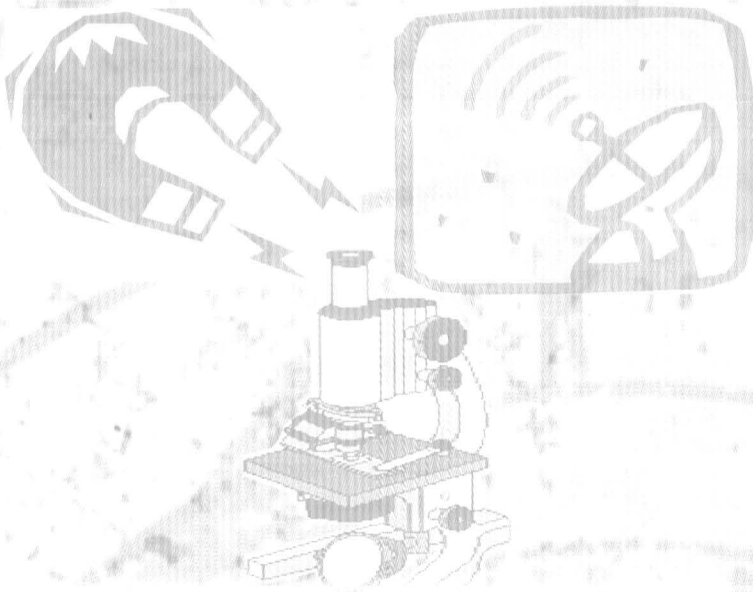
ФІЗИКА



А.Б.Трофімчук
Я.Ф.Левшенюк

Збірник 511 задач

Схвалено до друку радою кабінету природничих предметів Рівненського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти (протокол № 3 від 02.07.2019 р.)

Трофімчук А. Б., Левшенюк Я. Ф.

Збірник задач. Фізика. 11 клас. Рівень стандарту. 92 стор.

Збірник задач з фізики для 11 класу містить 511 завдань, серед яких теоретичні питання, поняття, які учні повинні знати, типові задачі, які учні повинні вміти розв'язувати в процесі вивчення кожної теми згідно діючої навчальної програми авторського колективу під керівництвом Локтєва В. М. та задачі підвищеної складності. Пропонуються також якісні задачі життєвого характеру.

Задачі у збірнику розташовані в порядку вивчення навчального матеріалу підручника. Кілька задач кожного розділу розв'язано, щоб можна було використовувати ці розв'язки як зразок.

Наводиться також зразок розв'язку одного варіанта завдань для тематичного контролю і один варіант пропонується для самостійного розв'язку.

До розрахункових задач наводяться відповіді, щоб учень міг проконтролювати свої розв'язки.

В кінці збірника наводяться довідникові дані, які необхідні під час розв'язування задач.

Рецензенти:

Блащук А.П. - завідувач лабораторії методики викладання фізики та астрономії КВНЗ «Вінницька академія неперервної освіти».

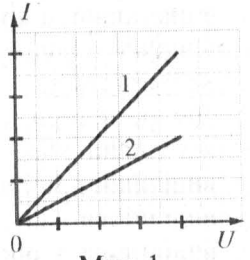
Кротюк І.Б. - вчитель фізики Рівненського НВК № 2 "Школа-ліцей", вчитель-методист

© Трофімчук А. Б., Левшенюк Я. Ф., 2019

Розділ 1. Електродинаміка

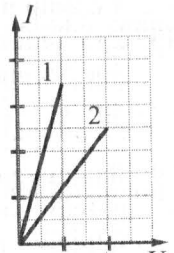
Електричний струм. Робота і потужність електричного струму. Послідовне і паралельне з'єднання провідників. Шунти і додаткові опори

1. На малюнку 1 відображено графіки залежності сили струму від напруги для двох провідників, в яких однакові довжини і площі поперечного перерізу.
   а) Опір якого провідника більший?
   б) Питомий опір якого провідника менший?



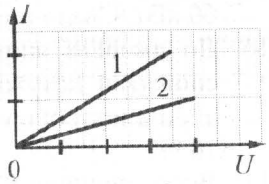
Мал. 1

2. На малюнку 2 відображено графіки залежності сили струму від напруги для двох провідників, в яких питомі опори і площі поперечного перерізу однакові. Який провідник має більшу довжину?
3. На малюнку 3 відображено графіки залежності сили струму від напруги для двох провідників, в яких питомі опори і довжини однакові. Який провідник має більшу площу поперечного перерізу?



Мал. 2

4. Чому під час роботи на токарному верстаті із погано загостреним інструментом збільшується витрата електроенергії?
5. Визначити потужність струму в електричній лампі, якщо при напрузі 4,5 В сила струму в ній 100 мА.
6. Електрична лампочка потужністю 100 Вт ввімкнена в мережу з напругою 220 В. Визначити опір нитки розжарення лампочки і силу струму в ній.
7. Яка кількість теплоти виділяється в обмотці двигуна опором 0,5 Ом, по якій проходить струм 35 А протягом 5 годин неперервної роботи?



Мал. 3

8. Яка енергія буде спожита електроплиткою потужністю 660 Вт при ввімкненні її в мережу з напругою 220 В протягом 30 хв? Яка сила струму в нагрівальному елементі електроплитки?
9. Нагрівник виготовлений з ніхромового дроту довжиною 8 м і площею поперечного перерізу 0,05 мм^2. Визначити потужність нагрівника під час вмикання його в мережу 220 В.

10. Лампочка потужністю 500 Вт розрахована на напругу 110 В. Який додатковий опір потрібно під'єднати до лампочки, щоб її можна було вмикати в мережу з напругою 220 В без зміни її потужності?
11. У коло з напругою 220 В увімкнено три однакові лампочки: дві паралельно, а третя – послідовно. Накреслити схему і визначити напругу на кожній лампочці. У якій з них виділяється більша потужність?
12. Два резистори, опори яких 40 Ом і 80 Ом з'єднані паралельно і під'єднані до джерела живлення. На першому резисторі виділилося 300 кДж теплоти. Яка кількість теплоти за той же час виділиться на другому резисторі? Яка кількість теплоти виділиться в обох резисторах за той же час, якщо вони будуть з'єднані послідовно?
13. Дві електричні лампочки увімкнули в мережу спочатку послідовно, а потім паралельно. Опір першої лампочки 360 Ом, другої – 240 Ом. Яка з лампочок споживає більшу потужність і в скільки разів у першому і другому випадках?
14. Дві лампочки з номінальними потужностями 25 Вт і 150 Вт, які розраховані на напругу 127 В, з'єднали послідовно і увімкнули у мережу з напругою 220 В. Яка з цих лампочок перегорить?
15. Визначити масу мідних проводів, необхідних для монтажу двопровідної лінії передачі від джерела живлення з напругою 2400 В до споживача, який знаходиться на відстані 5 км від джерела. Потужність струму на початку лінії електропередачі 60 кВт. Спад напруги в лінії електропередачі становить 8 %.
16. До джерела живлення з напругою 110 В необхідно під'єднати споживач потужністю 5 кВт. Який найбільший опір може мати лінія електропередачі, щоб втрата енергії в ній не перевищувала 10 %?
17. Яким повинен бути переріз мідного дроту, щоб передати на відстань 50 м потужність 1 кВт за напруги 100 В на початку лінії електропередачі? Втрати напруги на лінії не повинні перевищувати 6 В.
18. Гальванометр з шкалою від 0 до 15 мА має опір 5 Ом. Який опір і як слід приєднати до приладу, щоб ним можна було виміряти: а) силу струму від 0 до 150 мА? б) напругу від 0 до 150 В? Яка ціна поділки приладу в обох випадках, якщо шкала має 100 поділок?

Розв'язання

а) Згідно умови за будь-якого вмикання максимальний струм, що проходить через прилад, не повинен перевищувати $I_0 = 15$ мА. Щоб гальванометром можна було вимірювати струми до $I = 0{,}15$ А, паралельно до нього треба увімкнути шунт R_1, через який піде струм $I - I_0$. При цьому напруга на гальванометрі і на шунті становитиме $U = I_0 r = (I - I_0)R_1$,

звідки $R_1 = \dfrac{I_0 r}{I - I_0}$ (1). $R_1 = \dfrac{0{,}015\ \text{А} \cdot 5\ \text{Ом}}{0{,}15\ \text{А} - 0{,}015\ \text{А}} \approx 0{,}55\ \text{Ом}$. Ціна поділки зашунтованого приладу $C_1 = \dfrac{0{,}15\ \text{А}}{100\ \text{под}} = 1{,}5\,\text{мА/под}$.

Якщо ввести позначення $n = \dfrac{I}{I_0}$, де n – показує в скільки разів збільшується верхня межа вимірювання гальванометра, то вираз (1) запишеться: $R_1 = \dfrac{I_0 r}{I - I_0} = \dfrac{I_0 r}{nI_0 - I_0} = \dfrac{r}{n-1}$. $R_1 = \dfrac{5\ \text{Ом}}{10-1} \approx 0{,}55\ \text{Ом}$.

б) За сили струму I_0 спад напруги на гальванометрі $U_0 = I_0 r = 0{,}015\ \text{А} \cdot 5\ \text{Ом} = 0{,}075\ \text{В}$. Для вимірювання напруги U послідовно з приладом необхідно увімкнути додатковий опір R_2, спад напруги на якому $I_0 R_2$. Вимірювана напруга $U = I_0 r + I_0 R_2 = U_0 + \dfrac{U_0}{r} R_2$. Звідси $R_2 = \dfrac{(U - U_0)r}{U_0}$ (2).

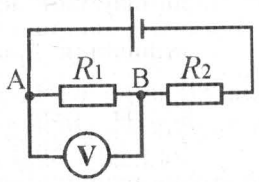
$R_2 = \dfrac{(150\ \text{В} - 0{,}075\ \text{В}) \cdot 5\ \text{Ом}}{0{,}075\ \text{В}} = 9995\ \text{Ом} \approx 10\ \text{кОм}$. Ціна поділки приладу після вмикання додаткового опору $C_2 = \dfrac{150\ \text{В}}{100\ \text{под}} = 1{,}5\,\text{В/под}$.

Якщо ввести позначення $n = \dfrac{U}{U_0}$, де n – показує в скільки разів збільшується верхня межа вимірювання вольтметра, то вираз (2) запишеться: $R_2 = \dfrac{(nU_0 - U_0)r}{U_0} = (n-1)r$.

$R_2 = (2000 - 1) \cdot 5\ \text{Ом} = 9995\ \text{Ом}$.

19. Амперметр, опір якого 1 Ом, розрахований на вимірювання сили струму 100 мА. Визначити опір шунта, який слід під'єднати до амперметра, щоб можна було виміряти силу струму 5 А.

20. Паралельно до амперметра, що має опір 1 Ом, під'єднано мідний дріт (шунт) довжиною 20 см і площею поперечного перерізу 1 мм^2. Визначити значення сили струму в колі, якщо амперметр показує силу струму 0,2 А.
21. Вольтметр розрахований на вимірювання напруги 6 В. Який додатковий опір слід увімкнути до вольтметра, щоб розширити діапазон вимірювань до 30 В? Опір вольтметра 1 кОм.
22. Внутрішній опір вольтметра 300 Ом. У скільки разів зміниться ціна поділки шкали вольтметра, якщо під час вимірювання напруги на ділянці кола послідовно з ним увімкнено додатковий опір 1200 Ом?
23. Гальванометром, внутрішній опір якого 19,8 Ом, можна вимірювати силу струму до 10 мА. Який опір і як його слід приєднати до приладу, щоб ним можна було вимірювати: а) силу струму до 1 А? б) напругу до 10 В?
24. До джерела живлення, напруга на якому 12 В під'єднано два резистори і неідеальний вольтметр, опір якого 400 Ом (мал. 4). Опори резисторів R_1=100 Ом, R_2 =220 Ом. Визначити опір ділянки АВ, силу струму в колі та покази вольтметра.

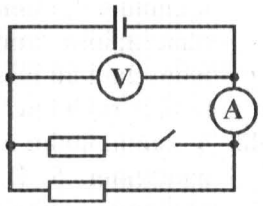


Мал. 4

Електрорушійна сила. Закон Ома для повного кола

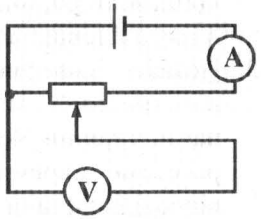
25. Чому від гальванічного елемента не можна отримати струм, більший ніж струм короткого замикання?
26. Чи є робота, яка виконується джерелом живлення на внутрішній ділянці кола, величиною сталою для даного джерела?
27. Чи можна зробити коротке замикання, ремонтуючи розетку? вимикач?
28. Чому дорівнює ЕРС джерела живлення, якщо при переміщенні заряду 5 Кл всередині джерела від одного полюса до іншого сторонні сили виконують роботу 20 Дж?
29. ЕРС джерела живлення 12 В. Яку роботу виконують сторонні сили при переміщенні заряду 40 Кл всередині джерела від одного полюса до іншого?
30. До джерела живлення з ЕРС 6 В під'єднано споживач. Сторонні сили виконують роботу з переміщення заряду між полюсами джерела 24 Дж. Визначити значення перенесеного заряду.

31. Як зміняться покази амперметра і вольтметра (мал 5), якщо замкнути ключ?
32. Як змінюватимуться покази амперметра і вольтметра (мал 6), якщо переміщувати повзунок реостата вправо?
33. При під'єднанні лампочки до джерела живлення з ЕРС 4,5 В вольтметр зафіксував на лампочці напругу 4 В, а амперметр – силу струму 0,2 А. Визначити спад напруги всередині джерела та його внутрішній опір.



Мал. 5

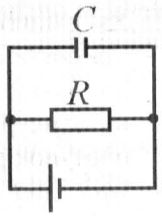
34. Визначити силу струму в колі, яке складається з джерела живлення з ЕРС 4,5 В і внутрішнім опором 0,5 Ом та резистора, опір якого 4 Ом.
35. Визначити силу струму під час короткого замикання джерела живлення з ЕРС 6 В і внутрішнім опором 2 Ом.



Мал. 6

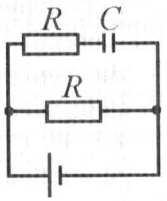
36. Напруга на реостаті, під'єднаному до джерела живлення з ЕРС 220 В, становить 200 В. Визначити силу струму в колі, якщо внутрішній опір джерела 1 Ом.
37. У лампочці з опором 14 Ом, під'єднаній до батарейки з ЕРС 1,5 В, сила струму становить 0,1 А. Визначити напругу на лампочці і внутрішній опір батарейки.
38. Коли до гальванічного елемента з внутрішнім опором 2 Ом під'єднали резистор, вольтметр, ввімкнений паралельно до нього, показав напругу 5 В. Визначити ЕРС гальванічного елемента і опір резистора, якщо сила струму в колі становить 0,5 А.
39. Джерело живлення з ЕРС ,2 В і внутрішнім опором 0,8 Ом замкнуте нікеліновою дротиною довжиною 2,1 м і площею поперечного перерізу 0,21 мм^2. Визначити опір дротини, силу струму в колі та напругу на клемах джерела.
40. До джерела живлення з ЕРС 4 В і внутрішнім опором 1 Ом під'єднали резистор, виготовлений із константанового дроту площею поперечного перерізу 0,25 мм^2. Визначити напругу на клемах джерела, якщо сила струму в колі 0,25 А. Чому дорівнює довжина дроту, який використали на виготовлення резистора?

41. Напруженість електричного поля у плоскому повітряному конденсаторі в схемі, зображеній на малюнку 7, становить $9 \cdot 10^3$ В/м. Яка відстань між пластинами конденсатора, якщо ЕРС джерела живлення 50 В, його внутрішній опір 1 Ом, а опір резистора 9 Ом?



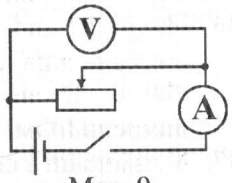
Мал. 7

42. У схемі, зображеній на малюнку 8, ЕРС джерела живлення 5 В, його внутрішній опір 2 Ом, значення опорів резисторів по 8 Ом. Визначити заряд на пластинах повітряного плоского конденсатора, якщо відстань між його пластинами 3 мм, а площа пластини 100 см^2.



Мал. 8

43. Покази амперметра у колі 0,6 А, покази вольтметра, під'єднаного до зовнішнього навантаження 4,5 В (мал. 9). Коли повзунок реостата перемістили вліво, покази приладів відповідно стали 1 А і 4 В. Визначити ЕРС і внутрішній опір джерела живлення.

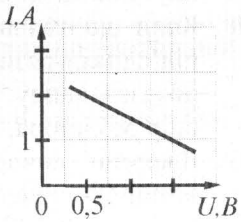


Мал. 9

44. Батарея гальванічних елементів замкнута на реостат. При опорі реостата 1,5 Ом напруга на ньому 4,5 В, а при опорі 2,5 Ом – 5 В. Визначити внутрішній опір і ЕРС батареї.

45. При силі струму 3 А в зовнішньому колі, під'єднаному до батареї акумуляторів, виділяється потужність 18 Вт, а при силі струму 1 А – 10 Вт. Визначити ЕРС і внутрішній опір батареї.

46. Джерело живлення замкнуои на реостат. Визначити ЕРС і внутрішній опір джерела живлення, якщо графік залежності сили струму в колі від напруги за різних положень повзунка реостата зображено на малюнку 10.



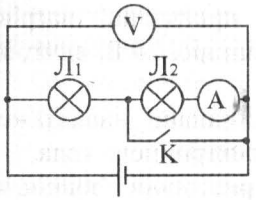
Мал. 10

47. Коли опір зовнішнього кола, під'єднаного до батареї акумуляторів, збільшили у 3 рази, напруга у колі зросла від 15 В до 20 В. Визначити ЕРС батареї.

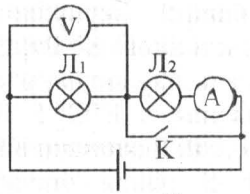
48. До джерела живлення під'єднують спочатку провідник опором 9 Ом, потім – опором 4 Ом. Обидва рази за однаковий час на провідниках виділяється однакова кількість теплоти. Визначити внутрішній опір джерела струму.

49. Як зміняться покази ідеальних амперметра та вольтметра в електричних колах, зображених на малюнку 11 а,б, при замиканні ключа?

50. До джерела живлення з ЕРС 3 В і внутрішнім опором 0,25 Ом під'єднано зовнішнє коло, яке складається з чотирьох резисторів: R_1 = 1,5 Ом, R_2 = 0,75 Ом, R_3 = 1 Ом, R_4 = 3 Ом (мал. 12). Визначити силу струму в нерозгалуженій частині кола і спад напруги всередині джерела.

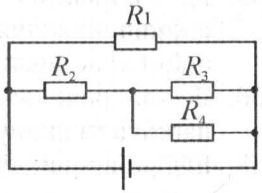


а)



б)

Мал. 11



Мал. 12

51. Генератор постійного струму з ЕРС 150 В і внутрішнім опором 0,3 Ом живить 20 лампочок опором 240 Ом кожна, з'єднаних паралельно. Опір підвідних проводів 2,7 Ом. Визначити напругу на лампочках і на затискачах генератора.

52. До джерела живлення з ЕРС 4,5 В і внутрішнім опір 0,75 Ом під'єднано резистор R. За якого значення опору резистора, споживана ним потужність максимальна? Визначити цю потужність.

Розв'язання

$R - ?\ P - ?$

$\mathcal{E} = 4{,}5$ В

$r = 0{,}75$ Ом

Потужність, яку споживає резистор $P = I^2R$. Із закону Ома для повного кола сила струму $I = \dfrac{\mathcal{E}}{R+r}$. Тоді

$$P = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R+r)^2} = \frac{\mathcal{E}^2 R}{R^2 + 2Rr + r^2}.$$

Додавши і віднявши у знаменнику вираз $2Rr$, можна записати:

$$P = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R^2 - 2Rr + r^2) + 4Rr} = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R-r)^2 + 4Rr}.$$

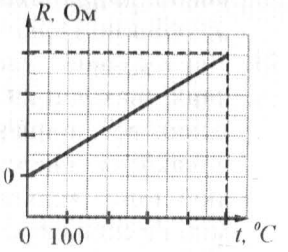
Значення потужності буде максимальним, коли знаменник прийме найменше значення. Це буде за умови, коли $(R-r)^2 = 0$ або $R = r = 0{,}75$ Ом. Тоді $P = \dfrac{20{,}25\ \text{В}^2 \cdot 0{,}75\ \text{Ом}}{2{,}25\ \text{Ом}^2} = 6{,}75$ Вт.

53. До джерела живлення з ЕРС 9 В і внутрішнім опором 1,5 Ом під'єднано резистор R. За якого значення сили струму потужність у зовнішній ділянці кола максимальна? Чому дорівнює значення цієї потужності?
54. Джерело живлення має внутрішній опір 2 Ом. При під'єднанні до нього опору 8 Ом у зовнішній ділянці кола виділяється деяка потужність. За якого ще значення зовнішнього опору потужність струму у зовнішній ділянці буде такою ж?
55. До затискачів батареї акумуляторів приєднано нагрівник, споживана потужність якого 80 Вт. ЕРС батареї 24 В, внутрішній опір 1 Ом. Визначити силу струму в колі.
56. До джерела живлення з ЕРС 5 В під'єднано навантаження, напруга на якому 4,2 В. Визначити ККД електричного кола.
57. ЕРС батареї 20 В. Сила струму при опорі зовнішнього навантаження 4 Ом становить 4 А. Визначити ККД батареї.
58. Внутрішній опір джерела живлення у 4 рази менший від зовнішнього. Визначити ККД електричного кола.

Електричний струм у металах

59. Чому на електростанціях використовують провідники, по яких йдуть великі струми, не круглого, а прямокутного перерізу?
60. Половину спіралі електроплитки розтягнули і увімкнули в мережу. Чи відрізнятимуться покази вольтметра, який вимірює напругу на розтягнутій і нерозтягнутій частинах спіралі?
61. В електричне коло увімкнено електричну плитку і амперметр. Чи зміняться покази амперметра, якщо на розжарену спіраль спрямувати потік холодного повітря від вентилятора?
62. Електричне коло складається з двох провідників, площі поперечного перерізу яких не однакові. Чи однакова на різних ділянках кола швидкість електронів, яку вони отримали під дією електричного поля джерела живлення?
63. За якої температури опір мідного провідника буде у 2 рази більший, ніж опір цього ж провідника за температури 0 ^{0}C?
64. Коли моток дроту перемістили з окропу в посудину з танучим льодом, його опір зменшився в 1,4 раза. Визначити температурний коефіцієнт опору металу, з якого виготовлено дріт.
65. Опір нагрівального елемента, виготовленого з нікеліну, за 0 ^{0}C становить 100 Ом. Яка температура нагрівального елемента у робочому стані, якщо омметр показав значення 110 Ом?

66. На малюнку 13 відображено залежність опору металевого провідника від температури. Визначити речовину з якої виготовлено провідник. Яка сила струму буде у провіднику за температури 250 ^{0}C, якщо напруга на кінцях провідника 5 В? Яким буде опір провідника, якщо температура сягне 750 ^{0}C?

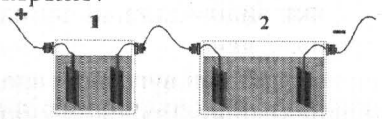


Мал. 13

67. Опір металевого провідника при температурі 100 ^{0}C становить 14 Ом, а при температурі 200 ^{0}C – 18 Ом. Визначити температурний коефіцієнт опору металу.

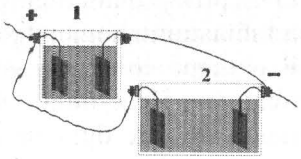
Електричний струм у рідинах

68. На якому електроді осідає метал під час проходження струму через водний розчин купрум хлориду?
69. Як зміниться опір між плоскими прямокутними електродами в електролітичній ванні, що розташовані на рівні електроліту, якщо зменшити глибину їх занурення в електроліт?
70. У двох електролітичних ваннах, з'єднаних послідовно і під'єднаних до джерела живлення (мал. 14), знаходиться розчин сульфату міді однакової концентрації. Площі електродів однакові, об'єм розчину в першій ванні менший, ніж у другій. Порівняти опір між електродами у ваннах та кількість міді, яка виділиться на катодах за однаковий час.



Мал. 14

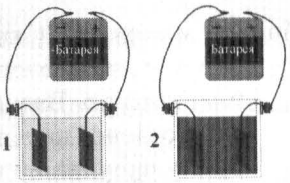
71. У двох електролітичних ваннах, з'єднаних паралельно і під'єднаних до джерела живлення (мал. 15), знаходиться розчин сульфату міді однакової концентрації. Площі електродів однакові, об'єм розчину в першій ванні менший, ніж у другій. Порівняти опір між електродами у ваннах та кількість міді, яка виділиться на катодах за однаковий час.



Мал. 15

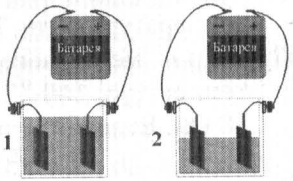
72. Дві однакові електролітичні ванни, в яких знаходиться розчин сульфату міді, під'єднані до однакових джерел живлення (мал. 16). В якій ванні виділиться на катоді більше міді і в скільки

разів, якщо концентрація розчину у другій ванні вдвічі більша, ніж у першій?



Мал. 16

73. Дві однакові електролітичні ванни, в яких знаходиться розчин сульфату міді однакової концентрації, під'єднані до однакових джерел струму (мал. 17). В якій ванні виділиться на катоді більше міді і в скільки разів, якщо у другій ванні площа пластин, які занурені в розчин, вдвічі менша, ніж у першій?



Мал. 17

74. Електричну лампочку увімкнули у коло послідовно з електролітичною ванною, наповнену слабим розчином кухонної солі. Чи зміниться розжарення нитки лампочки, якщо у розчин добавити деяку кількість солі?
75. Електричний струм пропускають через електролітичну ванну, заповнену розчином сульфату міді, причому два вугільних електроди занурені у розчин наполовину. Як зміниться маса міді, яка виділяється на катоді за один і той же невеликий інтервал часу, якщо:
    а) замінити вугільний анод мідним такої ж форми і об'єму?
    б) замінити вугільний катод мідним?
    в) збільшити напругу на електродах?
    г) зменшити занурену частину анода?
    д) зменшити занурену частину катода?
    е) зблизити електроди?
    є) нагріти розчин електроліту?
    ж) збільшити концентрацію електроліту?
76. В електролітичну ванну помістили мідну пластинку, яка слугує анодом. Пластинку покрито воском, на якому видряпано малюнок. Що буде на пластинці після припинення електролізу і зняття з неї воску?
77. Дві електролітичні ванни з водними розчинами солі нікелю і солі хрому з'єднані послідовно. Після розмикання кола на катоді першої ванни виділилося 20 г нікелю. Скільки хрому виділиться на катоді другої ванни?
78. Мідний анод масою 66 г занурений у водний розчин сульфату міді. За який інтервал часу анод повністю розчиниться, якщо електроліз відбувається при силі струму 2 А?

79. Скільки атомів срібла виділиться на катоді за 1 год при електролізі розчину нітрату срібла, що проходить за сили струму 1 А?
80. Яка температура кисню, що виділився під час електролізу води протягом 25 хв, якщо він містився в об'ємі 1 л під тиском 0,2 МПа? Сила струму під час електролізу 10 А.

