

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

В. М. Шенкевич, В. П. Сипко, Л. І. Титюченко

ЕЛЕКТРИКА

Збірник задач для індивідуальної роботи з курсу фізики

Рекомендовано Методичною радою НУК

Миколаїв 2006

УДК 53: 537

Шенкевич В.М., Сипко В.П., Титюченко Л.І. Електрика: Збірник задач для індивідуальної роботи з курсу фізики / За ред. *О.О. Мочалова, В.М. Шенкевича.* – Миколаїв: НУК, 2006. – 48 с.

Кафедра фізики

Наведено задачі з електрики, призначені для індивідуальної роботи студентів всіх факультетів протягом вивчення загального курсу фізики.

Рецензент канд. фіз-мат. наук, доц. А.М. Кузнецов

© Видавництво НУК, 2006

Тема 1. ЕЛЕКТРОСТАТИКА

1. Два однакових іони у вакуумі на відстані 10^{-8} м взаємодіють з силою $9,2 \cdot 10^{-13}$ Н. Скільки "зайвих" електронів у кожному іоні?

2. За теорією Бора, електрон в атомі водню обертається навколо ядра по колу радіусом $0,53 \cdot 10^{-10}$ м. Визначити швидкість руху електрону.

3. Дві однакові металеві кульки підвішені на нитках однакової довжини $l = 1$ м, закріплених в одній точці. Після надання кулькам заряду $q_0 = 4 \cdot 10^{-7}$ Кл нитки розійшлися на кут $\alpha = 60^\circ$. Визначити силу тяжіння, що діє на кожну кульку. Яка густина матеріалу кульок, якщо при їх зануренні в гас кут розходження ниток $\alpha = 54^\circ$?

4. Дві однакові заряджені кульки, що висять на нитках однакової довжини, опускають в рідкий діелектрик з електричною проникністю ϵ . Яким повинно бути співвідношення між густиною діелектрика (ρ_d) і кульки (ρ_k), щоб кут розходження ниток у повітрі та в діелектрику був однаковим?

5. На шовкових нитках, що утворюють кут $\alpha = 60^\circ$, підвісили заряджену кульку масою 10^{-3} кг. Знизу підносять кульку з таким самим зарядом, внаслідок чого натяг нитки зменшується у два рази. Відстань між кульками 10^{-2} м. Визначити заряд кульок і натяг нитки.

6. Три однакові маленькі кульки масою 0,1 г підвішені в одній точці на шовкових нитках довжиною $l = 20$ см. Який заряд потрібно передати кожній кульці, щоб кожна нитка відхилилась від вертикалі на кут $\alpha = 30^\circ$?

7. Дві кульки, заряджені до $5 \cdot 10^{-7}$ Кл різними за знаком зарядами, закріплені в горизонтальній площині на відстані 0,5 м одна від одної. Якщо до них піднести підвішену на нитці кульку масою 10^{-3} кг з зарядом 10^{-7} Кл так, щоб у стані рівноваги вона була над негативно зарядженою кулькою на відстані 0,5 м від неї, то натяг нитки збільшується у два рази. Визначте кут відхилення нитки від вертикалі.

8. Два нерухомих позитивних заряди по $+1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл розташовані на відстані $d = 2 \cdot 10^{-13}$ м один від одного. Уздовж перпендикуляру, який проходить через середину відрізка, що їх з'єднує, рухається електрон.

В якій точці цього перпендикуляру сила взаємодії електрону і системи нерухомих зарядів максимальна?

9. Чотири позитивних заряди по 10^{-7} Кл кожний розміщені у вершинах квадрату. Який негативний заряд потрібно вмістити в його центрі, щоб урівноважити систему? Чи буде ця рівновага сталою?

10. З якою силою взаємодіють довгий дріт, заряджений з лінійною густиною 10^{-8} Кл/м, і точковий заряд $2 \cdot 10^{-8}$ Кл, розташований на відстані 3 см від дроту близько його середини?

11. З якою силою взаємодіють нескінченна площина, заряджена з поверхневою густиною 10^{-8} Кл/м², і точковий заряд $2 \cdot 10^{-8}$ Кл, розташований на відстані 10 см від неї?

12. З якою силою рівномірно заряджене кільце з лінійною густиною заряду τ діє на позитивний іон, розташований у центрі кільця?

13. Три однакових точкових заряди $q_1 = q_2 = q_3 = 2$ нКл розташовані у вершинах рівностороннього трикутника зі сторонами $b = 10$ см. Визначити модуль і напрям сили, яка діє на один із зарядів.

14. Два позитивних точкових заряди q і $4q$ закріплені на відстані 60 см один від одного. Визначте, в якій точці потрібно розмістити третій заряд, щоб він перебував у рівновазі.

15. Два точкових заряди $-q$ і $4q$ закріплені на відстані 60 см один від одного. В якій точці потрібно розмістити третій заряд, щоб він перебував у рівновазі?

16. Тонкий довгий стрижень рівномірно заряджений з лінійною густиною 10 мкКл/м. На продовженні осі стрижня, на відстані $a = 20$ см від його кінця, розташувати точковий заряд 10 нКл. Визначити силу взаємодії стрижня і точкового заряду.

17. Тонкий довгий стрижень рівномірно заряджений з лінійною густиною 10 мкКл/м. На перпендикулярі, проведеному до середини стрижня на відстані $a = 20$ см розмістили точковий заряд 10 нКл. Визначити силу взаємодії стрижня і точкового заряду.

18. Тонке півкільце радіусом 10 см рівномірно заряджене з лінійною густиною 1 мкКл/м. У центрі кривини півкільця розмістили заряд 20 нКл. Визначте силу взаємодії півкільця і точкового заряду.

