий потік, що падає на цю площадку.

1006. Електрична лампочка в 16 свічок висить над столом на висоті 50 см. Обчислити освітленість на столі під лампою.

1007. Яка повинна бути сила світла джерела, щоб на віддалі 1 км воно давало освітленість в 1 люкс?

1008. На якій віддалі 25-свічкова лампочка дає освітленість в 1 люкс?

1009. Лампочка висить над столом на висоті 60 см. Освітленість стола 40 люксів. Чому дорівнюватиме освітленість, якщо лампочку підняти на 20 см?

1010. Людина дивиться на лампу в 50 свічок, розташовану на віддалі в 1 м. Знайти світловий потік, що падає на зіницю ока, якщо діаметр зіниці 4 мм.

1011. Дві свічки, поставлені поруч, освітлюють екран. Віддаль від свічок до екрана 1 м. Одну свічку погасили. На скільки треба наблизити екран, щоб освітленість екрана не змінилась?

1012. Планета Марс в  $1\frac{1}{2}$  раза далі від Сонця, ніж Земля. У скільки разів сонячне освітлення слабше на Марсі, ніж на Землі?

1013. Електрична лампочка на одній стіні кімнати дає освітлення в 18 люксів, а на протилежній 2 люкси. У скільки разів вона ближче до першої стіни, ніж до другої?

1014. Між двома екранами на оптичній лаві треба поставити свічку так, щоб лівий екран був освітлений вдвоє сильніше правого. На якій віддалі від лівого екрана треба поставити свічку, якщо віддаль між екранами 100 см?

1015. Ліворуч від фотометра на віддалі 30 см міститься лампочка в 10 свічок. Визначити силу світла лампочки, розташованої справа на віддалі 68 см від фотометра, якщо обидві половини фотометра освітлені однаково.

1016. Дві електричні лампочки в 25 свічок і в 100 свічок розташовані одна від одної на віддалі в 3 м. Де треба вмістити між ними непрозорий екран, щоб він був однаково освітлений з обох боків?

1017. При паданні паралельного пучка променів під кутом  $30^\circ$  освітленість поверхні була 40 люксів. Чому дорівнюватиме освітленість, якщо світло падатиме під кутом  $60^\circ$ ?

1018. Промені при заході сонця падають на землю під кутом  $85^\circ$ . У скільки разів освітленість вертикальної стіни будинку, зверненої до сонця, сильніша, ніж освітленість горизонтальної поверхні землі?

1019. Над серединою круглого стола на висоті 1 м висить електрична лампочка (без абажура) в 50 свічок. Обчислити освітленість на краю стола, якщо він має 2 м в діаметрі.

1020. Над серединою площадки діаметром 16 м висить лампа



в 1000 свічок. Як змінюватиметься освітленість на краю площадки, якщо поступово піднімати лампу? Обчислити освітленість для висоти лампи над землею в 2 м, 4 м, 6 м, 8 м і 10 м.

1021. Над двором на висоті 3 м повішені дві лампи по 100 свічок кожна. Віддаль між лампами 4 м. Обчислити освітленість на землі під кожною лампою.

1022. На щоглі, висота якої 12 м, треба повісити електричну лампу такої сили, щоб на віддалі 16 м від основи щогли освітлення на землі було 3 люкси. На скільки свічок треба взяти лампу?

1023. Лампа у 200 свічок знаходиться на віддалі 2 м від книжки, що лежить на столі. Освітленість книжки дорівнює 25 люксам. Під яким кутом падає світло на книжку? На якій висоті повішена лампа над столом?

1024. На висоті 5 м повішена лампа у 200 свічок. Найбільше освітлення на землі буде саме під лампою і зменшуватиметься однаково в усі сторони. Чому дорівнює площа круга, в середині якого освітленість не менша 1 люкса?

## § 42. Відбивання світла.

**Приклад.** Головна фокусна віддаль вгнутого дзеркала 60 см. Предмет розташований на віддалі 20 см від дзеркала. На якій віддалі буде зображення?

**Розв'язування.** Візьмемо формулу сферичного дзеркала:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}. \text{ Підставивши числові значення, дістанемо } \frac{1}{20} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{60}.$$

звідки  $s' = -30$  см. Знак мінус показує, що зображення вийшло не по ту сторону від дзеркала, де розташований предмет, а по другу, і отже є уявним.

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

#### Плоске дзеркало.

1025. Як треба поставити дзеркало, щоб відбитий промінь був перпендикулярний до падаючого променя?

1026. Кут падання променя збільшився на  $10^\circ$ . На скільки збільшився кут між падаючим променем і відбитим променем?

1027. На який кут повернеться відбитий промінь, якщо дзеркало повернути на кут  $\varphi$ ?

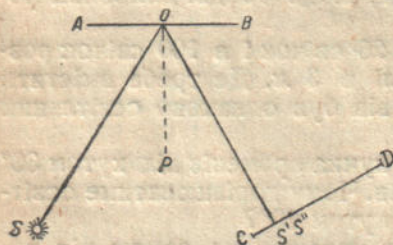


Рис. 85.

1028. У деяких мірних приладах роль стрілки виконує світловий промінь, відбитий від маленького дзеркальця. Нехай AB (рис. 85) — дзеркальце прилада, S — джерело світла, SO — падаючий промінь, а OS' — відбитий промінь і CD — шкала з міліме-



тровими поділками, поставлена перпендикулярно до відбитого променя  $OS'$ . Віддаль  $OS'$  від шкали до дзеркальця 5 м. На який кут повернулось дзеркальце, якщо „зайчик“ пересунувся по шкалі на 32 мм, перейшовши з  $S'$  до  $S''$ ?

1029. Людина стояла перед плоским дзеркалом, потім відійшла від нього на 1 м. На скільки збільшилась віддаль між людиною та її зображенням?

1030. Яку найменшу висоту повинно мати дзеркало, повішене вертикально, щоб людина бачила себе в ньому на весь зріст? Верхній край дзеркала розташований на рівні ока.

1031. Предмет знаходиться між двома паралельно поставленими дзеркалами. Скільки зображень він дасть у них?

1032. Показати з допомогою побудови, скільки зображень дасть предмет у двох дзеркалах, поставлених під кутом у  $90^\circ$  одне до одного; під кутом  $60^\circ$  одне до одного.

### Вгнуте сферичне дзеркало.

1033. На вгнуте дзеркало падають промені сонця. На якій віддалі від дзеркала перетнуться відбиті від нього промені, якщо радіус кривини дзеркала 32 см?

1034. Свічку поставили на віддалі 36 см від вгнутого дзеркала. Зображення полум'я вийшло на віддалі 108 см від дзеркала. Чому дорівнюють головна фокусна віддаль і радіус кривини дзеркала?

1035. Свічку, про яку говориться в попередній задачі, на 6 см пересунули ближче до дзеркала. На скільки і в якому напрямі пересунеться зображення?

1036. Де треба поставити предмет перед вгнутим дзеркалом, щоб зображення збіглося з предметом?

1037. Якої величини зображення електричної лампочки дасть вгнуте дзеркало, якщо діаметр лампочки 6 см, віддаль лампочки від дзеркала 25 см і головна фокусна віддаль дзеркала 20 см?

1038. Людина дивиться у вгнуте дзеркало, тримаючи його на віддалі 15 см від обличчя. На якій віддалі від дзеркала знаходиться зображення, якщо радіус кривини дзеркала 120 см?

1039. Головна фокусна віддаль вгнутого дзеркала 25 см. На якій віддалі треба поставити предмет, щоб його уявне зображення вийшло на віддалі 1 м від дзеркала?

1040. Радіус кривини вгнутого дзеркала 80 см. На якій віддалі від дзеркала треба поставити предмет, щоб його дійсне зображення було вдвоє більше предмета? Розв'язати те ж запитання для уявного зображення.

1041. Вгнуте дзеркало дає в 3 рази збільшене обернене зображення предмета. Віддаль від предмета до зображення 28 см. Чому дорівнює головна фокусна віддаль дзеркала?

1042. Свічка віддалена від вгнутого дзеркала на 60 см. Якщо свічку пересунути на 10 см ближче до дзеркала, то віддаль зображення від дзеркала збільшиться на 80 см. Визначити головну фокусну віддаль дзеркала.



## Опукле сферичне дзеркало.

1043. Радіус кривини опуклого дзеркала 30 см. Предмет знаходиться на віддалі 1 м від дзеркала. На якій віддалі буде зображення?

1044. На якій віддалі від опуклого дзеркала треба вмістити предмет, щоб його зображення було на віддалі 1 м від дзеркала? Головна фокусна віддаль дзеркала 1,5 м.

1045. Пучок світлових променів упав на опукле дзеркало і, відбившись від нього, зійшовся в одну точку перед дзеркалом. Показати на рисунку, який був напрям падаючих променів.

## § 43. Заломлення світла.

**Приклад 1.** Промінь світла падає з повітря на поверхню води під кутом  $50^\circ$ . Найдіть кут заломлення променя в воді.

**Розв'язування.** Через те що промінь світла переходить у воду з повітря, то беремо формулу  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ . Для води  $n = 1,33$ . По таблиці синусів знаходимо  $\sin 50^\circ = 0,766$ . Підставляючи ці числові значення в формулу, дістанемо  $\frac{0,766}{\sin \beta} = 1,33$ , звідки  $\sin \beta = 0,576$  і кут  $\beta \approx 35^\circ$ .

**Приклад 2.** Через те що промінь світла переходить із скла в воду, кут падання  $40^\circ$ . Чому дорівнює кут заломлення? Чому дорівнює кут повного внутрішнього відбивання?

**Розв'язування.** Промінь світла переходить у воду з скла, тому візьмемо формулу  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = m$ . Обчислимо спочатку  $m$ . Заломлений промінь іде в воді, отже,  $n_2 = 1,33$ . Падаючий промінь іде в склі, отже,  $n_1 = 1,5$ . Таким чином,  $m = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1,33}{1,5} = 0,887$ . По таблиці синусів знаходимо  $\sin 40^\circ = 0,643$ . Підставляємо:  $\frac{0,643}{\sin \beta} = 0,887$ . Звідси  $\sin \beta = 0,725$  і кут  $\beta \approx 46^\circ 30'$ .

Щоб знайти граничний кут повного внутрішнього відбивання, скористуємося формулою:  $\sin A = m$ . Зробивши підставлення, дістанемо:  $\sin A = 0,887$ , звідки кут  $A = 62^\circ 30'$ .

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

#### Показник заломлення.

1046. Промінь світла падає з повітря на поверхню якоїсь рідини під кутом у  $40^\circ$ . Кут заломлення дорівнює  $24^\circ$ . Який буде кут заломлення, якщо промінь упаде під кутом у  $80^\circ$ ?

1047. Під яким кутом падає промінь на поверхню води з повітря, якщо кут заломлення в воді  $45^\circ$ ?



1048. Промені Сонця падали на поверхню води під кутом  $74^\circ$ . Коли водолаз опустився в воду, то йому здалося, що „Сонце стрибнуло вгору“. На який кут змінився для водолаза напрям до Сонця?

1049. Промінь проходить з води в повітря, утворюючи кут падання, який дорівнює  $40^\circ$ . Обчислити кут заломлення променя в повітрі.

1050. Промінь світла переходить з скла в повітря. Кут падання  $30^\circ$ . Кут заломлення  $50^\circ$ . Чому дорівнює показник заломлення даного сорту скла?

1051. У дно ставка вертикально вбитий стовп заввишки  $1\text{ м}$ . Визначити довжину тіні від стовпа на дні ставка, якщо промені Сонця падають на поверхню води під кутом  $38^\circ$ , а стовп увесь знаходиться під водою.

1052. На дні струмка лежить камінець. Хлопчик хоче штовхнути його палкою. Націляючись, хлопчик тримав палку під кутом в  $45^\circ$ . На який віддалі від камінця увійде палиця в дно струмка, якщо глибина струмка  $40\text{ см}$ ?

1053. Промінь світла падає з повітря на скляну пластинку (з кронгласу), товщина якої  $2\text{ см}$ , під кутом  $55^\circ$ . Визначити довжину шляху світлового променя в пластинці і знайти бічне зміщення променя після виходу з пластинки, тобто найкоротшу віддасть між напрямом променя до входу в пластинку і напрямом променя після виходу з пластинки.

1054. Людина подивилась на дно струмка згори вниз у вертикальному напрямі і визначила глибину струмка в  $75\text{ см}$ . Чому дорівнює справжня глибина струмка?

Вказівка. Через те що пучок проміння, який падає в око від предмета, що лежить на дні, дуже вузький, то кути падання і заломлення дуже малі. Тангенси малих кутів можна вважати рівними їх синусам.

1055. Промінь світла падає з води на поверхню, що розділяє воду й повітря під кутом у  $50^\circ$ . Визначити кут заломлення променя в повітрі.

1056. Визначити граничні кути повного внутрішнього відбиття для води й масла.

1057. Граничний кут повного внутрішнього відбиття для алмазу  $24^\circ 30'$ . Визначити показник заломлення алмазу.

1058. Промінь падає на прямокутну скляну призму перпендикулярно грані  $AB$  (рис. 86). Кут заломлення призми  $A = 40^\circ$ . Визначити, чи заломиться промінь на поверхні, що розділяє скло й повітря  $AC$ , чи матиме він повне внутрішнє відбиття. Показник заломлення скла призми  $n = 1,6$ .

1059. Нарисувати хід променя в півкватратній кронгласовій призмі, перекрій якої показано на рис. 87. Промінь падає перпендикулярно грані  $AB$ .

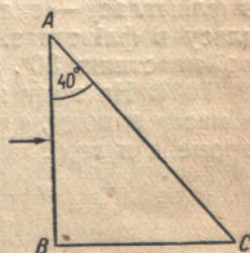


Рис. 86.