Розв'язання

$T - ?$

$t = 25$ хв $= 1500$ с
$I = 10$ А
$V = 1$ л $= 10^{-3}$ м^3
$P = 0{,}2$ МПа $= 2 \cdot 10^5$ Па
$M = 0{,}016$ кг/моль
$k = 0{,}083 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл
$R = 8{,}31$ Дж/моль·К

Маса кисню визначається із співвідношення $m = kIt$.

Із рівняння Менделєєва-Клапейрона $pV = \frac{m}{M}RT$ визначаємо температуру: $T = \frac{pVM}{kItR}$. З короткого фізичного довідника записуємо в умову табличні дані. Після підстановки

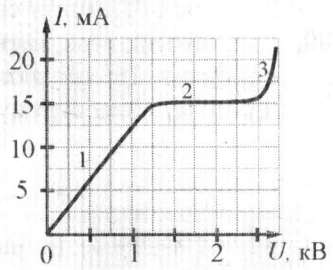
$$T = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 0{,}016 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{0{,}083 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}} \cdot 10 \text{ А} \cdot 1500 \text{ с} \cdot 8{,}31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}} \approx 309 \text{ К}.$$

81. При електролізі у розчині HCl за 50 хв було отримано 0,5 л водню при тиску 0,13 МПа. Визначити температуру водню, якщо сила струму в колі була 1,6 А.
82. Під час електролізу розчину сірчаної кислоти за 50 хв утворилось 30 г водню. Визначити кількість теплоти, що виділилась при цьому в електроліті, якщо його опір 0,4 Ом.
83. Якої товщини шар срібла виділяється на виробі при електролізі за 13 хв, якщо густина струму у розчині азотнокислого срібла становить 2,6 кА/м^2?
84. Порівняти маси тривалентного заліза (Феруму) і двовалентного магнію, що виділилися на катодах двох електролітичних ванн, з'єднаних послідовно.
85. Порівняти маси та кількості речовини одновалентного срібла (Аргентуму) і тривалентного алюмінію, що виділилися на катодах при послідовному з'єднанні електролітичних ванн.

Електричний струм у газах і вакуумі

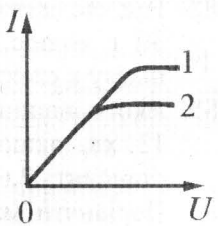
86. На малюнку 18 відображено вольт-амперну характеристику розряду у газі. Використовуючи графік, визначити:
    а) до якої максимальної напруги у газі був несамостійний розряд;
    б) при якій найменшій напрузі встановився струм насичення;

в) при якій найменшій напрузі виник самостійний розряд;
г) чому дорівнює опір газу при напрузі 1 кВ;
д) яка ділянка графіка відповідає стану газу, за якого його провідність узгоджується із законом Ома для ділянки кола (без ЕРС);
е) чому дорівнює опір газу при напрузі 2 кВ.



Мал. 18

87. За якої напруженості електричного поля почнеться самостійний розряд у повітрі, якщо енергія йонізації молекул повітря становить $2{,}4\cdot10^{-18}$Дж, а середня довжина вільного пробігу електронів 5 мкм? Яку швидкість мають електрони під час удару об молекули повітря в цьому випадку?
88. Блискавка – це природний розряд, який складається з ряду окремих імпульсів тривалістю біля 1 мс. По одному каналу імпульсу протікає заряд близько 20 Кл, а середня напруга на кінцях каналу дорівнює $2\cdot10^9$ В. Яка сила струму і потужність одного імпульсу? Яка енергія виділяється при спалаху блискавки, яка складається із 3 імпульсів?
89. На малюнку 19 подано вольт-амперну характеристику лампи діод при двох різних температурах катода. В якому випадку температура катода вища?

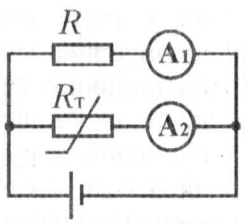


Мал. 19

90. Скільки електронів щосекунди досягає поверхні анода у електронній лампі діод при силі струму 8 мА?
91. Напруга між анодом і катодом лампи діод дорівнює 100 В. Яку роботу виконує електричне поле з переміщення електронів від катода до анода протягом 0,5 год, якщо щосекунди з катода емітують 10^{16} електронів?
92. Відстань між анодом і катодом електронної лампи діод становить 0,5 см. Скільки часу рухається електрон від катода до анода, напруга між якими дорівнює 455 В? Вважати початкову швидкість електрона рівною нулю.
93. Потужність струму в електронно-променевій трубці 0,8 Вт. Кінетична енергія електронів у пучку променів становить $8\cdot10^{-16}$ Дж. Визначити силу анодного струму у трубці.

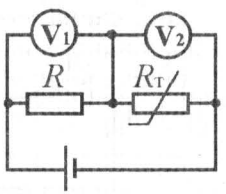
Електричний струм у напівпровідниках

94. Який буде тип провідності напівпровідника, якщо у хімічно чистому взірці германію деякі атоми Германію замінити атомами Алюмінію? атомами Фосфору?
95. Провідник і напівпровідник з'єднані паралельно і під'єднані до джерела живлення, внутрішній опір якого незначний. (мал. 20). При деякій напрузі покази амперметрів однакові. Чи зміняться покази амперметрів, якщо напруга джерела живлення зросте? Якщо зміняться, то як?



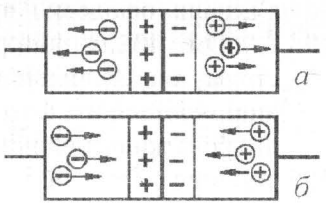
Мал. 20

96. Провідник і напівпровідник з'єднані паралельно і під'єднані до джерела живлення, внутрішній опір якого незначний. (мал. 20). При деякій напрузі покази амперметрів однакові. Чи зміняться покази амперметрів, якщо за незмінної напруги, провідник і напівпровідник нагріти на 100 ^{0}C? Якщо зміняться, то як?



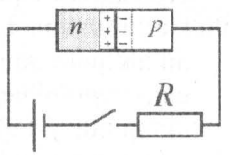
Мал. 21

97. Провідник і напівпровідник з'єднані послідовно і під'єднані до джерела живлення, внутрішній опір якого незначний. (мал. 21). В початковий момент покази вольтметрів однакові. Чи зміняться покази вольтметрів, якщо напруга джерела живлення зросте? Якщо зміняться, то як?
98. Провідник і напівпровідник з'єднані послідовно і під'єднані до джерела живлення, внутрішній опір якого незначний. (мал. 21). В початковий момент покази вольтметрів однакові. Чи зміняться покази вольтметрів, якщо за незмінної напруги, провідник і напівпровідник охолодити на 100 ^{0}C? Якщо зміняться, то як?



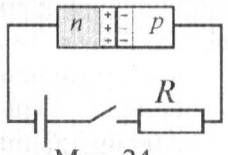
Мал. 22

99. На малюнку 22 зображені *p-n* переходи двох діодів і напрям руху основних носіїв електричних зарядів під дією електричного поля джерела живлення. Через який діод йде струм?
100. На малюнку 23 показано схему ввімкнення діода з *p-n* переходом і резистора в коло



Мал. 23

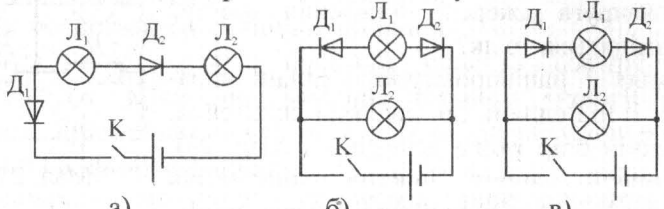
постійного струму. Чи буде йти струм у колі після його замикання? Як зміниться при цьому ширина запірного шару в *p-n* переході?



Мал. 24

101. На малюнку 24 показано схему ввімкнення діода з *p-n* переходом і резистора в коло постійного струму. Чи буде йти струм у колі після його замикання? Як зміниться при цьому ширина запірного шару в *p-n* переході?

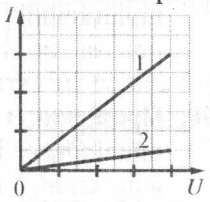
102. Які лампочки світитимуть, якщо замкнути ключ К у електричному колі, схема якого зображена на малюнку 25 а – в ?



Мал. 25

103. На малюнку 26 відображено графіки залежності сили струму через фоторезистори від напруги. Який з графіків відповідає освітленому, а який затемненому фоторезистору? У скільки разів опір освітленого фоторезистора відрізняється від опору затемненого?

104. Затемнений фоторезистор, опір якого 13 кОм, з'єднали послідовно з резистором, опір якого 7 кОм. Коли фоторезистор освітили, сила струму в колі збільшилася в 2 рази. Визначити опір освітленого фоторезистора, якщо напруга джерела живлення незмінна.



Мал. 26

105. Терморезистор, що має опір 14 кОм з'єднали послідовно з резистором опором 2 кОм. Після занурення терморезистора у гарячу воду сила струму збільшилася в 4 рази. Визначити опір терморезистора, якщо напруга джерела живлення незмінна.

106. Послідовно з'єднані термістор і резистор опором 1 кОм під'єднані до джерела живлення з напругою 20 В. При кімнатній температурі сила струму через термістор і резистор була 5 мА. Коли термістор занурили у гарячу воду, сила струму стала 10 мА. Визначити у скільки разів змінився опір термістора, якщо напруга джерела живлення незмінна.

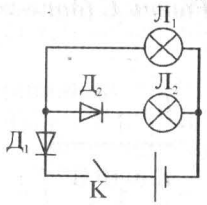
Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю

Рівень А (початковий)

1. Яке з нижче наведених співвідношень виконується при послідовному з'єднанні двох резисторів з опорами R_1 і R_2?
   а) $R_{заг} = R_1 \cdot R_2$; *б)* $I_{заг} = I_1 + I_2$; *в)* $U_{заг} = U_1 = U_2$; *г)* $R_{заг} = R_1 + R_2$.
2. Сили, що діють на електрично заряджені частинки і не є кулонівськими, називають...
   а) ...сторонніми; *б) ...електростатичними;* *в) ...гравітаційними.*
3. Якщо замкнути ключ К у електричному колі, схема якого зображена на малюнку 1, то...
   а) ...світитиме тільки лампа $Л_1$; *б) ...світитиме тільки лампа $Л_2$;*
   в) ...світитимуть обидві лампи; *г) ...не світитиме жодна лампа.*

Рівень В (середній)

1. На графіку (мал. 2) зображено вольт-амперну характеристику газового розряду. Яка частина графіка відповідає розряду завдяки йонізації електронним ударом?
   а) 1; *б) 2;* *в) 3;* *г) кожна.*

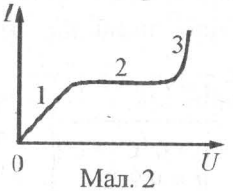


Мал. 1

2. Якщо у хімічно чистому взірці германію деякі атоми замінити тривалентними атомами Індію, то основними носіями струму у даному напівпровіднику будуть...
   а) ...електрони; *б) ...дірки;* *в) ...електрони і дірки;* *г) ...йони.*
3. Яка сила струму в колі, якщо при під'єднанні споживача до джерела живлення з напругою 220 В струм за 40 с виконав роботу 1100 Дж?

Рівень С (достатній)

1. ЕРС джерела живлення 10 В. Коли до нього під'єднали опір 2 Ом, сила струму в колі становила 4 А. Визначити силу струму короткого замикання.
2. До якої температури слід охолодити срібний дріт, щоб його опір зменшився на 10%. Початкова температура дроту 0 ^{0}C.



Мал. 2

Рівень D (високий)

1. При під'єднанні до акумулятора резистора 2 Ом сила струму в колі 0,5 А, а при під'єднанні резистора 6 Ом – сила струму 0,3 А. Визначити внутрішній опір і ЕРС акумулятора.
2. Від генератора з напругою 6,6 кВ передають електроенергію на відстань 10 км. Визначити площу поперечного перерізу мідного дроту, який потрібно взяти для двопровідної лінії, щоб при силі струму 20 А втрати напруги в дротах не перевищували 3%.

Рівень А (початковий)

1. *г* 2. *а* 3. *г*

Рівень В (середній)

1. *в* 2. *б*

3.

I – ?
$U = 220$ В
$t = 40$ с
$A = 1100$ Дж

Розв'язання

Робота електричного струму $A = UIt$. Звідси $I = \frac{A}{Ut}$.

Після підстановки $I = \frac{1100\ \text{Дж}}{220\ \text{В} \cdot 40\ \text{с}} = 0{,}125\ \text{А}$.

Рівень С (достатній)

1.

$I_{к.з.}$ – ?
$\mathcal{E} = 10$ В
$R = 2$ Ом
$I = 4$ А

Розв'язання

Із закону Ома для повного кола $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ можна визначити внутрішній опір джерела струму r. $r = \frac{\mathcal{E}}{I} - R$.

Після підстановки $r = \frac{10\ \text{В}}{4\ \text{А}} - 2\ \text{Ом} = 0{,}5\ \text{Ом}$.

Враховуючи, що під час короткого замикання R=0, можна записати: $I_{к.з.} = \frac{\mathcal{E}}{r} = \frac{10\ \text{В}}{0{,}5\ \text{Ом}} = 20\ \text{А}$.

2.

t – ?
$t_0 = 0\ ^0\text{C}$
$R = 0{,}9\ R_0$
$\alpha = 0{,}004\ ^0\text{C}^{-1}$

Розв'язання

З короткого фізичного довідника записуємо в умову температурний коефіцієнт опору срібла. Залежність опору металів від температури визначається співвідношенням $R = R_0(1 + \alpha t)$, де R_0, опір за 0 ^{0}C. Згідно умови задачі $0{,}9R_0 = R_0(1 + \alpha t)$.

Звідси $t = -\frac{0{,}1}{\alpha} = \frac{0{,}1}{0{,}004\ ^0\text{C}^{-1}} = -25\ ^0\text{C}$.

Рівень D (високий)

1.

$\mathcal{E}$ – ? r – ?
$R_1 = 2$ Ом
$I_1 = 0{,}5$ А
$R_2 = 6$ Ом
$I_2 = 0{,}3$ А

Розв'язання

Виходячи з того, що ЕРС акумулятора дорівнює сумі спадів напруг на зовнішній і внутрішній ділянках кола, із закону Ома для повного кола $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ можна записати: $\mathcal{E} = I_1R_1 + I_1r$, $\mathcal{E} = I_2R_2 + I_2r$. Оскільки рівні ліві частини, то прирівняємо праві: $I_1R_1 + I_1r = I_2R_2 + I_2r$.

Звідси $r = \frac{I_2R_2 - I_1R_1}{I_1 - I_2}$. Після підстановки

$r = \frac{0{,}3\ \text{А} \cdot 6\ \text{Ом} - 0{,}5\ \text{А} \cdot 2\ \text{Ом}}{0{,}5\ \text{А} - 0{,}3\ \text{А}} = 4\ \text{Ом}$. Підставляючи це значення у перше або друге рівняння, одержимо значення ЕРС: $\mathcal{E} = 0{,}3\ \text{А} \cdot 6\ \text{Ом} + 0{,}3\ \text{А} \cdot 4\ \text{Ом} = 3\ \text{В}$.

2.

S –?
$U = 6{,}6$ кВ =
$= 6{,}6 \cdot 10^3$ В
$l = 10$ км $= 10^4$ м
$I = 20$ А
$k = 3$ %
$\rho = 0{,}017\ \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$

Розв'язання

З короткого фізичного довідника записуємо в умову питомий опір міді. При передачі електроенергії спад напруги відбувається на проводах та на споживачі. Згідно умови спад напруги на проводах становитиме $U_1 = \frac{kU}{100\ \%} = \frac{3\% \cdot 6{,}6 \cdot 10^3\ \text{В}}{100\%} = 198\ \text{В}$. Тоді опір проводів $R = \frac{U_1}{I} = \frac{198\ \text{В}}{20\ \text{А}} = 9{,}9\ \text{Ом}$. Оскільки лінія двопровідна, то довжина дроту $l_1 = 2l = 2 \cdot 10^4$ м. Тоді з формули $R = \rho\frac{l_1}{S}$ отримаємо: $S = \frac{\rho l_1}{R}$. Після підстановки

$S = \frac{0{,}017\ \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \cdot 2 \cdot 10^4\ \text{м}}{9{,}9\ \text{Ом}} \approx 34{,}34\ \text{мм}^2$.

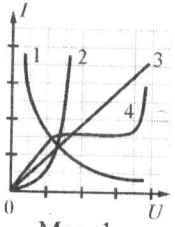
Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку)

Рівень А (початковий)

1. За яким з нижче наведених виразів можна визначити силу струму короткого замикання?

а) $\ldots = \frac{\mathcal{E}}{r}$; *б)* $\ldots = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$; *в)* $\ldots = \frac{U}{R}$; *г)* $\ldots = \frac{A_{ст}}{q}$.

2. Тверді або рідкі речовини, що мають йонну провідність називають...
а) ...металами; б) ...напівпровідниками; в) ...електролітами; г) ...газами.
3. Який із схематично зображених графіків (мал. 1) відображає вольт-амперну характеристику газового розряду?
а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.



Мал. 1

Рівень В (середній)

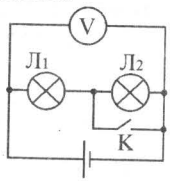
1. Як зміняться покази вольтметра в електричному колі, зображеному на малюнку 2, при замиканні ключа?
а) збільшаться; б) зменшаться; в) не зміняться.
2. Електричний струм пропускають через електролітичну ванну, заповнену розчином сульфату міді. Як зміниться маса міді, яка виділяється на катоді за один і той же інтервал часу, якщо розчин електроліту охолодити?
а) збільшиться; б) зменшиться; в) не зміниться.
3. Визначити опір нагрівального елемента, якщо в ньому за 100 с при силі струму 0,5 А виділилося 1000 Дж теплоти.

Рівень С (достатній)

1. Амперметр, опір якого 9 Ом, розрахований на вимірювання сили струму 500 мА. До амперметра приєднали шунт опором 3 Ом. Яку максимальну силу струму можна виміряти таким амперметром.
2. Терморезистор, що має опір 5 кОм, з'єднали послідовно з резистором опором 1 кОм. Після занурення терморезистора у холодну воду сила струму зменшилася в 4 рази. Визначити опір терморезистора, якщо напруга джерела живлення незмінна.

Рівень D (високий)

1. Джерело струму замкнуте на реостат. При напрузі на реостаті 4 В на ньому виділяється потужність 2 Вт, а при 3,6 В – 3,24 Вт. Визначити внутрішній опір та ЕРС джерела.



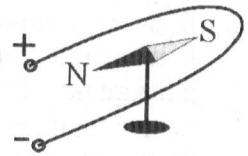
Мал. 2

2. Під час електролізу води через ванну протягом 20 хв проходив струм 10 А. Визначити температуру виділеного кисню, якщо його об'єм під тиском 0,2 МПа становить 0,5 л.

Розділ 2. Електродинаміка

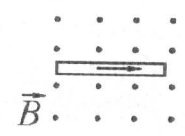
Магнітне поле. Сила Ампера

107. Існує гіпотеза, що магнітне поле Землі обумовлене кільцевим електричним струмом, який протікає всередині розплавленого металевого ядра Землі. У якому напрямі там повинні рухатися електрони, щоб забезпечити спостережувану полярність земного магнітного поля?
108. Чи відхилятиметься магнітна стрілка біля двох проводів зі струмом, зображених на малюнку 27?



Мал. 27

109. Чому підйомні магнітні крани використовують для перенесення металобрухту і не використовують для перенесення гарячого прокату та гарячих сталевих злитків?
110. Провідник із струмом 2 А поміщений в однорідне магнітне поле з індукцією 0,5 Тл. Кут між напрямом струму та напрямом магнітної індукції дорівнює 30^0. Визначити активну довжину провідника, якщо поле діє на нього з силою 0,2 Н.
111. У провіднику з довжиною активної частини 8 см сила струму 50 А. Визначити роботу при переміщенні провідника на 10 см у однорідному магнітному полі, індукція якого 20 мТл, перпендикулярно до ліній індукції.
112. Прямий провідник, у якому йде струм 10 А, у однорідному магнітному полі з індукцією 0,5 Тл перемістився на 0,2 м. Визначити довжину провідника, якщо кут між напрямом струму і напрямом ліній магнітної індукції 30^0, а виконана при цьому робота становить 0,1 Дж.
113. По горизонтально розташованому провіднику завдовжки 20 см і масою 4 г іде струм 10 А. Визначити індукцію однорідного магнітного поля, в яке потрібно помістити провідник, щоб сила тяжіння зрівноважила силу Ампера.
114. Горизонтально розміщеним провідником довжиною 10 см і масою 5 г йде струм 4 А у напрямі, показаному стрілкою (мал. 28). Яка результуюча сила діятиме на провідник у магнітному полі з індукцією 5 мТл?



Мал. 28

115. Провідник лежить нерухомо на двох горизонтально розміщених стрижнях перпендикулярно до них. Стрижні розміщені на відстані 10 см у вертикальному магнітному

полі з індукцією 0,02 Тл. Який струм слід пропустити по провіднику, щоб на шляху 40 см він набув швидкості 0,4 м/с? Маса провідника 5 г. Тертя не враховувати.

116. Провідник, довжина якого 20 см і маса 20 г, підвішений на тонких нитках. При проходженні по ньому струму 1 А він відхилився в однорідному магнітному полі так, що нитки утворили кут 30^0 з вертикаллю. Яка індукція магнітного поля?

117. Між полюсами магніту на двох тонких вертикальних нитках підвішений горизонтальний прямий провідник масою 10 г і довжиною 20 см. Індукція однорідного магнітного поля напрямлена вертикально і дорівнює 0,25 Тл. Весь провідник знаходиться в магнітному полі. На який кут від вертикалі відхиляються нитки, що підтримують провідник, якщо по ньому пропустити струм силою 2 А?

118. Прямий провідник завдовжки 20 см і масою 5 г підвішений горизонтально на двох тонких нитках в однорідному магнітному полі, вектор індукції якого має горизонтальний напрям і перпендикулярний до провідника. Який струм треба пропустити по провіднику, щоб одна з ниток розірвалася? Індукція магнітного поля 0,5 Тл. Міцність ниток на розрив становить 0,04 Н.

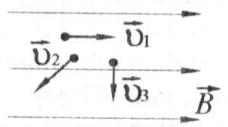
119. Прямий провідник масою 60 г і довжиною 0,5 м, по якому проходить струм силою 2 А, підвішений горизонтально на двох тонких вертикальних нитках. Провідник вносять в однорідне горизонтальне магнітне поле. Визначити значення індукції магнітного поля, якщо, при зміні напряму струму на протилежний, сила натягу ниток змінюється в 4 рази.

120. Визначити обертальний момент сил, що діє на рамку зі струмом у однорідному магнітному полі з індукцією 0,2 Тл. Розміри рамки 20 см × 20 см, сила струму в рамці 2 А, магнітна індукція перпендикулярна площині рамки.

121. Визначити індукцію однорідного магнітного поля, в якому максимальний обертальний момент сил, що діє на рамку зі струмом 2 А дорівнює 0,15 Н·м. Розміри рамки 4 см × 5 см, кількість витків у рамці 150.

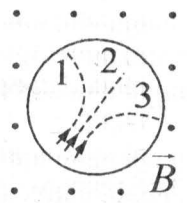
Сила Лоренца

122. На малюнку 29 відображено напрям миттєвої швидкості руху трьох протонів у магнітному полі. Чи діє на даний момент часу на протони сила Лоренца?



Мал. 29

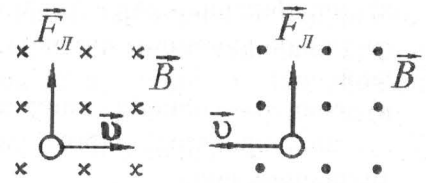
123. Як по відношенню до ліній магнітної індукції спрямована швидкість руху електрона, якщо його траєкторією руху в магнітному полі є...
а) ...пряма лінія?
б) ...гвинтова лінія?
в) ...коло?



Мал. 30

124. Траєкторії руху трьох частинок в однорідному магнітному полі відображено на малюнку 30. Вказати наявність у частинок заряду та його знак.

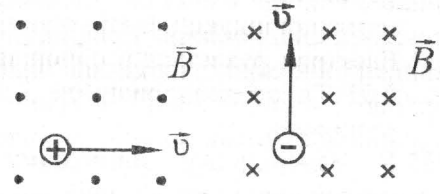
125. За відомим напрямом руху частинки у магнітному полі та напрямом дії сили Лоренца (мал. 31 а,б), визначити знак заряду частинки.



а) б)
Мал. 31

126. За відомим напрямом руху зарядженої частинки у магнітному полі (мал. 32 а,б) вказати напрям дії сили Лоренца.

127. Заряджена частинка влітає у однорідне магнітне поле перпендикулярно до ліній магнітної індукції, внаслідок чого змінюється траєкторія її руху. Чи змінюється енергія частинки за рахунок енергії магнітного поля?



а) б)
Мал. 32

128. Чи виконує роботу сила Лоренца?

129. Як рухатиметься заряджена частинка у магнітному і електричному полях, якщо лінії магнітної індукції і напруженості електричного поля паралельні, причому початкова швидкість руху частинки спрямована під кутом до ліній індукції і напруженості?

130. Електрон рухається у вакуумі з швидкістю 10^6 м/с в однорідному магнітному полі з індукцією 0,1 Тл. Чому дорівнює сила, що діє

на електрон, якщо кут між швидкістю електрона і лініями магнітної індукції 30^0?

131. Протон рухається зі швидкістю 1000 км/с в однорідному магнітному полі, індукція якого 0,2 Тл, у напрямі перпендикулярному до ліній індукції. Визначити:
а) силу Лоренца, що діє на протон;
б) радіус кривизни траєкторії протона в даному магнітному полі;
в) доцентрове прискорення руху протона у магнітному полі;
г) час, протягом якого протон здійснить один оберт у магнітному полі;
д) кутову швидкість протона.

132. Електрон рухається в однорідному магнітному полі, індукція якого 0,05 Тл, перпендикулярно до ліній індукції зі швидкістю $4 \cdot 10^4$ км/с. Визначити:
а) силу Лоренца, що діє на електрон;
б) радіус кривизни траєкторії електрона в даному магнітному полі;
в) доцентрове прискорення руху електрона у магнітному полі;
г) час, протягом якого електрон здійснить один оберт у магнітному полі;
д) кутову швидкість електрона.

133. Протон в однорідному магнітному полі з індукцією 0,01 Тл описав коло радіусом 10 см, рухаючись перпендикулярно до ліній магнітної індукції. Визначити швидкість руху протона.

134. Електрон рухається в однорідному магнітному полі з індукцією 0,02 Тл по колу радіусом 1 см. Визначити кінетичну енергію електрона.

135. У однорідному магнітному полі з індукцією 0,091 Тл перпендикулярно до ліній магнітної індукції рухається електрон, кінетична енергія якого $45,5 \cdot 10^{-16}$ Дж. Визначити радіус кривизни траєкторії руху електрона в цьому полі.

136. Йон, заряд якого дорівнює одному елементарному заряду, рухається в однорідному магнітному полі з індукцією 0,015 Тл по колу радіусом 10 см. Визначити імпульс йона.

137. Електрон рухається в однорідному магнітному полі по коловій траєкторії радіусом $6 \cdot 10^{-4}$ м. Імпульс електрона $4,8 \cdot 10^{-24}$ кг·м/с. Визначити індукцію магнітного поля.