19. Тонке кільце радіусом 10 см рівномірно заряджене з лінійною густиною 0,1 мкКл/м. На перпендикулярі до площини кільця розмістили заряд 10 нКл. Визначте силу взаємодії кільця і точкового заряду, якщо він віддалений від площини кільця на 20 см.

20. Тонке кільце радіусом 10 см рівномірно заряджене з лінійною густиною 0,1 мкКл/м. На перпендикулярі до площини кільця розмістили заряд 10 нКл. Визначте силу взаємодії кільця і точкового заряду, якщо заряд віддалений від площини кільця на 2 м.

21. Тонке кільце радіусом 10 см рівномірно заряджене з лінійною густиною $0,1 \text{ мкКл/м}$. У центрі кільця розмістили заряд 10 нКл . Визначте силу взаємодії кільця і точкового заряду.

22. Три однакових заряди q розташовані у вершинах рівнобічного трикутника зі стороною b . Визначити напруженість поля у вершині правильного тетраедру, для якого цей трикутник є основою.

23. Чотири позитивних заряди по $0,1 \text{ нКл}$ кожен розміщені у вершинах квадрату зі стороною 10 см. Які величина і напрям вектора напруженості у його центрі? Яка величина вектора електричного зміщення (індукції) в цій точці?

24. Чотири позитивних заряди по $0,1 \text{ нКл}$ кожен розміщені у вершинах квадрату зі стороною 10 см. Яка величина і напрям вектора напруженості в точці, розташованій посередині однієї зі сторін? Яка величина вектора електричного зміщення (індукції) в цій точці?

25. Чотири позитивних заряди по $0,1 \text{ нКл}$ кожен розташовані у вершинах квадрату зі стороною 10 см. Які величина і напрям вектора напруженості в точці, що розташована на перпендикулярі до площини квадрату на відстані 5 см від його центру? Яка величина вектора електричного зміщення (індукції) в цій точці?

26. В вершинах квадрату зі стороною 10 см знаходяться однакові заряди 10 мкКл . Визначити напруженість електростатичного поля в центрі квадрату і в точці, віддаленій на 10 см від кожного заряду.

27. В вершинах квадрату зі стороною 10 см знаходяться однакові негативні заряди 10 мкКл . Визначити напруженість електростатичного поля посередині однієї зі сторін квадрату.

28. Відстань між двома довгими паралельними дротами $a = 10 \text{ см}$. Дроти заряджені різнойменними зарядами з лінійною густиною 10 нКл/м . Яка величина вектора напруженості в точці, віддаленій на відстань 10 см як від першого, так і від другого дроту?

29. Відстань між двома довгими паралельними дротами $a = 15 \text{ см}$. Дроти заряджені однойменними зарядами з лінійною густиною 20 нКл/м . Яка величина вектора напруженості в точці, віддаленій на відстань 10 см як від першого, так і від другого дроту?

30. Відстань між двома довгими схрещеними під прямим кутом дротами $a = 20 \text{ см}$. Дроти заряджені різнойменними зарядами з лінійною густиною 10 нКл/м . Яка величина вектора напруженості в точці, віддаленій на відстань 20 см від кожного дроту?

31. Тонкий довгий дріт рівномірно заряджений з лінійною густиною 10 мкКл/м . Визначити напруженість електричного поля на осі стрижня на відстані $a = 20 \text{ см}$ від його кінця.

32. Тонкий довгий дріт довжиною $l = 10$ см рівномірно заряджений з лінійною густиною 10 мкКл/м. Визначити напруженість електричного поля в точці C , розташованій на відстані $a = 5$ см від дроту симетрично відносно його кінців.

33. Тонкий стрижень довжиною $l = 10$ см рівномірно заряджений з лінійною густиною $0,1$ мкКл/м. Визначити напруженість електричного поля на осі стрижня на відстані $a = 20$ см від його кінця.

34. Тонкий довгий стрижень рівномірно заряджений з лінійною густиною 1 мкКл/м. Визначити напруженість електричного поля в точці C , розташованій на відстані $a = 10$ см від стрижня симетрично відносно його кінців.

35. Тонке півкільце радіусом 20 см рівномірно заряджене з лінійною густиною 1 мкКл/м. Визначте напруженість у центрі півкільця.

36. Тонке кільце радіусом 10 см рівномірно заряджене з лінійною густиною 10 мкКл/м. Визначте напруженість електричного поля на перпендикулярі до площини кільця на відстані 20 см від його центру.

37. По тонкому кільцю радіусом 20 см рівномірно розподілений заряд з лінійною густиною 2 мкКл/м. Визначити напруженість електричного поля, створеного розподіленим зарядом, в точці B , яка знаходиться на осі кільця на відстані 20 см від його центру.

38. Третя частина тонкого кільця радіусом 20 см несе рівномірно розподілений заряд $q = 5$ мкКл. Визначити напруженість електричного поля, створеного розподіленим зарядом, у центрі кільця.

39. Півсфера рівномірно заряджена, поверхнева густина заряду σ . Знайти напруженість електричного поля в центрі півсфери.

40. Електростатичне поле створене двома нескінченними паралельними площинами, зарядженими рівномірно різнойменними зарядами з поверхневою густиною $\sigma_1 = 1$ нКл/м² та $\sigma_2 = 2$ нКл/м². Визначити напруженість електростатичного поля: 1) між площинами; 2) за межами площин. Побудувати графік зміни напруженості поля вздовж лінії, перпендикулярної площинам.