1060. Промінь світла проходить крізь призму, як показано на рис. 88. Довести, що кут падання променя на другу грань призми (всередині скла)  $\alpha_2 = A - \beta_1$ , де  $A$  — кут заломлення призми, а  $\beta_1$  — кут заломлення при вході променя в призму.

1061. Довести, що промінь світла, пройшовши крізь призму, відхилиться від початкового напрямку на кут  $\delta = \alpha_1 + \beta_2 - A$ , де  $\alpha_1$  — кут падання променя при вході в призму,  $\beta_2$  — кут заломлення променя при виході з призми в повітря,  $A$  — кут заломлення призми (рис. 88).

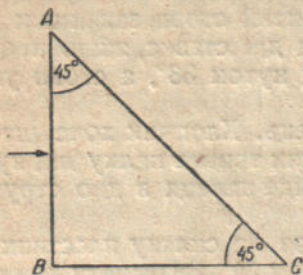


Рис. 87.

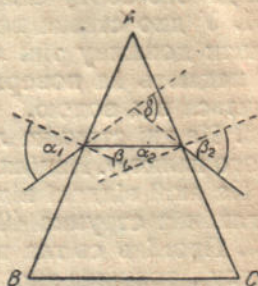


Рис. 88.

1062. Промінь світла падає на скляну кронгласову призму під кутом  $22^\circ$ . Під яким кутом промінь виходить з призми, якщо кут заломлення призми  $41^\circ$ ? На який кут відхилиться промінь від початкового напрямку, пройшовши крізь призму?

1063. Промінь світла виходить з призми під таким же кутом, під яким входить у призму, при чому відхилиться від початкового напрямку на кут  $\delta$ . Кут заломлення призми дорівнює  $A$ . Знайти коефіцієнт заломлення речовини призми.

1064. Чому дорівнює показник заломлення води відносно льоду? льоду відносно води?

1065. Дві плоскопаралельні пластинки — одна з кронгласу, друга з флінтгласу — складені вкупі. Промінь світла переходить з кронгласу в флінтглас. Кут падання променя на поверхні флінтгласової пластинки  $30^\circ$ . Знайти кут заломлення променя в флінтгласі.

1066. На воду налили шар масла. Промінь світла переходить з масла в воду, падаючи під кутом  $40^\circ$ . Знайти кут заломлення променя в воді.

## § 44. Оптичні лінзи.

**Приклад 1.** Полум'я свічки з висотою  $H = 4$  см знаходиться на віддалі 20 см від збірної лінзи з головною фокусною віддаллю 12 см. На якій віддалі буде зображення? Чому дорівнює величина зображення  $h$ ?

**Розв'язування.** Візьмемо формулу  $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$ . У даному випадку  $s = 20$  см,  $f = 12$  см. Підставляючи числові значення, діста-



немо:  $\frac{1}{20} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{12}$ , звідки  $s' = 30$  см. Щоб знайти величину зображення, скористуємося формулою  $\frac{H}{h} = \frac{s}{s'}$ . За умовою задачі  $H = 4$  см. Зробивши підставляння, дістанемо:  $\frac{4 \text{ см}}{h} = \frac{20}{30}$ , звідки  $h = 6$  см.

**Приклад 2.** Головна фокусна віддаль розсівної лінзи 30 см. На якій віддалі від лінзи треба поставити предмет, щоб його уявне зображення було на віддалі 10 см від лінзи?

**Розв'язування.** Візьмемо формулу  $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$ . Через те що лінза розсівна, то ми повинні прийняти  $f = -30$  см,  $s' = -10$  см. Зробивши підставляння, дістанемо:  $\frac{1}{s} - \frac{1}{10} = -\frac{1}{30}$ , звідки  $s = 15$  см.

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

1067. Визначити оптичну силу лінзи, що має головну фокусну віддаль 5 см.

1068. Оптична сила скла окулярів дорівнює 0,2 діоптрії. Чому дорівнює головна фокусна віддаль такої лінзи?

1069. Свічка знаходиться на віддалі 40 см від збірної лінзи, а зображення свічки вийшло на віддалі 10 см. Чому дорівнює головна фокусна віддаль лінзи?

1070. Головна фокусна віддаль лінзи дорівнює 20 см. На якій віддалі вийде зображення, якщо предмет розташований на віддалі 4,2 м від лінзи?

1071. Зображення предмета вийшло на віддалі 12 см від збірної лінзи з головною фокусною віддаллю в 10 см. На якій віддалі знаходиться предмет від лінзи?

1072. Предмет знаходиться на віддалі 6 см від збірної лінзи. Чому дорівнює віддаль зображення, якщо головна фокусна віддаль лінзи дорівнює 8 см?

1073. У картонну трубку вставлені дві збірні лінзи. Віддаль між лінзами 16 см. Головна фокусна віддаль першої лінзи 8 см, другої 5 см. Предмет розташований на віддалі 40 см від першої лінзи. На якій віддалі від другої лінзи вийде зображення?

1074. Віддаль між свічкою і стіною 1 м. На якій віддалі від свічки треба вмістити лінзу з головною фокусною віддаллю 9 см, щоб на стіні вийшло різке зображення свічки?

1075. Лінза дає на екрані зображення полум'я свічки. Чи зміниться величина зображення на екрані, якщо ми замінимо лінзу тонкою непрозорою пластинкою з малим отвором? Зробити відповідний рисунок для кожного випадку.

1076. На матовому склі фотографічного апарата дістали зображення сантиметрової лінійки в натуральну величину. Віддаль від матового скла до лінійки дорівнює 60 см. Чому дорівнює головна фокусна віддаль об'єктива?



1077. Зображення на діапозитиві має висоту 6 см, а на екрані 2,4 м. Визначити головну фокусну віддаль об'єктива проєкційного ліхтаря, якщо віддаль від об'єктива до екрана 8,2 м.

1078. Головна фокусна віддаль об'єктива проєкційного ліхтаря 15 см. Екран знаходиться на віддалі 4,65 м від об'єктива. Яке лінійне збільшення дасть ліхтар на екрані?

1079. З негативів розміром  $4\frac{1}{2}$  см  $\times$  6 см хочуть одержувати збільшені відбитки розміром 9 см  $\times$  12 см. В розпорядженні є об'єктив з головною фокусною віддаллю 12 см. На якій віддалі від об'єктива треба помістити негатив і на якій — світлочутливий папір, щоб одержати потрібне збільшення?

1080. Висота будинку на фотографічному знімку 7 см. Визначити справжню висоту будинку, якщо відомо, що головна фокусна віддаль об'єктива 20 см, а апарат при зніманні був поставлений на віддалі 80 м від будинку.

Вказівка. Розв'язування задачі спрощується, якщо взяти до уваги, що при фотографуванні віддалених предметів зображення вийде на віддалі, яка практично дорівнює головній фокусній віддалі об'єктива. Для перевірки обчислити, на якій віддалі від об'єктива вийшло зображення будинку.

1081. З якої віддалі був зроблений фотографічний знімок поїзда, якщо висота вагона на знімку 9 мм, а насправді 3 м? Головна фокусна віддаль об'єктива фотоапарата 15 см.

1082. Для повітряної розвідки потрібно з висоти 3000 м дістати знімки частин місцевості, розташованих під аеропланом у масштабі 1:5000. З якою фокусною віддаллю треба взяти об'єктив для цієї мети?

1083. Віддаль між електричною лампочкою і екраном на оптичній лаві дорівнює 1 м. Між лампочкою і екраном знаходиться лінза, яка дає на екрані зменшене зображення лампочки. Якщо лінзу пересунути на 60 см в бік лампочки, то на екрані з'явиться збільшене зображення. Визначити головну фокусну віддаль лінзи.

1084. На оптичній лаві поставлена свічка. Висота полум'я свічки 5 см. Лінза відкидає на екран збільшене зображення полум'я заввишки 20 см. Не чіпаючи лінзи, свічку відсунули на 5 см далі від лінзи. Потім, пересунувши екран, заново одержали різке зображення полум'я, висота якого 10 см. Визначити головну фокусну віддаль лінзи.

### Розсівна лінза.

1085. На розсівну лінзу падає напрямлений вздовж головної оптичної осі циліндричний пучок паралельних променів. Діаметр пучка дорівнює 5 см. За лінзою на віддалі 20 см поставлений екран, на якому дістають круглу світлу пляму діаметром 15 см. Визначити головну фокусну віддаль лінзи.

1086. На збірну лінзу з головною фокусною віддаллю 20 см падає циліндричний пучок паралельних променів. Діаметр пучка 10 см. З якою головною фокусною віддаллю треба взяти розсівну лінзу і на якій віддалі помістити її від першої лінзи, щоб,



пройшовши крізь обидві лінзи, світло пішло циліндричним пучком, діаметром у 2 см? Відповісти на ті ж запитання, якщо друга лінза буде збірна.

1087. Головна фокусна віддаль розсвіної лінзи 12 см. Предмет знаходиться від лінзи на віддалі 24 см. Чому дорівнює віддаль зображення?

### Формула головної фокусної віддалі лінзи.

1088. Обчислити головну фокусну віддаль двоопуклої лінзи з однаковою кривиною обох сторін, якщо показник заломлення скла лінзи 1,8, а радіус кривини поверхонь дорівнює 1 м.

1089. Двоопукла лінза має однакові радіуси кривини обох сферичних поверхонь. Який повинен бути показник заломлення скла лінзи, щоб головна фокусна віддаль лінзи дорівнювала  $\frac{R}{2}$ , як це завжди буває для сферичного дзеркала?

1090. Радіус кривини опуклої поверхні лінзи  $r_1 = 80$  см, вгнутої поверхні  $r_2 = -16$  см. Показник заломлення скла лінзи 1,8. Визначити, дана лінза збірна чи розсвіна, і обчислити її головну фокусну віддаль.

1091. Двоопукла лінза складена з двох плоскоопуклих кронгласових лінз з радіусом кривини 20 см і 30 см. Обчислити головну фокусну віддаль для кожної з двох складових лінз, взятих окремо, а також для складеної лінзи.

1092. Збільшиться чи зменшиться головна фокусна віддаль збірної кронгласової лінзи, якщо вона буде оточена не повітрям, а водою, і в скільки разів?

1093. Як зміниться головна фокусна віддаль лінзи, якщо її опустити в рідину з тим же показником заломлення, що й скло, з якого зроблена лінза ( $n = 1,5$ )?

1094. Двоопукла лінза з кронгласу, яка має однакову кривину з обох сторін, опущена в вуглець-сульфід. Чому дорівнюватиме головна фокусна віддаль лінзи у вуглець-сульфіді, якщо в повітрі вона дорівнює 20 см?

## § 45. Оптичні прилади.

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

#### Кут зору.

1095. Сонце і Місяць здаються нам однакових розмірів, хоч Сонце приблизно в 400 раз далі від Місяця. Чому дорівнює діаметр Сонця, якщо діаметр Місяця круглим числом становить 3500 км?

1096. Місяць видно під кутом зору в 30'. У скільки разів віддаль до Місяця більша діаметра Місяця?

1097. Часто говорять, що повний Місяць здається „завбільшки з тарілку“. На якій віддалі від ока треба помістити тарілку, щоб її було видно під тим же кутом зору, як і Місяць? Діаметр тарілки прийняти рівним 25 см.



1098. Під яким кутом зору видно людину, яка йде по дорозі, на віддалі в 1 км, якщо середній зріст людини прийняти рівним 1,7 м?

1099. Для визначення напрямку і швидкості вітру в верхніх шарах атмосфери з аеродрома пустили кулю-пілот діаметром 1,5 м. На якій приблизно віддалі від спостерігача куля-пілот не буде видна для неозброєного ока, якщо темного предмета на світлому фоні вже не видно, коли кут зору менший 1'?

### Лупа.

1100. Яке збільшення (для нормального ока) дає лупа, оптична сила якої дорівнює 8 діоптріям?

1101. Скільком діоптріям дорівнює оптична сила лупи, що дає збільшення в 5 раз?

1102. На якій віддалі від лупи з головною фокусною віддаллю в 5 см повинен бути предмет, щоб збільшене уявне зображення предмета вийшло на віддалі найкращого зору? Зір береться нормальний, лупа міститься біля самого ока.

### Мікроскоп.

1103. Головна фокусна віддаль об'єктива мікроскопа 4 мм. Предмет міститься на віддалі 4,2 мм від об'єктива. Чому дорівнює збільшення об'єктива мікроскопа, тобто у скільки разів лінійна величина зображення більша лінійної величини предмета?

1104. Головна фокусна віддаль об'єктива мікроскопа 3 мм. Предмет знаходиться від об'єктива на віддалі 3,1 мм. Головна фокусна віддаль окуляра 5 см. Знайти збільшення мікроскопа для нормального ока.

1105. На оптичній лаві зібрана модель мікроскопа. За об'єктив взята лінза з головною фокусною віддаллю 20 мм, за окуляр взята лінза з головною фокусною віддаллю 50 мм. Предмет міститься на віддалі 25 мм від об'єктива. На якій віддалі від об'єктива треба помістити окуляр, щоб людина з нормальним зором могла ясно бачити предмет? Чому дорівнюватиме збільшення мікроскопа?

1106. Об'єктив і окуляр мікроскопа, описаного в попередній задачі, розсунули так, що віддаль між ними збільшилась удвоє. На якій віддалі від об'єктива треба помістити предмет, щоб його можна було ясно бачити в мікроскоп? Чому дорівнюватиме збільшення мікроскопа в цьому випадку?

### Телескоп.

1107. При телескопі з головною фокусною віддаллю об'єктива в 2,75 м є комплект окулярів з головною фокусною віддаллю в 60, 25, 18 та  $12\frac{1}{2}$  мм. Яке збільшення можна дістати з цими окулярами?

1108. На окулярі телескопа є позначка „збільшення в 50 раз,  $f = 40$  мм“. Чому дорівнює головна фокусна віддаль об'єктива телескопа?