138. Електрон рухається в однорідному магнітному полі з індукцією 0,8 Тл перпендикулярно до ліній магнітної індукції. Визначити обертову частоту електрона у цьому полі.

139. Протон і електрон влітають з однаковою швидкістю в однорідне магнітне поле у напрямі, перпендикулярному до ліній магнітної індукції. Порівняти радіуси кривизни траєкторій руху частинок.

140. Протон і електрон, прискорені однаковою різницею потенціалів, влітають в однорідне магнітне поле перпендикулярно до ліній магнітної індукції. Визначити відношення радіусів кривизни траєкторій руху цих частинок у магнітному полі.

141. Протон і α-частинка влітають у однорідне магнітне поле перпендикулярно до ліній магнітної індукції. Порівняти радіуси кривизни траєкторій руху частинок, якщо у них однакові швидкості.

142. Протон і α-частинка влітають у однорідне магнітне поле перпендикулярно до ліній магнітної індукції. Порівняти радіуси кривизни траєкторій руху частинок, якщо у них однакові імпульси.

143. Протон і α-частинка влітають у однорідне магнітне поле перпендикулярно до ліній магнітної індукції. Порівняти радіуси кривизни траєкторій руху частинок, якщо у них однакові енергії.

144. В однорідному електричному і магнітному полях, лінії напруженості і лінії магнітної індукції яких взаємно перпендикулярні, рухається рівномірно і прямолінійно протон зі швидкістю $6 \cdot 10^5$ м/с. Напрям швидкості протона перпендикулярний до ліній напруженості та ліній магнітної індукції полів. Визначити індукцію магнітного поля, якщо напруженість електричного поля дорівнює 0,6 кВ/м.

145. Заряджена частинка, що пройшла прискорюючу різницю потенціалів 2 кВ, рухається в однорідному магнітному полі з індукцією 10 мТл по колу радіусом 1 см. Визначити відношення заряду частинки до її маси (q/m).

146. Електрон, що пройшов прискорюючу різницю потенціалів $2 \cdot 10^4$ В, рухається в однорідному магнітному полі з індукцією 0,1 Тл. Швидкість електрона напрямлена під кутом 45^0 до ліній магнітної індукції. Визначити крок гвинтової лінії, що її описує електрон.

$h - ?$

$U = 2 \cdot 10^4$ В
$B = 0{,}1$ Тл
$\alpha = 45^0$
$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл
$m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг

Розв'язання

З короткого фізичного довідника записуємо в умову заряд і масу електрона. Швидкість електрона знайдемо із співвідношення $eU = \frac{m\upsilon^2}{2}$. Звідси $\upsilon = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$.

Розкладемо вектор швидкості електрона $\vec{\upsilon}$ на дві складові $\vec{\upsilon}_1$ (перпендикулярну до ліній індукції) і $\vec{\upsilon}_2$ (паралельну до ліній індукції). Згідно із законом незалежності дії сил уздовж магнітного поля електрон рухається рівномірно і прямолінійно, а в перпендикулярному напрямі він описує коло, тобто траєкторією руху електрона є гвинтова лінія. Період обертання T електрона по колу радіуса R знайдемо із співвідношення $2\pi R = \upsilon_1 T = \upsilon T \sin\alpha$. Уздовж поля він зміститься на відстань $h = \upsilon_2 T = \upsilon T \cos\alpha = 2\pi R \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}$. Радіус кола визначимо із другого закону Ньютона: $ma = F_Л$; $\frac{m\upsilon_1^2}{R} = e\upsilon_1 B$.

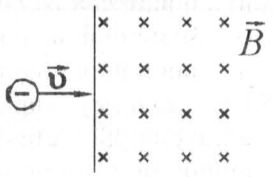
Звідси $R = \frac{m\upsilon\sin\alpha}{eB}$. Отже, крок гвинтової лінії: $h = \frac{2\pi\cos\alpha}{B} \cdot \sqrt{\frac{2mU}{e}}$. Після підстановки

$$h = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}7}{0{,}1\ \text{Тл}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31}\ \text{кг} \cdot 2 \cdot 10^4\ \text{В}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{Кл}}} \approx 2{,}1 \cdot 10^{-2}\ \text{м}.$$

147. Електрон, що влітає в однорідне магнітне поле під кутом 60^0 до ліній магнітної індукції, рухається по спіралі діаметром 10 см з періодом обертання $6 \cdot 10^{-5}$ с. Визначити швидкість електрона, індукцію магнітного поля і крок спіралі.

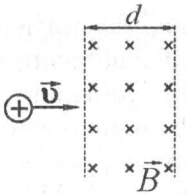
148. Електрон, що рухається у вакуумі з швидкістю 10^6 м/с, потрапляє в однорідне магнітне поле з індукцією 1,2 мТл під кутом 30^0 до ліній магнітної індукції. Визначити радіус і крок гвинтової лінії, по якій рухатиметься електрон.

149. Електрон влітає в однорідне магнітне поле з індукцією $B = 0{,}02$ Тл перпендикулярно до межі поля (мал. 33). Який час перебування електрона в магнітному полі? Поле у вертикальному напрямку і в горизонтальному вправо від межі вважати безмежним? На якій відстані від точки вльоту електрон залишить магнітне поле за швидкості руху 10^7 м/с?



Мал. 33

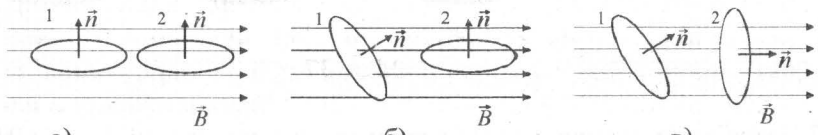
150. Протон влітає в однорідне магнітне поле, товщина області якого $d = 10$ см, а індукція B=0,52 Тл, зі швидкістю $\upsilon = 10^7$ м/с перпендикулярно до ліній індукції та межі поля (мал. 34). Визначити радіус траєкторії руху протона в магнітному полі та кут відхилення протона від напрямку руху після прольоту даної ділянки поля.



Мал. 34

Електромагнітна індукція

151. Два однакові контури розміщені у магнітному полі так, як показано на малюнку 35 а – в. Порівняти магнітні потоки, що пронизують ці контури.



а) б) в)

Мал. 35

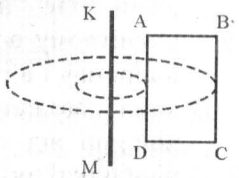
152. Дві однакові котушки ввімкнуто послідовно в електричне коло постійного струму: перша – без осердя, друга – із залізним осердям. Порівняйте магнітні потоки у котушках.

153. Чи виникає індукційний струм у котушці, якщо вона переміщується разом з постійним магнітом в одному напрямку з...
а) ...більшою швидкістю, ніж швидкість руху магніту?
б) ...меншою швидкістю, ніж швидкість руху магніту?
в) ...такою ж швидкістю, як і швидкість руху магніту?

154. Що відбувається з підвішеним на нитках металевим кільцем, якщо...

а) ...південний полюс постійного магніту наближати до кільця?
б) ...північний полюс постійного магніту наближати до кільця?
в) ...північний полюс постійного магніту віддаляти від кільця?

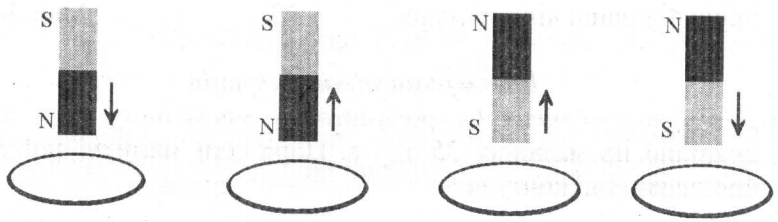
155. По довгому провіднику КМ проходить електричний струм (мал. 36). Чи буде виникати індукційний струм у рамці ABCD, якщо рамку...



Мал. 36

а) ... рухати поступально вниз?
б) ...рухати поступально вправо?
в) ...обертати навколо сторони АВ?
г) ... обертати навколо сторони ВС?
д) ... обертати вздовж пунктирних ліній навколо провідника?
е) ...не рухати, а струм зменшувати?

156. Використовуючи правило Ленца, визначити напрям індукційного струму в коловому витку, якщо магніт рухати так, як показано на малюнку 37 а – г стрілкою.

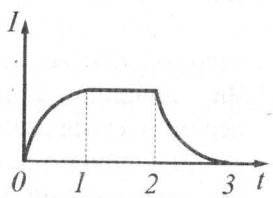


а) б) в) г)
Мал. 37

157. Через отвір котушки падає вертикально вниз прямий магніт. Чи з однаковим прискоренням він рухається якщо обмотка котушки замкнена і якщо розімкнена?

158. Прямий магніт падає вертикально вниз біля поверхні Землі у довгій металевій трубі. Опишіть характер руху магніту.

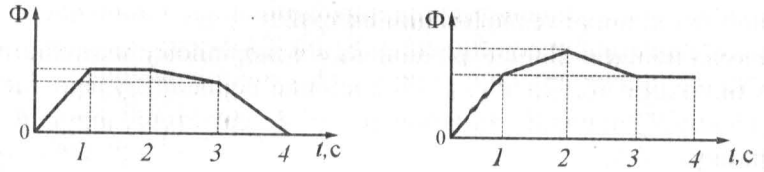
159. Через котушку індуктивності йде струм, зміна з часом якого відображена на графіку (мал. 38) В які інтервали часу на кінцях котушки існує одночасно електричне і магнітне поле?



Мал. 38

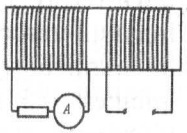
160. Магнітний потік, що пронизує котушку змінюється з часом так, як показано на графіку (мал. 39 а,б). Порівняти модулі ЕРС, яка

виникає на кінцях котушки в інтервали часу: 0-1 с; 1 с-2 с; 2 с-3 с; 3 с-4 с.



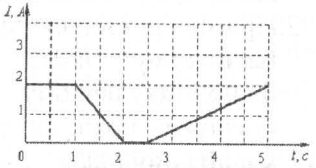
а) б)
Мал. 39

161. На залізне осердя надіто дві котушки, як показано на малюнку 40. По правій котушці пропускають струм, який змінюється так, як показано на графіку (мал. 41). У які інтервали часу амперметр покаже наявність струму в лівій котушці?



Мал. 40

162. Кінці складеної вдвоє ізольованої дротини приєднали до гальванометра. Дротина рухається у магнітному полі, перетинаючи лінії магнітної індукції, а стрілка гальванометра залишається на нулю. Як це можна пояснити?



Мал. 41

163. Довгий мідний дріт зложили вдвоє і намотали на котушку (таку намотку називають біфілярною). Кінці дротини під'єднали до гальванометра. Чи буде виникати струм у такій котушці, якщо в неї вставляти магніт?

164. Якщо клеми двох демонстраційних гальванометрів з'єднати проводами і потім, похитуючи один з приладів, спричинити коливання його стрілки, то і в другому приладі стрілка почне коливатися. Як можна пояснити цей дослід?

165. На котушці дроту лежить монета. Чому вона з часом нагрівається коли по котушці йде змінний струм, і залишається холодною, коли йде постійний?

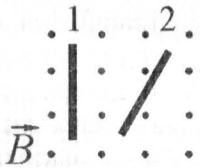
166. Чому телефонні дроти не слід підвішувати на одних і тих же стовпах з проводами змінного струму для освітлення?

167. Чому після удару блискавки іноді виявляються пошкодженими чутливі електровимірювальні прилади, відбувається перегорання плавких запобіжників в освітлювальній мережі?

168. Чому підземний кабель, що подає змінний струм на підприємства і в житлові будинки, не дозволяється прокладати поблизу газових, водопровідних і теплофікаційних труб?
169. Рамка площею 200 см^2 розміщена в однорідному магнітному полі з індукцією 0,5 Тл так, що її площина перпендикулярна до ліній магнітної індукції. Визначити потік магнітної індукції через рамку.
170. Визначити магнітний потік, що пронизує плоску прямокутну рамку розмірами 40×50 см, яка розміщена в однорідному магнітному полі з індукцією 2,5 Тл так, що вектор магнітної індукції утворює з нормаллю до рамки кут 30^0.
171. У магнітному полі з індукцією 0,04 Тл розташована рамка площею 0,5 м^2 так, що її площина перпендикулярна до ліній магнітної індукції. Визначити модуль зміни магнітного потоку, що пронизує рамку при її повороті на кут: а) 30^0; б) 60^0; в) 90^0.
172. Протон рухається зі швидкістю 1000 км/с в однорідному магнітному полі, індукція якого 0,2 Тл, у напрямі перпендикулярному до ліній магнітної індукції. Визначити магнітний потік крізь площу, яку описує протон під час руху у магнітному полі.
173. Провідник, по якому проходить струм 1 А під дією сили Ампера перетнув під час руху магнітний потік 3 мВб. Визначити роботу електромагнітних сил.
174. Визначити ЕРС індукції у замкнутому контурі, якщо магнітний потік, що пронизує контур, за 2 мс змінюється на 6 мВб.
175. Яка площа поперечного перерізу витка, якщо при зміні індукції магнітного поля від 1 Тл до 1,2 Тл за 2 мс у ньому виникає ЕРС індукції 8 В?
176. Визначити зміну індукції магнітного поля, якщо за 0,05 с у витку площею поперечного перерізу 50 см^2 виникає ЕРС індукції 0,1 В.
177. Визначити швидкість зміни індукції магнітного поля, якщо у замкнутому контурі площею 50 см^2 виникла ЕРС індукції 1,5 В.
178. Дротяна рамка з сторонами 10 см і 9 см розміщена в однорідному магнітному полі перпендикулярно до ліній магнітної індукції. Визначити індукцію цього поля, якщо при його зникненні до 0 за 0,15 с у рамці наводиться ЕРС індукції 0,048 В.
179. Котушка, що містить 50 витків охоплює площу 240 см^2. Площина котушки перпендикулярна до ліній магнітної індукції однорідного магнітного поля. При повороті котушки на 90^0 за 0,15 с в ній

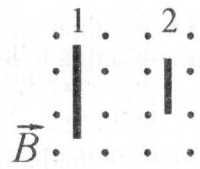
наводиться середня ЕРС індукції 240 мВ. Визначити індукцію магнітного поля.
180. В однорідному магнітному полі з індукцією 0,12 Тл знаходиться котушка діаметром 10 см, яка розміщена перпендикулярно до ліній магнітної індукції. Визначити кількість витків у котушці, якщо при її повороті на 180^0 за 0,14 с в ній наводиться ЕРС індукції 0,942 В.
181. Металеве кільце радіусом 5 см розміщене в магнітному полі з індукцією 0,2 Тл перпендикулярно до ліній магнітної індукції. Яка середня ЕРС індукції виникає у кільці, якщо його видалити з поля за 0,25 с?
182. Швидкість зміни магнітного потоку, що пронизує кільце, виготовлене з алюмінієвого дроту, 10 мВб/с. Визначити силу індукційного струму в кільці, якщо довжина дроту 10 см, площа поперечного перерізу 1,4 мм^2.
183. Котушку опором 60 Ом, що має 500 витків і площу поперечного перерізу 10 см^2, внесено в однорідне магнітне поле. За деякий час індукція поля зменшилася від 1 Тл до 0,7 Тл. Який заряд індуковано в котушці за цей час?
184. Котушку опором 100 Ом, що має 1000 витків, внесено в однорідне магнітне поле. Протягом деякого часу індукція магнітного поля зменшилася на 0,5 Тл. Який заряд індуковано в котушці за цей час, якщо радіус площини котушки 2 см?
185. У магнітне поле з індукцією 0,1 Тл вміщено коловий виток радіусом 34 см. Виток зроблено з мідного дроту площею поперечного перерізу 1 мм^2. Нормаль до площини витка збігається з напрямом ліній магнітної індукції поля. Який заряд пройде через поперечний переріз витка при його повороті на 90^0?
186. Дротяне кільце опором 1 Ом лежить на столі. Радіус площини кільця 0,1 м. Який заряд протече по кільцю, якщо його перевернути з однієї сторони на іншу? Вертикальна складова магнітного поля Землі на цій широті $5\cdot10^{-5}$ Тл.
187. В однорідному магнітному полі знаходиться прямокутна рамка, сторони якої 40 см і 10 см. Площина рамки перпендикулярна до ліній магнітної індукції. Визначити кількість теплоти, що виділяється в рамці при зростанні індукції магнітного поля на 0,5 Тл протягом 1 мс. Опір рамки 1 Ом.

188. Два провідники однакової довжини переміщують в однорідному магнітному полі з однаковою швидкістю вправо (мал. 42). Порівняти значення ЕРС індукції, що виникає на кінцях провідників.



Мал. 42

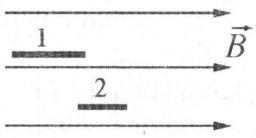
189. Два провідники різної довжини переміщують в однорідному магнітному полі з однаковою швидкістю вправо (мал. 43). Порівняти значення ЕРС індукції, що виникає на кінцях провідників.



Мал. 43

190. Два провідники різної довжини переміщують в однорідному магнітному полі з однаковою швидкістю від нас (в площину малюнка) (мал. 44). Порівняти значення ЕРС індукції, що виникає на кінцях провідників.

191. Визначити ЕРС індукції на кінцях провідника з довжиною активної частини 5 см під час руху в однорідному магнітному полі з індукцією 4 мТл з швидкістю 10 м/с перпендикулярно до ліній магнітної індукції.



Мал. 44

Розв'язання

$\mathcal{E}_i - ?$

$l = 5$ см $= 0{,}05$ м
$B = 4$ мТл $= 4 \cdot 10^{-3}$ Тл
$\upsilon = 10$ м/с

ЕРС індукції в рухомих провідниках визначається із співвідношення $\mathcal{E}_i = B\upsilon l \sin\alpha$.
Оскільки рух відбувається перпендикулярно до ліній індукції, то $\alpha = 90^0$ і $\sin\alpha = 1$. Після підстановки отримаємо:

$$\mathcal{E}_i = 4 \cdot 10^{-3}\,\text{Тл} \cdot 10\,\frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0{,}05\,\text{м} = 2\,\text{мВ}.$$

192. Визначити ЕРС індукції на кінцях провідника, довжина активної частини якого 8 см, під час руху в однорідному магнітному полі з індукцією 4 мТл з швидкістю 3 м/с під кутом 30^0 до ліній індукції.

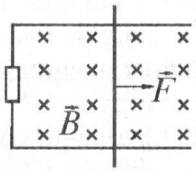
193. Літак летить горизонтально із швидкістю 900 км/год. Визначити ЕРС індукції, що виникає на кінцях крил літака, якщо вертикальна складова індукції магнітного поля Землі на широті польоту дорівнює $4 \cdot 10^{-5}$ Тл, а розмах крил літака 12,5 м.

194. Визначити різницю потенціалів між кінцями осі залізничного вагона завдовжки 1,6 м, якщо на горизонтальній ділянці шляху

швидкість потяга 36 км/год, а вертикальна складова індукції магнітного поля Землі на цій широті дорівнює $4 \cdot 10^{-5}$ Тл.

195. Горизонтальна складова індукції магнітного поля Землі $3 \cdot 10^{-5}$ Тл, а вертикальна – $4 \cdot 10^{-5}$ Тл. Якого максимального значення може досягти різниця потенціалів між кінцями крил літака під час його польоту з швидкістю 720 км/год, якщо розмах крил 25 м?

196. Провідник довжиною 50 см під дією зовнішньої сили ковзає без тертя по двох паралельних рейках зі швидкістю 5 м/с в однорідному магнітному полі, лінії магнітної індукції якого перпендикулярні до площини, в якій лежать рейки (мал. 45). Рейки з однієї сторони замкнуті на резистор, опір якого 0,5 Ом. Нехтуючи опорами рейок і провідника, визначити силу з якою магнітне поле з індукцією 0,2 Тл діє на провідник і силу з якою тягнуть провідник.

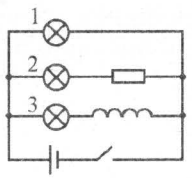


Мал. 45

197. Провідний стрижень довжиною 40 см помістили в магнітне поле з індукцією 0,5 Тл перпендикулярно до ліній магнітної індукції і з'єднали гнучким провідником, що міститься поза полем. Опір кола 5 Ом. Яку механічну потужність треба розвивати, щоб рухати стрижень перпендикулярно до ліній індукції з швидкістю 10 м/с?

Самоіндукція. Індуктивність. Енергія магнітного поля

198. В якій послідовності загорятимуться лампочки у колі, схема якого зображена на малюнку 46, після замикання ключа?



Мал. 46

199. Визначити магнітний потік, що його створює котушка індуктивністю 5 Гн, якщо по ній проходить струм 0,5 А.

200. Визначити силу струму в котушці індуктивністю 4 Гн, якщо магнітний потік, що пронизує котушку, становить 8 мВб.

201. Яка ЕРС самоіндукції виникає в котушці індуктивністю 50 мГн, якщо струм 2 А зникає в ній за 0,002 с?

202. Визначити індуктивність котушки, якщо при зменшенні сили струму на 3 А за 60 мс в котушці виникає середня ЕРС самоіндукції 20 В.

203. За скільки часу в котушці індуктивністю 200 мГн відбувається зростання сили струму від нуля до 9 А, якщо при цьому виникає середня ЕРС самоіндукції 30 В?

204. На скільки повинна змінитись за 1 с сила струму в котушці індуктивністю 3 Гн, щоб у ній збуджувалася ЕРС самоіндукції 60 В?

205. У котушці індуктивністю 0,5 Гн сила струму становить 10 А. Яка енергія магнітного поля цієї котушки?

206. Визначити енергію магнітного поля котушки, в якій за сили струму 6 А магнітний потік дорівнює 2,4 мВб.

207. Визначити магнітний потік, що пронизує котушку, якщо при силі струму 5 А її магнітне поле має енергію 0,25 Дж.

208. Магнітне поле в котушці індуктивністю 100 мГн має енергію 0,2 Дж. Обчислити магнітний потік, що пронизує котушку.

209. При зміні сили струму в котушці, індуктивність якої 0,5 Гн, у 2 рази, енергія магнітного поля змінилася на 3 Дж. Визначити початкове значення енергії.

$W_1 - ?$	*Розв'язання*
$L = 0{,}5$ Гн $I_2 = 2I_1$ $\Delta W = 3$	Запишемо вираз для енергії магнітного поля для двох випадків: $W_1 = \frac{LI_1^2}{2}$, $W_2 = \frac{LI_2^2}{2}$. Враховуючи умову задачі, $\frac{L}{2}(4I_1^2 - I_1^2) = \Delta W$. Звідси $I_1^2 = \frac{2\Delta W}{3L}$. Після підстановки в перший вираз $W_1 = \frac{L \cdot \frac{2\Delta W}{3L}}{2} = \frac{\Delta W}{3}$. Тоді $W_1 = 1$ Дж.

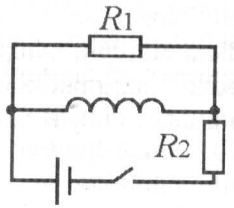
210. Під час зміни сили струму в котушці від 1 А до 5 А енергія магнітного поля зросла на 6 Дж. Визначити індуктивність котушки.

211. Сила струму в котушці становить 2 А. Визначити силу струму в цій котушці у випадку збільшення енергії магнітного поля котушки у 4 рази.

212. До джерела живлення з ЕРС 40 В і внутрішнім опором 1 Ом приєднали котушку, опір якої 3 Ом. Визначити індуктивність котушки, якщо при встановленні постійної сили струму енергія магнітного поля в котушці дорівнює 7,5 Дж.

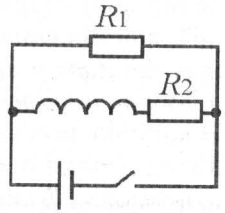
213. Дротяне кільце радіусом 10 см, по якому тече струм 2 А, перебуває в однорідному магнітному полі з індукцією 0,16 Тл. Яку роботу треба виконати, щоб повільно повернути кільце на 90^0 відносно осі, яка збігається з діаметром кільця? У початковому положенні лінії магнітної індукції поля перпендикулярні до площини кільця.

214. У схемі, зображеній на малюнку 47, ЕРС джерела живлення 6 В, внутрішній опір 1 Ом. Опори R_1 = 10 Ом, R_2= 5 Ом, індуктивність котушки 0,4 Гн, а її опір мізерно малий. Визначити кількість теплоти, яка виділиться на резисторі R_1 після розмикання кола. Який заряд пройде при цьому через цей резистор?



Мал. 47

215. У схемі, зображеній на малюнку 48, ЕРС джерела живлення 6 В, внутрішній опір 1 Ом. Опори $R_1 = R_2 = 10$ Ом, індуктивність котушки 0,2 Гн, а її опір мізерно малий. Визначити кількість теплоти, яка виділиться в системі після розмикання кола.

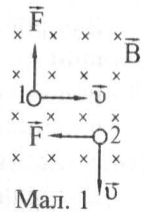


Мал. 48

Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю

Рівень А (початковий)

1. Одиницею індуктивності є…
   а) ...1 Вб; *б) ...1 В;* *в) ...1 Тл;* *г) ...1 Гн.*
2. Фізичну величину, що характеризує магнітні властивості речовини, називають магнітною...
   а) ...індукцією; *б) ...сталою;* *в) ...проникністю.*
3. Вид матерії, завдяки якому здійснюється взаємодія між зарядженими тілами та частинками і намагніченими тілами, називають
   а) ...самоіндукцією; *б) ...електромагнітним полем;*
   в) ...індукцією; *г) ...електричним полем.*



Мал. 1

Рівень В (середній)

1. За відомим напрямом руху частинок у магнітному полі та напрямом дії сили Лоренца (мал. 1) вказати знак заряду частинок.
   а) обох позитивний; *б) першої позитивний, другої негативний;*
   в) обох негативний; *г) першої негативний, другої позитивний.*
2. В котушку внесли постійний магніт. Чи виникає індукційний струм у котушці, якщо її рухати разом з магнітом з однаковими швидкостями?
   а) не виникає; б) виникає короткочасний; в)виникає і не змінює свого значення.
3. Визначити обертальний момент, що діє на рамку площею перерізу 0,02 м^2 у магнітному полі з індукцією 0,1 Тл. Сила струму в рамці 0,5 А, а лінії магнітної індукції перпендикулярні до площини рамки.

Рівень С (достатній)

1. Визначити швидкість електрона, який рухається в магнітному полі з індукцією 0,01 Тл по колу радіусом 1 см.
2. У магнітному полі з індукцією 0,5 Тл розміщене перпендикулярно до ліній індукції кільце площею 100 см^2, по якому проходить струм 2 А. Визначити індуктивність кільця та енергію його магнітного поля.

Рівень D (високий)

1. У однорідному вертикальному магнітному полі з індукцією 0,5 Тл підвішено горизонтально на двох невагомих нитках прямий провідник довжиною 0,1 м і масою 10 г. На який кут від вертикалі відхиляться нитки, якщо по провіднику пропустити струм 2 А?
2. Котушка із 1000 витків, що має площу 5 см^2 вміщена в однорідне магнітне поле з індукцією 10 мТл так, що лінії магнітної індукції перпендикулярні до площини котушки. Який заряд пройде по котушці, якщо напрям індукції магнітного поля плавно змінити на протилежний? Опір котушки 10 кОм.