41. Електростатичне поле створюється двома нескінченними паралельними площинами, зарядженими рівномірно різнойменними зарядами з поверхневою густиною $\sigma_1 = 10$ нКл/м² та $\sigma_2 = -20$ нКл/м². Визначити напруженість електростатичного поля: 1) між площинами; 2) за межами площин. Побудувати графік зміни напруженості поля вздовж лінії, перпендикулярної площинам.

42. Електростатичне поле створюється двома нескінченними паралельними площинами, зарядженими рівномірно різнойменними зарядами з поверхневою густиною $\sigma_1 = 5$ нКл/м² та $\sigma_2 = -10$ нКл/м². Визначити силу взаємодії, що припадає на одиницю площі пластин.

43. Сфера радіусом 20 см заряджена рівномірно з об'ємною густиною 20 нКл/м^3 . Визначити напруженість електростатичного поля: 1) на відстані $r_1 = 10 \text{ см}$ від центру сфери; 2) на відстані $r_2 = 40 \text{ см}$ від центру сфери. Побудувати графік залежності $E(r)$.

44. Дві нескінченні площини, розташовані перпендикулярно одна відносно одної, рівномірно заряджені з поверхневою густиною 10 і 20 нКл/м^2 . Визначити напруженість електричного поля, створеного площинами. Побудувати силові лінії поля.

45. Дві нескінченні площини, розташовані під кутом 60° одна відносно одної, рівномірно заряджені з поверхневою густиною 10 нКл/м^2 . Визначити напруженість електричного поля, створеного площинами. Побудувати силові лінії поля.

46. З якою силою взаємодіють нескінченна провідна пластина і точковий заряд $2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$, розташований на відстані 10 см від пластини?

47. На відстані $a = 10 \text{ см}$ від нескінченної провідної пластини розташований точковий заряд $2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$. Визначити напруженість поля в точці на відстані a від пластини і $2a$ від заряду?

48. На відстані $a = 10 \text{ см}$ від нескінченної провідної пластини розташований точковий заряд $2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$. Визначити напруженість електричного поля в точці на відстані $2a$ від пластини і a від заряду?

49. Площина рівномірно заряджена, поверхнева густина заряду σ . В площині зробили круглий отвір, радіус якого a , набагато менший, ніж лінійні розміри площини. Знайти напруженість і вектор електричного зміщення електричного поля в точці, яка лежить на перпендикулярі до площини, що проходить через центр отвору, на відстані від центру отвору l .

50. Тонкий однорідний диск радіусом R заряджений рівномірно з поверхневою густиною σ . Визначити напруженість електричного поля в вакуумі: 1) на висоті h над диском по осі симетрії; 2) в центрі диска.

51. Електрон, що рухався горизонтально зі швидкістю 1600 км/с , влетів в однорідне електростатичне поле, напруженість якого (90 В/см) спрямована вертикально вгору. Знайти величину і напрямок швидкості електрону через 10^{-9} с .

52. Електростатичне поле створене позитивним точковим зарядом. Віднайти числове значення та напрямок градієнта потенціалу цього поля на відстані 10 см від заряду, якщо потенціал в цій точці 100 В .

53. Визначити потік вектору напруженості електростатичного поля через сферичну поверхню, що охоплює точкові заряди 5 та 2 нКл .

54. Електростатичне поле створюється нескінченною площиною, зарядженою рівномірно з поверхневою густиною 5 нКл/м . Знайти числове значення та напрямок градієнта потенціалу цього поля.

55. Суцільна куля з діелектрика радіусом $R = 5 \text{ см}$ заряджена рівномірно з об'ємною густиною $\rho = 10 \text{ нКл/м}^3$. Визначити енергію електростатичного поля в оточуючому кулю просторі.

56. Свинцева кулька ($\rho = 11300 \text{ кг/м}^3$) діаметром $0,5 \text{ см}$ занурена у гліцерин ($\rho = 1,26 \text{ г/см}^3$). Визначити заряд кульки, якщо в однорідному електростатичному полі вона виявилась зрівноважена у гліцерині. Електростатичне поле направлено вертикально вгору, його напруженість $E = 4 \text{ кВ/см}$.

57. Тонке дротяне кільце радіусом 100 мм має електричний заряд 50 мкКл . Який буде приріст сили, що розтягує дріт, якщо в центр кільця помістити точковий заряд 7 мкКл ?

58. Точковий заряд 10^{-8} Кл і рівномірно заряджена нескінченна площа з густиною заряду $4 \cdot 10^{-5} \text{ Кл/м}^2$ розташовані на відстані $0,5 \text{ м}$. Яку роботу треба здійснити, щоб зблизити їх до відстані $0,2 \text{ м}$?

59. У вершині конуса з розтрубом тілесного кута $\omega = 0,5 \text{ ср}$ знаходиться заряд $q = 30 \text{ нКл}$. Обчислити потік N_D вектора індукції через площадку, обмежену лінією перетину поверхні конуса з площиною.

60. В центрі сфери радіусом $R = 20 \text{ см}$ знаходиться точковий заряд 2 мкКл . Визначити потік вектора напруженості через частину сферичної поверхні площею $S = 20 \text{ см}^2$.

61. Плоска квадратна пластина зі стороною $b = 10 \text{ см}$ знаходиться на деякій відстані від нескінченної рівномірно зарядженої поверхні ($\sigma = 1 \text{ мкКл/м}^2$). Площина пластини складає з лініями поля кут $\beta = 30^\circ$. Знайти потік N_D вектора індукції через цю пластину.