1109. Можна влаштувати саморобну астрономічну трубу, взявши замість об'єктива кругле скло окулярів. У скільки діоптрій треба взяти таке скло, щоб труба давала збільшення в 50 раз, якщо для окуляра взята лупа з головною фокусною віддаллю в 5 см?

1110. Планета Марс при найменшій віддалі від Землі має кутовий діаметр  $26''$ . Яке збільшення повинен мати телескоп, щоб Марс у нього здавався такої ж величини, як Місяць для незброєного ока?

1111. Небесні тіла часто фотографують, поміщаючи пластинку в головному фокусі об'єктива телескопа. Який діаметр матиме зображення Місяця на фотографії, одержаній з допомогою великого рефрактора Пулковської обсерваторії, головна фокусна віддаль якого 14 м?

1112. Якщо людина з нормальним зором розглядатиме Місяць у великий телескоп Пулковської обсерваторії, не користуючись окулярами, то яке найбільше кутове збільшення дасть один тільки об'єктив телескопа?

## § 46. Дисперсія світла. Хвильова природа світла.

### ЗАПИТАННЯ І ЗАДАЧІ.

1113. Довжина хвилі жовтого світла натрію в вакуумі дорівнює 588  $\text{нм}$ . Скільки довжин хвиль цього світла укладеться на відстані 1 см?

1114. Якому числу коливань на секунду відповідають довжини хвилі у 800  $\text{нм}$  і 400  $\text{нм}$ ?

1115. Довжина хвилі червоної лінії водню в вакуумі дорівнює 656,3  $\text{нм}$ . Знайти довжину хвилі цього ж світла в склі, якщо коефіцієнт заломлення скла для даних променів дорівнює 1,6.

1116. Якого кольору мають здаватися трава і листя дерев, якщо дивитися на них крізь червоне скло?

1117. Білий промінь світла падає на поверхню води під кутом  $75^\circ$ . Чому дорівнює кут між напрямом крайніх червоних і крайніх фіолетових променів у воді?

1118. На кронгласову призму  $ABC$  (рис. 89) перпендикулярно грані  $AB$  падає білий промінь світла. Кут заломлення призми  $30^\circ$ .

Чому дорівнює кут між напрямом крайніх червоних і крайніх фіолетових променів при виході з призми в повітря?

1119. На флінтгласову призму падає білий промінь світла. Кут падання  $45^\circ$ . Кут заломлення призми  $40^\circ$ . Чому дорівнює кут між напрямом крайніх червоних і крайніх фіолетових променів при виході з призми в повітря?

1120. На двоопуклу лінзу падає пучок паралельних променів. Якщо в фокусі крайніх фіолетових променів покласти клаптик білого паперу, то на ньому вийде не точка,



Рис. 89.



а різнокольоровий кружок. Визначити, як будуть розташовані кольори на цьому кружку, і обчислити його діаметр, якщо діаметр лінзи 5 см, головна фокусна віддаль для крайніх червоних променів 132 мм, а для крайніх фіолетових променів 124 мм.

1121. З легкого кронгласу зроблена двоопукла лінза. Радіуси кривини обох поверхонь лінзи однакові і дорівнюють 20 см. Визначити віддаль між головними фокусами лінзи для крайніх червоних і крайніх фіолетових променів.

1122. Чому не можуть інтерферувати промені, які йдуть від двох різних джерел або навіть від двох різних точок того самого джерела?

1123. Два промені жовтого кольору ( $\lambda = 600 \text{ нм}$ ) сходяться в одній точці. Різниця ходів цих променів дорівнює 0,3 мм. Що спостерігатиметься в точці збігу променів?

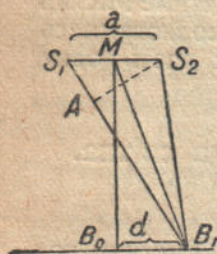


Рис. 90.

1124. При спробі з дзеркалом Френеля віддаль між двома уявними зображеннями джерела монохроматичного світла становила  $a = 0,7 \text{ мм}$  (рис. 90). Віддаль  $MB_0$  від зображення до екрана дорівнювала 2,26 м, віддаль  $d$  між двома світлими інтерференційними смугами 1,9 мм. Знайти довжину хвилі світла джерела.

1125. За допомогою дзеркала Френеля дістали інтерференційні смуги, користуючись червоним світлом. Як зміниться картина інтерференційних смуг, якщо скористатися фіолетовим світлом?

1126. Явище інтерференції світла показує, що при деяких умовах два промені світла, сполучаючись, „знищують“ один одного і дають темряву. З другого боку, відомо, що кожний промінь несе з собою деяку енергію. Чи не суперечить явище інтерференції закону збереження енергії? Для з'ясування питання розглянути якийсь конкретний випадок, наприклад, виникнення інтерференційних смуг у спробі Френеля.

1127. Як пояснити радужні смуги, які спостерігаються в тонкому шарі гасу, що плаває на поверхні води?

1128. Явища дифракції пояснюють, комбінуючи принцип інтерференції з деяким іншим принципом. Яким саме? В чому він полягає?

1129. Як пояснюється виникнення радужних кругів, спостережуваних навколо вуличних ліхтарів, якщо дивитись крізь злегка запітніле скло?

1130. Чи існує явище поляризації для звукових хвиль?

## РОЗДІЛ ДЛЯ ПОВТОРЕННЯ.

1131. Котли Березниківського комбінату працюють на пило-відному паливі. За допомогою особливих дробарок вугілля розмелюється до такої міри, що на  $1 \text{ см}^2$  міститься 4900 порошинок. Визначити діаметр, об'єм та вагу кожної порошинки. Питому вагу вугілля прийняти  $1,5 \text{ Г/см}^3$ . Форму порошинок вважати кулястою.

Чи не може при такому розпилюванні тверда речовина (ву-



гілля) набути властивостей рідини? Чи не буде такий порошок текти, як вода, між пальцями?

Порівняйте з властивостями диму.

1132. У військовій справі і повітроплаванні вживаються особливі резервуари для газів — так звані переносні газгольдери, оболонка яких складається з прогумованої тканини; така оболонка не повинна пропускати газу, проте завжди буває деякий витік; він становить у середньому 5 л на добу з кожного квадратного метра поверхні оболонки.

Як називається в фізиці такий процес витіку? Чим він пояснюється? Чи може за достатній час утворитися в газгольдері порожнява? Чи не буде повітря входити всередину резервуару? Який вплив на швидкість витіку матиме підвищення температури?

1133. Газгольдер у 50 м<sup>3</sup> наповнений воднем під нормальним тиском. Вага оболонки 75 кг. Чи буде газгольдер самостійно підніматись у повітря? Якщо ні, то яке зусилля потрібне буде для його підняття?

1134. Який об'єм газу витече з газгольдера протягом години? Дані про витік взяти з задачі 1132. Вважати, що резервуар газгольдера має форму циліндра з висотою 4 м і діаметром основи в 6 м.

1135. На кінцях газгольдера зроблені отвори діаметром 0,4 м, через які газ може виходити. З якою швидкістю рухатиметься струмінь газу, якщо об'єм резервуару 120 м<sup>3</sup> і він звільняється від газу протягом 10 хв.?

1136. При паровозі серії „Э“ вартість перевезення 1000 т вантажу на 1 км становить 16 коп.

Скільки коштуватиме кожний мільйон кілограметрів виконаної роботи? Коефіцієнт тяги 0,002.

1137. Елемент Лекланше з електрорушійною силою 1,5 V і внутрішнім опором 2 Ω сполучений послідовно з акумулятором, електрорушійна сила якого 2 V і внутрішній опір 0,02 Ω. Яка буде величина струму, якщо батарея замкнута дротом з опором 1,48 Ω?

1138. Два елементи з електрорушійними силами в 1 V і 2 V сполучені паралельно (рис. 91). Що покаже вольтметр, прилучений до точок А і К? Внутрішній опір першого елемента 0,5 Ω, а другого 1,5 Ω.

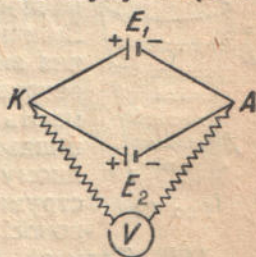


Рис. 91.

1139. Скільки часу потрібно буде для виділення 1 л водню при електролізі підкисленої води, якщо величина струму становить 5 А?

Температуру водню прийняти рівною 0°, а тиск 760 мм.

1140. У бомбі, об'єм якої 50 л і тиск 100 атмосфер, міститься кисень, температуру якого прийемо за 0°. Скільки часу довелося би пропускати струм величиною в 7 А, щоб дістати через електроліз таку ж кількість кисню (питома вага кисню  $0,0014 \frac{2}{\text{см}^3}$ )?

1141. Що коштуватиме добування 1 л кисню електролітичним способом, якщо користуватися струмом величиною 5 А при напрузі 110 V? Вартість 1 гектоват-години 2,8 коп.



1142. Електроліз підкисленої води можна дістати, пропускаючи через ванну розрядний струм конденсатора. Скільки таких розрядів треба зробити для виділення бульбашки водню в  $10 \text{ м.м.}^3$ , якщо користуватися конденсатором ємністю в 2 мікрофаради і заряджати його від джерела з напругою в  $100 \text{ V}$ ? Електрохімічний еквівалент водню прийняти рівним  $0,01 \text{ мг/к.}$

1143. Є дві кульки масою 1 г кожна. Якої величини заряд повинна мати кожна кулька, щоб сила взаємного відштовхування зрівноважила силу ньютонівського притягання?

1144. Звичайно електричні нагрівні прилади конструюють на  $110 \text{ V}$ , тим часом як у приміських місцевостях часто в сітці підтримується напруга в  $220 \text{ V}$ . Як найпростіше вийти з утруднення в такому випадку?

1145. Для нормальної роботи електричного дзвінка треба мати гальванічні елементи з електрорушійною силою в кілька вольтів. Замість цього часто користуються освітлювальною сіткою з напругою в  $110 \text{ V}$ , вмикаючи дзвінок і послідовно з ним лампу для зменшення величини струму. Чому в такому випадку дзвінок все таки псується швидше (псується контакт у рухомій частині)?

1146. Тепер у нас і за кордоном застосовується електричний аналіз відхідних газів топок і металургійних печей, оснований на відміні теплопровідностей окремих газів. Для цього розжарений струмом платиновий дротик вводиться в досліджувану суміш (потік відхідних газів) і спостерігаються покази гальванометра, увімкненого в те ж коло. Як зміниться показ гальванометра, якщо в суміші почнуть переважати гази з більшою теплопровідністю (наприклад, водень)? Відзначити детально послідовність у цих змінах.

1147. У центральній радіолабораторії (ЦРЛ) проф. Вологдін конструє особливий тип електричної печі, схематичне зображення якої показано на рисунку 92. Змінний струм пропускається по мідній трубці  $A$ , яка знаходиться на зовнішній поверхні тигля  $B$  з вогнетривкого матеріалу. У тиглі знаходиться сталь, яку мають топити. Чому при пропусканні струму по зовнішньому проводу нагрівається вміст тигля? На якому явищі і законі це основано? Як називаються струми, які дістаємо тут? Вказати їх напрям відносно осі тигля.



Рис. 92.

1148. Трамвай, вага якого  $15 \text{ т}$ , іде з швидкістю  $10 \text{ м/сек}$ ; при зупиненні електричним гальмом обмотки моторів роз'єднуються з сіткою і замикаються на себе. Чому це викликає гальмування? У що перетворюється кінетична енергія трамваю? Пам'ятаючи, що його кінетичну енергію дістаємо від затрати електричної енергії, обчислити вартість гальмування трамваю. Гектоват-година коштує 2 коп.

1149. Трамвай, вага якого  $22,5 \text{ т}$ , іде спочатку по горизонтальному шляху з швидкістю  $10 \text{ м/сек}$ , потім під гору, похил якої  $0,03$ , з швидкістю  $5 \text{ м/сек}$ . Обчислити величину струму в першому і другому випадках, якщо коефіцієнт тертя дорівнює  $0,01$ . Напруга



трамвайної сітки 500 V. Коефіцієнт корисної дії трамвайного мотора (враховуючи і передачу до колеса) прийняти рівним 75%.

1150. Для перевезення вантажів на перонах станцій або на території заводів часто застосовується електрокар — возик, що рухається від мотора постійного струму. Джерелом струму є батарея акумуляторів, встановлена на платформі возика. Скільки лужних акумуляторів треба взяти та як їх сполучити, якщо кожний допускає величину струму не більшу 10 A? Мотор має потужність 0,6 *квт* і вимагає напруги в 30 V. Електрорушійна сила лужного акумулятора 1,2 V. На внутрішній опір не зважати.

1151. Скільки коштуватиме електрична енергія, потрібна для роботи електрокара (задача 1150) протягом 1 години, якщо для цього потрібна зарядка батареї лужних акумуляторів струмом 16 A при напрузі 55 V протягом 1,5 години? 1 гектоват-година коштує 1,6 коп.

1152. Для живлення електропоїздів у СРСР прийнятий як стандарт постійний струм. Так, на лінії Москва — Митищі користуються струмом з напругою 1500 V. В кожному поїзді з трьох вагонів встановлені 4 мотори по 150 *квт* кожний. Середня швидкість руху 12 *м/сек*. Знайти за цими даними величину струму від лінії і силу тяги, яку розвиває електропоїзд.

1153. У деяких країнах (Німеччина, Швеція) користуються для електрифікації залізничного транспорту не постійним, а змінним струмом. Чи не матиме така магістраль якогонебудь впливу на сусідні телеграфні і телефонні проводи? Якщо має, то на якому фізичному законі основана ця дія?

1154. Звичайний трамвайний провід підвішений між двома стовпами і неминуче дає провисання. При таких умовах дуга не завжди однаково натискує на провід і може навіть на якийсь час зовсім від нього відокремитись. Що повинно статися в цей момент?