Рівень А (початковий)

1. *г* 2. *в* 3. *б*

Рівень В (середній)

1. *б* 2. *а*
3.

$M - ?$	*Розв'язання*
$S = 0{,}02$ м^2 $B = 0{,}1$ Тл $I = 2$ А $\alpha = 90^0$	Обертальний момент визначається формулою: $M = BIS\sin\alpha$. Оскільки напрям ліній магнітної індукції перпендикулярний до площини рамки, то $\sin\alpha = 1$. Після підстановки $M = 0{,}1$ Тл$\cdot 2$ А$\cdot 0{,}02$ м$^2 = 0{,}004$ Н$\cdot$м.

Рівень С (достатній)

1.

$\upsilon - ?$	*Розв'язання*
$B = 0{,}01$ Тл $R = 1$ см $=$ $= 0{,}01$ м $e = 1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл $m = 9{,}1\cdot10^{-31}$ кг	З короткого фізичного довідника записуємо в умову заряд і масу електрона. Швидкість електрона визначимо із другого закону Ньютона: $ma = F_Л$, де $F_Л$ – сила Лоренца. $F_Л = e\upsilon B\sin\alpha$. Оскільки електрон рухається по колу, то напрям ліній магнітної індукції перпендикулярний до напрямку швидкості, отже $\sin\alpha = 1$. Електрон рухається з доцентровим прискоренням $a = \frac{\upsilon^2}{R}$, тому $\frac{m\upsilon^2}{R} = e\upsilon B$. Звідси $\upsilon = \frac{eBR}{m}$. Після підстановки $\upsilon = \frac{1{,}6\cdot10^{-19}\,\text{Кл}\cdot 0{,}01\,\text{Тл}\cdot 0{,}01\,\text{м}}{9{,}1\cdot10^{-31}\,\text{кг}} \approx 1{,}8\cdot10^7\,\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

2.

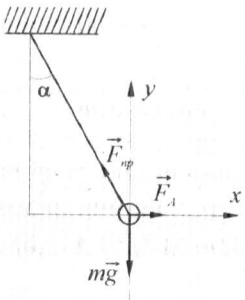
$L - ?\ W - ?$	*Розв'язання*
$B = 0{,}1$ Тл $S = 0{,}02$ м^2 $I = 2$ А	Енергія магнітного поля $W = \frac{LI^2}{2}$, де L – індуктивність кільця. $L = \frac{\Phi}{I}$, де Φ – магнітний потік, що пронизує кільце. Оскільки кільце перпендикулярне до ліній магнітної індукції, то $\Phi = BS$. Отже $L = \frac{BS}{I} = \frac{0{,}1\,\text{Тл}\cdot 0{,}02\,\text{м}^2}{2\,\text{А}} = 0{,}001$ Гн. Тоді енергія магнітного поля $W = \frac{0{,}001\,\text{Гн}\cdot 4\,\text{А}^2}{2} = 0{,}002$ Дж.

Рівень D (високий)

1.

$\alpha - ?$

$l = 0{,}2$ м
$m = 10$ г $=$
$= 0{,}01$ кг
$B = 0{,}5$ Тл
$I = 2$ А



Розв'язання

На провідник діють: сили натягу двох ниток $\vec{F}_{пр}$, сила тяжіння $m\vec{g}$ і сила Ампера $\vec{F}_A$ з боку магнітного поля. При рівновазі провідника суми проекцій сил на вертикальний та горизонтальний напрямки дорівнюють нулю: $F_{пр}\cos\alpha - mg = 0$, $F_A - F_{пр}\sin\alpha = 0$,

де $F_A = BIl$. Звідси $\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{F_A}{mg} = \dfrac{BIl}{mg}$. Після підстановки

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{F_A}{mg} = \frac{0{,}5\ \text{Тл}\cdot 2\ \text{А}\cdot 0{,}1\ \text{м}}{0{,}01\ \text{кг}\cdot 10\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1;\ \alpha = 45^0.$$

2.

$q - ?$

$n = 1000$
$S = 5\ \text{см}^2 =$
$= 5\cdot 10^{-4}\ \text{м}^2$
$R = 10$ кОм $=$
$= 10^4$ Ом
$B = 10$ мТл $=$
$= 10^{-2}$ Тл

Розв'язання

При плавній зміні магнітної індукції у котушці індукується ЕРС: $\mathcal{E}_i = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, де $\Delta\Phi$ – зміна магнітного потоку, Δt – час, за який відбулася ця зміна. Сила струму в котушці $I = \dfrac{\mathcal{E}_i}{R} = -\dfrac{\Delta\Phi}{R\Delta t}$. Заряд, який проходить по котушці за час Δt: $q = I\Delta t = -\dfrac{\Delta\Phi}{R}$. Початковий магнітний потік $\Phi_1 = BSn$. При зміні напрямку індукції магнітного поля на протилежний магнітний потік змінює знак. Отже, кінцевий магнітний потік $\Phi_2 = -BSn$. Зміна магнітного потоку $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -2BSn$. Тоді $q = \dfrac{2BSn}{R}$. Після підстановки $q = \dfrac{2\cdot 10^{-2}\ \text{Тл}\cdot 5\cdot 10^{-4}\ \text{м}^2\cdot 1000}{10^4\ \text{Ом}} = 10^{-6}\ \text{Кл}$.

Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку)

Рівень А (початковий)

1. За яким з нижче наведених виразів можна визначити обертальний момент сил, що діє на рамку?
а) $\ldots = BvI\sin\alpha$; *б)* $\ldots = BIS\sin\alpha$; *в)* $\ldots = BS\cos\alpha$; *г)* $\ldots = LI$.
2. Вкажіть пристрій, дія якого ґрунтується на поступальному русі рамки в магнітному полі.
а) реостат; б) електродвигун; в) гучномовець; г) генератор.
3. Напрям вектора магнітної індукції магнітного поля провідника зі струмом і котушки зі струмом визначають за допомогою правила…
а) ...лівої руки; б) ...Ленца; в) ...свердлика; г) ...Ампера.

Рівень В (середній)

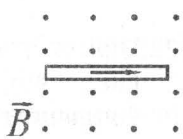
1. Заряджена частинка влітає в однорідне магнітне поле у напрямку ліній магнітної індукції. Траєкторією подальшого руху частинки є...
а) ...пряма лінія; б) ...парабола; в) ...гвинтова лінія; г) ...коло.
2. Дві однакові котушки: із залізним осердям та із пластиковим осердям ввімкнено послідовно в електричне коло постійного струму. В якій з них виникає найбільший магнітний потік?
б) в котушці із залізним осердям;
в) в котушці із пластиковим осердям; г) однаковий у двох котушках
3. Який магнітний потік виникає у котушці з індуктивністю 0,02 Гн при силі струму 5 А?

Рівень С (достатній)

1. Яка результуюча сила діє в однорідному магнітному полі з індукцією 0,1 Тл на горизонтально розміщений провідник довжиною 5 см і масою 8 г, по якому йде струм 5 А у напрямі, показаному стрілкою (мал. 1)?
2. У котушці, площа перерізу якої 40 см^2, індукція магнітного поля збільшується за 0,2 с на 0,8 Тл. Визначити зміну магнітного потоку, що пронизує котушку та середнє значення ЕРС індукції, що в ній виникає.

Рівень D (високий)

1. Протон рухається в магнітному полі з індукцією 0,2 Тл перпендикулярно до ліній магнітної індукції. Визначити частоту обертання протона у цьому полі.



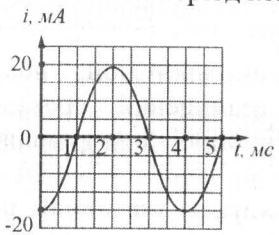
Мал. 1

2. Горизонтальними рейками, які замкнуті на опір 4 Ом і розташовані у вертикальному магнітному полі, ковзає провідник довжиною 20 см зі швидкістю 5 м/с. За 4 с на опорі виділяється кількість теплоти 0,04 Дж. Визначити індукцію магнітного поля. Опором рейок знехтувати.

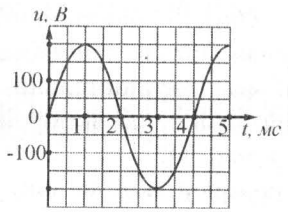
Розділ 3. Електромагнітні коливання та хвилі

Коливальний контур. Гармонічні електромагнітні коливання. Формула Томсона

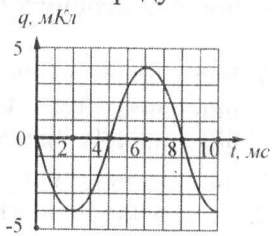
216. Як зміниться період вільних коливань в ідеальному коливальному контурі, якщо паралельно до конденсатора під'єднати ще один такий же конденсатор?
217. Як зміниться частота вільних коливань в ідеальному коливальному контурі, якщо у котушку індуктивності вставити феритове осердя?
218. Як зміниться циклічна частота вільних коливань в ідеальному коливальному контурі, якщо збільшити кількість витків у котушці?
219. На малюнку 49 зображено графік залежності сили струму від часу під час електромагнітних коливань у коливальному контурі. Визначити період коливань та амплітудне значення сили струму.
220. На малюнку 50 зображено графік залежності напруги від часу під час електромагнітних коливань у коливальному контурі. Визначити період коливань та амплітудне значення напруги.
221. На малюнку 51 зображено графік залежності заряду від часу під час електромагнітних коливань у коливальному контурі. Визначити період коливань та амплітудне значення заряду.



Мал. 49



Мал. 50



Мал. 51

222. Використовуючи графік залежності сили струму від часу (мал. 49), записати рівняння гармонічних коливань $i=i(t)$. Визначити значення сили струму для моменту часу t_1=0,5 мс; t_2=20 мс.
223. Використовуючи графік залежності напруги від часу (мал. 50), записати рівняння гармонічних коливань $u=u(t)$. Визначити значення напруги для моменту часу t_1=2,5 мс; t_2=6 мс.

224. Використовуючи графік залежності заряду від часу (мал. 51), записати рівняння гармонічних коливань $q=q(t)$. Визначити значення заряду в момент часу $t_1=2\cdot10^{-3}$ с; t_2=2/3 мс.
225. Період коливань у коливальному контурі 0,02 с. Обчислити частоту і циклічну частоту гармонічних коливань.
226. Частота коливань у коливальному контурі 20 Гц. Обчислити період і циклічну частоту гармонічних коливань.
227. Циклічна частота коливань у коливальному контурі 200π рад/с. Обчислити період і частоту гармонічних коливань.
228. Записати рівняння гармонічних синусоїдальних коливань у ідеальному коливальному контурі, якщо амплітудне значення сили струму 0,1 А, а період коливань 0,5 с.
229. Записати рівняння гармонічних синусоїдальних коливань у ідеальному коливальному контурі, якщо максимальне значення заряду 100 мкКл, а частота коливань 50 Гц.
230. Записати рівняння гармонічних синусоїдальних коливань у ідеальному коливальному контурі, якщо амплітудне значення сили струму 0,2 А, а циклічна частота 2 рад/с.
231. Записати рівняння гармонічних косинусоїдальних коливань у ідеальному коливальному контурі, якщо амплітудне значення сили струму 0,2 А, а частота коливань 2 Гц.
232. Записати рівняння гармонічних косинусоїдальних коливань у ідеальному коливальному контурі, якщо амплітудне значення заряду 100 мкКл, а циклічна частота 2 рад/с.
233. Записати рівняння гармонічних косинусоїдальних коливань у ідеальному коливальному контурі, якщо максимальне значення напруги 100 В, а період коливань 0,2 с.
234. Визначити амплітуду напруги, фазу і циклічну частоту коливань, якщо напруга змінюється за законом $u = 20\cos 10^4 t$ (В).
235. Визначити амплітуду сили струму, фазу і частоту коливань, якщо сила струму змінюється за законом $i = 0{,}25\sin 2t$ (А).
236. Визначити амплітуду заряду, фазу і період коливань, якщо заряд змінюється за законом $q = 10^{-6}\cos 10^4 t$ (Кл).
237. Через яку частину періоду від початку розряджання конденсатора в ідеальному коливальному контурі, заряд на його обкладинках зменшиться вдвічі?

238. Заряджений конденсатор в ідеальному коливальному контурі почав розряджатися. Через який час сила струму у контурі досягне половини амплітудного значення? Період коливань в контурі 24 мс.
239. Ідеальний коливальний контур складається з конденсатора ємністю 0,4 мкФ і котушки індуктивністю 9 мГн. Обчислити період, частоту та циклічну частоту гармонічних коливань.
240. Як зміниться період власних електромагнітних коливань, якщо повітряний конденсатор ідеального коливального контуру буде залитий дистильованою водою, діелектрична проникність якої 81?
241. За який інтервал часу у ідеальному коливальному контурі з індуктивністю 0,15 Гн і електроємністю $6 \cdot 10^{-9}$ Ф здійсниться 150 електромагнітних коливань?
242. Визначити ємність конденсатора у ідеальному коливальному контурі, якщо індуктивність котушки 50 мкГн, а частота гармонічних коливань 10 МГц.
243. Визначити індуктивність котушки у ідеальному коливальному контурі, якщо ємність конденсатора 1 мкФ, а циклічна частота гармонічних коливань 1000 рад/с.
244. При зменшенні ємності конденсатора ідеального коливального контуру на 200 пФ, період коливань зменшується в 3 рази. Визначити початкову ємність конденсатора, якщо індуктивність котушки незмінна.
245. В ідеальному коливальному контурі замінили конденсатор ємністю 20 пФ на конденсатор ємністю 30 пФ. Для збереження незмінної частоти електромагнітних коливань, індуктивність довелось зменшити на 25 мкГн. Визначити початкову індуктивність котушки коливального контуру.
246. В ідеальному коливальному контурі замінили котушку індуктивністю 100 мкГн на котушку індуктивністю 120 мкГн. Для збереження незмінної частоти електромагнітних коливань, електроємність конденсатора довелось зменшити на 50 пФ. Визначити початкову електроємність конденсатора коливального контуру.
247. Ідеальний коливальний контур складається із котушки індуктивності і двох однакових конденсаторів, з'єднаних паралельно. Період власних коливань у контурі 20 мкс. Яким стане період коливань, якщо конденсатори увімкнути послідовно?

Перетворення енергії під час вільних електромагнітних коливань

248. Де зосереджена енергія під час вільних коливань у коливальному контурі...
   а) ...через 1/8 періоду після початку розряджання конденсатора?
   б) ...через 1/4 періоду після початку розряджання конденсатора?
   в) ...через 3/4 періоду після початку розряджання конденсатора?
249. В початковий момент часу напруга на конденсаторі ідеального коливального контуру максимальна. Як змінюється в наступну чверть періоду...
   а) ...значення повної енергії системи?
   б) ...значення енергії електричного поля системи?
   в) ...значення енергії магнітного поля системи?
   г) ...значення напруги на конденсаторі?
   д) ...значення сили струму в контурі?
   е) ...значення заряду конденсатора?
250. В коливальному контурі в початковий момент часу заряд конденсатора максимальний. Через яку найменшу частину періоду коливань T, відмінну від нуля...
   а) ...заряд конденсатора буде дорівнювати нулю?
   б) ...заряд конденсатора знову буде максимальним?
   в) ...сила струму в контурі буде максимальною?
   г) ...енергія магнітного поля буде максимальною?
   д) ...енергія електричного поля буде максимальною?
   е) ...енергія електричного поля буде дорівнювати нулю?
251. Повна енергія в ідеальному коливальному контурі 10^{-4} Дж. Якою буде енергія електричного поля в той момент, коли енергія магнітного поля буде становити $6 \cdot 10^{-5}$ Дж?
252. На конденсаторі ідеального коливального контуру ємністю 10 мкФ максимальна напруга становить 100 В. Визначити максимальні значення енергії електричного і магнітного полів.
253. Індуктивність ідеального коливального контуру 0,2 Гн, а максимальне значення сили струму 1 А. Визначити максимальні значення енергії електричного і магнітного полів.
254. Ідеальний коливальний контур складається з конденсатора ємністю 4 мкФ і котушки індуктивністю 16 мГн. Після того як конденсатор зарядили, у контурі виникли вільні електромагнітні коливання. Амплітудне значення сили струму при коливаннях 100 мА. Записати рівняння залежності напруги та сили струму в

контурі від часу, обравши за початок відліку момент, коли заряд конденсатора був максимальний.

$i=i(t)$; $u=u(t)$

$C = 4$ мкФ $= 4\cdot10^{-6}$ Ф
$L = 160$ мГн $= 0{,}16$ Гн
$I_m = 100$ мА $= 0{,}1$ А

Розв'язання

В момент часу, коли максимальний заряд, максимальною буде напруга, а сила струму дорівнює нулю. Отже напруга змінюється за законом косинуса, а сила струму – за законом синуса. Визначимо циклічну частоту коливань: $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

$\omega = \frac{1}{\sqrt{0{,}16\ \text{Гн}\cdot 4\cdot10^{-6}\ \text{Ф}}} = 1250\frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Отже

$i = 0{,}1\sin 1250t$ (А)

Визначимо амплітудне значення напруги із закону збереження енергії: $\frac{CU_m^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}$. $U_m = I_m\sqrt{\frac{L}{C}}$.

$U_m = 0{,}1\ \text{А}\sqrt{\frac{0{,}16\ \text{Гн}}{4\cdot10^{-6}\ \text{Ф}}} = 20$ В. Тоді $u = 20\cos 1250t$ (В).

255. Ємність конденсатора ідеального коливального контуру 10 мкФ, циклічна частота коливань $2\cdot10^3$ рад/с, амплітудне значення напруги на конденсаторі 100 В. Записати рівняння залежності напруги та сили струму в контурі від часу, обравши за початок відліку момент, коли сила струму максимальна.
256. Максимальне значення заряду на обкладках конденсатора ідеального коливального контуру $2\cdot10^{-5}$ Кл. Визначити частоту вільних коливань у контурі, якщо максимальна сила струму 20 мА.
257. В деякий момент часу напруга на конденсаторі ідеального коливального контуру ємністю 10 мкФ становить 100 В, а сила струму в контурі 1 А. Визначити значення енергії магнітного і електричного поля в цей момент, якщо індуктивність котушки коливального контуру 0,2 Гн. Визначити амплітудні значення струму і напруги в коливальному контурі.
258. В ідеальному коливальному контурі ємність конденсатора 0,4 мкФ, а максимальне значення напруги 100 В. Визначити

енергію магнітного поля в той момент, коли напруга на конденсаторі 50 В.
259. В ідеальному коливальному контурі ємність конденсатора 0,4 мкФ, індуктивність котушки 0,1 Гн, а максимальне значення напруги 100 В. Визначити повну енергію системи і максимальне значення сили струму.
260. Амплітудне значення сили струму і напруги у ідеальному коливальному контурі відповідно дорівнюють 2,8 мА і 140 В. Визначити силу стуму у коливальному контурі і напругу на конденсаторі в той момент часу, коли енергія електричного поля конденсатора дорівнює енергії магнітного поля котушки.
261. Заряджений конденсатор під'єднали до котушки індуктивності. Через який час після під'єднання енергія електричного поля конденсатора стане рівною енергії магнітного поля котушки? Коливальний контур вважати ідеальним, період коливань в контурі 24 мс.
262. В ідеальному коливальному контурі індуктивність котушки 0,1 Гн, а амплітудне значення сили струму 50 мА. Визначити енергію магнітного і електричного полів в той момент, коли миттєве значення сили струму буде в 5 разів менше, ніж амплітудне.
263. У коливальному контурі ємність конденсатора 0,4 мкФ, а максимальне значення напруги 100 В. В контурі виникли затухаючі коливання. Яка кількість теплоти виділиться в контурі, за час, протягом якого амплітуда напруги зменшиться в 2 рази?
264. В ідеальному коливальному контурі амплітуда коливань сили струму в котушці індуктивності дорівнює 5 мА, амплітуда коливань заряду конденсатора становить 5 нКл. У деякий момент часу заряд конденсатора дорівнює 3 нКл. Визначити силу струму в котушці в цей момент.

Змінний струм. Конденсатор і котушка в колі змінного струму. Трансформатор

265. Обертова частота рамки з мідного дроту у магнітному полі з індукцією 0,5 Тл дорівнює 20 об/с. Визначити амплітудне значення ЕРС індукції, якщо площа рамки 200 см^2.
266. Максимальне значення ЕРС індукції, що виникає у рамці з дроту при її обертанні у однорідному магнітному полі, дорівнює 6,28 В.

Визначити обертову частоту рамки, якщо максимальний магнітний потік через рамку 0,1 Вб.

267. Скільки витків має рамка з дроту площею 500 см^2, якщо при її обертанні з циклічною частотою 125 рад/с в однорідному магнітному полі з індукцією 0,2 Тл амплітудне значення ЕРС дорівнює 6,25 В?

268. На яку мінімальну напругу слід розраховувати ізоляційні матеріали, якщо діюче значення напруги 220 В?

269. Чи допустимо в мережу з напругою 220 В вмикати конденсатор розрахований на робочу напругу 250 В?

270. Напруга запалювання неонової лампочки 150 В. Чому вона запалюється, коли її увімкнути в коло змінного струму з діючим значенням напруги 120 В?

271. У коло змінного струму увімкнено послідовно лампочку розжарення і конденсатор. Як зміниться розжарення лампочки, якщо до конденсатора під'єднати паралельно ще один конденсатор? Якщо конденсатор під'єднати послідовно?

272. У коло змінного струму увімкнено послідовно лампочку розжарення і котушку індуктивності. Як зміниться розжарення лампочки, якщо у котушку вставити феромагнітне осердя?

273. Послідовно з лампочкою розжарення і звуковим генератором (виконує роль генератора змінного струму) під'єднано конденсатор. Як зміниться розжарення лампочки, якщо збільшити частоту струму? Зменшити частоту струму?

274. Послідовно з лампочкою розжарення і звуковим генератором (виконує роль генератора змінного струму) під'єднано котушку індуктивності. Як зміниться розжарення лампочки, якщо збільшити частоту струму? Зменшити частоту струму?

275. ЕРС індукції, що виникає у рамці з дроту при її обертанні у магнітному полі, змінюється за законом: $\varepsilon = 100\sin 100\pi t$ (В). Визначити амплітудне і діюче значення ЕРС, період коливань ЕРС і обертову частоту рамки, миттєве значення ЕРС індукції, що відповідає моментам часу $\frac{1}{12}T$ і $\frac{1}{4}T$.

276. Яка ємність конденсатора, під'єднаного до генератора змінного струму, якщо при максимальній силі струму 2 А максимальне значення напруги становить 200 В? Частота струму 50 Гц.

$C - ?$

$I_m = 2$ А

$U_m = 200$ В

$\nu = 50$ Гц

Розв'язання

Згідно закону Ома $X_C = \frac{U_m}{I_m}$. Враховуючи, що ємнісний опір $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C}$, отримаємо: $C = \frac{I_m}{2\pi\nu U_m}$. Після підстановки $C = \frac{2\text{ А}}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 50\text{ Гц} \cdot 200\text{ В}} \approx 32$ мкФ.

277. У коло змінного струму з діючою напругою 220 В і стандартною частотою 50 Гц, увімкнено конденсатор ємністю 10 мкФ. Визначити ємнісний опір конденсатора та діюче значення сили струму.

278. До затискачів генератора приєднано конденсатор ємністю 0,1 мкФ. Визначити амплітудне значення напруги на затискачах, якщо амплітудне значення сили струму 2 А. Період коливань струму $2 \cdot 10^{-4}$ с.

279. Котушка, індуктивність якої 0,3 Гн, увімкнена в коло змінного струму з діючим значенням напруги 36 В. Визначити індуктивний опір котушки та діюче значення сили струму в колі. Частота струму 200 Гц, активним опором котушки знехтувати.

280. Котушка, активним опором якої можна знехтувати, увімкнена в коло змінного струму стандартної частоти. При напрузі 42 В, значення сили струму 0,7 А. Визначити індуктивність котушки.

281. Напруга у мережі змінюється за законом $u = 311\sin 100\pi t$ (В). Яка кількість теплоти виділяється за 5 хв в електричній плитці з активним опором 50 Ом, увімкненій в цю мережу?

282. Неонова лампа загоряється і гасне за напруги 78 В. Цю лампу включено до мережі змінного струму (110 В, 400 Гц). Яка частота спалахів лампи? Скільки часу горить лампа протягом кожного періоду?

283. Неонова лампа загоряється і гасне за напруги 90 В. У мережі змінного струму промислової частоти протягом періоду ця лампа горить половину часу. Яку напругу покаже під'єднаний до цієї мережі вольтметр змінного струму?

284. У вторинній обмотці трансформатора виникає ЕРС 440 В. Визначити коефіцієнт трансформації, якщо трансформатор увімкнено в мережу з ЕРС 220 В.

285. Трансформатор увімкнено в мережу з напругою 220 В. Первинна обмотка трансформатора містить 1000 витків, а вторинна 250 витків. Яка напруга на вторинній обмотці ненавантаженого трансформатора?

286. Сила струму у первинній обмотці трансформатора 0,5 А, напруга на її кінцях 220 В. Сила струму у вторинній обмотці 11 А, а напруга – 9,5 В. Визначити коефіцієнт корисної дії трансформатора.

287. Напруга на первинній обмотці знижувального трансформатора 120 В, на вторинній 10 В, а коефіцієнт трансформації 10. Визначити силу струму у вторинній обмотці, якщо її опір 1 Ом. Втратами енергії в первинному колі знехтувати.

$I_2 - ?$

$U_1 = 120$ В
$U_2 = 10$ В
$k = 10$
$r_2 = 1$ Ом

Розв'язання

Коефіцієнт трансформації $k = \frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2}$, де $\mathcal{E}_1$ і $\mathcal{E}_2$ – ЕРС індукції відповідно в первинній і вторинній обмотках. Втратами енергії у первинному колі можна знехтувати, тому $\mathcal{E}_1 = U_1$. Отже $\mathcal{E}_2 = \frac{U_1}{k} = \frac{120\text{ В}}{10} = 12\text{ В}$. Згідно закону Ома для повного кола напруга на затискачах вторинної обмотки: $U_2 = \mathcal{E}_2 - I_2 r_2$. Звідси

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}_2 - U_2}{r_2} = \frac{12\text{ В} - 10\text{ В}}{1\text{ Ом}} = 2\text{ А}.$$

288. Напруга на первинній обмотці знижувального трансформатора 120 В, на вторинній 6 В, а опір зовнішнього кола 3 Ом. Визначити коефіцієнт трансформації трансформатора, якщо опір вторинної обмотки 1 Ом. Втратами енергії в первинному колі знехтувати.

289. Первинну обмотку знижувального трансформатора з коефіцієнтом трансформації 8 ввімкнено у мережу з напругою 160 В. Опір вторинної обмотки 2 Ом, а струм у ній 3 А. Визначити ЕРС і напругу на вторинній обмотці. Втратами енергії в первинному колі знехтувати.

290. Напруга на первинній обмотці знижувального трансформатора 120 В, на вторинній 6 В, а сила струму у зовнішньому колі 4 А. Визначити коефіцієнт трансформації, якщо опір вторинної обмотки 1 Ом. Втратами енергії в первинному колі знехтувати.

291. Первинна обмотка трансформатора, яка містить 2400 витків, під'єднана до мережі з напругою 380 В. Скільки витків повинна містити вторинна обмотка, щоб за напруги 11 В на її кінцях передавати у зовнішнє коло потужність 22 Вт? Опір вторинної обмотки 0,2 Ом.