62. У вершині конуса з розтрубом тілесного кута $\omega = 0,5 \text{ ср}$ знаходиться точковий заряд $q = 30 \text{ нКл}$. Обчислити потік N_D вектора індукції через площадку, обмежену лінією перетину поверхні конуса зі сферичною поверхнею радіусом 20 см .

63. Прямокутна плоска площадка зі сторонами 3 і 2 см знаходиться на відстані $R = 1 \text{ м}$ від точкового заряду $q = 30 \text{ мкКл}$. Площадка зорієнтована так, що лінії напруженості складають з її поверхнею кут $\alpha = 30^\circ$. Знайти потік N_E вектора напруженості через площадку.

64. Електростатичне поле створюється нескінченною площиною, зарядженою рівномірно зарядом з поверхневою густиною $\sigma_1 = 1 \text{ нКл/м}^2$. Прямокутна рамка зі сторонами $a = 3 \text{ см}$ і $b = 2 \text{ см}$ розташована на

відстані $R = 20$ см від площини. Рамка зорієнтована так, що лінії напруженості складають з її поверхнею кут $\alpha = 30^\circ$. Знайти потік N_E вектора напруженості через рамку.

65. Електричне поле створене нескінченно прямим рівномірно зарядженим дротом ($\tau = 0,3$ мкКл/м). Визначити потік N_D вектора індукції через прямокутну рамку, дві великі сторони якої паралельні зарядженому дроту та однаково віддалені від нього на відстань $r = 20$ см. Сторони рамки мають розміри $a = 10$ см, $b = 20$ см.

66. Визначити потік N вектора напруженості електростатичного поля через кубічну поверхню, що охоплює точкові заряди $q_1 = 4$ нКл та $q_2 = -12$ нКл. Ребро куба $a = 20$ см.

67. Електричне поле створене точковим зарядом $q = 0,1$ мкКл. Визначити потік N_D вектора індукції через круглу площадку радіусом $R = 30$ см. Заряд рівновіддалений від країв площадки і знаходиться на відстані $b = 50$ см від її центра.

68. Нескінченна площина несе заряд, рівномірно розподілений з поверхневою густиною $\sigma = 2$ мкКл/м². На відстані 40 см від площини, паралельно їй розташований круг радіусом $R = 20$ см. Обчислити потік вектора напруженості через цей круг.

69. Нескінченна площина несе заряд, рівномірно розподілений з поверхневою густиною $\sigma = 2$ мкКл/м². На деякій відстані від площини під кутом 30° до неї розташований круг радіусом $R = 20$ см. Обчислити потік вектора напруженості через цей круг.

70. Нескінченна площина несе заряд, рівномірно розподілений з поверхневою густиною $\sigma = 10$ мкКл/м². На деякій відстані від площини під кутом 30° до неї розташований правильний трикутник зі стороною $a = 20$ см. Обчислити потік вектора напруженості через цей трикутник.

71. Нескінченна площина несе заряд, рівномірно розподілений з поверхневою густиною $\sigma = 5$ мкКл/м². На деякій відстані від площини під кутом 60° до неї розташований квадрат зі стороною $a = 30$ см. Обчислити потік вектора напруженості через цей квадрат.

72. Електростатичне поле створюється нескінченною площиною, зарядженою рівномірно з поверхневою густиною $\sigma = 1$ мкКл/м². Визначити різницю потенціалів між двома точками цього поля, які лежать на відстанях $x_1 = 20$ см і $x_2 = 50$ см від площини.

73. Електричне поле утворене нескінченною площиною, зарядженою рівномірно з поверхневою густиною $\sigma = 5 \cdot 10^{-9}$ Кл/м². Визначити числове значення градієнта потенціалу.

74. В однорідному електричному полі напруженістю $E = 3 \cdot 10^4$ В/м перебуває диполь довжиною $l = 3,9 \cdot 10^{-11}$ м із зарядами, що дорівнюють заряду електрона. Вісь диполя складає з напрямом лінії напруженості кут $\alpha = 30^\circ$. Знайти момент обертання, що діє на диполь.

75. В центрі сферичної оболонки, по якій рівномірно розподілено заряд $q = 5,0$ мКл, розташований точковий заряд $q_0 = 1,50$ мкКл. Знайти роботу електричних сил при розширенні оболонки – збільшенні її радіусу від $r_1 = 50$ мм до $r_2 = 100$ мм.

76. Визначити силу взаємодії двох молекул пари води, диполі яких розміщені вздовж однієї прямої. Електричний момент диполя води дорівнює $p = 6,2 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. Відстань між молекулами $l = 10^{-9}$ м.

77. Кульку, діаметр якої $d = 1$ см і заряд $q = 10^{-9}$ Кл, занурено в масло. Густина матеріалу кульки $\rho = 1,5 \cdot 10^3$ кг/м³. В яке електричне поле треба помістити кульку, щоб вона могла плавати в маслі? Густина масла $\rho_0 = 0,8 \cdot 10^3$ кг/м³. Поле спрямоване вертикально вгору.

78. Визначити напруженість електричного поля, створеного диполем з електричним моментом $p = 10^{-9}$ Кл·м на відстані $r = 25$ см від центру диполя в напрямі, перпендикулярному його осі.

79. Обчислити напруженість поля протона на відстані $a_0 = 0,53 \cdot 10^{-10}$ м від нього (a_0 – радіус першої Боровської орбіти). Порівняти її з напруженістю поля $E = 3 \cdot 10^6$ В/м, при якій настає пробій повітря.

80. Нескінченно довга пряма нитка заряджена рівномірно з лінійною густиною $\tau = 0,1$ мкКл/м. Обчислити різницю потенціалів точок A і B , якщо точка B знаходиться далі від нитки, ніж точка A , у три рази.