1155. Дивлячись (рис. 93) на повітряний провід електрифікованої лінії Москва — Митищі, помічаємо, що він складається з троса, до якого на особливих підвісках прилучений мідний дріт (так званий контактний провід), по якому власне пропускається електричний струм. Пояснити мету такої побудови.

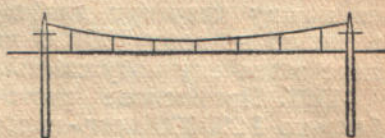


Рис. 93.

1156. Щодня горять 100 ламп по 6 годин. Напруга в лампах 110 V, величина струму 0,5 A на лампочку. Машина знаходиться на віддалі 100 *м*; проводи зроблені з мідного дроту перекроєм 17 *мм*<sup>2</sup>. Коефіцієнт корисної дії динамомашини 90%, коефіцієнт корисної дії двигуна динамо 30%. Визначити щоденну витрату бензину в руховому динамо.

1157. Динамомашини, яка розвиває в зовнішньому колі потужність 20 *кВт* з напругою на затискачах 200 V, подає струм до місця споживання по проводах з опором 0,8  $\Omega$ . Що коштуватиме втрата енергії в сполучних проводах на кожен кіловат-годину, віддану динамомашинною при даних умовах роботи, якщо 1 *kWh*



оплачується по 28 коп. Чи припустима установка з такою оплатою по транспортуванню електроенергії?

1158. Машина тієї ж потужності, як і в попередній задачі, але з високою напругою в 10000 V, передає струм по тих же провадах. Зробити для цього випадку аналогічний розрахунок вартості енергії, виділеної в сполучних провадах при віддачі машиною 1 kWh.

1159. З'ясувавши в двох попередніх задачах перевагу високої напруги перед низькою при передачі енергії, відповісти на такі запитання:

1) При яких віддалях передачі, великих чи малих, виявляється ця різниця найрізкіше?

2) З яким струмом, постійним чи змінним, найлегше можна зробити потрібні зміни напруги?

3) Чи можна безпосередньо користуватися струмом високої напруги?

4) За допомогою якого прилада можна знизити напругу?

1160. Передача електричної енергії від станції до місця споживання провадиться за допомогою двох трансформаторів: одного, підвищувального, на станції А, другого — знижувального, на місці споживання В. Обчислити коефіцієнт корисної дії всієї установки, якщо коефіцієнт корисної дії кожного трансформатора  $90\%$ , а в провадах, що сполучають обидва пункти, витрачається  $5\%$  енергії, яка підводиться до першого трансформатора.

1161. Потужність Московської теплоелектроцентрالی запроєктована в 150 000 kW. Визначити, користуючись наведеною нижче таблицею, потужність відданої нею електроенергії і число великих калорій, які можна мати щосекунди з її теплофікаційної сітки. Чи можна цю останню величину назвати потужністю?

1162. Базуючись на нижченаведеній таблиці, обчислити, скільки жилих квартир можна буде опалити від такої станції, якщо на кожну квартиру для підтримання в ній жилої температури потрібно на добу 100 000 ккал (вважати, що станція розвиватиме зазначену потужність протягом цілої доби).

1163. Промислове споживання тепла в Москві становить близько 1 200 000 мега-калорій на рік (1 мега-калорія дорівнює  $10^6$  ккал).

Прийнявши дані про потужність Московської електроцентрالی (див. попередню задачу) і тепловий баланс у таких установках (див. таблицю), обчислити, чи досить однієї станції для обслуговування теплом усієї московської промисловості.

#### Розподіл тепла в процентах.

В конденсаційній станції:

В теплоелектроцентралі:

Втрати в котлі . . . . .	20
Інші втрати . . . . .	3
На електроенергію . . . . .	22
Втрати в конденсаторі . . . . .	55

Втрати в котлі . . . . .	20
Інші втрати . . . . .	8
На електроенергію . . . . .	15
На виробництво і побутові потреби	57

100

100



# ДОДАТКИ.

## ТАБЛИЦІ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН.

Таблиця І. Питома вага різних речовин

(у грамах на кубічний сантиметр або в кілограмах на кубічний дециметр, або в тоннах на кубічний метр).

Тверді тіла.		Рідини.	
Алюміній . . . . .	2,7	Вода (4°) . . . . .	1
Дуб . . . . .	0,7	Морська вода . . . . .	1,03
Залізо . . . . .	7,8	Гліцерин . . . . .	1,26
Золото . . . . .	19,3	Бензин . . . . .	} 0,8
Цегла . . . . .	1,6	Гас . . . . .	
Латунь . . . . .	8,5	Нафта . . . . .	
Лід . . . . .	0,9	Ртуть (0°) . . . . .	13,6
Мідь . . . . .	8,9	Сульфатна кислота (міцна) . . . . .	1,8
Мармур . . . . .	2,7	Спирт . . . . .	0,79
Нікель . . . . .	8,8	Ефір . . . . .	0,72
Нікелін . . . . .	8,8	Насичений розчин мідного ку- пору . . . . .	1,1
Олово . . . . .	7,3		
Платина . . . . .	21,5		
Пробка . . . . .	0,2		
Свинець . . . . .	11,3		
Срібло . . . . .	10,5		
Сосна . . . . .	0,5		
Сталь . . . . .	7,8		
Скло . . . . .	2,5		
Цинк . . . . .	7,1		
Чавун . . . . .	7,0		

### Г а з и.

Азот . . . . .	0,00125
Водень . . . . .	0,00009
Повітря . . . . .	0,0013
Кисень . . . . .	0,00142
Вуглекислий газ . . . . .	0,00197

Таблиця II. Модуль Юнга для деяких матеріалів.

М а т е р і а л .	Модуль Юнга в кг/мм <sup>2</sup> .
Сталь . . . . .	22 000
Залізо . . . . .	20 000
Мідь, латунь . . . . .	10 000
Алюміній . . . . .	7 000

Таблиця III. Питомі теплоємності

(в малих калоріях на грам або в великих калоріях на кілограм).

Тверді тіла.	
Алюміній . . . . .	0,22
Залізо (чавун) . . . . .	0,11
Золото . . . . .	0,03
Латунь . . . . .	0,09
Лід . . . . .	0,5
Мідь . . . . .	0,09
Нікель . . . . .	0,11
Олово . . . . .	0,66
Платина . . . . .	0,03
Свинець . . . . .	0,03
Сірка . . . . .	0,17
Срібло . . . . .	0,06
Скло . . . . .	≈ 0,2
Цинк . . . . .	0,09



## Рідини.

Вода . . . . .	1
Гас . . . . .	0,51
Ртуть . . . . .	0,03
Спирт . . . . .	0,58
Ефір . . . . .	0,56

## Гази при постійному тиску.

Водень . . . . .	3,4
Гелій . . . . .	1,25
Повітря . . . . .	0,24
Кисень . . . . .	0,22
Водяна пара . . . . .	0,48

## Таблиця IV. Теплотворна здатність

(у малих калоріях на грам або в великих калоріях на кілограм).

Дрова . . . . .	3 200	Деревне вугілля . . . . .	8 000
Торф . . . . .	3 500	Бензин . . . . .	} 11 000
Кам'яне вугілля . . . . .	7 000	Гас . . . . .	
Спирт . . . . .	7 200	Нафта . . . . .	

## Таблиця V. Коефіцієнти лінійного розширення твердих тіл.

Алюміній . . . . .	0,000022	Олово . . . . .	0,000023
Залізо (сталь) . . . . .	0,000012	Платина . . . . .	0,000009
Золото . . . . .	0,000014	Свинець . . . . .	0,000029
Латунь . . . . .	0,000020	Срібло . . . . .	0,000019
Лід . . . . .	0,000051	Скло . . . . .	0,000009
Мідь . . . . .	0,000017	Цинк . . . . .	0,000029

## Таблиця VI. Коефіцієнти об'ємного розширення рідин.

Вода . . . . .	0,00018	Спирт . . . . .	0,0011
Гас . . . . .	0,00100	Сульфатна кислота . . . . .	0,0006
Ртуть . . . . .	0,00018	Ефір . . . . .	0,0016

## Таблиця VII. Температура і теплота топлення

(в малих калоріях на грам або в великих калоріях на кілограм).

Речовина	Температура топлення	Теплота топлення
Алюміній . . . . .	658	90
Залізо . . . . .	1520	49
Лід . . . . .	0	80
Мідь . . . . .	1084	42
Олово . . . . .	232	14
Платина . . . . .	1764	27
Ртуть . . . . .	— 39	3
Свинець . . . . .	327	5
Цинк . . . . .	419	28
Чавун . . . . .	1165	33

## Таблиця VIII. Температура кипіння і теплота паротворення при нормальних умовах

(в малих калоріях на грам або в великих калоріях на кілограм).

Речовина	Вода	Ртуть	Спирт	Ефір
Температура кипіння . .	100	357	78	35
Теплота паротворення . .	539	68	205	85



Таблиця IX. Пружність насиченої пари і кількість її в грамах в 1 м<sup>3</sup>.

Температура в °С	Пружність у мм ртутного стовпа	Вага в 1 м <sup>3</sup> в г	Температура в °С	Пружність у мм ртутного стовпа	Вага в 1 м <sup>3</sup> в г
-10	2,05	2,14	10	9,2	9,4
-9	2,13	2,33	11	9,8	10,0
-8	2,32	2,54	12	10,5	10,7
-7	2,53	2,76	13	11,2	11,4
-6	2,76	2,99	14	12,0	12,1
-5	3,01	3,24	15	12,8	12,8
-4	3,28	3,51	16	13,6	13,6
-3	3,57	3,81	17	14,5	14,5
-2	3,88	4,13	18	15,5	15,4
-1	4,22	4,47	19	16,5	16,3
0	4,58	4,84	20	17,5	17,3
+1	4,9	5,2	21	18,7	18,3
2	5,3	5,6	22	19,8	19,4
3	5,7	6,0	23	21,1	20,6
4	6,1	6,4	24	22,4	21,8
5	6,6	6,8	25	23,8	23,0
6	7,0	7,3	26	25,2	24,4
7	7,5	7,8	27	26,7	25,8
8	8,0	8,3	28	28,4	27,2
9	8,6	8,8	29	30,1	28,7

Таблиця X. Питомі опори провідників в омах (провідники взяті в вигляді дроту завдовжки в 1 м і поперечним перерізом в 1 мм<sup>2</sup>).

Метали.		Стопи.	
Алюміній . . . . .	0,029	Константан . . . . .	0,5
Вольфрам . . . . .	0,056	Манганін . . . . .	0,43
Свинець . . . . .	0,21	Нейзильбер . . . . .	0,3
Срібло . . . . .	0,016	Нікелін . . . . .	0,4
Залізо . . . . .	0,1	Ніхром . . . . .	1,1
Мідь . . . . .	0,017	Інвар . . . . .	0,8

Таблиця XI. Споживані потужності на свічку сучасними електричними лампами при напрузі 110 V, 120 V і 127 V (ОСТ 5154).

Потужність, споживана лампою, в ватах	Сила світла в свічках	Споживана потужність у ватах на свічку	Потужність, споживана лампою, в ватах	Сила світла в свічках	Споживана потужність у ватах на свічку
15	9,9	1,52	200	243,0	0,82
25	17,9	1,40	300	388,0	0,77
40	30,3	1,32	400	538,0	0,74
60	51,4	1,17	500	695,0	0,72
100	101,0	0,99	750	1090,0	0,69
150	173,0	0,87	1000	1513,0	0,66



Таблиця XII. Для обчислення коефіцієнта самоіндукції котушок.

Діаметр Довжина	Коефіцієнт K	Діаметр Довжина	Коефіцієнт K
0,00	1,000	0,95	0,700
0,05	0,979	1,00	0,688
0,10	0,959	1,10	0,667
0,15	0,939	1,20	0,648
0,20	0,920	1,40	0,611
0,25	0,902	1,60	0,580
0,30	0,884	1,80	0,551
0,35	0,867	2,00	0,526
0,40	0,850	2,50	0,472
0,45	0,834	3,00	0,429
0,50	0,818	3,50	0,394
0,55	0,803	4,00	0,365
0,60	0,789	4,50	0,341
0,65	0,775	5,00	0,320
0,70	0,761	6,00	0,285
0,75	0,748	7,00	0,258
0,80	0,735	8,00	0,237
0,85	0,723	9,00	0,219
0,90	0,711	10,00	0,203

Таблиця XIII. Діелектричні сталі деяких речовин.

Газ . . . . .	2	Слюда . . . . .	6
Парафін . . . . .	2	Скло . . . . .	4—7
Парафінований папір . . . . .	1,8		

Таблиця XIV. Електрохімічні еквіваленти різних речовин  
(у міліграмах на кулон).

Алюміній . . . . .	0,093	Срібло . . . . .	1,118
Золото . . . . .	0,68	Цинк . . . . .	0,34
Калій . . . . .	0,41	Водень . . . . .	0,01044
Мідь . . . . .	0,33	Кисень . . . . .	0,0829
Нікель . . . . .	0,30		

Таблиця XV. Атомна вага і валентність різних речовин.

Речовина	Атомна вага	Валентність	Хемічний еквівалент
Водень . . . . .	1,008	1	1,008
Срібло . . . . .	107,9	1	107,9
Мідь . . . . .	63,6	2	31,8
Нікель . . . . .	58,7	2	29,35



Таблиця XVI. Гальванічні елементи.

Назва елемента	Анод	Рідини	Катод	Електрорушійна сила
Елемент Лекланше	Вугілля. Деполяризатор — перманганат	Розчин нашатиру	Цинк	1,5 V
Елемент Грене	Вугілля	Розчин калій-пірохромату (окиснюючи водень, править за деполяризатор)	„	Близько 2 V
Елемент Даніеля	Мідь	Розчин мідного купоросу Розчин цинкового купоросу	„	1,1 V
Свинцевий акумулятор	Свинець-пероксид	Розчин сульфатної кислоти	Губчастий свинець	2 V

Таблиця XVII. Абсолютні показники заломлення деяких речовин (для середньої частини спектра).