292. Під час вмикання обмотки А трансформатора в коло змінного струму напруга на обмотці В становить 400 В. У разі вмикання в цю мережу обмотки В, напруга на обмотці А становить 100 В. Визначити відношення кількості витків у обмотках трансформатора.

293. Під час вмикання обмотки А трансформатора до джерела змінного струму у обмотці В виникає ЕРС 16 В. У разі вмикання до цього ж джерела обмотки В, у обмотці А виникає ЕРС 49 В. Визначити напругу джерела.

Електромагнітні хвилі

(коливальні контури радіоприймачів вважати ідеальними)

294. У всіх приймачах електромагнітних хвиль (телевізори, радіо та ін.) необхідними елементами є відкритий і закритий коливальні контури. Відкритий коливальний контур пронизують електромагнітні хвилі всіх радіо- і телестанцій, які досягають даної місцевості. Чому тоді на екрані телевізора, чи навушнику радіоприймача ми спостерігаємо, чи чуємо тільки один канал (одну станцію)? Що ми змінюємо перемикаючи канал телевізора, чи обертаючи ручку налаштування радіостанцій?

295. Металошукач являє собою генератор електромагнітних коливань звукової частоти, до якого під'єднано закритий коливальний контур, індуктивність якого виконана у вигляді кільця дроту. Коли кільце поблизу земної поверхні наближається до металевого предмета, зокрема до міни чи вибухівки, змінюється тон коливань, який фіксується за допомогою навушників. Чим зумовлена зміна тону коливань? Підвищується чи понижується при цьому тон звучання?

296. На якій частоті працює радіоприймач, що приймає хвилі довжиною 50 м?

297. На яку довжину хвилі налаштований радіоприймач, якщо конденсатор приймального коливального контуру має ємність 10 пФ, а котушка – індуктивність 1 мГн?

298. Коливальний контур радіоприймача налаштований на довжину хвилі 300 м. Яка ємність коливального контуру, якщо його індуктивність 50 мкГн?

299. Ємність коливального контуру радіоприймача 40 пФ. Яку індуктивність потрібно під'єднати в контур, щоб приймач працював на хвилі довжиною 100 м?

300. Обчислити діапазон довжин хвиль, які може приймати радіоприймач, якщо індуктивність його коливального контуру 40 мкГн, а ємність може змінюватись від 10 пФ до 40 пФ.

301. Коливальний контур радіоприймача налаштований на довжину хвилі 628 м. Яка максимальна сила струму у контурі, якщо максимальне значення напруги на конденсаторі, ємність якого 0,5 нФ, дорівнює 2,0 мкВ?

302. У коливальному контурі радіоприймача фіксованої довжини хвилі замінили конденсатор з 30 пФ на 20 пФ. Для збереження прийому цієї ж довжини хвилі індуктивність довелось збільшити на 25 мкГн. Визначити кінцеву індуктивність котушки даного коливального контуру.

303. У коливальному контурі радіоприймача замінили котушку індуктивності з 120 мкГн на 100 мкГн. Для збереження прийому сигналу попередньої довжини хвилі електроємність конденсатора довелось збільшити на 50 пФ. Визначити початкову електроємність коливального контуру.

304. Антена радіолокатора на морському судні знаходиться на висоті 25 м над рівнем моря. На якій максимальній відстані можна виявити шлюпку на поверхні моря? З якою частотою при цьому можуть випромінюватися електромагнітні імпульси?

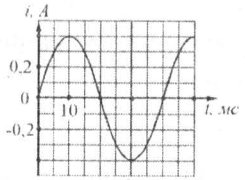
305. Випромінююча антена Київської телевежі піднята на висоту 385 м. Вважаючи, що радіус Землі 6400 км, обчислити на якій відстані можна здійснювати чіткий прийом телесигналу на антену, висота якої 20 м. Нерівностями земної поверхні знехтувати.

306. Для покриття всієї земної поверхні телевізійним сигналом, у космічний простір на певну висоту відправили три супутники під кутами 120^0 один до одного. Телесигнал від телестанції із Землі поступає на один із супутників, який надалі передається на інші і з них транслюється на земну поверхню. На яку мінімальну висоту слід вивести супутники на орбіту для забезпечення надійного телезв'язку?

Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю

Рівень А (початковий)

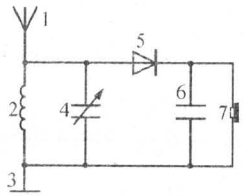
1. Яке співвідношення є формулою хвилі?
   а) $c = \lambda\nu$; *б)* $T = 2\pi\sqrt{LC}$; *в)* $\varphi = \omega t + \varphi_0$; *г)* $\omega = 2\pi\nu$.
2. На малюнку 1 зображено графік залежності сили струму від часу під час електромагнітних коливань у коливальному контурі. Визначити період коливань та амплітудне значення сили струму.
   а) 10 мс, 0,2 А; б) 10 мс, 0,4 А; в) 40 мс, 0,2 А; г) 40 мс, 0,4 А.
3. Фізичну величину, що характеризує здатність конденсатора протидіяти змінному струмові, називають...
   а) ...опором; б) ...ємністю; в) ...ємнісним опором.



Мал. 1

Рівень В (середній)

1. За допомогою яких елементів радіоприймача (мал. 2) відбувається процес детектування?
   а) 1,2,3; б) 2,4; в) 4,5; г) 5,6,7.
2. В коливальному контурі для конденсатора надали заряд. Як змінюється в наступну чверть періоду значення енергії магнітного поля системи?
   а) збільшується; б) зменшується; в) не змінюється.
3. У вторинній обмотці трансформатора 200 витків. Визначити кількість витків у первинній обмотці, якщо коефіцієнт трансформації 5.



Мал. 2

Рівень С (достатній)

1. Використовуючи графік залежності сили струму від часу (мал. 1), записати рівняння гармонічних коливань $i=i(t)$. Визначити значення сили струму для моменту часу t=60 мс.
2. Ємність ідеального коливального контуру 24 мкФ, індуктивність – 20 мГн. В деякий момент часу струм у контурі був 0,5 А, а напруга на конденсаторі 20 В. Яке максимальне значення напруги в контурі?

Рівень D (високий)

1. Неонова лампа увімкнена в мережу змінного струму частотою 50 Гц запалюється і гасне, коли напруга на ній досягає половини амплітудного значення. Знайти тривалість горіння лампи протягом періоду.
2. Ідеальний коливальний контур складається з котушки індуктивності і плоского конденсатора, площа кожної пластини якого 20 $см^2$ і відстань між ними 1 см. Визначити діелектричну проникність середовища конденсатора, якщо амплітуда сили струму під час коливань в контурі 0,2 мА, амплітуда напруги 10 В, період коливань $124\pi \cdot 10^{-8}$ с.

Рівень А (початковий)

1. *а* 2. *г* 3. *в*

Рівень В (середній)

1. *г* 2. *а*

3.

Розв'язання

$N_1 - ?$

$N_2 = 200$

$k = 5$

Коефіцієнт трансформації визначається формулою: $k = \frac{N_1}{N_2}$.

Звідси $N_1 = k \cdot N_2 = 5 \cdot 200 = 1000$.

Рівень С (достатній)

1.

Розв'язання

$i=i(t)$, $i - ?$

$t = 70$ мс $= 0{,}07$ с

З графіка записуємо амплітудне значення сили струму і значення періоду коливань. $I_m = 0{,}4$ А, $T = 0{,}04$ с. Для запису рівняння коливань знаходимо циклічну частоту $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0{,}04\text{ с}} = 50\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Коливання струму підлягають закону синуса, тому $i = I_m \sin \omega t$. Після підстановки $i = 0{,}4 \sin 50\pi$ (А). Щоб визначити значення сили струму в момент часу 0,07 с, підставляємо це значення у рівняння коливань $i = 0{,}4 \cdot \sin 50\pi \cdot 0{,}07 = 0{,}4 \cdot \sin \frac{7}{2}\pi = 0{,}2$ А.

2.

Розв'язання

$U_m - ?$

C=24 мкФ $= 24 \cdot 10^{-6}$ Ф

L=20 мГн $= 0{,}02$ Гн

$u = 20$ В

$i = 0{,}8$ А

Миттєве значення енергії електричного поля $W_{ел} = \frac{Cu^2}{2}$.

Миттєве значення енергії магнітного поля $W_м = \frac{Li^2}{2}$.

Повна енергія в контурі дорівнює сумі цих енергій

$$W_n = \frac{Cu^2}{2} + \frac{Li^2}{2} = \frac{24 \cdot 10^{-6}\text{Ф} \cdot 400\text{ В}^2}{2} + \frac{0{,}02\text{ Гн} \cdot 0{,}64\text{ А}^2}{2}$$

$W_n = 8 \cdot 10^{-3}$ Дж. Повна енергія дорівнює максимальній енергії електричного поля. $W_n = W_{\max.ел} = \frac{CU_{\max}^2}{2}$. Звідси

$U_{\max} = \sqrt{\frac{2W_n}{C}}$. $U_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-3}\text{ Дж}}{24 \cdot 10^{-6}\text{ Ф}}} \approx 25{,}8$ В.

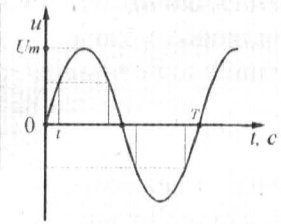
Рівень D (високий)

1.

$t_1 - ?$

$\nu = 50$ Гц

$u = \frac{U_{\max}}{2}$



Циклічна частота

$\omega = 2\pi\nu = 2 \cdot \pi \cdot 50\text{ Гц} = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$.

Запишемо рівняння гармонічних коливань що підлягають закону синуса.

$u = U_m \cdot \sin 100\pi t$; $\frac{1}{2} = \sin 100\pi t$; $100\pi t = \frac{\pi}{6}$; $t = \frac{1}{600}$ с.

Це час до першого запалювання лампи. Тоді протягом періоду $T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{50}$ с лампа не горітиме час

$4t = 4 \cdot \frac{1}{600}\text{ с} = \frac{1}{150}$ с, а горітиме протягом часу

$t_1 = T - 4t = \frac{1}{50} - \frac{1}{150} = \frac{1}{75}$ с.

2.

$U_m - ?$

$S = 20$ см^2 $= 20 \cdot 10^{-4}$ м^2

$d = 1$ см $= 0{,}01$ м

$I_{max} = 0{,}2$ мА $= 2 \cdot 10^{-4}$ А

$U_{max} = 10$ В

$T = 124\pi \cdot 10^{-8}$ с

$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м

З короткого фізичного довідника записуємо в умову електричну сталу. Згідно закону збереження енергії $\frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2}$. Звідси $L = C\frac{U_{\max}^2}{I_{\max}^2}$ (1). Згідно формули Томсона $T = 2\pi\sqrt{LC}$ або $T^2 = 4\pi^2 LC$ (2).

Підставимо (1) у (2) $T^2 = 4\pi^2 C \cdot \frac{U_{\max}^2}{I_{\max}^2} \cdot C$ Звідси:

$C = \frac{T \cdot I_{\max}}{2\pi U_{\max}}$. Після підстановки

$C = \frac{124\pi \cdot 10^{-8}\text{с} \cdot 2 \cdot 10^{-4}\text{А}}{2\pi \cdot 10\text{ В}} = 1{,}24 \cdot 10^{-11}$ Ф.

Діелектричну проникність визначаємо з формули плоского конденсатора: $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$.

$\varepsilon = \frac{Cd}{\varepsilon_0 S} = \frac{1{,}24 \cdot 10^{-11}\text{Ф} \cdot 0{,}01\text{ м}}{8{,}85 \cdot 10^{-12}\frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot 20 \cdot 10^{-4}\text{м}^2} \approx 7$.

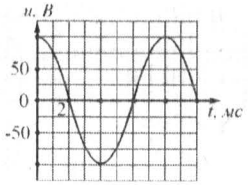
Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку)

Рівень А (початковий)

1. За яким з нижче наведених виразів можна визначити коефіцієнт трансформації?

   а) $...=\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2}$; *б)* $...=\frac{U_2 I_2}{U_1 I_1}$; *в)* $...=\omega L$; *г)* $...=\frac{1}{\omega C}$.

2. На малюнку 1 зображено графік залежності напруги від часу під час електромагнітних коливань у коливальному контурі. Визначити період коливань та амплітудне значення напруги.



Мал. 1

   а) 2 мс, 50 В; б) 8 мс, 100 В; в) 4 мс, 100 В; г) 8 мс, 50 В.

3. Фізичну величину, що характеризує здатність котушки індуктивності протидіяти змінному струмові, називають...

   а) ...опором; б) ...індуктивним опором; в) ...індуктивністю.

Рівень В (середній)

1. Пластини плоского конденсатора, увімкненого в коливальний контур, зближують. Як змінюється частота власних коливань даного контуру?

   а) збільшується; б) зменшується; в) не змінюється.

2. У коливальному контурі для конденсатора надали заряд. Через яку найменшу частину періоду коливань T значення енергії електричного поля буде дорівнювати нулю?

   а) T/4; б) T/2; в) 3T/4; г) T.

3. На якій частоті працює радіоприймач, приймаючи хвилі довжиною 30 м?

Рівень С (достатній)

1. Яка ємність ідеального коливального контуру, якщо при максимальній силі струму 2 А максимальне значення напруги становить 200 В? Індуктивність котушки 20 мГн. Визначити повну енергію системи.
2. У якому діапазоні довжин хвиль працює радіопередавач, якщо індуктивність ідеального коливального контуру 100 мкГн, а ємність можна змінювати від 60 до 300 пФ?

Рівень D (високий)

1. Ідеальний коливальний контур містить конденсатор ємністю 1 мкФ і котушку індуктивністю 40 мГн. Конденсатору надали заряд 50 мкКл. Записати рівняння залежності напруги та сили струму в контурі від часу, обравши за початок відліку момент, коли струм максимальний.
2. Трансформатор підвищує напругу із 220 В до 4,4 кВ. На первинну обмотку намотали один виток дроту і під'єднали до вольтметра. Вольтметр показав напругу 0,4 В. Скільки витків мають обмотки трансформатора?

Розділ 4. Оптика

Відбивання та заломлення світла. Закони заломлення світла. Повне відбивання

307. Задля чого сторони лопатей гвинта літака, повернуті до кабіни пілота, фарбують у темний колір?
308. Чому з літака, що летить над морем, пасажиру, що дивиться вниз, вода здається темнішою, ніж в далині?
309. Аквалангіст, що досить далеко знаходиться від берега, завжди може бачити об'єкт, який знаходиться на березі. Людина, що знаходиться на березі, може лише в рідкісних випадках побачити аквалангіста? Пояснити цей факт.
310. Як змінилося б видиме розташування зір на небі, якби раптом зникла земна атмосфера?
311. Подивіться на будь-які віддалені предмети через тепле повітря, яке піднімається над вогнищем. Яке явище ви при цьому спостерігаєте? Чим це можна пояснити?
312. Чому після заходу Сонця темніє не відразу, а настають сутінки?
313. Чому поблизу горизонту зорі менш яскраві?
314. Чому звичайні хмари в основному білі, а грозові хмари чорні?
315. Ми спостерігаємо Сонце у певному місці відносно горизонту. Скільки часу пройшло від того моменту, коли там перебувало світило?
316. Тонкий пучок світла падає з повітря на поверхню рідини під кутом 40^0 і заломлюється під кутом 24^0. При якому куті падіння кут заломлення буде 20^0?
317. Промінь світла падає на поверхню води під кутом 40^0. Під яким кутом має впасти промінь на поверхню скла, щоб кут заломлення був такий самий?
318. Промінь світла переходить із повітря в рідину. Кут падіння 76^0, кут заломлення 47^0. Визначити показник заломлення рідини та швидкість світла у цій рідині.
319. Промінь світла падає на скляну пластинку під кутом 30^0. На який кут відхилиться промінь світла від початкового напряму?
320. Світловий промінь переходить із води в скло з абсолютним показником заломлення 1,7. Визначити кут заломлення променя, якщо кут падіння 28^0.
321. Два взаємно перпендикулярні світлові промені попадають із повітря у рідину в одній точці. Який показник заломлення рідини, якщо кут заломлення одного променя 36^0, іншого – 20^0?

322. Під яким кутом падає світловий промінь на поверхню скла, якщо відомо, що кут падіння у два рази більший за кут заломлення?

323. Визначити швидкість поширення світла всередині льоду, якщо при куті падіння променя на лід, що дорівнює 61^0, кут заломлення становить 42^0.

324. Швидкість світла у склі $2 \cdot 10^8$ м/с. Світло переходить з скла у спирт. Визначити показник заломлення спирту відносно скла.

325. Визначити відношення товщини скляної і алмазної пластинки, якщо час поширення світла у них однаковий.

326. Під яким кутом до горизонту аквалангіст, що перебуває під водою, бачить Сонце, яке заходить?

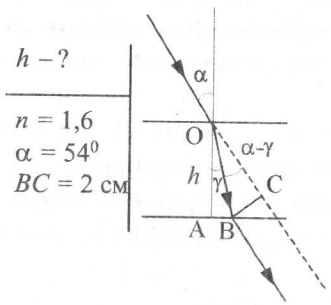
327. Водолаз, який перебуває під водою, бачить сонячні промені під кутом 60^0 до поверхні води. Яка кутова висота Сонця над горизонтом?

328. Хлопчик намагається влучити палицею в камінець, який лежить на дні ставка на глибині 40 см. На якій відстані від каміння палиця влучить у дно ставка, якщо хлопчик, націлившись, рухає палицю під кутом 45^0 до поверхні води?

329. На горизонтальному дні водойми, що має глибину 1,2 м, лежить плоске дзеркало. Світловий промінь падає на поверхню водойми під кутом 30^0. На якій відстані від місця падіння цей промінь вийде на поверхню води після відбивання?

330. Світловий промінь падає на скляну пластинку з показником заломлення 1,6 під кутом 54^0. Промінь, який вийшов з пластинки виявився зміщеним відносно падаючого променя на 2 см. Яка товщина пластинки?

Розв'язання



Закон заломлення: $n = \dfrac{\sin\alpha}{\sin\gamma}$. Звідси

$\sin\gamma = \dfrac{\sin\alpha}{n} \approx \dfrac{0{,}8}{1{,}6} = 0{,}5$. $\gamma = 30^0$. Промінь, що вийшов з пластинки, паралельний до падаючого. BC – зміщення променя. З трикутника OBC

$$OB = \frac{BC}{\sin(\alpha - \gamma)} \approx \frac{2\text{ см}}{0{,}4} = 5\text{ см}.$$

Товщина пластинки $h = OA = OB \cdot \cos\gamma$.

$h \approx 5\text{ см} \cdot 0{,}87 = 4{,}35\text{ см}$.

331. Ширина світлового пучка, який падає з повітря на скляну пластинку під кутом 60^0, дорівнює 8 см. Визначити ширину світлового пучка у склі.

332. Із дна водойми спрямовано світловий пучок шириною 6 см під кутом 50^0 до поверхні води. Визначити ширину пучка світла у повітрі.

333. Промінь світла падає уздовж нормалі на бічну грань рівнобедреної трикутної скляної призми. Визначити кут відхилення променя від початкового напряму, якщо заломлюючий кут призми дорівнює 40^0.

334. Кут падіння світлового променя на плоскопаралельну скляну пластинку товщиною 3 см дорівнює 45^0. Визначити кут, на який відхилився від початкового напрямку заломлений промінь, довжину відрізка ходу променя всередині пластинки та зміщення променя від початкового напряму після проходження пластинки.

335. Промінь світла падає на плоскопаралельну пластинку під кутом 50^0. Показник заломлення речовини пластинки 1,7. Зміщення променя після проходження пластинки дорівнює 2,5 см. Визначити кут, на який відхилився від початкового напрямку заломлений промінь, довжину відрізка ходу променя всередині пластинки та товщину пластинки.

336. Яка реальна глибина басейна, якщо при оцінці «на око» у вертикальному напрямі глибина становить 1,5 м?

337. Чому різкий вигин світловода призводить до різкого ослаблення енергії світлового потоку, що виходить з нього?

338. Визначити граничний кут повного внутрішнього відбивання при переході світла з гліцерину в повітря.

339. Визначити граничний кут повного внутрішнього відбивання при переході світла з алмаза у воду.

340. Визначити абсолютний показник заломлення рубіну, якщо граничний кут повного внутрішнього відбивання при переході світла з рубіну у вакуум становить 34^0.

341. Граничний кут повного внутрішнього відбивання при переході з скипидару в повітря 42^0. Яка швидкість поширення світла в скипидарі?

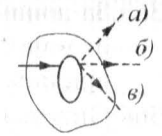
342. На дні посудини, наповненої водою до висоти 30 см, знаходиться точкове джерело світла. Якого найменшого діаметра непрозорий диск слід помістити на поверхні води, щоб світло від джерела з води не вийшло? Центр диска перебуває над джерелом світла.

343. На поверхні рідини з показником заломлення 1,8 помістили диск радіусом 20 см. На якій найбільшій глибині під диском можна розмістити точкове джерело світла, щоб світло від нього не вийшло з рідини в повітря?

Лінзи. Формула тонкої лінзи. Оптичні системи

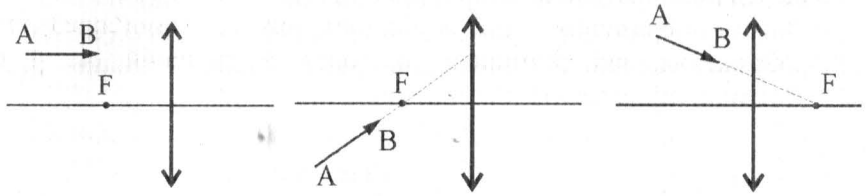
344. Чому рослини не слід поливати в той час, коли на них попадає сонячне світло?
345. Чи завжди лінзи з випуклими поверхнями є збиральними, а лінзи з вгнутими поверхнями – розсіювальними?
346. Чому людина з вадами короткозорості може розрізняти дрібніші деталі (читати менший шрифт), ніж людина з нормальним зором?
347. Чи може будь-яка збиральна лінза слугувати лупою?
348. В якому випадку кришталик ока сильніше заломлює світло: при читанні книжки чи під час перегляду футбольного матчу по телевізору?
349. В якому випадку кришталик ока більш випуклий: коли розглядає близький предмет чи більш віддалений?
350. Чому, перебуваючи в освітленій кімнаті, людина нічого не бачить за вікном, коли стемніє?
351. Чому сильний дощ ми сприймаємо у вигляді неперервного струменя, хоч у реальності це рух окремих краплин?
352. Вночі під час грозової блискавки рухомі предмети видаються нам нерухомими. Чому?
353. Яке фізичне явище приховується у вислові боксера: «Удар був настільки сильним, що із ока посипались іскри»?
354. Яким буде зображення предмета у лінзі, якщо...
   а) ...відстань від лінзи до предмета d=30 см, фокусна відстань лінзи F= –20 см;
   б) ...відстань від лінзи до предмета d=10 см, фокусна відстань лінзи F= –20 см;
   в) ...відстань від лінзи до предмета d=30 см, фокусна відстань лінзи F=20 см;
   г) ...відстань від лінзи до предмета d=10 см, фокусна відстань лінзи F=20 см;
   д) ...відстань від лінзи до предмета d=40 см, фокусна відстань лінзи F=20 см;
355. На рецепті окуліста написано: "Окуляри 2 дптр". Які лінзи в цих окулярах і для корекції яких вад зору вони призначені?

356. У воді знаходиться збиральна лінза (мал. 52). В якому напрямку йтиме промінь світла після падіння на лінзу, якщо вона виготовлена із скла? Із льоду?



Мал. 52

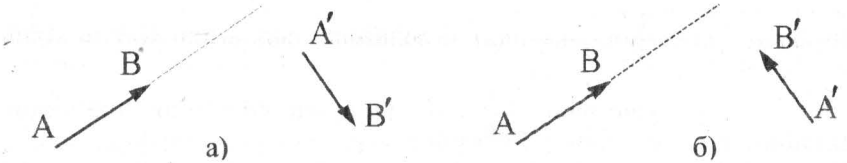
357. Побудувати зображення відрізка АВ в лінзах у випадках, зображених на малюнку 53 а – в.



а) б) в)

Мал. 53

358. На малюнку 54 а,б зображено положення предмета і зображення, одержаного за допомогою збиральної лінзи. Знайти побудовою положення лінзи та її фокусів.



Мал. 54

359. Яке збільшення дає проекційний апарат, якщо його об'єктив має фокусну відстань 20 см і розміщений на відстані 4,2 м від екрана?
360. За допомогою збиральної лінзи отримали зображення предмета, зменшене в 5 разів. На якій відстані від лінзи знаходиться екран, якщо оптична сила лінзи 2 дптр?
361. Предмет розмістили на відстані 10 см перед фокусом збиральної лінзи, а дійсне зображення одержали на відстані 40 см від другого фокуса. Визначити фокусну відстань лінзи.
362. Відстань від предмета до розсіювальної лінзи 90 см. Яка фокусна відстань лінзи, якщо відстань від зображення до лінзи 40 см?

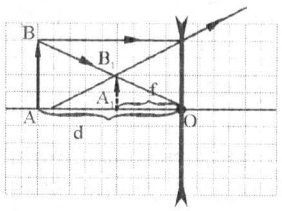
363. За допомогою розсіювальної лінзи з фокусною відстанню 0,12 м отримали уявне зображення на відстані 8 см від лінзи. Визначити відстань від предмета до зображення.

364. Оптична сила тонкої лінзи –5 дптр. Предмет розмістили на відстані 60 см від лінзи. На якій відстані від лінзи утвориться зображення?

365. Перед розсіювальною лінзою знаходиться предмет висотою 10 см. Висота зображення 5 см, а відстань між основами предмета і зображення, які розміщені на головній оптичній осі 4 см. Визначити фокусну відстань лінзи.

$F - ?$

$AB = 10$ см
$A_1B_1 = 5$ см
$AA_1 = 4$ см



Розв'язання

З малюнка та умови задачі отримаємо:

$AA_1 = d - f = 4$ см, (1) де d – відстань від предмета до лінзи, f – відстань від зображення до лінзи. Використаємо формулу лінзи (оскільки лінза розсіювальна, то f беремо зі знаком «–»)

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$. (2) З подібних трикутників AOB та A_1OB_1 запишемо: $\frac{AB}{A_1B_1} = \frac{d}{|f|}$. Оскільки $AB = 10$ см, $A_1B_1 = 5$ см, отримаємо $d = 2f$. Використовуючи рівняння (1), отримаємо $f = 4$ см, $d = 8$ см. Визначаємо фокусну відстань, підставляючи значення d та f в рівняння (2).

$F = \frac{df}{f - d} = \frac{8 \text{ см} \cdot 4 \text{ см}}{4 \text{ см} - 8 \text{ см}} = -8$ см. Знак «–» означає, що лінза розсіювальна.

366. Визначити оптичну силу розсіювальної лінзи, якщо відомо, що зображення предмета, розміщеного перед нею на відстані 40 см, вийшло зменшеним в 4 рази.

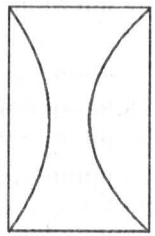
367. Відстань від предмета висотою 20 см до розсіювальної лінзи 15 см. Фокусна відстань лінзи 10 см. Знайти відстань від лінзи до зображення і висоту зображення.