81. Електричне поле створене нескінченно прямою ниткою, рівномірно зарядженою з лінійною густиною $\tau = 5 \cdot 10^{-9}$ Кл/м. Визначити числове значення градієнта потенціалу на відстані $r = 0,5$ м від нитки.

82. Тонкий стрижень зігнутий в кільце радіусом $R = 10$ см, рівномірно заряджений з лінійною густиною заряду $\tau = 10$ нКл/м. Визначити потенціал ϕ точки, яка розташована на осі кільця на відстані $h = 10$ см від його центру.

83. Визначити потенціал у центрі кільця з зовнішнім діаметром $D = 1$ м та внутрішнім діаметром $d = 0,5$ м, якщо на ньому рівномірно розподілений заряд $q = 5$ мКл.

84. Поле створене диполем з електричним моментом $p = 1$ нКл·м. Визначити різницю потенціалів U двох точок поля, розташованих симетрично відносно диполю на його осі на відстані $r = 40$ см від центру.

85. Рівномірно заряджена нескінченна площа з поверхневою густиною заряду $\sigma = 4 \cdot 10^{-5}$ Кл/м² і точковий заряд $q = 1$ мкКл зна-

ходяться на відстані $r_1 = 0,5$ м. Яку роботу треба здійснити, щоб зближити їх до відстані $r_2 = 0,2$ м?

86. На відстані $l_1 = 5$ см від нескінченно довгої зарядженої нитки міститься точковий заряд $q = 3$ мкКл. Під дією поля заряд переміщується по силовій лінії на відстань $l_2 = 2$ см, при цьому виконується робота $A = 5 \cdot 10^{-6}$ Дж. Визначити лінійну густина заряду нитки.

87. Визначити лінійну густина розподілення заряду по нескінченній нитці, якщо робота сил поля по переміщенню заряду $q = 10^{-19}$ Кл/м з відстані $r_1 = 5$ см до $r_2 = 2$ см в напрямку, перпендикулярному до нитки, дорівнює $5 \cdot 10^{-5}$ Дж.

88. Кільце з тонкого дроту має рівномірно розподілений заряд $q = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл. Радіус кільця $R = 5$ см. Визначити потенціал у центрі кільця.

89. Кільце з тонкого дроту має рівномірно розподілений заряд $q = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл. Радіус кільця $R = 10$ см. Визначити потенціал у точці, яка віддалена від точок кільця на $l = 10$ см.

90. Тонка квадратна рамка зі стороною 20 см рівномірно заряджена з лінійною густиною заряду $\tau = 1$ нКл/м. Визначити потенціал ϕ поля в точці перетину діагоналей.

91. Однакові заряди $q = 10^{-7}$ Кл розташовані у вершинах квадрату зі стороною $b = 10$ см. Визначити потенціальну енергію цієї системи.

92. Металева куля радіусом 10 см має заряд $q = 10$ нКл. Визначити потенціал ϕ електростатичного поля: 1) на поверхні кулі; 2) на відстані $b = 2$ см від її поверхні. Побудувати графік залежності $\phi(r)$.

93. Дві провідні концентричні сфери мають радіуси $R_1 = 15$ см, $R_2 = 30$ см. На кожній з них рівномірно розподілений заряд 5 мкКл. Чому дорівнює різниця потенціалів між ними і яка напруженість поля в точках, віддалених від центру сфери на 5; 20 і 35 см?

94. Чотири однакових краплі ртуті, заряджені до потенціалу $\phi = 10$ В, зливаються в одну. Який потенціал ϕ_1 створеної краплі?

95. Сто сферичних крапель ртуті заряджені до однакового потенціалу – 20 В. Всі краплі зливаються в одну велику. Визначити її потенціал.

96. По кулі радіусом $R = 10$ см із діелектрика ($\epsilon = 5$) рівномірно розподілені вільні заряди з об'ємною густиною $\rho = 5 \cdot 10^{-9}$ Кл/м³. Визначити напруженість поля на відстані $r = 5$ см від центру кулі.

97. Шар діелектрика ($\epsilon = 3$) товщиною $d = 10$ см рівномірно заряджений з об'ємною густиною $\rho = 10^{-5}$ Кл/м³. Знайти різницю потенціалів між поверхнею шару і його центром.

98. Знайти розподіл заряду q на поверхні ізолюваної провідної кулі радіусом R .

99. Заряджена частинка, що проходить прискорюючу різницю потенціалів $U = 6 \cdot 10^5$ В, набуває швидкості 5400 км/с. Визначити масу частинки, якщо її заряд дорівнює $2e$.

100. Електричне поле утворено позитивно зарядженою нескінченною ниткою. Протон ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг), рухаючись від нитки під дією поля вздовж лінії напруженості з відстані $r_1 = 1$ см до $r_2 = 5$ см, змінив свою швидкість з 1 до 10^7 м/с. Визначити лінійну густину заряду нитки.

101. Три однакові пластини великої площі розташовані паралельно одна до одної на відстані 2 мм. Заряди на пластинках розподілені рівномірно, з поверхневими густинами $\sigma_1 = +5 \cdot 10^{-6}$ Кл/м², $\sigma_2 = +3 \cdot 10^{-6}$ Кл/м² і $\sigma_3 = -6 \cdot 10^{-6}$ Кл/м². Визначити різниці потенціалів між пластинками та напруженості відповідних полів.

102. Електростатичне поле створюється нескінченною площиною, зарядженою рівномірно з поверхневою густиною $\sigma = 4$ мкКл/м². Обчислити значення і напрям градієнта потенціалу цього поля.