Повітря . . . . .	1,0003	Кронглас (легкий) . . . . .	1,5
Лід . . . . .	1,31	Флінтглас (важкий) . . . . .	1,9
Вода . . . . .	1,33	Вуглець-сульфід . . . . .	1,63
Масло . . . . .	1,6	Алмаз . . . . .	2,42

Таблиця XVIII. Коефіцієнти заломлення води і скла для деяких кольорових променів.

Колір променів	Довжина хвилі в <i>mμ</i>	Коефіцієнт заломлення		
		вода	легкий кронглас	дуже важкий флінтглас
Крайні червоні . . . . .	768	1,330	1,499	1,897
Жовті (колір пари натрію) . . . . .	589	1,333	1,504	1,923
Крайні фіолетові . . . . .	405	1,344	1,517	2,008



## ВСТУП.

### § 2.

1. 7,8 Г/см<sup>3</sup>.
2. 7,8 Г/см<sup>3</sup>.
3. 133,5 Г.
4. Може.
5. 4,2 кг.
6. 22 4 кг.
7. 156 кгГ.
8. 520.
9. 1050.
10. 5,34 кгГ.
11. ≈ 0,65 мм.
12. ≈ 103 670 крб.;  
≈ 518 100 крб.
13. ≈ 6015 Г.
14. ≈ 1111 см<sup>3</sup>.
15. ≈ 12,7 кг.
16. ≈ 3,07 л.
17. 84,78 кгГ.
18. 10 см<sup>3</sup>.
19. ≈ 66,5 см<sup>3</sup>.
20. 1575 г.
21. 480 т.
22. ≈ 3,18 м.
23. 125 Г.
24. 237 г.
25. Дуб і чавун.

26. У склянці з спиртом рівень вищий на 1,68 см.
27. ≈ 0,714 л.
28. 0,02 мм.
29. 11 крб. 73 коп.
30. 30 дм<sup>2</sup>.
31. ≈ 2 крб. 80 коп.
32. ≈ 19,6 кгГ.
33. ≈ 35,6 кгГ.
34. ≈ 1,5 см.
35. ≈ 1 м.
36. ≈ 25 кгГ.
37. 8,3 Г/см<sup>3</sup>.
38. ≈ 27 Г.
39. Золота ≈ 27,5%, срібла ≈ 72,5%.
40. ≈ 9 мм.
41. 0,0013 Г/см<sup>3</sup>.
42. Вуглекислий газ.

### § 3.

43. ≈ 1,1 м/сек.
44. 54 км/год.
45. ≈ 0,0035 см/сек.
46. 2000 кгМ.
47. 0,06 кгМ.
48. 27 000 000 кгМ.

49. 588 кгМ і 1038 кгМ.
50. 3900 кгМ.
51. 60 кгМ/сек,  
або 0,8 КС.
52. Робота в обох випадках 840 кгМ; потужності: 24 кгМ/сек і 84 кгМ/сек ≈ 1,1 КС.
53. ≈ 380 КС.
54. 270 000 кгМ.
55. 40 сек.
56. 1500 кгГ.
57. 1100 кгГ.
58. 0,008.
59. 32 кгГ.
60. ≈ 20 кгГ.
61. 5 кгГ.
62. 2,5 м.
63. 30 КС.
64. 500 т.
65. ≈ 0,13 КС.
66. ≈ 86%; не залежить.
67. 80%.
68. 12,5 КС.
69. ≈ 1200 л.
70. 0,24 м/сек.
71. 194,4 т
72. ≈ 181 КС.

## ЧАСТИНА ПЕРША.

### Розділ I.

#### § 4.

73. 1,5 Г/см<sup>2</sup>.
74. 80 т.
75. 0,02 мм<sup>2</sup>.
76. 500 Г/см<sup>2</sup>; 2 Г/см<sup>2</sup>.
77. 0,4 кг/см<sup>2</sup>; 10 кг/см<sup>2</sup>.
78. 0,8 кг/см<sup>2</sup>.
79. 2 т/см<sup>2</sup>.
80. 1,5 т/см<sup>2</sup>.

84. 0,4 мм.
85. 9000 кг/мм<sup>2</sup>.
86. 0,0023.
87. 1,67 кг/мм<sup>2</sup>.
88. 0,1 кг/мм<sup>2</sup>.
89. 0,05 кгМ.
90.  $\frac{2}{3}$  мм.
92. 3140 кгГ.
93. 177 м.
94. 62,5 м.

#### § 6.

81. 10 кг/мм<sup>2</sup>.
82. ≈ 9,6 кг/мм<sup>2</sup>.
83. 0,0025.

95. 12,5 т.
96. 100 кгГ.
97. 250 кгГ.
98. 0,2 см.

99. 800 раз.
100. 2 см.
101. 10 т; 1 мм.
102. 0,24 кгМ.
103. 2 КС.
104. 75 ходів.
105. 2,37 кгГ.
106. 7,28 м.
107. 7,2 кгГ.
108. 5,76 кгГ; 8,64 кгГ.
109. Не відірветься.
110. На верхню грань 10 кгГ; на нижню грань 15 кгГ; для вдержання в даних умовах потрібна сила в 2 кгГ, направлена вниз.



111. На верхню грань 10,3 кг і 8 кг; на нижню грань 15,45 кг і 12 кг; для вдержання потрібна сила, направлена вниз, у морський воді 2,15 кг, у гасі 1 кг.

112. Тиски однакові.

113. 2 см.

114. 1,44 см.

115.  $\approx 23,7$  см.

116.  $\approx 12,2$  мм.

### § 7.

117. 19,76 т.

118.  $\approx 13,8$  т.

119.  $\approx 9,7$  атмосфери.

120.  $\approx 48,4$  атмосфери.

121. 353,25 кг.

122.  $\approx 321,8$  кг.

123.  $\approx 6$  мм ртутного стовпа.

124.  $\approx 763$  мм ртутного стовпа.

125. 10,27 м; 12,08 м.

126. 34 Г/см<sup>2</sup>.

127.  $\approx 755$  мм ртутного стовпа.

128. Підніметься; 5,2 кг.

129.  $\approx 2,15$  атмосфери.

130.  $\approx 721,7$  мм ртутного стовпа.

131. 1107,6 мм;  
 $\approx 1,506$  кг/см<sup>2</sup>.

132. 23,81 м.

133. 20,2 м.

134. 2,18 м.

135.  $\approx 741$  мм ртутного стовпа.

136.  $\approx$  в 11 раз.

137. 978,5 кг/см<sup>2</sup>; 947 атмосфер.

138.  $\approx 499$  м.

139.  $\approx 734,3$  мм ртутного стовпа.

140.  $\approx 250$  м.

141.  $\approx 25000$  т.

142.  $\approx 600$  м.

143.  $\approx 690$  мм ртутного стовпа.

144.  $\approx 773$  мм ртутного стовпа.

### § 8.

145. 7,8 Г/см<sup>2</sup>.

146. 312 Г; 272 Г; 280 Г.

147. 3471,8 кг.

148. 78 кг.

149. 890 Г; 790 Г.

150. 1,05 кг; 971 Г.

151. 2,15 Г/см<sup>2</sup>.

152. 2,2 Г/см<sup>2</sup>.

153. 0,8 Г/см<sup>2</sup>.

154. 160 Г; 120 Г.

155. 0,24 Г/см<sup>2</sup>.

156. 0,95 Г/см<sup>2</sup>.

157. Срібла 210 Г;

міді 35,6 Г.

158. 90,5 Г і 80,5 Г.

159. Золота  $\approx 96$  Г;  
срібла  $\approx 204$  Г.

160. Не має.

161.  $\approx 0,57$ .

162. Пит. вага тіла  
0,25 Г/см<sup>2</sup>, каменя  
2 Г/см<sup>2</sup>.

163. 13,3 дм<sup>2</sup>.

164. 6180 т.

165. 69,3 см; 71,4 см.

166.  $\approx 72$  Г.

167. 11,013 кг.

168. 968 кг.

169. 100 м<sup>2</sup>.

170. 1000 кг.

171. Якщо важки й зважуване тіло мають однакову питому вагу.

## Розділ II.

### § 9.

172. 558 ккал.

173. 588 000 ккал.

174. 4°.

175. 2 кг.

176. 37,8 ккал.

177.  $\approx 6,2$  ккал.

206,4 ккал.

178. 0,8 ккал/град;

0,2  $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}\cdot\text{град}}$ .

179.  $\approx 0,63$  ккал/град;

$\approx 0,8$  ккал/град;

$\approx 0,86$  ккал/град.

180.  $\approx 0,09$  кал/г·град.

181.  $\approx 0,03$  кал/г·град.

182.  $-12^\circ$ .

183.  $\approx -20^\circ$ .

184.  $\approx 455^\circ$ .

185. 2 кг.

186. 22,5°.

187. 95°.

188. 90 л.

189. 192 л; 128 л.

190.  $\approx 0,03$  кал/г·град.

191.  $\approx 0,11$  кал/г·град.

192. 2 кг.

193.  $\approx 527^\circ$ .

194. 54,3°.

195.  $\approx 29,1^\circ$ .

196.  $\approx 0,8^\circ$ .

197.  $\approx 15,6^\circ$ .

198.  $\approx 16,6$  кал/град

199.  $\approx 0,22$  кал/г·град.

200. 720 кал;

40 кал/град.

201. 40°.

202. 627 г.

203.  $\approx 22,8^\circ$ .

### § 10.

204. 33°.

205. 27,5 кг.

206. 2,53 т.

207. 25 кг.

208. 230°.

209. 100 г; 9 г.

210. 13,5 кг;  $\approx 0,29$  кг.

211. 100 г.

212.  $\approx 11,71$  кал.

213.  $\approx 9820$  кг/м.

214.  $\approx 1^\circ$ .

215.  $\approx 0,023^\circ$ .

216.  $\approx 4,2$  ккал.

217.  $\approx 1,05^\circ$ .

218.  $\approx 47^\circ$ .

219.  $\approx 4800$  ккал;

$\approx 1$  КС.

220.  $\approx 3523$  кг/м;

$\approx 0,4$  КС.

221.  $\approx 13^\circ$ ;  $\approx 0,17$  г.

222.  $\approx 110$  КС.

223.  $\approx 192$  г.

224. Для двигуна Дізеля  
 $\approx 1$  коп.; для парової машини  $\approx 2,5$  коп.

225.  $\approx 120^\circ$ .

226.  $\approx 53$  вагоні.

227.  $\approx 1350$  кг.

228.  $\approx 94,2$  г;  $\approx 2$  КС.

229. 10 КС;  $\approx 45$  кг.

230.  $\approx 161,7$  кг.

231.  $\approx 277$  кг.

232.  $\approx 2,2$  г.

233.  $\approx 7030$  ккал/кг.

234.  $\approx 9,3$  хв.;  $\approx 3$  кг.

235.  $\approx 94$  дні.

236. 33 КС.

237. 213,5 км.

238.  $\approx 36$  км/год.

239.  $\approx 4,6$  кг.

### § 11.

240. 1,2 см.

241. 2,16 см.

242. 552,5 м.

243. 30,012 см.

244. 2 м.

245. 0,5 мм.

246. 39,98 м.



247. 74,64 см.  
 248. 118°.  
 249. ≈ 420°.  
 250. 0,000029.  
 251. ≈ 390°.  
 252. 0,000020.  
 253. 50°.  
 254. ≈ 900°.  
 255. 640°.  
 256. 3 см.  
 257. ≈ 5740 кал.  
 258. 7,2 см².  
 259. 120,48 см².  
 260. 52 800 кГ.  
 261. 14 400 кГ.  
 262. ≈ 12,53 см³.  
 263. ≈ 1,04 л.  
 264. ≈ 18 см².  
 265. 10°.  
 266. — 182°.  
 267. 0,00018.  
 268. ≈ 4 см².  
 269. ≈ 34,5°; ≈ 36°.  
 270. 160,2 ккал.  
 271. ≈ 7,5 Г/см².  
 272. 13,633 Г/см³.  
 273. ≈ 0,79 Г/см³.  
 274. ≈ 236 см³.  
 275. ≈ 7,7 кГ.  
 276. 0,001.  
 277. 118,3 кГ.  
 278. ≈ 10 кГ.  
 279. ≈ 85,6°; ≈ 1205 см³.  
 280. 0,00018.  
 281. ≈ 2,7 см.  
 282. 100°.

## § 12.

283. 32 ккал.  
 284. 432 ккал.  
 285. 295 ккал.  
 286. 2 кг.  
 287. 0°.  
 288. 214,5 ккал.

## Розділ І.

## § 15.

366. 80 кГ.  
 367. 112 кГ.  
 368. 6; 3; 1.  
 369. 40 кГ прикладено між силами на віддалі 10 см від більшої сили.  
 370. 30 кГ прикладено між силами на віддалі 30 см від меншої сили.