368. На якій відстані від розсіювальної лінзи з оптичною силою –4 дптр треба розмістити предмет, щоб зображення було зменшеним в 5 разів?

369. Фокусна відстань однієї лінзи 50 см, другої –25 см. Чому дорівнює оптична сила системи двох лінз, розміщених поруч?

370. Учень має три лінзи з фокусними відстанями 40 см, 20 см і –10 см. Якої оптичної сили систему лінз може отримати учень, комбінуючи розміщення лінз поруч одна з одною?

371. Із трьох щільно складених лінз утворили плоскопаралельну пластинку (мал. 55). Фокусні відстані перших двох лінз відповідно дорівнюють 50 см і –20 см. Визначити оптичну силу третьої лінзи.



Мал. 55

372. За допомогою збиральної лінзи, розміщеної на відстані 50 см від предмета, отримали його чітке зображення на екрані. Якої оптичної сили лінзу слід розмістити поряд з першою лінзою, щоб отримати чітке зображення предмета, розміщеного на відстані 25 см від лінзи?

373. Дві лінзи з фокусними відстанями 0,4 м і –0,4 м мають спільну оптичну вісь і знаходяться на відстані 1 м одна від одної. На цю систему лінз падає пучок паралельних світлових променів. Знайдіть положення зображення, якщо пучок падає на розсіювальну лінзу.

374. За збиральною лінзою з фокусною відстанню 10 см на відстані 5 см розташували плоске дзеркало перпендикулярно до головної оптичної осі лінзи. Світло проходить через лінзу, відбивається від дзеркала і знову проходить через лінзу. На якій відстані від лінзи знаходиться зображення предмета, розташованого перед лінзою на відстані 5 см? Яке збільшення дасть така система?

375. Збиральна лінза вставлена у круглий отвір в непрозорій ширмі. Точкове джерело світла знаходиться на головній оптичній осі лінзи на відстані 15 см перед ширмою. По другу сторону ширми знаходиться на такій же відстані екран, перпендикулярний до головної оптичної осі лінзи. На екрані видно світлий круг, діаметр якого у 2 рази менший діаметра лінзи. Визначити фокусну відстань лінзи.

376. За допомогою збиральної лінзи отримують двічі дійсне зображення невеликої кульки, розміщеної на головній оптичній

осі: один раз зменшене (Γ_1=0,5), другий раз – збільшене (Γ_2=5). Визначити відстань між положеннями зображень, якщо відстань між положеннями кульки становить 10 см.

377. На екрані за допомогою тонкої лінзи отримали зображення на екрані, збільшене у 2 рази. Предмет перемістили на 1 см. Задля того, щоб одержати чітке зображення, довелось перемістити екран. На яку відстань перемістили екран, якщо зображення виявилося збільшеним у 4 рази?

Інтерференція та дифракція світла. Дифракційна ґратка

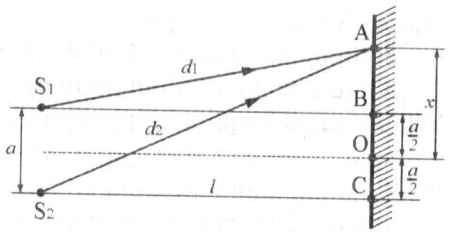
378. Чому сигнали небезпеки подаються червоним світлом, в той час як у спектрі сонячного світла максимум випромінювання припадає на жовто – зелену ділянки спектра?
379. Чому небо вдень голубе?
380. Чому Сонце, яке заходить, червоного кольору?
381. Як пояснити кольорове забарвлення крил деяких комах, жуків? Чому змінюється забарвлення крил, якщо дивитися під різними кутами?
382. По мильній плівці, розміщеній вертикально, кольорові інтерференційні смуги з часом зміщуються. Чому це відбувається?
383. Чому, якщо нагріти лезо бритви до температури 200 – 350 ^{0}C, то на поверхні металу з'явиться райдужне забарвлення?
384. Якщо крізь вії дивитися на світло ліхтаря, то навколо нього з'являється райдужне забарвлення. Як це пояснити?
385. Чому з'являється райдужне забарвлення, якщо дивитися на CD-диск?
386. Якщо дивитися крізь щілину між зведеними майже впритул великим і вказівним пальцями, то всередині спостерігатимемо темну лінію. Чому?
387. Яка різниця у спектрах, отриманих за допомогою тригранної призми і дифракційної ґратки?
388. Чи може світло «гасити» світло? За яких умов?
389. Який колір видимого спектра має...
а) ...найменшу частоту хвилі? б) ...найбільшу частоту хвилі?
390. Яку потрібно взяти ґратку (з більшим чи меншим періодом), щоб ширина дифракційного спектра за однакових інших умов стала меншою?

391. Що потрібно зробити з ґраткою (віддаляти чи наближати до екрана), щоб ширина дифракційного спектра за однакових інших умов стала меншою?
392. Як зміниться відстань між дифракційними смугами на екрані, якщо систему (джерело світла – дифракційна ґратка – екран) помістити у спирт?
393. Довжина хвилі червоного світла у воді дорівнює довжині зеленого світла у повітрі. Який колір побачить людина, коли відкриє очі під водою, якщо воду освітити червоним світлом?
394. Довжина хвилі фіолетового світла в повітрі 400 нм. Яка довжина хвилі даного світла у воді? Визначити частоту цієї хвилі у воді.
395. Довжина хвилі червоного світла у скипидарі 500 нм. Яка довжина хвилі цього світла у повітрі? У воді?
396. Довжина хвилі жовтого кольору у повітрі дорівнює 580 нм, а у рідині – 400 нм. Визначити абсолютний показник заломлення рідини.
397. При переході монохроматичного світла із скла у вакуум довжина хвилі збільшилася на 0,2 мкм. Визначити довжину світлової хвилі у склі і вакуумі.
398. При переході світла із вакууму у деяке прозоре середовище, довжина хвилі зменшилася в 1,3 раза. Яке це середовище?
399. У деяку точку простору приходять два когерентні світлові пучки з оптичною різницею ходу 1,5 мкм. Що буде спостерігатись в даній точці (максимум чи мінімум освітленості), якщо довжина хвилі становить 600 нм?
400. Від двох когерентних джерел світлові хвилі довжиною 0,5 мкм приходять у деяку точку простору з оптичною різницею ходу 2,5 мкм. Що буде спостерігатись в даній точці?
401. У деяку точку простору приходять когерентні хвилі від двох джерел червоного кольору (λ=720 нм), двох джерел зеленого кольору (λ= 540 нм) та двох – фіолетового кольору (λ=400 нм) з оптичною різницею ходу 4 мкм. Визначити, для яких із даних кольорів буде спостерігатися максимальне підсилення світла.
402. У воді інтерферують когерентні хвилі з частотою $5\cdot10^{14}$ Гц. Підсилиться чи послабиться світло в точці, в якій різниця ходу променів дорівнює 1,8 мкм?
403. Два когерентних джерела випромінюють світло з довжиною хвилі λ=600 нм, яке потрапляє на екран, розміщений на відстані l=3 м

від джерел. Визначити результат інтерференції світла на відстанях $x_1 = 1{,}8$ мм і $x_2 = 2{,}7$ мм від центрального (нульового) максимуму, якщо відстань між джерелами $a = 1$ мм.

Розв'язання

Для визначення результату інтерференції у даних точках необхідно визначити різницю ходу променів від когерентних джерел до даних точок. Надалі отриману різницю ходу слід поділити на половину довжини хвилі. Якщо одержимо парне число, то виконується умова максимуму, якщо непарне – мінімуму.



Щілини S_1 і S_2 є когерентними джерелами, хвилі від яких при попаданні на екран інтерферують, причому у точці О при накладанні хвиль буде центральний максимум.

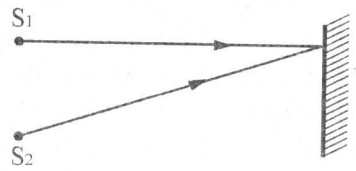
Знайдемо різницю ходу променів $\Delta d = d_2 - d_1$, коли вони попадають на екран на відстані x від точки О (точка А). Відстань від джерел до цієї точки визначимо, використовуючи теорему Піфагора. Із прямокутних трикутників S_1BA і S_2CA, отримаємо: $d_1^2 = l^2 + \left(x - \frac{a}{2}\right)^2$ і $d_2^2 = l^2 + \left(x + \frac{a}{2}\right)^2$

Віднімаючи від другого рівняння перше, отримаємо: $d_2^2 - d_1^2 = 2xa$ або $(d_2 - d_1)(d_2 + d_1) = 2xa$. Враховуючи, що $a \ll l$, можна вважати що $d_2 + d_1 \approx 2l$. Тоді $\Delta d = d_2 - d_1 = \frac{xa}{l}$. Для першої точки

$\Delta d_1 = \frac{x_1 a}{l} = \frac{1{,}8 \cdot 10^{-3}\text{м} \cdot 10^{-3}\text{м}}{3\text{ м}} = 6 \cdot 10^{-7}\text{м}$. $k = \Delta d_1 \cdot \frac{2}{\lambda} = \frac{6 \cdot 10^{-7}\text{м} \cdot 2}{6 \cdot 10^{-7}\text{м}} = 2$. Тут буде максимум. Для другої точки $\Delta d_2 = \frac{x_2 a}{l} = \frac{2{,}7 \cdot 10^{-3}\text{м} \cdot 10^{-3}\text{м}}{3\text{ м}} = 9 \cdot 10^{-7}\text{м}$.

$k = \Delta d_2 \cdot \frac{2}{\lambda} = \frac{9 \cdot 10^{-7}\text{м} \cdot 2}{6 \cdot 10^{-7}\text{м}} = 3$. Тут буде мінімум.

404. У класичному досліді Юнга відстань між щілинами, на які падає світло з довжиною хвилі 0,5 мкм, становить 5 мм. Чому дорівнює різниця ходу променів при їх попаданні на екран у точку напроти однієї із щілин (мал. 56)? Яка умова (максимуму чи мінімуму) буде виконуватися, якщо відстань від екрана до щілин дорівнює 5 м?



Мал. 56

405. На дифракційну ґратку нормально до її поверхні падає паралельний пучок променів з довжиною хвилі 500 нм. Стала дифракційної ґратки $d = 4950$ нм. Визначити, скільки максимумів N дає дифракційна ґратка і максимальний кут відхилення променів, які відповідають найбільшому дифракційному максимуму.

Розв'язання

$N - ?$ $\varphi_{макс} - ?$

$\lambda = 500$ нм $= 5 \cdot 10^{-7}$ м
$d = 4950$ нм $= 4{,}95 \cdot 10^{-6}$ м

Очевидно, що дифракційна ґратка не може відхилити промені більш, ніж на 90^0. Тому, замінивши $\sin\varphi$ у формулі дифракційної ґратки $d\sin\varphi = k\lambda$ на 1, дістанемо значення $k = \frac{d}{\lambda} = \frac{4{,}95 \cdot 10^{-6}\text{м}}{5 \cdot 10^{-7}\text{м}} = 9{,}9$. Число k обов'язково має бути цілим, однак воно не може дорівнювати 10, оскільки за цього значення $\sin\varphi$ стане більшим за 1. Отже, в обидва боки від центрального максимуму спостерігатимуть до $N = 9$ максимумів. Виходячи з максимального значення $k = 9$, легко визначити $\varphi_{макс}$. За формулою дифракційної ґратки $\sin\varphi_{макс} = \frac{9\lambda}{d}$, а

$\varphi_{макс} = \arcsin\left(\frac{9\lambda}{d}\right) = \arcsin\left(\frac{9 \cdot 5 \cdot 10^{-7}\text{м}}{4{,}95 \cdot 10^{-6}\text{м}}\right) \approx 65{,}4^0$.

406. Дифракційна ґратка має 100 штрихів на 1 мм. Одну з ліній спектра стронцію третього порядку видно під кутом 7^0. Визначити довжину хвилі, що відповідає цій лінії.

407. Через дифракційну ґратку, що має 200 штрихів на 1 мм, пропускають монохроматичне випромінювання з довжиною хвилі 750 нм. Визначити кут, під яким видно максимум 1-го порядку.

408. Визначити сталу дифракційної ґратки, якщо червона лінія довжиною хвилі $7 \cdot 10^{-5}$ см в спектрі 2-го порядку утворюється на відстані 14 мм від центральної світлої смуги на екрані. Відстань від екрана до ґратки становить 50 см.

409. На дифракційну ґратку спрямували світло крізь світлофільтр, який пропускає червоні промені з довжиною хвилі 0,76 мкм.

Визначити сталу ґратки, якщо на екрані, розміщеному на відстані 1 м, відстань між двома спектрами першого порядку 15,2 см.

410. Період дифракційної ґратки 0,016 мм. На ґратку спрямували біле світло. Червона лінія спектру другого порядку розміщена на відстані 14,2 см від середини центрального максимуму. Довжина променів фіолетового кольору дорівнює 400 нм. Визначити довжину хвилі червоного кольору та ширину спектру другого порядку, якщо відстань від ґратки до екрана 1,5 м.

411. Визначити найбільший порядок спектра, який можна одержати за допомогою дифракційної ґратки, що має 500 штрихів на 1 мм, якщо довжина хвилі становить 590 нм.

412. Монохроматичне світло з довжиною хвилі 0,6 мкм падає перпендикулярно на дифракційну ґратку, яка має 400 штрихів на 1 мм. Визначити кількість дифракційних максимумів, які дає ґратка.

413. Світлова хвиля довжиною 530 нм падає перпендикулярно на дифракційну ґратку, стала якої 1,8 мкм. Визначити кут, під яким утворюється максимум найбільшого порядку.

414. На дифракційну ґратку падає пучок світла від розрядної трубки, наповненої гелієм. Визначити довжину хвилі лінії, якщо в спектрі 3-го порядку на неї накладається червона лінія спектра 2-го порядку з довжиною хвилі 670 нм.

Формула Планка. Світлові кванти. Фотоефект. Закони фотоефекту

415. Визначити енергію фотона, якщо довжина хвилі відповідного йому випромінювання дорівнює 760 нм.

416. Визначити довжину хвилі випромінювання, якщо енергія фотона, що відповідає цій довжині, становить $2{,}64 \cdot 10^{-19}$ Дж.

417. Визначити імпульс фотона, якщо довжина хвилі відповідного йому випромінювання дорівнює 331 нм.

418. Визначити імпульс фотона, якщо частота хвилі відповідного йому випромінювання дорівнює $4{,}3 \cdot 10^{14}$ Гц.

419. Визначити довжину хвилі, якщо імпульс відповідного цій довжині хвилі фотона дорівнює $1{,}1 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с.

420. Визначити імпульс фотона, енергія якого дорівнює 3 еВ.

421. З якою швидкістю повинен рухатися електрон, щоб його імпульс дорівнював імпульсу фотона з довжиною хвилі $7{,}2 \cdot 10^{-7}$м?

422. Визначити довжину хвилі випромінювання, якщо енергія фотона дорівнює енергії спокою електрона.

423. При якій швидкості електрон матиме енергію, що дорівнює енергії фотона з довжиною хвилі 200 нм?

424. Визначити довжину хвилі випромінювання, кванти якого мають енергію, що дорівнює кінетичній енергії електрона, який пройшов зі стану спокою прискорюючу напругу 5,1 В.

425. Під якою мінімальною напругою повинна працювати рентгенівська трубка, щоб спектр випромінювання містив промені з частотою $2 \cdot 10^{19}$ Гц?

426. Скільки фотонів за секунду випромінює нитка розжарення електричної лампочки потужністю 1 Вт, якщо середня довжина хвилі випромінювання 1 мкм?

427. Людське око має найвищу чутливість до зеленого світла з довжиною хвилі 550 нм. Воно починає реагувати на світло при потужності світлового потоку $2 \cdot 10^{-17}$ Вт. Скільки фотонів попадає на сітківку ока протягом 1 с?

428. Потужність лазера 100 Вт, довжина хвилі випромінювання 12 нм. Визначити кількість фотонів, що випромінює лазер протягом 1 с.

429. Джерело світла, потужністю 100 Вт випускає $5 \cdot 10^{20}$ фотонів за 1 с. Знайти середню довжину хвилі випромінювання.

430. Визначити ККД рентгенівської трубки, що випромінює за секунду $5 \cdot 10^{13}$ фотонів з довжиною хвилі 0,1 нм, якщо вона працює під напругою 50 кВ і споживає струм 1 мА.

431. Який знак заряду матиме незаряджена цинкова пластинка, якщо її короткочасно опромінити рентгенівськими променями? Променями жовтого кольору?

432. Цинкову пластинку заряджають і опромінюють світлом від електричної дуги. Як зміниться швидкість розряджання пластинки, якщо між джерелом світла і пластинкою розмістити світлофільтр, який затримує фіолетову ділянку спектра, якщо пластинка заряджена...

а) ...негативно? б) ...позитивно?

433. Під час виготовлення фотографій у XX столітті у фотолабораторіях використовували червоне світло. Чому?

434. Якість шліфування поверхні деталей визначають, спрямовуючи на цю поверхню пучок світла, який, відбившись, падає на фотоелемент. На чому ґрунтується цей метод?

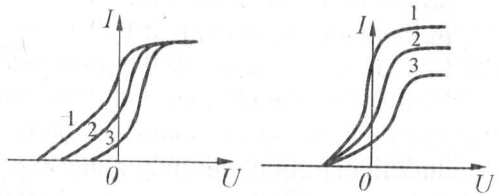
435. В турнікетах метро використовують фотоелементи. Поясніть принцип їх дії.

436. В чому відмінність між внутрішнім і зовнішнім фотоефектом?

437. Під час опромінення катода вакуумного фотоелемента монохроматичним світлом певної частоти з його поверхні вириваються фотоелектрони. Як зміниться фотострум насичення, робота виходу електронів з поверхні катода, максимальна кінетична енергія фотоелектронів та затримуюча напруга при збільшені інтенсивності світлового потоку?

438. Під час опромінення катода вакуумного фотоелемента монохроматичним світлом певної частоти з його поверхні вириваються фотоелектрони. Як зміниться фотострум насичення, робота виходу електронів з поверхні катода, максимальна кінетична енергія фотоелектронів та затримуюча напруга при збільшені частоти падаючого проміння за незмінної інтенсивності світлового потоку?

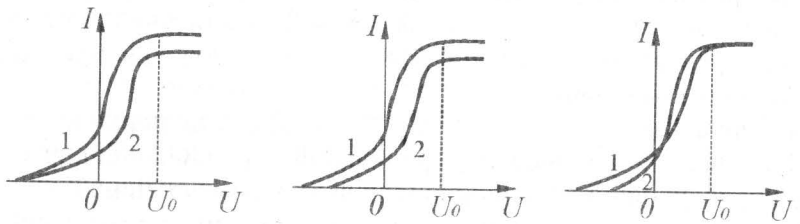
439. На малюнку 57 а, б відображено сімейства вольт-амперних характеристик вакуумного фотоелемента. Яке з цих сімейств відображає залежність фотоструму насичення від значення світлового потоку за незмінної частоти?



а) б)

Мал. 57

440. На малюнку 58 а – в зображено вольт-амперні характеристики двох фотоелементів. Порівняти значення світлових потоків, частот світла, що опромінюють фотоелементи, та максимальні кінетичні енергії фотоелектронів.



а) б) в)

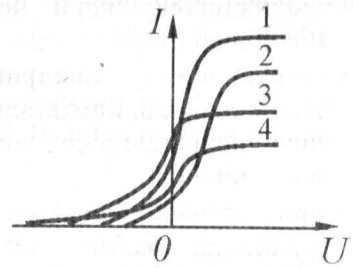
Мал. 58

441. Використовуючи сімейство вольт-амперних характеристик фотоелемента (мал. 59), вказати, який з графіків відповідає випадку…

а) …опромінення катода променями найменшої довжини хвилі?

б) …виривання фотоелектронів з найменшим імпульсом?

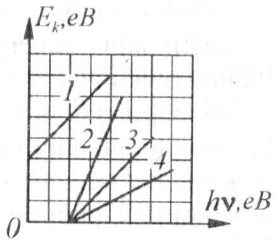
в) …опромінення катода світловим потоком найменшої інтенсивності?



Мал. 59

442. Які з графіків (мал. 60) відображають залежність максимальної кінетичної енергії фотоелектронів від енергії падаючих фотонів?

443. Який із графіків (мал. 61) відображає залежність гальмівної напруги фотоелемента від енергії падаючих фотонів?

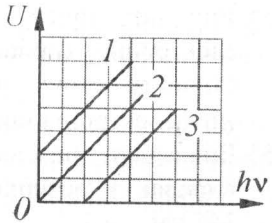


Мал. 60

444. На малюнку 62 відображено залежність максимальної кінетичної енергії фотоелектронів від частоти падаючого світла для двох фотоелементів, катоди яких виготовлені з різних речовин. Використовуючи графіки, вказати…

а) …з поверхні якого катода робота виходу фотоелектронів менша;

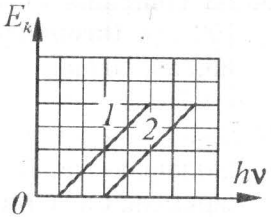
б) …для якого катода довжина хвилі «червоної межі» менша.



Мал. 61

445. Енергія фотонів, що падають на пластинку з нікелю, дорівнює 6 еВ. Визначити роботу виходу електронів з поверхні нікелю в еВ, якщо максимальна кінетична енергія фотоелектронів при цьому становить 1,5 еВ.

446. Робота виходу електронів з поверхні катода фотоелемента, виготовленого з міді 4,4 еВ. Визначити максимальну кінетичну енергію фотоелектронів у джоулях, якщо опромінення катода відбувається потоком фотонів з енергією 5 еВ.



Мал. 62

447. Робота виходу електронів з поверхні срібного катода фотоелемента дорівнює 4,3 еВ. Гальмуюча напруга, за якої

припиняється струм через фотоелемент, становить 1,2 В. Визначити енергію падаючих фотонів у еВ.

448. Робота виходу електронів з поверхні катода фотоелемента становить 1 еВ. Катод опромінюється фотонами з енергією 3,2 еВ. Визначити гальмуючу напругу, за якої припиняється струм через фотоелемент.

449. При опроміненні металевої пластини фотоефект починається при найменшій частоті $1{,}0 \cdot 10^{16}$ Гц. Визначити роботу виходу електронів з поверхні пластини.

450. Довжина хвилі, що відповідає червоній межі фотоефекту з броміду срібла, дорівнює 300 нм. Визначити роботу виходу електронів з поверхні цього металу.

451. Визначити частоту випромінювання, яка відповідає червоній межі фотоефекту для платини.

452. Робота виходу електронів з поверхні цинку $5{,}6 \cdot 10^{-19}$ Дж. Чи відбувається фотоефект, якщо на цинк падатимуть світлові промені з довжиною хвилі $4{,}5 \cdot 10^{-7}$ м?

453. Визначити максимальну кінетичну енергію електронів, вирваних із катода фотоелемента, якщо затримуюча напруга становить 0,5 В.

454. Яку затримуючу напругу слід подати на фотоелемент, щоб електрони, вирвані випромінюванням із катода, не змогли створити струм у колі, якщо максимальна кінетична енергія фотоелектронів при опроміненні цим світлом $3{,}2 \cdot 10^{-19}$Дж?

455. Визначити максимальну кінетичну енергію електронів, що їх вириває з поверхні калію випромінювання з довжиною хвилі 345 нм.

456. На поверхню металу падає випромінювання з довжиною хвилі 200 нм. Визначити роботу виходу електронів з поверхні цього металу, якщо максимальна кінетична енергія фотоелектронів $2{,}5 \cdot 10^{-19}$Дж.

457. Пластинка з цезію опромінюється монохроматичним світлом з довжиною хвилі 400 нм. До якого максимального потенціалу зарядиться пластинка?

458. На фотоелемент падає світло, що має довжину хвилі 413 нм. Фотострум припиняється, коли затримуюча різниця потенціалів 1 В. Визначити роботу виходу електрона з поверхні катода в електрон-вольтах.

459. Світло якої частоти слід спрямувати на поверхню срібла, щоб максимальна швидкість вирваних фотоелектронів становила 10^6 м/с?

460. Найбільша довжина світлової хвилі, за якої може бути фотоефект для вольфраму становить $2{,}75 \cdot 10^{-7}$ м. Визначити роботу виходу і найбільшу швидкість фотоелектронів, які вириваються з вольфраму світлом з довжиною хвилі $1{,}8 \cdot 10^{-7}$ м.

461. Вольфрамову пластинку освітлюють світлом з довжиною хвилі 200 нм. Визначити максимальний імпульс вирваних фотоелектронів.

462. Катод фотоелемента опромінюється світлом з частотою $1{,}2 \cdot 10^{15}$ Гц. При збільшені частоти падаючого світла на катод у 2 рази, затримуюча напруга зросла у 3 рази. Визначити довжину хвилі світла, яка відповідає червоній межі фотоефекту для даного катода фотоелемента.

463. При освітлені катода фотоелемента світлом з частотою $8 \cdot 10^{14}$ Гц, а потім з частотою $6 \cdot 10^{14}$ Гц, встановлено, що максимальна кінетична енергія фотоелектронів змінилася у 3 рази. Визначити роботу виходу електронів з поверхні катода в електрон-вольтах.

Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю

Рівень А (початковий)

1. За яким з нижче наведених виразів можна визначити енергію кванта світла?

а) $\dots = \frac{hc}{\lambda}$; *б)* $\dots = k\lambda$; *в)* $\dots = \frac{h}{\lambda}$; *г)* $\dots = \frac{h\nu}{c}$.

2. Зміну напрямку поширення світла в оптично неоднорідному середовищі, показник заломлення якого змінюється плавно від точки до точки, називають...

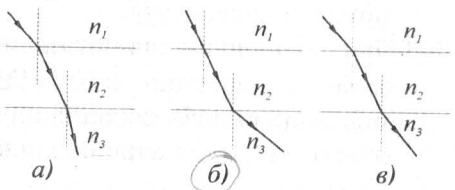
а) ... фотоефектом; б) ...інтерференцією; в) ...дифракцією; г) ...рефракцією.

3. Який розділ оптики розглядає світло як потік частинок – фотонів, які мають енергію, але не мають маси?

а) геометрична оптика; б) хвильова оптика; в) квантова оптика.

Рівень В (середній)

1. У якому випадку (мал. 1) відображено проходження світлового променя через прозорі середовища, якщо $n_1 = n_2 > n_3$?



Мал. 1

2. Дифракційна ґратка освітлюється світлом зеленого кольору. При освітленні ґратки світлом фіолетового кольору відхилення дифракційного спектру цього ж порядку...

а) ...збільшиться; б) ...зменшиться; в) ...не зміниться.

3. Визначити граничний кут повного внутрішнього відбивання при переході світла з кварцу у воду.

Рівень С (достатній)

1. При якій швидкості електрони матимуть кінетичну енергію, що дорівнює енергії фотонів з довжиною хвилі 200 нм?
2. Що спостерігатиметься в точці, в якій перетинаються два когерентних світлових промені з довжиною хвилі 500 нм і різницею ходу 8 мкм?

Рівень D (високий)

1. Предмет і його зображення, отримане за допомогою збиральної лінзи з оптичною силою 8 дптр, однакові за розмірами. На яку відстань потрібно перемістити предмет, щоб його зображення у цій лінзі було зменшеним втричі?
2. Світло якої довжини треба спрямувати на поверхню цезію, щоб максимальна швидкість фотоелектронів становила $2 \cdot 10^6$ м/с?