103. Електростатичне поле створюється нескінченною площиною, зарядженою рівномірно з поверхневою густиною $\sigma = 10$ мкКл/м². Визначити різницю потенціалів між двома точками цього поля, які лежать на відстанях $x_1 = 20$ см і $x_2 = 60$ см від площини.

104. Електростатичне поле створюється нескінченною прямою ниткою, зарядженою рівномірно з лінійною густиною $\tau = 50$ нКл/м. Обчислити числове значення і напрям градієнта потенціалу в точці на відстані $r = 0,4$ м від нитки.

105. Визначити потік N вектора напруженості електричного поля через сферичну поверхню, що охоплює точкові заряди 5 та -2 нКл.

106. Електростатичне поле створюється позитивним точковим зарядом. Обчислити числове значення та напрямок градієнта потенціалу цього поля в точці на відстані $r = 10$ см, якщо потенціал $\phi = 100$ В.

107. В однорідному електричному полі напруженістю $E = 4 \cdot 10^4$ В/м перебуває диполь довжиною $l = 3,9 \cdot 10^{-11}$ м із зарядами, що дорівнюють заряду електрона. Вісь диполя складає з напрямом напруженості кут $\alpha = 30^\circ$. Знайти обертаючий момент, що діє на диполь.

108. Молекулу води можна розглядати як диполь довжиною $l = 3,9 \cdot 10^{-11}$ м із зарядами, що дорівнюють заряду електрона. Визначити напруженість поля, створеного однією молекулою води на відстані $\alpha = 3 \cdot 10^{-9}$ м від середини диполя в точці, яка лежить на його продовженні (а) і на перпендикулярі до нього (б).

109. Електростатичне поле створюється нескінченною площиною з поверхневою густиною заряду $\sigma = 0,1$ мкКл/м². Яку роботу треба виконати для того, щоб перенести електрон вздовж лінії напруженості з відстані $r_1 = 5$ см до $r_2 = 2$ см?

110. Електростатичне поле створюється позитивно зарядженою нескінченною ниткою зі сталою лінійною густиною $\tau = 1$ мкКл/м. Якої швидкості набуде електрон, наблизившись під дією поля до нитки вздовж лінії напруженості з відстані $r_1 = 5$ см до $r_2 = 1$ см?

111. На відстані $l_1 = 5$ см від нескінченно довгої зарядженої нитки міститься точковий заряд $q = 2 \cdot 10^{-9}$ Кл. Під дією поля він переміщується по силовій лінії на відстань $l_2 = 2$ см, при цьому виконується робота $A = 5 \cdot 10^{-6}$ Дж. Визначити лінійну густину заряду нитки.

112. Під дією електростатичного поля рівномірно зарядженої нескінченної площини точковий заряд $q = 2$ нКл перемістився вздовж силової лінії на відстань $r = 2$ см, при цьому була здійснена робота 6 Дж. Визначити поверхневу густину заряду на площині.

113. Електростатичне поле створюється позитивно зарядженою нескінченною ниткою. Протон, рухаючись від нитки під дією поля вздовж лінії напруженості з відстані $r_1 = 2$ см до $r_2 = 5$ см, змінив свою швидкість від 1 до 5 Мм/с. Визначити лінійну густину заряду нитки.

114. Заряди $q_1 = 10$ нКл і $q_2 = 100$ нКл розташовані на відстані $r_1 = 10$ см один від одного. Яку роботу виконують сили поля, якщо другий заряд, відштовхуючись від першого, віддалиться від нього на відстань $r_2 = 20$ см?

115. Заряди 1 мкКл і 100 нКл розташовані на відстані 10 см один від одного. Яку роботу виконують сили поля, якщо другий заряд, відштовхнувшись від першого, віддалиться від нього на відстань 10 м?

116. Заряди $q_1 = 5$ мкКл і $q_2 = 20$ нКл знаходяться у вакуумі на відстані 3 м один від одного. Яку роботу треба виконати, щоб зблизити заряди до відстані в 0,5 м?

117. Яку роботу треба виконати, щоб перенести точковий заряд $q = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл із точки, яка знаходиться на відстані 1 см від поверхні кулі радіусом 2 см з поверхневою густиною заряду 10^{-11} Кл/м², на 5 см уздовж променя, проведеного через точку з центра кулі?

118. Поверхню негативно зарядженої нитки залишає електрон зі швидкістю 20 м/с. Яку швидкість він буде мати на відстані 1 см від неї? Лінійна густина заряду нитки $\tau = -2 \cdot 10^{-9}$ Кл/м, радіус нитки 0,5 мм.

119. Заряд $q = 10$ нКл створює електричне поле. Яку роботу виконує поле, якщо воно переміщує заряд 1 нКл вздовж силової лінії з точки, яка знаходиться на відстані 20 см від заряду, в точку на відстані 1 м?

120. В полі точкового заряду з точки, яка знаходиться на відстані $r_1 = 5$ см від нього, вздовж силової лінії рухається заряд $q_0 = 1$ мкКл. Визначити заряд q , якщо при переміщенні q_0 на відстань $r = 15$ см полем здійснена робота $A = 1,8$ мДж.

121. Відстань між двома точковими зарядами $q_1 = 10$ нКл і $q_2 = 3$ нКл дорівнює 20 см. Визначити роботу, яку треба виконати, щоб зблизити заряди до відстані $r = 10$ см.

122. Тонкий дрiт зiгнутий в напiвкiльце, заряджений з лiнiйною густиною заряду $\tau = 10$ нКл/м. Яку роботу треба здiйснити, щоб перенести заряд 5 нКл iз центру напiвкiльця в нескiнченнiсть?