289. 797,500 ккал.  
 290. Залізо; свинець.  
 291. ≈ 253 г.  
 292. 318 кГ; ≈ 42 дм³.  
 293. ≈ 13,6 кал/г.  
 294. 175 кг.  
 295. Увесь лід розтає.  
 296. ≈ 6300 м.  
 297. ≈ 82 г.  
 298. 1080.  
 299. 120 м².  
 300. 73,5 т.  
 301. ≈ 131 кг.  
 302. ≈ 15%<sub>v</sub>  
 303. ≈ 15,4 т.  
 304. ≈ 0,9 кг.  
 305. ≈ 0,035 кг.  
 306. 14,39 ккал.  
 307. 30 хв.  
 308. Для спирту ≈ 19,082 ккал; для ефіру — 6,926 ккал.  
 309. ≈ 90,5 г.  
 310. 10,2 кг.  
 311. 30°.  
 312. ≈ 539 ккал/кг.  
 313. 72,15 ккал.  
 314. 2 400 000 ккал; 5°.  
 315. ≈ 15 г.  
 316. ≈ 50,8 кг.  
 317. ≈ 874°.  
 318. ≈ 3,6 кг.  
 319. ≈ 208 кал/г.  
 320. ≈ 2 кг.  
 321. ≈ 17,8°.  
 322. ≈ 68 200 кГм.  
 323. 5340 500 кГм.  
 324. ≈ 33,3 кг.  
 325. ≈ 14 кг.  
 326. ≈ 22,4 хв; ≈ 0,8 КС.  
 327. ≈ 16 кг.  
 328. ≈ 120 г.  
 329. ≈ 12 г.  
 330. ≈ 331 кг.  
 331. 11,54 кг.

## ЧАСТИНА ДРУГА.

371. 48 кГ і 16 кГ.  
 372. 60 т і 15 т.  
 373. 30 кГ діє в сторону меншої сили і лежить за більшою силою на віддалі 50 см від неї.  
 374. На А—2000 кГ вгору, на В—2500 кГ униз.  
 375. На А—200 кГ униз, на В—1800 кГ униз.  
 376. На С—720 кГ униз, на АД—480 кГ вгору.  
 377. На віддалі 25 см від центра кулі в 3 кГ.

## § 13.

332. 5,2 л.  
 333. 116,9 см ртутного стовпа.  
 334. 1,5 атмосфери.  
 335. ≈ 25.  
 336. ≈ 2,6 кГ.  
 337. 800,84 л.  
 338. 424,2 кГ.  
 339. 10,73 м.  
 340. ≈ 750 мм ртутного стовпа.  
 341. ≈ 630 см³.  
 342. ≈ 20,14 мм ртутного стовпа.  
 343. 1,42 кГ.  
 344. 48 л.  
 345. ≈ 18 год.  
 346. 2,311 л.  
 347. 11,775 л.  
 348. 13,29 л; 17,28 Г.  
 349. ≈ 27°.  
 350. ≈ 809 мм ртутного стовпа.  
 351. 0,0000095 Г/см³.  
 352. ≈ 147,4 см ртутного стовпа.  
 353. 116 кГ.  
 354. 54,6°.  
 355. 81,87 л.  
 356. — 7°.

## § 14.

357. 1,245 кг; 54%<sub>v</sub>.  
 358. 6,54 г.  
 359. 1,879 кг.  
 360. Зменшився б на ≈ 3,5 мм ртутного стовпа.  
 361. 2,286 кг.  
 362. 7,64 г.  
 363. Нижче 12°.  
 364. Була; 2,44 г.  
 365. ≈ 749,8 мм ртутного стовпа.

378. На віддалі 80 см від кінця А.  
 379. 6 кГ.  
 380. 4520 кГ і 8520 кГ.  
 381. 1 м.  
 382. На віддалі 9,25 см від лівого кінця.  
 383. На віддалі ≈ 9,3 см від лівого краю.  
 384. На віддалі ≈ 9,6 см від лівого краю.  
 385. На віддалі ≈ 7,3 см від мідного кінця.



### § 16.

387. 120°.  
 388. 0.  
 389. 20 κΓ.  
 390. 40 κΓ; 200 κΓ.  
 391. 240 κΓ.  
 392. 40 κΓ; 50 κΓ.  
 393. 450 κΓ; 600 κΓ.  
 394. Натяг шнура АВ дорівнює 0,5κΓ; шнура ВС дорівнює 0,3κΓ.  
 395. 120 κΓ і 150 κΓ.  
 396. ≈ 7 κΓ.  
 397. 18 κΓ.  
 398. ≈ 100 κΓ; ≈ 99,5 κΓ.  
 399. ≈ 3240 κΓ і ≈ 810κΓ.

### § 17.

400. Обертатиметься проти стрілки годинника; ≈ 2,14 κΓ.  
 401. На віддалі 1,5 м від сили в 8 κΓ.  
 402. 37,47 Г; 0,03 Г.  
 403. 35 κΓ.  
 404. 125 Г.  
 405. Обертатиметься проти руху стрілки годинника; 5 κΓ.  
 406. 30 κΓ; 10 κΓ/сек.  
 407. 16 κΓ.  
 408. 13 κΓ і 21 κΓ.  
 409. 48 см.  
 410. 5 робітників; 120κΓм  
 411. 360 κΓ, в 6 раз, 5 раз, 30 раз.  
 412. ≈ 8,3 κΓ.  
 413. 36 κΓ.  
 414. 50 κΓ.  
 415. ≈ 56,5 κΓ.  
 416. 15 κΓ.  
 417. 3 т.  
 418. Настінку ВС—1,2κΓ, на дно АВ—1,6 κΓ.  
 419. 33 κΓ; 15 κΓ.  
 420. 0,4 κΓ.  
 421. 87,6 κΓ.  
 422. 360 κΓм; ≈ 536 κΓм; ≈ 67°/о.  
 423. ≈ 0,1; ≈ 78°/о.  
 424. 1,4 κΓ.  
 425.  $h = kb$ ;  $k = \frac{h}{b} = \operatorname{tg} \alpha$ , де  $\alpha$ —кут нахилу площини.  
 426. 400 КС.  
 427. 0,006.  
 428. 36 км/год.  
 429. ≈ 17,6 κΓ.  
 430. 80 κΓ.  
 431. ≈ 1400 κΓ; 2000 κΓ.  
 432. 4 робітн.; 2400 κΓм.

433. 160 κΓ; так; зменшиться на 32 κΓ.  
 435. 4 блоки.  
 436. ≈ 75°/о; 0,5 м.  
 437. 10 κΓ.  
 438. 175 Г.  
 439. 100 κΓ; ≈ 167 κΓ.  
 440. 3,6 κΓ.  
 441. 25 κΓ.  
 442. В 3 рази.  
 443. 6 κΓ; 12 κΓм/сек.  
 444. 200 κΓ.  
 445. 182,4 κΓ.  
 446.  $F = \frac{P(r_1 - r_2)}{2R} = 2,5 \kappa \Gamma$ .  
 447. 60.  
 448. 3 κΓ.  
 449.  $F = \frac{r_1 r_2}{R_1 R_2}$ .  $P = 12,8 \kappa \Gamma$ .  
 450. ≈ 7,64 κΓ; ≈ 19 κΓ.  
 451. ≈ 42°/о.  
 452. ≈ 63 рази.  
 453. ≈ 2010 κΓ.  
 454.  $F = \frac{Pr}{zR} = 0,4 \kappa \Gamma$ .  
 455. 4,8 κΓ.

### Розділ II.

#### § 18.

456. 72 км/год.  
 457. 1980 м; 660 м/сек.  
 458. 30 сек.; 150 м; 60 м.  
 459. 1 м/сек.  
 460. 1,25 м/сек².  
 461. 32,4 м; 7,8 м/сек.  
 462. 20 м/сек.  
 463. 0,8 м/сек²; 50 м.  
 464. ≈ 500 000 м/сек²; ≈ 0,0007 сек.  
 465. 0,25 м/сек².  
 466. 0,5 м/сек².  
 467. 2 хв 40 сек.; 8 м/сек.  
 468. 1 м/сек²; 12 м/сек.  
 469. ≈ 4 хв. 40 сек.; 0,054 м/сек².  
 470. 0,002 сек.; 300 000 м/сек².  
 471. 180 м.  
 472. ≈ 591 м/сек.  
 473. Через 1 хв.  
 474. Через 12,5 сек.  
 475. 40 см/сек².  
 476. 0,4 м/сек²; 180 м.  
 477. 0,25 м/сек², 40 сек.  
 478. 0,005 сек.; 120 000 м/сек².  
 479. 122,5 м; 49 м/сек.  
 480. 122,5 м; 49 м/сек.  
 481. 19,6 м.  
 482. 20 сек.; 196 м/сек.  
 483. 19,6 м/сек.  
 484. 15 ударів.  
 485. 63,7 м; 93,1 м.  
 486. ≈ 0,5 сек.  
 487. ≈ 72 м.  
 488. ≈ 3,7 м.  
 489. В  $\sqrt{2} \approx 1,41$  раза.  
 § 19.  
 490. 25,12 рад/сек.  
 491. ≈ 0,000073 рад/сек.  
 492. 1500 обертів.  
 493. 75,36 сек.; ≈ 123 сек.  
 494. 1,05 рад/сек²; 75 обертів.  
 495. ≈ 13,3 рад/сек²; 7,5 сек.  
 496. 120 об/хв.  
 497. 2500 об/сек.  
 498. ≈ 260 м/сек.  
 499. ≈ 1200 об/хв.  
 500. ≈ 0,94 м/сек.  
 501. ≈ 21,7 км/год.  
 § 20.  
 502. 34 сек.  
 503. 3 год. і 4 год.  
 504. 25,6 м.  
 505. 5 м/сек.  
 506. 45°.  
 507. ≈ 7,2 м.  
 508. 450 м/сек.  
 509. Вісь літака повинна бути відхилена від напрямку на північ до сходу на ≈ 19°; 2 години.  
 510. 196 мм; 120 м.  
 511. 1400 м.  
 512. 20 сек.; 1000 м.  
 513. 10 м.  
 514. ≈ 4°.  
 515. ≈ 520 м/сек.  
 516. ≈ 0,34 м.  
 517. ≈ 11,4 км.  
 518. ≈ 60°.  
 519. ≈ 32,3 м; 30 м.  
 520. ≈ 18,1 м.  
 Розділ III.  
 § 21.  
 521. ≈ 0,07 м/сек²; ≈ 0,7 м/сек.  
 522. 0,5 м/сек²; 10 κΓ.  
 523. 0,4 технічних одиниць маси, або 3,92κг маси.  
 524. 0,02 м/сек².  
 525. ≈ 11,02 κΓ.  
 526. ≈ 20 см/сек²; 3 сек.; 60 см/сек.



527. 1 Г.  
 528. 981,6 см/сек.<sup>2</sup>.  
 529. ≈ 980 000 кг.  
 530. 260 кг.  
 531. 148,8 кг.  
 532. 0,25 м/сек.<sup>2</sup>; 2550 кг.  
 533. 200 кг.  
 534. ≈ 914 атмосфер.  
 535. 0,4.  
 536. ≈ 0,01.  
 537. ≈ 1,4 сек.  
 538. ≈ 0,35.  
 539. ≈ 120 КС.  
 540. 309 кгм.  
 541. ≈ 14 КС.  
 542. ≈ 267,4 КС.  
 543. ≈ 800 КС.  
 544. 0,5 м/сек.<sup>2</sup>; 25 кг.  
 545. 4 м/сек.<sup>2</sup>; ≈ 0,4.  
 546. 10 000 кг;  
 2 000 000 кгм.  
 547. ≈ 392 кг.  
 548. а) 5580 кг;  
 в) ≈ 3,7 см/сек.<sup>2</sup>;  
 г) ≈ 0,2 см/сек.<sup>2</sup>.  
 549. 3 м/сек;  
 ≈ 1,53 м.  
 550. 588 м/сек.  
 551. 6 м/сек в зворотному напрямі.  
 552. ≈ 1,93 м/сек.  
 553. ≈ 332 м/сек.  
 554. ≈ 490 м/сек.  
 555. 7,3 кгм.  
 556. ≈ 380 кгм; ≈ 0,01 гектоват - години.  
 557. 10 м/сек.  
 558. 392 кг.  
 559. 7 м/сек; 2,5 м.  
 560. 360 000 кгм;  
 180 000 кг.  
 561. ≈ 200 кгм; 200 кг.  
 562. ≈ 135 кг.  
 563. ≈ 102 м.  
 564. 57,5 кг.  
 565. 1,25 кг.  
 566. 0,2.  
 567. Введе, бо кінетична енергія велосипедиста більша енергії, потрібної для підняття його.  
 568. 176,4 кгм.  
 569. 98 кгм.  
 570. 8 100 000 кгм.  
 571. 30,3 м/сек.

#### Розділ I.

#### § 27.

655. 500 кулонів.  
 656. 0,1118 г.

572. Розтопиться, бо кількість теплоти, яка виділяється при ударі кулі, більша кількості теплоти, потрібної для топлення кулі.  
 573. ≈ 270°.  
 574. ≈ 13,3°/о.  
 575. 1 200 000 КС.  
 576. 8 КС.  
 577. 3,6 КС.  
 578. 14,7 КС.  
 579. 8,2 кг.

#### § 22.

580. 0,167 рад/сек.<sup>2</sup>;  
 ≈ 2 хв. 30 сек.  
 581. ≈ 12,56 кг.  
 582. ≈ 2000 кгм.  
 583. ≈ 250 000 кгм.  
 584. 240 кгм.  
 585. 785 обертів.

#### § 23.

586. ≈ 1010 кг.  
 587. 5 м/сек.  
 588. ≈ 268 об/хв.  
 589. 987 кг.  
 590. ≈ 6,7 об/хв.  
 591. 10 см.  
 592. ≈ 0,003 кг.  
 593. 14,2 т.  
 594. 408 т.  
 595. ≈ 9,39 кг;  
 ≈ 14,29 кг.  
 596. Не вилетить.  
 597. Більше 16 м.  
 598. ≈ 36 км/год.  
 599. 3 Р.  
 600. 60°.  
 601. ≈ 42 об/хв.  
 602. ≈ 26°34'.  
 603. ≈ 75 мм.

#### § 24.

604. см<sup>2</sup>/г·сек.<sup>2</sup>.  
 605. ≈ 667 дин.  
 606. ≈ 996 кг.  
 607. ≈ 2644 км.  
 608. ≈ 5,5 г/см.<sup>3</sup>.  
 609. ≈ 2,6 раза.  
 610. ≈ 0,27 см/сек.<sup>2</sup>.  
 611. ≈ 7,9 км/сек.  
 612. ≈ 4,58 км/сек.