Рівень А (початковий)

1. *а* 2. *г* 3. *в*

Рівень В (середній)

1. *б* 2. *б*

3.

$\alpha_0 - ?$

$n_1 = 1{,}54$
$n_2 = 1{,}33$

Розв'язання

З короткого фізичного довідника записуємо в умову абсолютні показники заломлення кварца n_1 і води n_2. Граничний кут повного внутрішнього відбивання визначається співвідношенням $\sin\alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$. Після підстановки $\sin\alpha_0 = \frac{1{,}33}{1{,}54} \approx 0{,}86$. Тоді $\alpha_0 \approx 59{,}3^0$.

Рівень С (достатній)

1.

$\upsilon - ?$

$\lambda = 200$ нм $= 2 \cdot 10^{-7}$ м
$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
$c = 3 \cdot 10^8$ м/с
$m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг

Розв'язання

Енергію фотонів можна знайти із співвідношення $E = h\frac{c}{\lambda}$. Тому в умову записуємо значення сталої Планка h і швидкості світла c. Кінетична енергія електронів $E = \frac{m_e\upsilon^2}{2}$. Масу електрона m_e теж записуємо в умову. Тоді $\upsilon = \sqrt{\frac{2E}{m_e}} = \sqrt{\frac{2hc}{\lambda m_e}}$. Після підстановки

$$\upsilon = \sqrt{\frac{2 \cdot 6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \text{Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8\ \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \cdot 10^{-7}\ \text{м} \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31}\ \text{кг}}} \approx 1{,}5 \cdot 10^6\ \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

2.

$n - ?$

$\lambda = 500$ нм $= 5 \cdot 10^{-7}$ м
$\Delta d = 8$ мкм $= 8 \cdot 10^{-6}$ м

Розв'язання

Запишемо формулу для визначення різниці ходу двох хвиль. $\Delta d = n \cdot \frac{\lambda}{2}$. Якщо n – парне ($n = 2k$), то спостерігатиметься інтерференційний максимум, якщо непарне ($n = 2k+1$) – інтерференційний мінімум, де k – ціле число.

$n = \frac{2 \cdot \Delta d}{\lambda} = \frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-6}\text{м}}{5 \cdot 10^{-6}\text{м}} = 3{,}2$. Оскільки це число не є парним і не є непарним, тому в точці перетину ні максимум, ні мінімум інтерференції не спостерігається.

Рівень D (високий)

1.

$l - ?$

$D = 8$ дптр

$H = h$

Розв'язання

Оскільки висота зображення H і висота предмета h однакові, то однакові і відстані від предмета до лінзи і від лінзи до зображення: $d=f$. Формула лінзи $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$. Для нашого випадку $D = \frac{2}{d}$. Звідси $d = \frac{2}{D} = \frac{2}{8 \text{ дптр}} = 0{,}25$ м. Після переміщення предмета можна записати $\frac{H_1}{h} = \frac{f_1}{d_1} = \frac{1}{3}$.

Звідси $f_1 = \frac{d_1}{3}$. Підставимо у формулу лінзи. $D = \frac{1}{d_1} + \frac{3}{d_1}$.

$D = \frac{4}{d_1}$. Звідси $d_1 = \frac{4}{D} = \frac{4}{8 \text{ дптр}} = 0{,}5$ м. Отже предмет треба перемістити від лінзи на відстань $l = d_1 - d = 0{,}25$ м.

2.

$\lambda - ?$

$\upsilon = 2 \cdot 10^6$ м/с

$A = 1{,}81$ еВ

$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

$c = 3 \cdot 10^8$ м/с

$m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг

Розв'язання

Запишемо рівняння Ейнштейна для фотоефекту $h\frac{c}{\lambda} = A + E_{k.\max}$ (1), де $E_{k.\max} = \frac{m_e \upsilon_{\max}^2}{2}$, A – робота виходу фотоелектронів з цезію, яку знаходимо в короткому фізичному довіднику. В умову записуємо значення сталої Планка h, швидкості світла c і маси електрона m_e. З рівняння (1) $\lambda = \frac{hc}{A + E_{k.\max}}$.

Кінетична енергія фотоелектронів

$$E_{k.\max} = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 4 \cdot 10^{12} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2} = 18{,}2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}.$$

Виразимо в джоулях роботу виходу $A = 1{,}81 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} = 2{,}896 \cdot 10^{-19}$ Дж.

Тоді $\lambda = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2{,}896 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} + 18{,}2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}} \approx 94{,}3$ нм.

Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку)

Рівень А (початковий)

1. За яким з наведених виразів можна визначити збільшення лінзи?

а) $\ldots = \frac{1}{F}$; *б)* $\ldots = \frac{f}{d}$; *в)* $\ldots = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$; *г)* $\ldots = \frac{1}{D}$.

2. Явище, коли світло повністю відбивається від межі поділу із середовищем меншої оптичної густини, називають...

а) ...повним внутрішнім відбиванням; *б) ...поглинанням;*

в) ...заломленням; *г) ...розсіюванням.*

3. У сучасній фізиці фотон розглядається як...

а) ...електромагнітна хвиля; *б) ...елементарна частинка;*

в) ...квант електромагнітного випромінювання.

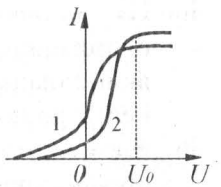
Рівень В (середній)

1. На малюнку 1 зображено вольт-амперні характеристики двох фотоелементів. Порівняти інтенсивності світла і частоти світлових хвиль, що падають на фотоелементи.

а) частота більша у першого, інтенсивність-у другого;

б) частота більша у другого, інтенсивність-у першого;

в) інтенсивність і частота більша у другого.



Мал. 1

2. Якого кольору будуть червоні квіти, якщо на них дивитися через зелене скло?

а) червоного; *б) зеленого;* *в) білого;* *г) чорного.*

3. Червона межа фотоефекту для алюмінію $1{,}03 \cdot 10^{15}$ Гц. Визначити роботу виходу електронів з алюмінію.

Рівень С (достатній)

1. На якій відстані від середини центрального максимуму гратки з періодом $2 \cdot 10^{-5}$ м утвориться перший дифракційний максимум, якщо відстань від гратки до екрана 200 см, а довжина світлової хвилі 579 нм?
2. На дно акваріума з водою, помістили лампочку. Коли на поверхню води поклали непрозорий круг радіусом 10 см, жодний промінь не зміг вийти через поверхню води. Визначити глибину акваріуму.

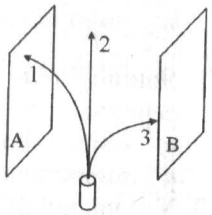
Рівень D (високий)

1. Збиральна лінза дає чітке зображення на екрані предмета, розміщеного на відстані 20 см від неї. Предмет перемістили на відстань 25 см від лінзи. Якої оптичної сили лінзу слід розмістити поряд з першою, щоб знову отримати чітке зображення предмета на екрані?
2. Знайти ККД рентгенівської трубки, що випромінює за секунду 10^{13} фотонів з частотою $0{,}3 \cdot 10^{17}$ Гц, якщо вона працює під напругою 50 кВ і споживає струм 1 мА.

Розділ 5. Атомна та ядерна фізика

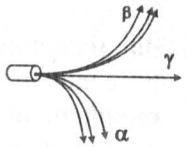
Розвиток уявлень про атоми. Випромінювання та поглинання світла атомами. Енергетичні рівні атома

464. Вузький пучок радіоактивного випромінювання в електричному полі, створеному двома різнойменно зарядженими пластинками, розпадається на три компоненти (мал. 63). Вказати, які це компоненти, якщо пластинка А заряджена негативно.



Мал. 63

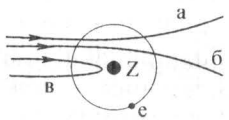
465. Радіоактивний препарат, що знаходиться на дні каналу в шматку свинцю, дає вузький пучок радіоактивного випромінювання. У магнітному полі пучок розщеплюється на три частини (мал. 64). Як напрямлені лінії магнітної індукції магнітного поля?



Мал. 64

466. На малюнку 65 показано траєкторію руху α-частинки, на шляху якої розміщений атом, який складається з позитивно зарядженого ядра Z і електрона *e*. Яка із зображених траєкторій нереальна?

467. Ядрами атомів чи електронними оболонками атомів спричинене відхилення α-частинок у досліді Резерфорда?



Мал. 65

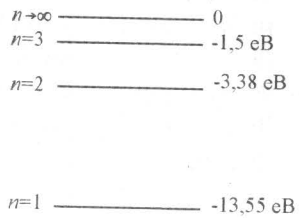
468. Навести приклади люмінесценції у природі.

469. Відомо, що у видимій ділянці спектра випромінювання характерні довжини хвиль, які відповідають Криптону (Kr) становлять 557 і 587 нм, а Оксигену (O) – 419, 441, 470 нм. У спектрі випромінювання невідомої суміші газів наявні лінії таких довжин хвиль:

а) 403, 439, 447, 471, 492, 502, 588, 668, 706 нм.
б) 403, 419, 441, 481, 492, 502, 587, 668, 706 нм
в) 403, 419, 441, 470, 492, 502, 587, 668, 706 нм
г) 403, 419, 441, 470, 492, 557, 587, 668, 706 нм

Визначити наявність Криптону і Оксигену в даних сумішах.

470. На малюнку 66 відображено схему енергетичних рівнів атома Гідрогену і значення енергій у стаціонарних станах. Яка енергія випромінюється під час переходу атома...

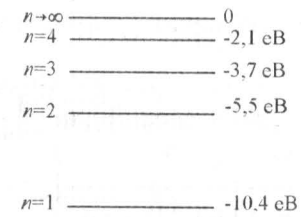


Мал. 66

а) ...з першого збудженого стану в основний?
б) ...з другого збудженого стану в перший?
в) ...з другого збудженого стану в основний?

471. На малюнку 67 відображено схему енергетичних рівнів атома Меркурію (ртуті) і значення енергій у стаціонарних станах. Яку енергію слід надати атому для переходу...

а) ...з першого збудженого стану в другий?
б) ...з другого збудженого стану в третій?
в) ...з першого збудженого стану в третій?



Мал. 67

472. На малюнку 68 зображено діаграму енергетичних рівнів атома. Який із переходів відповідає...

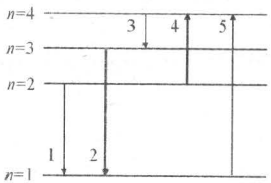
а) ...поглинанню фотона найменшої частоти хвилі?
б) ...поглинанню фотона найбільшої частоти хвилі?
в) ...випромінюванню фотона найменшої частоти хвилі?
г) ...випромінюванню фотона найбільшої частоти хвилі?

473. Чи зберігається маса, імпульс та енергія при випромінюванні вільним атомом фотона?

474. Під час переходу атома Гідрогену з стаціонарного стану з вищою енергією в стан з нижчою енергією випромінюється фотон, якому відповідає довжина хвилі 652 нм. На скільки зменшилася енергія атома Гідрогену?

475. Внаслідок поглинання кванта світла енергія атома Меркурію змінилась на $7{,}84 \cdot 10^{-19}$ Дж. Визначити довжину хвилі поглинутого світла.

476. Атом Вольфраму після поглинання кванта світла з довжиною хвилі $1{,}45 \cdot 10^{-10}$ м переходить з одного стаціонарного стану в інший. Як і на скільки змінилася енергія атома?



Мал. 68

477. Для іонізації атома Нітрогену необхідна енергія 14,53 еВ. Визначити довжину хвилі випромінювання, яка спричинить іонізацію атома.

Ядерні сили. Енергія зв'язку

478. Чим відрізняються між собою атоми ізотопів Оксигену $^{17}_{8}\mathrm{O}$ і $^{16}_{8}\mathrm{O}$?

479. Чи однакова природа сил, якими визначається будова атомів і атомних ядер?

480. Чому енергія зв'язку атома Гідрогену $^{1}_{1}\mathrm{H}$ дорівнює нулю?

481. Визначити дефект мас та питому енергію зв'язку ядра $^{21}_{10}\mathrm{Ne}$.

Розв'язання

$\Delta m - ?, f - ?$

$m_p = 1{,}007276$ а.о.м.
$m_n = 1{,}008665$ а.о.м.
$m_e = 0{,}000548$ а.о.м.
$M_a = 20{,}993849$ а.о.м.

З короткого фізичного довідника записуємо в умову маси протона, нейтрона, електрона і атома Гелію. Питома енергія зв'язку $f = \frac{E_{зв}}{A} = \frac{E_{зв}}{Z+N}$, де Z – кількість протонів, N – кількість нейтронів у ядрі атома. Z=10, N=11. Енергію зв'язку визначаємо із співвідношення $E_{зв} = \Delta m \cdot c^2$, де Δm –дефект мас або $E_{зв} = \Delta m \cdot 931{,}5 \frac{\text{МеВ}}{\text{а.о.м}}$, якщо Δm виражено в а.о.м. Дефект мас визначаємо із співвідношення $\Delta m = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_я$, де $M_я$ – маса ядра атома.

Щоб знайти масу ядра треба від маси атома (нукліда ізотопу) відняти сумарну масу електронів: $M_я = M_a - Z \cdot m_e$. Після підстановки отримаємо:

$M_я = 20{,}993849$ а.о.м. $- 10 \cdot 0{,}000548$ а.о.м. $=$
$= 20{,}988369$ а.о.м.

$\Delta m = 10 \cdot 1{,}007276$ а.о.м $+ 11 \cdot 1{,}008665$ а.о.м $-$
$-20{,}988369$ а.о.м. $= 0{,}179706$ а.о.м.

$$E_{зв} = 0{,}179706 \text{ а.о.м.} \cdot 931{,}5 \frac{\text{МеВ}}{\text{а.о.м}} \approx 167{,}396 \text{ МеВ}.$$

$$f = \frac{167{,}396 \text{ МеВ}}{21} \approx 7{,}97 \frac{\text{МеВ}}{\text{нуклон}}.$$

Дефект мас можна визначати по-іншому. Оскільки маса ядра відрізняється від маси атома масою електронів, яких є рівно стільки, скільки і протонів Z, то замість маси протона у формулі дефекту мас беруть масу атома Гідрогену $^{1}_{1}H$, а замість маси ядра беруть масу атома даного ізотопу. Тоді замість формули $\Delta m = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_я$ використовують формулу $\Delta m = Z \cdot m_H + N \cdot m_n - M_a$

Інший спосіб розв'язку задачі на визначення дефекту мас та енергії зв'язку дивись у прикладі розв'язку завдань для тематичного контролю.

482. Визначити енергію зв'язку ядра...
а) ...Дейтерію $^{2}_{1}\mathrm{H}$; б) ...Оксигену $^{16}_{8}\mathrm{O}$; в) ...Гелію $^{4}_{2}\mathrm{He}$.

483. Визначити питому енергію зв'язку ядра...
а) ...Літію $^{6}_{3}\mathrm{Li}$; б) ...Нітрогену $^{15}_{7}\mathrm{N}$; в) ...Натрію $^{23}_{11}\mathrm{Na}$.

Радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду

484. Результатом яких перетворень (ядер чи нуклонів) обумовлений α-розпад? β-розпад? γ-випромінювання?

485. Чи можуть атомні ядра хімічних елементів поглинати і випромінювати електромагнітні кванти?

486. Якими процесами обумовлена радіоактивність: процесами, які відбуваються у атомних ядрах чи електронних оболонках атомів?

487. Який порядковий номер і масове число елемента в таблиці Менделєєва, який одержується в результаті двох α-розпадів і одного β-розпаду елемента з порядковим номером Z і масовим числом A?

488. Ядро якого елемента утвориться з ядра Урану $^{238}_{92}\mathrm{U}$ після α-розпаду і двох β-розпадів?

489. Ядро Полонію $^{216}_{84}\mathrm{Po}$ утворилось після двох послідовних α-розпадів. З якого ядра утворився полоній?

490. Ізотоп Радію $^{226}\mathrm{Ra}$ перетворився в ізотоп Плюмбуму $^{206}\mathrm{Pb}$. Скільки α- і β-розпадів відбулося при цьому?

491. Активність радіоактивного ізотопу за 30 год зменшилась у 4 рази. Який період піврозпаду цього ізотопу?

492. Період піврозпаду радіоактивного Йоду становить 8 діб. Яка частка від початкової кількості йоду залишиться через 24 доби?

493. За 11,4 доби кількість радіоактивного Радону-222 зменшилась у 8 разів. Визначити період піврозпаду Радону.

494. Період піврозпаду Радону-222 становить 3,8 доби. Через який час маса радону зменшиться у 32 рази?

495. У початковий момент активність деякої радіоактивної речовини, період піврозпаду якої 14 діб, складала 40 Бк. Якою буде активність цієї речовини через 42 доби?

496. Період піврозпаду ізотопу Полонію становить 180 с. Яка кількість атомів Полонію залишиться в об'єкті через 6 хв, якщо початкова кількість ізотопу становила $1{,}6 \cdot 10^3$ атомів?

497. Під час дослідження радіоактивного елемента за допомогою лічильника Ґейгера-Мюллера спочатку зареєстрували 36 імпульсів за хвилину, а через 100 діб – 9 імпульсів за хвилину. Визначити період піврозпаду елемента.

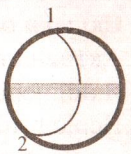
498. У повітрі, рослинному світі і світі живих організмів процентний вміст радіоактивного Карбону ${}^{14}_{6}C$ залишається незмінним. При зупинці «дихання» (загибелі рослин чи організмів) кількість радіоактивного Карбону у рослинах і організмах зменшується з періодом піврозпаду 5700 років. Використовуючи ці закономірності, визначити який час минув з моменту загибелі слона, рештки якого з процентним вмістом радіоактивного Карбону 6,25% знайшли археологи.

499. У скільки разів зменшилася кількість атомів радіоактивного Карбону ${}^{14}_{6}C$ у сосні, яку зрізали 17100 років тому? Період піврозпаду ${}^{14}_{6}C$ становить 5700 років?

500. Період піврозпаду Калію-42 дорівнює 12 год. Скільки енергії виділить за добу препарат, який містить 12 мг калію, якщо при розпаді кожного ядра виділяється енергія 5 МеВ? Яку кількість льоду при 0 °С можна розплавити виділеною енергією?

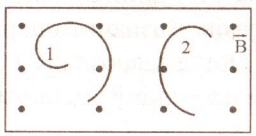
Методи реєстрації йонізуючого випромінювання. Ядерні реакції. Ланцюгова реакція поділу ядер Урану

501. У камері Вільсона, поміщеній у магнітне поле, сфотографовано слід мікрочастинки, на шляху якої знаходилася перешкода (мал. 69). В якому напрямі рухалася частинка?



Мал. 69

502. У камері Вільсона, поміщеній у зовнішнє магнітне поле, сфотографували треки двох частинок (мал. 70) Який з треків належить електрону, а який α-частинці?



Мал. 70

503. Чому протон у камері Вільсона залишає слід, а нейтрон – ні?

504. Електрон влітає в камеру Вільсона з швидкістю 10 Мм/с. Визначити індукцію магнітного поля, якщо радіус треку 1 см.

505. Обчислити радіус треку електрона в камері Вільсона, що розміщена в магнітному полі, якщо індукція магнітного поля 10 мТл, а кінетична енергія електрона 30 кеВ.

506. Дописати рівняння реакції і визначити її енергетичний вихід:

а) ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow ... + {}^{1}_{0}n$;
б) ${}^{9}_{4}Be + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{6}_{3}Li + ...$;
в) $... + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{24}_{12}Mg + {}^{4}_{2}He$;
г) ${}^{4}_{2}He + {}^{4}_{2}He \rightarrow ... + {}^{1}_{1}H$;
д) ${}^{6}_{3}Li + ... \rightarrow 2{}^{4}_{2}He$;
е) ${}^{16}_{8}O + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{14}_{7}N + ...$;

Енергетичним виходом ядерної реакції називають різницю між енергіями спокою ядер (частинок) до реакції і після неї. Оскільки для ядерних реакцій виконується закон збереження електричного заряду, то кількість електронів в атомах до реакції дорівнює кількості електронів в атомах після реакції. Тому в розрахунках енергій спокою можна брати не маси ядер, а маси атомів. Якщо значення енергії додатне, то вона в реакції виділяється, якщо від'ємне – поглинається. *Приклад розв'язку задачі дивись на стор. 82.*

507. Потужність випромінювання Сонця в навколишній простір становить $3{,}8 \cdot 10^{20}$ МВт. На скільки зменшується маса Сонця за рік?

508. Визначити електричну потужність атомної станції, яка витрачає за добу 220 г урану ${}^{235}_{92}U$ і має ККД 25%, якщо відомо, що під час поділу одного ядра Урану виділяється енергія, яка в середньому дорівнює $3{,}2 \cdot 10^{-11}$ Дж.

509. ККД атомної електростанції потужністю 800 МВт дорівнює 20 %. Знайти масу ядерного пального (${}^{235}_{92}U$), яке витрачає станція щодоби. Вважати, що при кожному поділі ядра Урану виділяється енергія 200 МеВ.

510. Скільки води можна нагріти від 20 °С до 100 °С за рахунок енергії, що виділяється при поділі 47 г Урану-235? Вважати, що при кожному поділі ядра Урану виділяється енергія 200 МеВ.

511. Один з реакторів, встановлений на Рівненській АЕС, має ККД 32 %. Яку масу урану споживає реактор за 1 год, якщо його електрична потужність 440 МВт? Вважати, що при кожному поділі ядра Урану-235 виділяється енергія 200 МеВ.

Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю

Рівень А (початковий)

1. За яким співвідношенням можна визначити частоту поглинутої хвилі під час переходу атома зі стаціонарного стану з енергією E_1 в стан з енергією E_2?

а) $\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$; *б)* $\nu = \frac{E_2 + E_1}{h}$; *в)* $\nu = \frac{E_2}{h}$; *г)* $\nu = \frac{E_1}{h}$.

2. Загальне число нуклонів у ядрі, як правило, позначають символом A і називають...

а) ...зарядовим числом; *б) ...масовим числом;*

в) ...порядковим номером у таблиці Менделєєва.

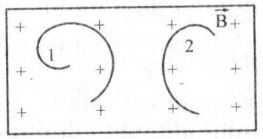
3. Енергія під час ядерних реакцій...

а) ...завжди виділяється; *б) ...завжди поглинається;*

в) ...може як виділятись так і поглинатись.

Рівень В (середній)

1. У камері Вільсона, поміщеній у зовнішнє магнітне поле, сфотографували треки двох частинок (мал. 1) Який з треків може належати α-частинці?



Мал. 1

а) перший; *б) другий;* *в) обидва;* *г) жоден.*

2. У лампі денного світла свічення люмінофора відбувається завдяки...

а) ...тепловому випромінюванню;

б) ...гальмуванню швидких електронів перешкодою;

в) ...люмінесценції.

3. Атом Гідрогену під час переходу з одного стаціонарного стану в інший поглинає фотон, частота хвилі якого $0{,}75 \cdot 10^{14}$ Гц. Визначити зміну енергії атома Гідрогену.

Рівень С (достатній)

1. Визначити енергетичний вихід першої ядерної реакції, в якій зафіксовано перетворення атомів Нітрогену в атоми Оксигену

$^{14}_{7}\mathrm{N} + ^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow ^{17}_{8}\mathrm{O} + ^{1}_{1}\mathrm{H}$

2. Період піврозпаду ізотопу Стронцію 28 років. За який час розпадеться 75 % початкової кількості атомів цього ізотопу?

Рівень D (високий)

1. Яка енергія виділяється при поділі одного ядра Урану $^{235}_{92}\mathrm{U}$, якщо на атомній електростанції потужністю 7000 кВт і коефіцієнтом корисної дії 24 % витрата урану становить 30 г на добу?

2. Визначити питому енергію зв'язку ядра Бору $^{10}_{5}\mathrm{B}$.

Рівень А (початковий)

1. *а* 2. *б* 3. *в*

Рівень В (середній)

1. *а* 2. *в*

3.

Розв'язання

$\Delta E - ?$	Зміна енергії під час переходу атома з одного стаціонарного стану в інший визначається співвідношенням $\Delta E = h\nu$. Записуємо в умову сталу Планка h. Після підстановки
$\nu = 0{,}75 \cdot 10^{14}$ Гц $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с	$\Delta E = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \text{Дж} \cdot \text{с} \cdot 0{,}75 \cdot 10^{14}\ \text{Гц} \approx 4{,}97 \cdot 10^{-20}\ \text{Дж}$.

Рівень С (достатній)

1.

Розв'язання

$E - ?$	Якщо енергія спокою ядер і частинок до реакції більша за енергія спокою ядер і частинок після реакції (енергетичний вихід додатний), то енергія виділяється. В протилежному випадку (енергетичний вихід від'ємний) – поглинається.
m_N=14,003074 а.о.м. m_{He}=4,002603 а.о.м. m_O=16,999133 а.о.м. m_H=1,007825 а.о.м.	Енергетичний вихід реакції знаходять із співвідношення $E = (m_N \cdot c^2 + m_{He} \cdot c^2) - (m_O \cdot c^2 + m_H \cdot c^2)$, якщо маси вказані в кілограмах. Якщо маси записані в атомних одиницях маси (а.о.м.), то $E = (m_N + m_{He} - m_O - m_H) \cdot 931{,}5 \frac{\text{МеВ}}{\text{а.о.м.}}$. $E = (14{,}003074\ \text{а.о.м.} + 4{,}002603 - 16{,}999133\ \text{а.о.м.} - 1{,}007825\ \text{а.о.м.}) \cdot 931{,}5 \frac{\text{МеВ}}{\text{а.о.м.}} \approx -1{,}193\ \text{МеВ}$. Енергія поглинається.

2.

Розв'язання

$t - ?$	Згідно закону радіоактивного розпаду $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$. N_0 – початкова кількість речовини, N – кількість речовини, що залишилася через час t. Оскільки розпалось 75 %, то залишилось 25 %, тобто N=0,25N_0. Тоді
T = 28 років N_1= 0,75N_0	$0{,}25 = 2^{-\frac{t}{T}}\ 2^{-2} = 2^{-\frac{t}{T}}$, $\frac{t}{T} = 2$, t=56 років.

Рівень D (високий)

1.

Розв'язання

$E_1 - ?$

P =7000 кВт = $= 7 \cdot 10^6$ Вт
η =0,24
m = 30 г = 0,03 кг
t = 1 доба = 24 год·$\cdot$3600 с=8,64·10^6 с
$N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$
$M = 235 \cdot 10^{-31}$ кг/моль

Коефіцієнт корисної дії електростанції визначається співвідношенням $\eta = \frac{P \cdot t}{E}$, де P – потужність, t – час, E – енергія, яка виділяється від поділу всього урану. $E = E_1 \cdot N$, де E_1 – енергія, яка виділяється при поділі одного ядра, N – кількість ядер Урану. $N = \frac{m}{M} N_A$. Записуємо в умову задачі число Авогадро і молярну масу Урану-235. Остаточна формула $\eta = \frac{P \cdot t \cdot M}{E_1 \cdot m \cdot N_A}$. Звідси $E_1 = \frac{P \cdot t \cdot M}{\eta \cdot m \cdot N_A}$. Після підстановки значень отримаємо:

$$E_1 = \frac{7 \cdot 10^6 \text{ Вт} \cdot 8{,}64 \cdot 10^4 \text{ с} \cdot 235 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{0{,}24 \cdot 0{,}03 \text{ кг} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}.$$

$E_1 \approx 3{,}28 \cdot 10^{-11}$ Дж.