123. Тонкий дрiт, зiгнутий в кiльце, заряджений з лiнiйною густиною заряду $\tau = 10$ нКл/м. Яку роботу треба здiйснити, щоб перенести заряд $q = 50$ нКл iз центру кiльця в нескiнченнiсть?

124. Тонкий дрiт зiгнутий в кiльце рiдiусом $r = 20$ см. Лiнiйна густина заряду на ньому $\tau = 200$ нКл/м. Яку роботу треба здiйснити, щоб перенести заряд $q = 5$ нКл iз центру кiльця в точку A , розташовану на осi кiльця на вiдстанi $l = 20$ см вiд його центру?

125. На вiдстанi 40 см вiд поверхнi сфери рiдiусом 9 см, зарядженої до потенцiалу 200 В, розташований точковий заряд 10^{-8} Кл. Яку роботу слiд здiйснити для зменшення вiдстанi мiж сферою i зарядом до 20 см?

126. В електричному полi, створеному зарядженою сферою рiдiусом 10 см, рухається електрон уздовж силової лiнiї мiж точками, якi знаходяться на вiдстанях 12 i 15 см вiд центру сфери. При цьому швидкiсть електрона змiнюється вiд $2 \cdot 10^5$ до $2 \cdot 10^6$ м/с. Знайти поверхневу густину заряду сфери.

127. Три точкових заряди q_A , q_B i q_C знаходяться у вершинах трикутника ABC : $q_A = 8 \cdot 10^{-6}$ Кл, $q_B = 5 \cdot 10^{-6}$ Кл, $q_C = 6 \cdot 10^{-6}$ Кл, $AB = 0,3$ м, $BC = 0,5$ м, $AC = 0,6$ м. Визначити роботу, яку треба здiйснити, щоб розвести цi заряди на таку вiдстань, коли сили їх взаємодiї можна було б вважати рiвними нулю.

128. Три точкових заряди q_A , q_B i q_C знаходяться у вершинах трикутника: $q_A = 8$ мкКл, $q_B = 5$ мкКл, $q_C = 6$ мкКл; $AB = BC = AC = 0,6$ м. Визначити роботу, яку треба здiйснити, щоб розвести цi заряди на таку вiдстань, на якiй сили взаємодiї стануть рiвними нулю.

129. Пластину з ебонiту товщиною $d = 4$ мм i площею $S = 200$ см² помiстили в однорiдне електричне поле напруженiстю $E = 2$ кВ/м. Знайти: 1) густину зв'язаних зарядiв на поверхнi пластин; 2) енергiю електричного поля, зосереджену в пластинi. Пластина розташована так, що силові лiнiї поля перпендикулярнi до її поверхнi.

130. Пилінка масою $4 \cdot 10^{-10}$ кг із зарядом 10^{-16} Кл потрапляє в поле зарядженої кулі, маючи швидкість 10 см/с, спрямовану до центру кулі. На яку відстань вона може наблизитись до кулі, заряд якої 10^{-9} Кл?

131. Диполь з моментом $p_e = 3 \cdot 10^{-10}$ Кл·м вільно встановлюється в однорідному електричному полі напруженістю $E = 1500$ В/см. Яку потрібно виконати роботу, щоб розвернути диполь на 180° ?

132. Визначте роботу, яку потрібно виконати, щоб два диполи з електричними моментами $p_e = 6,2 \cdot 10^{-30}$ Кл·м кожен, розташовані на відстані $r = 4 \cdot 10^{-10}$ м, віддалити на відстань, на якій сили взаємодії практично щезнули.

133. Пилінка масою 10^{-10} кг підвішена електричним полем в плоскому конденсаторі з повітряним проміжком 5 мм при різниці потенціалів між пластинами 152 В. Під дією ультрафіолетових променів пилінка частково втрачає заряд. Для відновлення рівноваги доводиться збільшити різницю потенціалів на 8 В. Скільки електронів втратила пилінка?

134. Суцільна куля з діелектрика радіусом $R = 5$ см заряджена рівномірно з об'ємною густиною $\rho = 10$ нКл/м³. Визначити енергію електростатичного поля в просторі, що оточує кулю.

135. Свинцева кулька ($\rho = 11300$ кг/м³) діаметром 5 см занурена у гліцерин ($\rho = 1,26$ г/см³). Визначити її заряд, якщо в однорідному електростатичному полі кулька зависла у гліцерині. Електростатичне поле направлено вертикально, його напруженість $E = 4$ кВ/см.

136. Знайти об'ємну густина енергії електричного поля на відстані 2 см від нескінченної зарядженої нитки. Лінійна густина зарядів нитки $1,67 \cdot 10^{-7}$ Кл/м. Діелектрична проникність середовища дорівнює 2.

137. Два паралельно розташовані циліндричні дроти мають радіус 0,5 мм, відстань між ними 10 см. Визначте ємність одиниці довжини такої системи, якщо вона розміщена в повітрі.

138. По кулі радіусом $R = 10$ см із діелектрика ($\epsilon = 5$) рівномірно розподілені вільні заряди з об'ємною густиною $\rho = 5 \cdot 10^{-9}$ Кл/м³. Визначити напруженість поля на відстані $r = 5$ см від центру кулі.

139. Сила притягання між пластинами плоского конденсатора 500 мН. Діелектрик – повітря. Площа кожної пластини $S = 200$ см². Знайти густину енергії поля конденсатора.