#### ЧАСТИНА ТРЕТЯ.

657. 10 А.  
 658. 18 000 кулонів.  
 659. 10 хв.  
 660. ≈ 3,3 А.  
 661. ≈ 4000 Ω.

#### Розділ IV.

#### § 25.

613. 60 Г; 30 Г; 0 Г.  
 614. ≈ 115,5 Г.  
 615. ≈ 35°.  
 616. ≈ 9,87 м/сек.<sup>2</sup>.  
 617. ≈ 0,993 м.  
 618. 1,35 сек.  
 619. ≈ 0,25 м.  
 620. 9,8 м/сек.<sup>2</sup>.  
 621. 11,25 см; 31,25 см.  
 622. ≈ 0,99 м.  
 623. 9:4.  
 624. Годинник у Лондоні відставатиме.  
 625. 3 хв. 40 сек.  
 626. Взвирити на 0,0816 довжини.  
 627. На 0,0005 довжини.  
 628. 9,807 м/сек.<sup>2</sup>.  
 629. Взимку поспішатиме.  
 630. Період прямо пропорціональний  $\sqrt{1+at}$ .  
 631. ≈ 15,6 сек.  
 632. 0,0000185.  
 633. 0,15 кгм і 0,18 кгм.  
 634. ≈ 229 см/сек.

#### § 26.

635. ≈ 0,3 сек.  
 636. ≈ 5 колив/сек.  
 638. 327,87 м/сек.  
 639. ≈ 2 км.  
 640. 77 м.  
 641. 206,25 м.  
 642. 0,5 м.  
 643. ≈ 76 см.  
 644. 1435 м/сек.  
 645. 0,007 сек. до 0,01 сек.  
 646. 4,88 м і 4,982 м.  
 647. ≈ 0,9 м; ≈ 0,003 сек.  
 648. 0,01 сек.  
 649. ≈ 400 в хвилину.  
 650. 670 коливань у секунду.  
 651. 15,5 км/год.  
 652. ≈ 916 коливань.  
 653. ≈ 51 км/год.  
 654. 330 м/сек.

662. 1 м.м.<sup>2</sup>.  
 663. ≈ 7,4 Ω.  
 664. ≈ 30,76 кг.  
 665. 88,3 м.м.<sup>2</sup>.



666. Алюмінійовий про-  
від легший у 1,8 раза.

667. 20,8  $\Omega$ .

668. 1826°.

669. — 0,0005.

670.  $\approx 4267 \Omega$ .

671.  $\frac{1}{\alpha} = 250^\circ$ .

672. 60 W.

673. 100 V.

674. 36,8 A.

675. 60 W.

676.  $\approx 640 \text{ т.}$

677.  $\approx 1\,830\,000 \text{ л.}$

678.  $\approx 0,7 \text{ кг.}$

679. 22 гектоват-години.

680. 8,4 ват - години.

681.  $\approx 5,1 \text{ коп.}$

682.  $\approx 0,9 \text{ А.}$

683. 16 коп.

684.  $\approx 3 \text{ крб.}$

685.  $\approx 565 \text{ крб. } 25 \text{ коп.}$

686.  $\approx 40,8 \text{ А.}$

687.  $\approx 45,9 \text{ км/год.}$

688. 98 А.

689. 163 лампочки.

690. 45 000  $\mu\text{Гм}$ ; 2,5 коп.

### § 28.

691. 0,3 А.

692. 20  $\Omega$ .

693. 120 V.

694. 120 V; 36 kW.

695. 120  $\Omega$ .

696. 0,8 А; 120 V.

697. 3 А; 54 W.

698.  $\approx 7,2 \text{ мм.}$

699. 32,5 м.

700. 43 крб. 20 коп.

701. 0,25 А; 480  $\Omega$ ;  
1 крб. 15 коп.

702. 400  $\Omega$ .

703.  $\approx 2000^\circ$ .

### § 29.

704. 0,18 А.

705. 0,46  $\Omega$ .

706. 14,5  $\Omega$ .

707. 1,1 V.

708. 1,6 V; 0,64 V.

709. 0,5 А; 1 V.

710. 2,08 V.

711.  $\approx 2,9 \Omega$ .

712.  $\approx 85 \text{ м}$ ; 9,6 V.

713. 0,5  $\text{мм}^2$ .

714. 2 V; 2  $\Omega$ .

715.  $\approx 92\%$ .

716. 2,05 V; 2 V;  $\approx 97\%$ .

717. 0,5 А; 4  $\Omega$ ; 30 м;  
0,5 ват - години.

### § 30.

718. 13,4  $\Omega$ .

719.  $\approx 200 \text{ V.}$

720. 70 V.

721. 50 м; 2,4 V.

722. 83,3  $\Omega$ ; 0,6 А.

723. 17  $\text{мм}^2$ .

724.  $\approx 4,2 \text{ мм}^2$ .

725.  $\approx 283 \text{ мм}^2$ ;  
 $\approx 11,3 \text{ мм}^2$ ;  $\approx 96\%$ .

726. 7  $\Omega$ ; 35 м; 30 гекто-  
ват - години.

727. 0,48  $\Omega$ ; 1,7  $\text{мм}^2$ .

728. 12kW; 16kW; 21,7 КС.

729.  $\approx 46,3 \text{ гектоват.}$

730. 50 А; 0,176  $\Omega$ ;  
 $\approx 360 \text{ м.}$

731. 0,5 А; 236  $\Omega$ ; 118 V.

732.  $\approx 98\%$ .

733. 20  $\Omega$ .

734. 2,5 А; 2 А; 1,25 А;  
10,75 А.

735. 5А;  $\approx 1,67\text{А}$ ;  $\approx 3,33 \text{ А.}$

736. 0,0004  $\Omega$ .

737.  $R \approx 5,5 \Omega$ ;  $i_4 \approx 2,8 \text{ А}$ ;  
 $i_1 \approx 3 \text{ А}$ ;  $i_5 \approx 1,4 \text{ А}$ ;  
 $i_2 \approx 0,7 \text{ А}$ ;  $i_6 \approx 0,5 \text{ А}$ ;  
 $i_3 \approx 1 \text{ А}$ ;  $i_7 \approx i_8 \approx 4,7 \text{ А.}$

738.  $\approx 7,2 \text{ А}$ ;  $\approx 4,8 \text{ А.}$

739. 0,2 А; 0,8 А.

740. 10 А; 275  $\Omega$ ; 11  $\Omega$ .

741. 40 ламп.

742. 120 V.

743. 115,5 V.

744.  $\approx 89\%$ .

745. 30 А; 12 V; 132 V;  
3,96 kW.

746. Опір буде 1,225  $\Omega$ ; ве-  
личина струму  $\approx 8,4$   
А; напруга  $\approx 10,3 \text{ V.}$

747. 27,5 А; 8  $\Omega$ .

748. 3 А; 1,75 А; 5,25 А;  
210 V.

749. 120 V.

750. 275  $\Omega$ ;  $\approx 2,75 \Omega$ ; 40 А;  
0,22  $\Omega$ ;  $\approx 15,5 \text{ мм}^2$ .

751. 10 А; 70 А; 131,9 V;  
 $\approx 9,9\%$ .

### § 31.

752. 2 А; 5 V.

753. Вигідніше сполучи-  
ти послідовно.

754. При послідовн. спо-  
лученні 0,055 А; 50%.

При паралельн. спо-  
лученні 0,01 А;  $\approx 99\%$ .

755.  $E = 2 \text{ V}$ ;  $r = 0,5 \Omega$ .

756. 14 елементів.

757. 1,4 А; 2,94 V.

758.  $\approx 77\%$ .

759.  $I = 3 \text{ А}$ ;  $U = 12 \text{ V}$ ;  
80%.

### § 32.

760. 28,8 ккал.

761. 9,6 кал.

762. а) 9,68 кал;

14,52 кал.

б)  $\approx 3,48 \text{ кал}$ ;  
2,32 кал.

763. 35,3 ккал.

764. 5,76 ккал;

12,96 ккал.

765. 4,5 ккал.

766.  $\approx 1580 \text{ кал}$ ;

$\approx 1053 \text{ кал}$ ;

$\approx 527 \text{ кал.}$

767. 1296 ккал.

768. 0,48°.

769.  $\approx 10,3^\circ$ .

770. 1,6°.

771. а)  $\approx 8,3^\circ$ ;  $\approx 5,5^\circ$ ;  
б)  $\approx 1,33^\circ$ ;  $\approx 1,99^\circ$ .

772.  $\approx 9,8^\circ$ .

773.  $\approx 1,8^\circ$ .

774. Мідний.

775.  $\approx 0,43 \text{ кал/г.град.}$

776. 864 г.

777.  $\approx 133 \text{ см}^3$ .

778.  $\approx 10,2 \text{ кг.}$

779.  $\approx 30 \text{ V.}$

780.  $\approx 2 \text{ А.}$

781. 10  $\Omega$ .

782. 625 сек.

783.  $\approx 91\%$ ;  $\approx 14 \text{ хв.}$

784.  $\approx 1 \text{ крб. } 46 \text{ коп.}$

785.  $\approx 7 \text{ А}$ ;  $\approx 3,3 \text{ коп.}$

786.  $\approx 11,7 \Omega$ ; 19хв.20сек.

787. 55 м.

788. 7 м;  $\approx 4,7 \text{ коп.}$

789.  $\approx 0,09 \text{ мм}^2$ ;  $\approx 2,35 \text{ л.}$

790. 100 ламп;  $\approx 120 \text{ V.}$

791. 14 ламп.

792.  $\approx 3,9 \text{ мм}^2$ .

### § 33.

811. 25 дин.

812.  $\approx 14 \text{ см.}$

813. По 30 одиниць CGSM.

814. 10 см.

815. 40 і 20 од. CGSM.

816.  $\approx 5 \text{ см}$ ;  $\approx 7 \text{ см.}$

817.  $\approx 2,7 \text{ дин.}$

818.  $\approx 4,3 \text{ дин.}$

819.  $\approx 6,3 \text{ дин.}$

820.  $\approx 8 \text{ одиниць CGSM.}$

821. По 45 одиниць CGSM.

822.  $\approx 3,4 \text{ Г.}$

823.  $\approx 204 \text{ Г.}$

824. 10 000 ерстедів.

825. 0,8 ерстеда.

826. 40 000 силових ліній  
на 1  $\text{см}^2$ .

827. 1250 дин.

828. 20 ерстедів.



## § 34.

351. 2 ерстеда.  
 352. 1 м.  
 353. 0,628 ерстеда.  
 354.  $\approx 6,4$  А.  
 355. 3,14 дини.  
 356. 628 ерстедів.  
 357. 4;  $\approx 50$  ерстедів.  
 358. 2 А.  
 359. 2000; 100.  
 360. 200 000.

## § 35.

366. 0,001 V.  
 367.  $10^7$  см. ліній.  
 368. 5 см/сек.  
 369. 0,000001 V.  
 370. 0,004 V.  
 371. 0,1 V.  
 372.  $\approx 0,04$  сек.  
 373. 40.  
 374.  $\approx 0,0028$  генрі.  
 375.  $\approx 0,56$  генрі.  
 376.  $\approx 14$ ;  $\approx 49$ .  
 377.  $\approx 0,077$  генрі.  
 378.  $\approx 36$ .

## § 36.

379. 113,7 V; 75,8  $\Omega$ .  
 380. 150 V; 90 V.  
 381. 112,7 V; 33,7A; 2,3 A;  
 31,4 A.  
 382. 111,7 V; 74,5  $\Omega$ .  
 383. 0,88.  
 384. 4,3 КС.  
 385. 480 V; 0,87.  
 386.  $\approx 10,9$  kW;  
 $\approx 10$  kW.  
 387. 116 V; 28 A.  
 388. 13,2 kW.  
 389. 83,3 V.  
 390. 161,9 A.  
 391. 3 V; 117 V.  
 392. 81,4 V; 2,7 A; 27,7 A.  
 393. 80 змін.  
 394. 750 об/хв.  
 395. 0,02 сек.; 24 полюси.  
 396. 50 періодів.  
 397. 4 полюси.

## § 37.

398. 177,6 V.  
 399. 0,83.  
 400. 0,88.  
 401.  $r = 4,17 \Omega$ .  
 402. 17,4 КС.  
 403. 282,7 V.  
 404. 46 А.

## § 38.

905.  $\approx 900\,000$  т.  
 906. 100 електростатичних одиниць.  
 907. 20 електростатичних одиниць;  
 40 електростатичних одиниць.  
 908. 5 см і 7 см при однойменних зарядах;  
 $\approx 28,9$  см від меншого при різнойменних зарядах.  
 909.  $\approx 3,5$  см.  
 910. Зменшиться в 8 раз.  
 911. 2.  
 913. 0.  
 914. 2,5 дини.  
 915. 2,8 дини.  
 916.  $\approx 455\,000$  кулонів негативної електрики.  
 917. Збільшиться на 0,01 см/сек<sup>2</sup>.  
 918. 0,001 дини; 0,00001 дини; 10 см/сек<sup>2</sup>.  
 919. 0,000009 джоуля.  
 920. 3 V.  
 921. 0,1 мм.  
 922. 90°.  
 923. Однакова в усіх випадках.  
 924. 709 мікрофарад.  
 925.  $\approx 890$  м<sup>2</sup>.  
 926.  $\approx 5$  м<sup>2</sup>.  
 927. Ємність не зміниться, частина станіолу ЕС буде зайвою.  
 928. 0,025 мікрофаради.  
 929. 600 см; 400 см.  
 930. Можна роль обкладок відіграють дрот і земля, діелектрик — повітря.  
 931. Наведена формула стосується тільки плоск. конденсатора.  
 932. Близько 9000 мікрофарад.  
 933. 10 280 000 м<sup>2</sup> або близько 10,3 км<sup>2</sup>.  
 934. 0,0000006 кулона.  
 935.  $\frac{U}{2}$ ;  $\frac{qU}{2}$  джоуль.  
 936.  $\approx 300$  Г.  
 937. 420 000 V.  
 938. Ні; проскочить іскра; збільшити ємність.  
 939.  $\approx 6\,300\,000$  електронів.  
 940.  $\approx 14$  мільйонів електронів.