2.

Розв'язання

$\Delta m - ?, f - ?$

m_H=1,007825 а.о.м.
m_n=1,008665 а.о.м.
M_a=10,012939 а.о.м.

Питома енергія зв'язку $f = \frac{E_{зв}}{A} = \frac{E_{зв}}{Z+N}$, де Z – кількість протонів, N – кількість нейтронів у ядрі атома. Z=5, N =5. Енергію зв'язку визначаємо із співвідношення $E_{зв} = \Delta m \cdot c^2$, де Δm –дефект мас або $E_{зв} = \Delta m \cdot 931{,}5 \frac{\text{МеВ}}{\text{а.о.м}}$, якщо Δm виражено в а.о.м. Дефект мас визначаємо із співвідношення

$\Delta m = Z \cdot m_H + N \cdot m_n - M_a$

$\Delta m = 5 \cdot 1{,}007825$ а.о.м + $5 \cdot 1{,}008665$ а.о.м – $-10{,}012939$ а.о.м. = 0,069511 а.о.м.

$$E_{зв} = 0{,}069511 \text{ а.о.м.} \cdot 931{,}5 \frac{\text{МеВ}}{\text{а.о.м}} \approx 64{,}749 \text{ МеВ}.$$

$$f = \frac{64{,}749 \text{ МеВ}}{10} \approx 6{,}47 \frac{\text{МеВ}}{\text{нуклон}}.$$

Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку)

Рівень А (початковий)

1. За яким з нижче наведених виразів можна обчислити питому енергію зв'язку атомного ядра?

а) $\ldots = \frac{E_{зв}}{Z}$; *б)* $\ldots = \Delta m c^2$; *в)* $\ldots = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$; *г)* $\ldots = \frac{E_{зв}}{A}$.

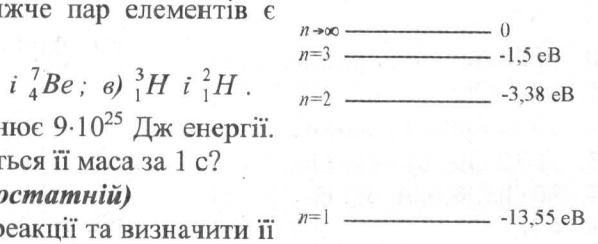
2. Здатність ядер радіонуклідів довільно перетворюватися на ядра інших елементів із випромінюванням мікрочастинок називають...
а) ...радіоактивністю; б) ...ядерними реакціями;
в) ...ланцюговими реакціями.

3. Атом випромінює квант енергії під час...
а) ...іонізації; б) ...переходу з основного стану в збуджений;
в) ...переходу із збудженого сану в основний.

Рівень В (середній)

1. На малюнку 1 відображено схему енергетичних рівнів атома Гідрогену і значення енергій у стаціонарних станах. Яку енергію слід надати атому для переходу з основного в перший збуджений стан?
а) 1,5 еВ; б) 1,88 еВ; в) 10,17 еВ; г) 13,55 еВ.

2. Які з наведених нижче пар елементів є ізотопами?
а) ^7_3Li *і* ^9_4Be; *б)* ^7_3Li *і* ^7_4Be; *в)* ^3_1H *і* ^2_1H.



Мал. 1

3. Зоря за 1 с випромінює $9 \cdot 10^{25}$ Дж енергії. На скільки зменшується її маса за 1 с?

Рівень С (достатній)

1. Дописати рівняння реакції та визначити її енергетичний вихід: $^6_3\text{Li} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + \ldots$.

2. Ізотоп Торію ^{232}Th перетворився в ізотопу Бісмуту ^{212}Bi. Скільки α-розпадів і β-розпадів відбулося при цьому??

Рівень D (високий)

1. Період піврозпаду Натрію-22 дорівнює 2,6 років. Скільки енергії виділить за 5,2 років препарат, який містить 8 мг натрію, якщо при розпаді кожного ядра виділяється енергія 2,3 МеВ?

2. Визначити питому енергію зв'язку ядра Фосфору $^{30}_{15}$P.

Відповіді до задач

5. 0,45 Вт.
6. 484 Ом; ≈0,46 А.
7. $1{,}1\cdot10^{7}$ Дж.
8. $12\cdot10^{5}$ Дж; 3 А.
9. 275 Вт.
10. 24,2 Ом.
11. $U_1=U_2\approx73$ В; $U_3\approx147$ В; в третій.
12. 150 кДж; 100 кДж.
13. У першому випадку перша в 1,5 разів, у другому – друга в 1,5 разів.
14. Напруга на першій лампочці 189 В, на другій 31 В. Перегорить перша.
15. ≈1970 кг.
16. ≈0,22 Ом.
17. ≈2,8 мм^2.
19. ≈0,2 Ом.
20. ≈100 А.
21. ≈24 кОм.
22. Збільшиться у 5 разів.
23. а) 0,2 Ом; б) ≈980 Ом.
24. 80 Ом; 40 мА; 3,2 В.
28. 4 В.
29. 480 Дж.
30. 4 Кл.
33. 0,5 В; 2,5 Ом.
34. 1 А.
35. 3 А.
36. 20 А.
37. 1,4 В; 1 Ом.
38. 6 В; 10 Ом.
39. 4,2 Ом; 0,4 А; 1,68 В.
40. 3,75 В; 7,5 м.
41. 5 мм.
42. ≈0,12 нКл.
43. 5,25 В; 1,25 Ом.
44. 0,5 Ом; 6 В.
45. 12 В; 2 Ом.
46. 2,5 В; 1 А.
47. 24 В.
48. 6 Ом.
50. 3 А; 0,75 В.
51. 120 В; 147 В.
53. 3 А; 13,5 Вт.
54. 0,5 Ом ($R_1 R_2=r^2$).
55. 20 А або 4 А.
56. 84 %.
57. 80 %.
58. 80 %.
63. ≈233 ^{0}C.
64. 0,004.
65. 1000 ^{0}C.
66. $\alpha=0{,}006\ ^0\text{C}^{-1}$, сталь; 0,2 А; 55 Ом.
67. 0,004 ^{0}C^{-1}.
77. 12 г.
78. 10^5 с.
79. $\approx2{,}24\cdot10^{22}$.
81. ≈313 К.
82. $\approx1{,}11\cdot10^{8}$ Дж.
83. ≈0,216 мм.
84. $m_з/m_м\approx1{,}56$.
85. $m_c/m_a=12$; $\nu_c/\nu_a=3$.
87. 3 МВ/м; ≈2300 км/с.
88. 20 кА; $4\cdot10^{13}$ Вт; $12\cdot10^{10}$ Дж.
90. $5\cdot10^{16}$.
91. 288 Дж.
92. ≈0,8 нс.
93. 0,16 мА.
104. 3 кОм.
105. 2 кОм.

106. Зменшився у 3 рази.
110. 0,4 м.
111. $8\cdot10^{-3}$ Дж.
112. 20 см.
113. 0,02 Тл.
114. $5{,}2\cdot10^{-2}$ Н.
115. 0,5 А.
116. ≈0,58 Тл.
117. 45^0.
118. 0,3 А.
119. 0,36 Тл.
120. 0,016 Н·м.
121. 0,25 Тл.
130. $0{,}8\cdot10^{-14}$ Н.
131. $3{,}2\cdot10^{-14}$ Н; ≈5,2 см; $\approx1{,}9\cdot10^{13}$ м/с^2; ≈0,33 мкс; $\approx1{,}9\cdot10^{7}$ рад/с.
132. $3{,}2\cdot10^{-13}$ Н; ≈4,55 мм; $\approx3{,}5\cdot10^{17}$ м/с^2; $\approx7{,}1\cdot10^{-10}$ с; $\approx0{,}88\cdot10^{10}$ рад/с.
133. $\approx9{,}6\cdot10^{4}$ м/с.
134. $\approx5{,}6\cdot10^{-16}$ Дж.
135. 6,25 мм.
136. $2{,}4\cdot10^{-22}$ кг·м/с.
137. 0,05 Тл.
138. $\approx2{,}24\cdot10^{10}$ Гц.
139. $R_p/R_e\approx1840$.
140. $R_p/R_e\approx43$.
141. $R_\alpha/R_p=2$.
142. $R_p/R_\alpha=2$.
143. $R_p=R_\alpha$.
144. 1 мТл.
145. $4\cdot10^{11}$.
147. ≈6 км/с; $\approx6\cdot10^{-7}$ Тл; ≈18 см.
148. ≈2,4 мм; ≈26 мм.
149. $\pi m/qB\approx0{,}9$ нс; $2R\approx57$ см.
150. 0,2 м; $\arcsin(dqB/m\upsilon)\approx30^0$.
169. 0,01 Вб.
170. ≈43 мВб
171. а) ≈2,7 мВб; б) 10 мВб; в) 20 мВб.
172. ≈1,7 мВб.
173. 3 мДж.
174. 3 В.
175. 0,08 м^2.
176. 1 Тл.
177. 300 Тл/с.
178. 0,8 Тл.
179. 0,03 Тл.
180. 70.
181. ≈6,28 мВ.
182. 5 А.
183. $2{,}5\cdot10^{-3}$ Кл.
184. $\approx6{,}28\cdot10^{-3}$ Кл.
185. 1 Кл.
186. ≈3,14 мКл.
187. 0,4 Дж.
192. 0,48 мВ.
193. 0,125 В.
194. 0,64 мВ.
195. 0,25 В.
196. $F_{тяги}=F_a=0{,}1$ Н.
197. 0,8 Вт.
199. 0,25 Вб.
200. 2 мА.
201. 50 В.
202. 0,4 Гн.
203. 60 мс.
204. 20 А.
205. 25 Дж.
206. $7{,}2\cdot10^{-3}$ Дж.
207. 0,1 Вб.
208. 0,2 Вб.
210. 0,5 Гн.
211. 4 А.

212. 0,15 Гн.
213. $5\cdot10^{-3}$ Дж.
214. 0,2 Дж; 0,04 Кл.
215. 0,025 Дж.
222. $i = -0{,}02\cos 500\pi t$ (А);
≈–14 мА; –20 мА.
223. $u = 100\sin 500\pi t$ (В);
≈–70 В; 0.
224. $q = -0{,}004\sin 250\pi t$ (Кл);
–4 мКл; –2 мКл.
225. 50 Гц; 100π рад/с.
226. 0,05 с; 40π рад/с.
227. 0,01 с; 100 Гц.
237. Через 1/6 періоду.
238. 2 мс.
239. ≈$3{,}77\cdot10^{-4}$ с; ≈2653 Гц;
≈$1{,}6\cdot10^{4}$ рад/с.
240. Збільшиться у 9 разів.
241. ≈28,26 мс.
242. 5 пФ.
243. 1 Гн.
244. 225 пФ.
245. 75 мкГн.
246. 300 пФ.
247. 10 мкс.
251. $4\cdot10^{-5}$Дж.
252. 0,05 Дж; 0,05 Дж.
253. 0,1 Дж; 0,1 Дж.
255. $u = 100\sin 2\cdot10^{3}t$ (В);
$i = 2\cos 2\cdot10^{3}t$ (А).
256. ≈159 Гц.
257. 0,1 Дж; 0,05 Дж; ≈1,22 А;
≈173 В.
258. $1{,}5\cdot10^{-3}$ Дж.
259. 2 мДж; 0,2 А.
260. ≈2 мА; ≈100 В.
261. 3 мс.
262. $0{,}5\cdot10^{-5}$ Дж; $12\cdot10^{-5}$Дж.
263. $1{,}5\cdot10^{-3}$ Дж.
264. 4 мА.
265. ≈1,256 В.
266. ≈10 об/с.
267. 5.
268. 312 В.
275. 100 В; ≈71 В; 0,02 с;
50 об/с; 50 В; 100 В.
277. ≈318 Ом; ≈0,7 А.
278. ≈637 В.
279. ≈377 Ом, ≈95 мА.
280. ≈0,19 Гн.
281. ≈290,4 кДж.
282. 800 Гц; 1,25 мс.
283. ≈127 В.
284. 0,5.
285. 55 В.
286. 95 %.
288. 15.
289. 20 В; 14 В.
290. 12.
291. 72.
292. 1:2.
293. 28 В.
296. $6\cdot10^{6}$ Гц.
297. ≈188,4 м.
298. ≈0,5 нФ.
299. ≈70 мкГн.
300. ≈37,68 м – 75,36 м.
301. ≈$3\cdot10^{-9}$ А.
302. 75 мкГн.
303. 250 пФ.
304. ≈18 км; $8{,}3\cdot10^{3}$ Гц.
305. 72 км.
306. 6400 км.
316. ≈33^0.

317. ≈$46{,}5^0$.
318. ≈1,33; ≈$2{,}26\cdot10^{8}$ м/с.
319. ≈11^0.
320. ≈22^0.
321. ≈1,5.
322. ≈83^0.
323. ≈$2{,}31\cdot10^{8}$ м/с.
324. ≈0,9.
325. h_c/h_a=1,6.
326. ≈41^0.
327. ≈48^0.
328. ≈15 см.
329. ≈97 см.
331. ≈13 см.
332. ≈4 см.
333. ≈34^0.
334. ≈17^0; ≈3,4 см; ≈1 см.
335. ≈23^0; ≈6,4 см; ≈5,7 см.
336. ≈2 м.
338. ≈43^0.
339. ≈34^0.
340. ≈1,8.
341. ≈$2{,}01\cdot10^{8}$ м/с.
342. ≈68 см.
343. ≈30 см.
359 20.
360. 3 м.
361. 20 см.
362. 72 см.
363. 16 см.
364. 15 см.
366. –7,5 дптр.
367. 6 см; 8 см.
368. 1 м.
370. (1 і 2) 7,5 дптр; (1 і 3)
–7,5 дптр; (2 і 3) –5 дптр;
(1, 2, 3) –2,5 дптр.
371. 3 дптр.
372. 2 дптр.
373. 0,56 м від збиральної
лінзи.
374. 20 см; 2.
375. Можливі два випадки:
10 см і 6 см.
376. 25 см.
377. на 8 см.
394. ≈300 нм; $7{,}5\cdot10^{14}$ Гц.
395. ≈735 нм; ≈553 нм.
396. ≈1,45.
397. 0,4 мкм; 0,6 мкм.
398. Лід.
399. Мінімум.
400. Максимум.
401. Для фіолетового.
402. Підсилиться.
404. $2{,}5\cdot10^{-5}$ м; максимум.
406. ≈406 нм.
407. ≈9^0.
408. 0,05 мм.
409. 10 мкм.
410. 757 нм; 6,7см.
411 3.
412. 9.
413. ≈62^0.
414. ≈447 нм.
415. ≈$2{,}6\cdot10^{-19}$ Дж.
416. ≈0,753 мкм.
417. ≈$2{,}0\cdot10^{-27}$ кг·м/с.
418. ≈$9{,}5\cdot10^{-28}$ кг·м/с.
419. ≈0,6 мкм.
420. $1{,}6\cdot10^{-27}$ кг·м/с.
421. ≈1000 м/с.
422. ≈$2{,}4\cdot10^{-12}$ м.
423. ≈$1{,}48\cdot10^{6}$ м/с.
424. ≈$2{,}43\cdot10^{-7}$ м.

425. ≈$8{,}28\cdot10^4$ В.
426. ≈$5\cdot10^{18}$.
427. ≈55.
428. $6\cdot10^{18}$.
429. ≈10^{-6} м.
430. ≈0,2 %.
445. 4,5 еВ.
446. $9{,}6\cdot10^{-20}$ Дж.
447. 5,5 еВ.
448. 2,2 В.
449. $6{,}626\cdot10^{-18}$ Дж.
450. $6{,}626\cdot10^{-19}$Дж.
451. ≈$1{,}28\cdot10^{15}$ Гц.
452. Ні, оскільки енергія фотона ≈$4{,}4\cdot10^{-19}$ Дж менша за роботу виходу.
453. $0{,}8\cdot10^{-19}$ Дж.
454. 2 В.
455. ≈$2{,}2\cdot10^{-19}$ Дж.
456. ≈$7{,}4\cdot10^{-19}$ Дж.
457. ≈1,3 В.
458. ≈2 еВ.
459. ≈$1{,}73\cdot10^{15}$ Гц.
460. ≈$7{,}2\cdot10^{-19}$ Дж; ≈$9{,}1\cdot10^5$ м/с.
461. ≈$6{,}9\cdot10^{-25}$ кг·м/с.
462. ≈500 нм.
463. ≈3,7 еВ.
474. ≈$3\cdot10^{-19}$ Дж.
475. ≈253 нм.
476. Зросла на ≈$1{,}37\cdot10^{-15}$ Дж.
477. ≈85,6 нм.
482. а) ≈2,22 МеВ;
б) ≈127,62 МеВ;
в) ≈28,29 МеВ.
483. а) ≈5,332 МеВ/нуклон;
б) ≈7,699 МеВ/нуклон;
в) ≈8,111 МеВ/нуклон.
488 $^{234}_{92}\mathrm{U}$.
489. $^{224}_{88}\mathrm{Ra}$.
490. 5-α, 4-β.
491. 15 год.
492. 0,125.
493. 3,8 років.
494. 19 діб.
495. 5 Бк.
496. 400.
497. 50 діб.
498. 22800 років.
499. Зменшилася у 8 разів.
500. ≈103,2 МДж; ≈311 кг.
504. ≈5,7 мТл.
505. ≈5,7 см.
506. а). $^4_2\mathrm{He}$, виділ. ≈17,59 МеВ;
б) $^4_2\mathrm{He}$, виділ. ≈2,13 МеВ;
в) $^{27}_{13}\mathrm{Al}$, виділ. ≈1,6 МеВ;
г) $^7_3\mathrm{Li}$, погл. ≈17, 35 МеВ;
д) $^2_1\mathrm{H}$, виділ. ≈22,38 МеВ;
е) $^4_2\mathrm{He}$, виділ. ≈3,11 МеВ.
507. ≈$1{,}3\cdot10^{17}$ кг.
508. ≈52,2 МВт.
509. ≈4,2 кг.
510. ≈$1{,}15\cdot10^7$ кг.
511. ≈60,4 г.

Фізичний довідник

Радіус Землі: $R = 6400$ км.
Швидкість світла у вакуумі: $c = 3\cdot10^8$ м/с.
Стала Авогадро: $N_A = 6{,}02\cdot10^{23}$ моль$^{-1}$.
Універсальна газова стала: $R = 8{,}31\ \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}$.
Стала Фарадея: $F = 9{,}648\cdot10^4\ \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$.
Електрична стала: $\varepsilon_0 = 8{,}85\cdot10^{-12}\ \frac{\Phi}{\text{м}}$.
Стала Планка: $h = 6{,}626\cdot10^{-34}$ Дж·с.
Елементарний заряд: $e = -1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл.
Маса спокою електрона: $m_e = 9{,}1\cdot10^{-31}$ кг = $5{,}48610^{-4}$ а.о.м.
Маса спокою протона: $m_p = 1{,}6726\cdot10^{-27}$ кг =1,00728 а.о.м.
Маса спокою нейтрона $m_n = 1{,}6749\cdot10^{-27}$ кг =1,00866 а.о.м.
1 а.о.м.= $1{,}66057\cdot10^{-27}$ кг.
1еВ=$1{,}6\cdot10^{-19}$ Дж.
c^2=931,5 $\frac{\text{МеВ}}{\text{а.о.м.}}$.
α-частинка: $m_\alpha=4m_p$; $q_\alpha=2q_p$.

Густина речовин ($\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ або $10^3\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)

Вода	1,0	Мідь	8,9

Питомий опір металів та сплавів при 20 ^{0}С ($\frac{\text{Ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}}$ або 10^{-6} Ом·м)

Константан*	0,5	Ніхром*	1,1
Мідь	0,017	Нікелін*	0,42

Температурний коефіцієнт опору металів та сплавів (^{0}С$^{-1}$)

Мідь	0,0043	Нікелін	0,0001

Електрохімічний еквівалент ($\frac{\text{мг}}{\text{Кл}}$ або 10^{-6} $\frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$)

Водень (H^+)	0,0104	Нікель (Ni^{2+})	0,3
Кисень (O^{2-})	0,083	Срібло (Ag^+)	1,118
Мідь (Cu^{2+})	0,33	Хром (Cr^{3+})	0,18

Показник заломлення

Алмаз	2,4	Лід	1,3
Вода	1,33	Скипидар	1,47
Гліцерин	1,47	Скло*	1,5

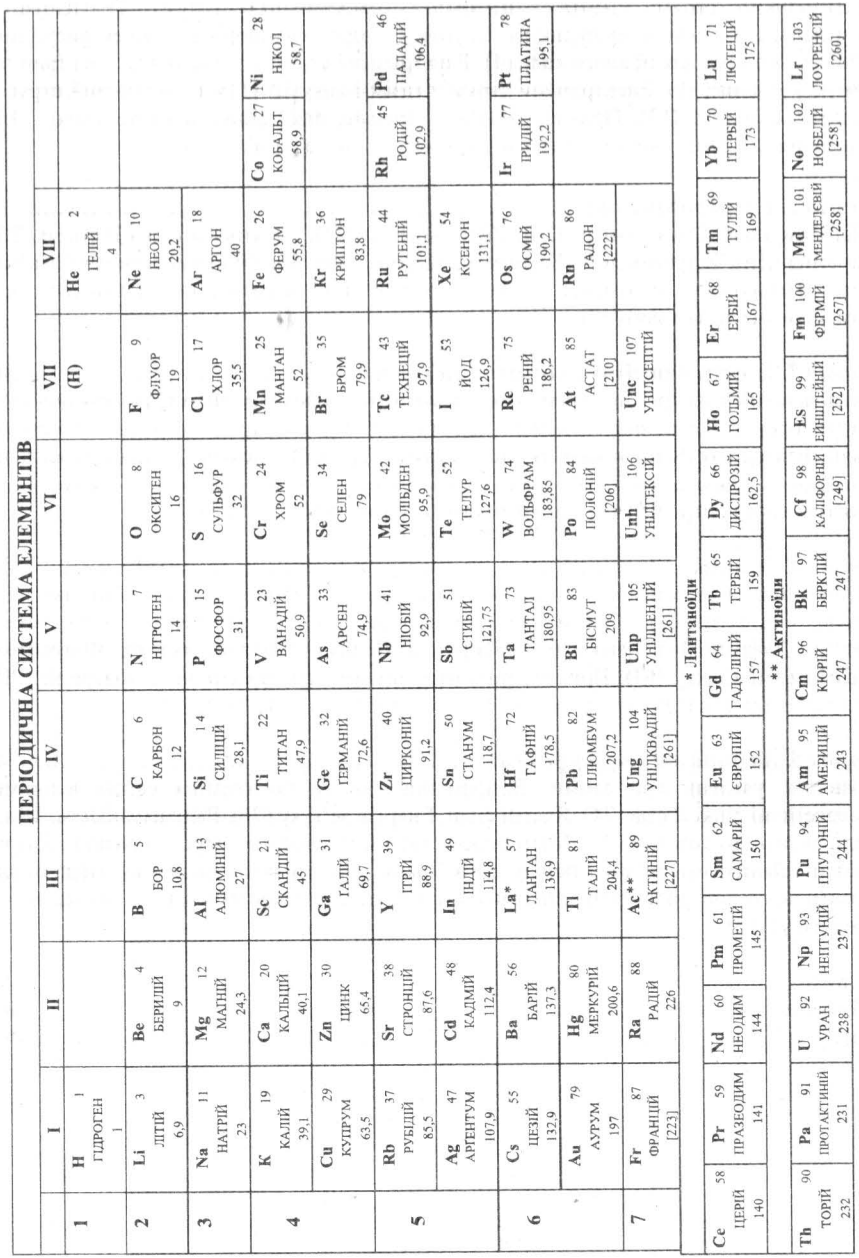
Робота виходу електронів (еВ)

Вольфрам	4,54	Срібло	4,3
Калій	2,22	Цезій	1,81
Платина	5,32	Цинк	4,24

Дані про ізотопи деяких хімічних елементів

Атомний номер елемента	Назва хімічного елемента	Символ		Маса нукліда ізотопа, а.о.м.
		елемента	ізотопа	
1	Гідроген	H	^{1}H	1,007825
			^{2}H	2,014102
			^{3}H	3,016050
2	Гелій	He	^{3}He	3,016049
			^{4}He	4,002603
3	Літій	Li	^{6}Li	6,015125
			^{7}Li	7,016004
4	Берилій	Be	^{9}Be	9,012186
7	Нітроген	N	^{14}N	14,003074
			^{15}N	15,000107
8	Оксиген	O	^{16}O	15,994915
11	Натрій	Na	^{23}Na	22,989771
12	Магній	Mg	^{24}Mg	23,985042
13	Алюміній	Al	$^{27}A1$	26,981539
15	Фосфор	P	^{30}P	29,978670

Періодична система хімічних елементів Д.І.Менеделєєва



Зміст

Розділ 1. Електродинаміка**.....1**
Електричний струм. Робота і потужність електричного струму. Послідовне і паралельне з'єднання провідників. Шунти і додаткові опори (1). Електрорушійна сила. Закон Ома для повного кола (4). Електричний струм у металах (8). Електричний струм у рідинах (9). Електричний струм у газах і вакуумі (11). Електричний струм у напівпровідниках (13). Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю (15). Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку) (18).

Розділ 2. Електродинаміка**.....19**
Магнітне поле. Сила Ампера (19). Сила Лоренца (21). Електромагнітна індукція (25). Самоіндукція. Індуктивність. Енергія магнітного поля (31). Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю (34). Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку) (37).

***Розділ 3.* Електромагнітні коливання та хвилі.....38**
Коливальний контур. Гармонічні електромагнітні коливання. Формула Томсона (38). Перетворення енергії під час вільних електромагнітних коливань (41). Змінний струм. Конденсатор і котушка в колі змінного струму. Трансформатор (43). Електромагнітні хвилі (47). Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю (49). Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку) (52).

Розділ 4. Оптика**.....53**
Відбивання та заломлення світла. Закони заломлення світла. Повне відбивання (53). Лінзи. Формула тонкої лінзи. Оптичні системи (56). Інтерференція та дифракція світла. Дифракційна гратка (60). Формула Планка. Світлові кванти. Фотоефект. Закони фотоефекту (64). Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю (70). Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку) (73).

Розділ 5. Атомна та ядерна фізика**.....74**
Розвиток уявлень про атоми. Випромінювання та поглинання світла атомами. Енергетичні рівні атома (74). Ядерні сили. Енергія зв'язку (76). Радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду (77). Методи реєстрації йонізуючого випромінювання. Ядерні реакції. Ланцюгова реакція поділу ядер Урану (78). Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю (80). Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку) (83).

Відповіді до задач **84**
Фізичний довідник **89**
Зміст **92**

Навчальне видання

Трофімчук Анатолій Борисович
Левшенюк Ярослав Філімонович

Збірник задач. Фізика. 11 клас. Рівень стандарту

Комп'ютерний набір та верстка: А.Б. Трофімчук

Здано до набору 10.06.2019 р. Підп.до друку 04.07.2019 р. Формат 60 84/16.
Папір газетний. Офсетний друк. Тираж 1000 пр. Ціна договірна.
Віддруковано ФОП Корольова С.Б. 33028, м. Рівне, вул. Петлюри, 7, тел./факс 63-38-90