941.  $\approx 6,25 \cdot 10^{19}$ ; близько 12 000 електронів.

## § 39.

942.  $\approx 2,1$  А.  
 943. 9,9 г.  
 944. 5 А; 4 V.  
 945. 5 А; 20 W.  
 946. 216 г.  
 947. Через велику густину струму.  
 948. 15 гектоват-годин;  
 2,016 кг.  
 949. 8,035 кг.  
 950. 3,06 г.  
 951. 22,5 хв.  
 952. 0,093 мг/к.  
 953.  $\approx 3$  години.  
 954. 6,6 коп.  
 955.  $\approx 0,04$  мм; 1,4 V.  
 956. 2,8 А; 82%  
 957. 1) на катоді; 2) ні;  
 3) так.  
 958.  $\approx 0,045$  мг.  
 960.  $\approx 96\,500$  кулонів;  
 894 кулони.  
 961.  $\approx 96\,550$  кулонів;  
 $\approx 96\,510$  кулонів;  
 $\approx 96\,950$  кулонів.  
 962. 1,58  $\cdot 10^{-19}$ .  
 963. Електроди в даних випадках не поляризуються.  
 964. 0,5 А.  
 965. 1) не дістанемо; 2) не дістанемо; 3) дістанемо.  
 966. 1 А.  
 967. 3600 кулонів.  
 968. 1,2 гектоват-години;  
 0,1 гектовата.  
 969. 118,8 г; не впливає.  
 970. 98,5 V і 143,5 V.  
 971. 86,4 г; 172,8 г.  
 972. 40 ампер-годин;  
 10 годин.  
 973.  $\approx 250$  км/сек.  
 974. 0,44 мм (відхилення на екрані, що флюоресцює, набагато більше, бо екран поміщений на досить великій віддалі від краю конденсатора).  
 975. 8,5 см.  
 977.  $\approx 9,4$  mA.  
 978. 1) Границя збільшення струму буде тоді, коли всі електрони, які викине нитка за секунду, будуть за



той же час віднесені до анода.  
2) Закон Ома не можна застосувати.

### § 40.

979. 1) 0,000025 сек.  
2) через втрату енергії головним чином на нагрівання проводів.  
980. 1,42 генрі.  
981. 1884 м.  
982.  $\approx 16,7$  кГц;  
 $\approx 17,2$  кГц;  
 $\approx 16$  кГц.  
983.  $\approx 402$  м.  
984. 402 — 764 м.  
985. 130 см.  
987. Різниця в довжині хвилі  $\approx 1$  м; різниця в частоті 100 пер/сек.  
988. Вказівка: звернути увагу на одиниці вимірювання  $L$  і  $C$  в обох випадках.

### Розділ II.

### § 41.

989.  $\approx 1,3$  сек.  
990. 8 хв. 20 сек.  
991. 9,47 · 10<sup>12</sup> км.  
992. В 1601 р.  
993. 60 см.  
994. 30 м.  
995. 66 см; 90 см.  
996. 16 мм.  
997. 4,4 см.  
998. 6,4 см.  
999.  $\approx 87\,000$  КС.  
1000.  $\approx 4,5\%$ ;  
 $\approx 1,4$  кг/м/сек.  
1001.  $\approx 1,6$  кг/м.  
1002.  $\approx 314$  люменів.  
1003.  $\approx 80$  свічок.  
1004. 16 люксів.  
1005. 0,1 люмена.  
1006. 64 люкса.  
1007. 1 000 000 свічок.  
1008. 5 м.  
1009. 22,5 люкса.  
1010. 0,000628 люмена.  
1011.  $\approx 30$  см.  
1012. В  $2\frac{1}{4}$  рази.  
1013. В 3 рази.  
1014.  $\approx 41$  см.  
1015.  $\approx 51$  свічку.  
1016. На віддалі 1 м від лампи в 25 свічок.  
1017.  $\approx 23$  люксів.  
1018.  $\approx 11,5$  рази.  
1019. 17,7 люкса.

1020.  $\approx 3,6$ ;  $\approx 5,6$ ; 6;  $\approx 5,5$ ;  
 $\approx 4,8$  люкса.  
1021.  $\approx 13,5$  люкса.  
1022. 2000 свічок.  
1023. 60°; 1 м.  
1024. 235,5 м<sup>2</sup>.

### § 42.

1025. Так, щоб кут падання дорівнював 45°.  
1026. На 20°.  
1027. 2 ф.  
1028. 11'.  
1029. На 2 м.  
1030. Половина зросту людини.  
1031. Нескінченно велике число.  
1032. 3 зображення; 5 зображень.  
1033. 16 см.  
1034.  $\approx 27$  см;  $\approx 54$  см.  
1035. Віддалиться на 162 см.  
1036. В центрі кривини дзеркала.  
1037. 24 см.  
1038. —20 см; знак мінус означає, що зображення знаходиться за дзеркалом.  
1039. 20 см.  
1040. 60 см; 20 см.  
1041. 10,5 см.  
1042. 40 см і 85,7 см.  
1043. —13 см.  
1044. 3 м.

### § 43.

1046.  $\approx 38^{\circ}30'$ .  
1047.  $\approx 70^{\circ}$ .  
1048.  $\approx 28^{\circ}$ .  
1049.  $\approx 59^{\circ}$ .  
1050. 1,53.  
1051.  $\approx 52$  см.  
1052.  $\approx 15$  см.  
1053.  $\approx 2,4$  см;  $\approx 0,9$  см.  
1054.  $\approx 1$  м.  
1055. Промінь має повне внутрішнє відбиття.  
1056.  $\approx 48^{\circ}45'$ ;  $\approx 38^{\circ}40'$ .  
1057.  $\approx 2,41$ .  
1058. Промінь має повне внутрішнє відбиття.  
1062.  $\approx 42^{\circ}$ ;  $\approx 23^{\circ}$ .  
$$\sin \frac{\delta + A}{2}$$
  
1063.  $n = \frac{\delta + A}{\sin \frac{A}{2}}$ .  
1064.  $\approx 1,01$ ;  $\approx 0,99$ .  
1065.  $\approx 23^{\circ}$ .  
1066.  $\approx 50^{\circ}40'$ .

### § 44.

1067. 20 діоптрій.  
1068. 5 м.  
1069. 8 см.  
1070. 21 см.  
1071. 60 см.  
1072. —24 см; зображення уявне.  
1073. 30 см.  
1074. 90 см або 10 см.  
1076. 15 см.  
1077. 20 см.  
1078. 30 раз.  
1079. Негатив на 18 см; папір на 36 см.  
1080.  $\approx 28$  м; 20,05 см.  
1081.  $\approx 50$  м.  
1082. 60 см.  
1083. 16 см.  
1084. 20 см.  
1085. 10 см.  
1086. Для розсвіної лінзи 4 см; 16 см; для збірної 4 см; 24 см.  
1087. 8 см.  
1088. 62,5 см.  
1089.  $n = 2$ .  
1090. Дана лінза розсвіна, опукло вгнута;  $f = -25$  см.  
1091. 40 см; 60 см; 24 см.  
1092. Збільшиться приблизно в 4 рази.  
1093.  $f = \infty$ .  
1094. —125 см; лінза зробиться розсвіною.

### § 45.

1095.  $\approx 1\,400\,000$  км.  
1096.  $\approx$  В 115 раз.  
1097.  $\approx 28,7$  м.  
1098.  $\approx 6'$ .  
1099.  $\approx 5000$  м.  
1100. 3 рази.  
1101. 16 діоптрій.  
1102.  $\approx 4,17$  см.  
1103. 20 раз.  
1104. 180 раз.  
1105.  $\approx 142$  мм; 24 рази.  
1106.  $\approx 22$  мм;  $\approx 66$  раз.  
1107.  $\approx 46$ ; 110;  $\approx 153$  і 220 раз.  
1108. 2 м.  
1109. 0,4 діоптрій.  
1110.  $\approx 70$  раз.  
1111.  $\approx 12,2$  см.  
1112.  $\approx 55$  раз.

### § 46.

1113. 17 000.  
1114. 375 · 10<sup>12</sup> і 750 · 10<sup>12</sup>.



- 1115.** 410,2 тр.  
**1116.** Чорного.  
**1117.**  $\approx 30'$ .  
**1118.**  $\approx 50'$ .  
**1119.**  $\approx 6^\circ$ .  
**1120.**  $\approx 3$  мм.  
**1121.**  $\approx 7$  мм.  
**1123.** Посилення світла.  
**1124.**  $\approx 588$  тр.
- Розділ для повторення.
- 1131.**  $\approx 0,14$  мм;  
 $\approx 0,0014$  мм<sup>3</sup>;  
 $\approx 0,002$  мг.  
**1132.** Дифузія; з підвищенням температури швидкість збільшується.
- 1133.** 14,5 кг.  
**1134.**  $\approx 27,5$  л.  
**1135.**  $\approx 1,6$  м/сек.  
**1136.** 8 коп.  
**1137.** 1 А.  
**1138.** 1,25 V.  
**1139.**  $\approx 30$  хв.  
**1140.**  $\approx 140$  діб.  
**1141.**  $\approx 15$  коп.  
**1142.** 450 розрядів.  
**1143.** 0,0003 одиниць CGSE.  
**1148.**  $\approx 4$  коп.  
**1149**<sup>o</sup>  $\approx 59$  А;  $\approx 118$  А.  
**1150.** 50 акумуляторів; 2 паралельні кола по 25 акумуляторів у кожному.
- 1151.**  $\approx 21$  коп.  
**1152.** 400 А;  $\approx 500$  кг.  
**1156.**  $\approx 10$  кг.  
**1157.** 11,2 коп.  
**1158.**  $\approx 0,004$  коп.  
**1159.** 1) При великих відстанях;  
 2) з змінним;  
 3) ні;  
 4) за допомогою трансформатора.
- 1160.** 76,5%.  
**1161.** 22 500 kW;  
 $\approx 20$  500 ккал.  
**1162.**  $\approx 18$  000.  
**1163.** Невистачить.



## З М І С Т.

### В С Т У П.

§ 1. Про наближені величини і дії з ними . . . . .	3
§ 2. Питома вага і густина речовини . . . . .	3
§ 3. Робота і потужність . . . . .	5

### Ч А С Т И Н А П Е Р Ш А.

#### Розділ I. Тверді тіла, рідини і гази.

§ 4. Тиск . . . . .	9
§ 5. Механічні властивості твердих тіл . . . . .	9
§ 6. Гідростатичний тиск . . . . .	11
§ 7. Атмосферний тиск . . . . .	13
§ 8. Закон Архімеда . . . . .	16

#### Розділ II. Тепло.

§ 9. Кількість тепла. Теплоємність тіла і питома теплоємність речовини. Температура суміші . . . . .	18
§ 10. Тепловодна здатність. Механічний еквівалент тепла . . . . .	21
§ 11. Теплове розширення тіл . . . . .	25
§ 12. Перехід тіла з одного стану в інший при нагріванні . . . . .	29
§ 13. Рівняння стану газів . . . . .	34
§ 14. Вологість . . . . .	37

### Ч А С Т И Н А Д Р У Г А.

#### Розділ I. Статика.

§ 15. Складання й розкладання паралельних сил. Центр ваги . . . . .	39
§ 16. Складання й розкладання сил за правилом паралелограма . . . . .	42
§ 17. Важіль, похила площина та інші найпростіші механізми . . . . .	45

#### Розділ II. Кінематика.

§ 18. Прямолінійний рівномірний і рівномірнозмінний рух . . . . .	54
§ 19. Обертний рух . . . . .	57
§ 20. Складний рух . . . . .	58

#### Розділ III. Динаміка.

§ 21. Закони Ньютона. Кінетична енергія тіла, що перебуває в поступному русі. Системи одиниць . . . . .	60
§ 22. Закони динаміки для обертового тіла, кінетична енергія обертового тіла . . . . .	66
§ 23. Відцентрова сила . . . . .	67
§ 24. Всесвітнє тяжіння . . . . .	69

#### Розділ IV. Коливний рух. Звук.

§ 25. Маятник . . . . .	70
§ 26. Коливання пружних тіл і звукові явища . . . . .	71



## ЧАСТИНА ТРЕТЯ.

### Розділ I. Електрика і магнетизм.

§ 27.	Кількість електрики, величина струму, опір, напруга. Робота і потужність струму.	74
§ 28.	Закон Ома для частини кола	78
§ 29.	Закон Ома для всього кола	79
§ 30.	Послідовне й паралельне сполучення провідників	81
§ 31.	Сполучення елементів у батареї	86
§ 32.	Теплові дії струму	87
§ 33.	Магнетизм	92
§ 34.	Електромагнетизм	94
§ 35.	Електромагнітна індукція	97
§ 36.	Динамомашини	99
§ 37.	Електродвигуни	101
§ 38.	Електростатика	102
§ 39.	Електроліз. Струми в газах	107
§ 40.	Електромагнітні коливання	113

### Розділ II. Оптика.

§ 41.	Прямолінійне поширення світла. Фотометрія	114
§ 42.	Відбивання світла	118
§ 43.	Заломлення світла	120
§ 44.	Оптичні лінзи	122
§ 45.	Оптичні прилади	125
§ 46.	Дисперсія світла. Хвильова природа світла	127
	Розділ для повторення	128
	Додатки	133
	Відповіді	138