140. Простір між пластинами плоского конденсатора заповнений діелектриком (фарфор), об'єм якого $V = 100$ см³. Поверхнева густина заряду на пластинах $\sigma = 8,85$ нКл/м². Обчислити роботу A , яку необхідно здійснити, щоб витягти діелектрик із конденсатора. Тертям між діелектриком та пластинами знехтувати.

141. На плоский повітряний конденсатор подається різниця потен-

ціалів $U = 2$ кВ. Площа пластин 200 см^2 , відстань між ними змінюється з $5 \dots 12$ мм. Визначити роботу по розсуванню обкладок і густину енергії електричного поля до і після їх розсування.

142. Конденсатор ємністю $C_1 = 2,0$ мкФ, заряджений до напруги 110 В, підключили паралельно до кінців системи з двох послідовно з'єднаних незаряджених конденсаторів, ємності яких $C_2 = 2,0$ мкФ і $C_3 = 3,0$ мкФ. Який заряд протече по з'єднувальних провідниках?

143. Два плоских повітряних конденсатори однакових ємностей з'єднані паралельно та заряджені до різниці потенціалів $U = 300$ В. Визначити різницю потенціалів цієї системи, якщо простір між пластинами одного з них заповнено слюдою ($\epsilon = 7$).

144. Ємність батареї конденсаторів, створеної двома послідовно з'єднаними конденсаторами, дорівнює $C = 100$ пФ, а заряд 20 нКл. Визначити ємність другого конденсатора, а також різниці потенціалів на обкладках кожного, якщо $C_1 = 200$ пФ.

145. Зазор зарядженого повітряного конденсатора заповнили діелектриком з проникністю $\epsilon = 3$. Як зміняться: а) заряд на обкладках; б) напруженість поля у конденсаторі; в) енергія конденсатора; г) густина енергії поля у конденсаторі? Конденсатор залишається весь час під'єднаним до джерела напруги.

146. Визначити електроємність плоского конденсатора з двома шарами діелектрика: фарфору товщиною $d_1 = 2$ мм та ебоніту товщиною $d_2 = 1,5$ мм, якщо площа пластини дорівнює 100 см^2 . Діелектрична проникність фарфору $\epsilon_1 = 5$, ебоніту $\epsilon_2 = 3$.

147. Сила, з якою притягуються пластини плоского повітряного конденсатора одна до одної, дорівнює $5 \cdot 10^{-2}$ Н. Площина кожної пластини 200 см^2 . Знайти густину енергії поля в конденсаторі.

148. Простір між пластинами плоского конденсатора заповнено діелектриком ($\epsilon_1 = 5$) об'ємом 100 см^3 . Поверхнева густина заряду на пластинах $8,85 \cdot 10^{-9}$ Кл/м². Знайти роботу, яку необхідно здійснити, щоб витягнути діелектрик із конденсатора. Тертям знехтувати.

149. Два плоских повітряних конденсатора однакових ємностей були з'єднані паралельно та заряджені до різниці потенціалів $U = 300$ В. Визначити різницю потенціалів цієї системи, якщо простір між пластинами одного з конденсаторів заповнено слюдою ($\epsilon = 7$).

150. Між пластинами плоского конденсатора, зарядженого до різниці потенціалів $U = 600$ В, знаходяться два шари діелектриків: зі скла товщиною $d_1 = 7$ мм та ебоніту товщиною $d_2 = 3$ мм. Площа кожної пластини конденсатора $S = 100 \text{ см}^2$. Знайти: 1) електроємність конденсатора; 2) індукцію поля, його напруженість і спад потенціалу в кожному шарі діелектрика.

Тема 2. КОНДЕНСАТОРИ. ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ В РІЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

1. Конденсатор складається з двох пластин довжиною 50 см та шириною 10 см кожна. На якій відстані одна від одної необхідно розташувати пластини, розділені парафіновою плівкою ($\epsilon = 2$), щоб ємність конденсатора була рівна $90 \cdot 10^{-12}$ Ф?

2. Конденсатор складається з двох пластин шириною 26 см кожна, які розділені слюдяним ($\epsilon = 6$) прошарком товщиною 1 см. Якої довжини мають бути ці пластини, щоб ємність конденсатора була $2,76 \cdot 10^{-12}$ Ф?

3. Яка повинна бути відстань між пластинами плоского конденсатора (розмір пластин 26×20 см), заповненого парафіном ($\epsilon = 2$), щоб ємність була $C = 92 \cdot 10^{-12}$ Ф?

4. Конденсатор ємністю $1,84 \cdot 10^{-10}$ Ф складається з двох пластин, розділених парафіновою ($\epsilon = 2$) прокладкою товщиною 1 см. Яка площа цих пластин?

5. Конденсатор ємністю $C = 92 \cdot 10^{-12}$ Ф складається з двох круглих пластин діаметром 10 см, розділених діелектриком ($\epsilon = 6$) товщиною 1 мм. За цими даними визначити електричну сталу ϵ_0 .

6. Визначити діаметр круглих пластин плоского конденсатора ємністю $4,16 \cdot 10^{-11}$ Ф. Відстань між пластинками 1 мм, між ними знаходиться слюда.

7. Плоский конденсатор ємністю $23 \cdot 10^{-11}$ Ф складається з пластин довжиною 40 см та шириною 13 см, які знаходяться на відстані 3 мм. Чому дорівнює діелектрична проникність матеріалу?

8. Плоскому конденсатору надали заряд $1,33 \cdot 10^{-6}$ Кл. При цьому утворилася різниця потенціалів 83,33 В. Круглі пластини конденсатора розділяє діелектрик ($\epsilon = 27$) товщиною 9 мм. Який радіус пластин?

9. Визначити діелектричну проникність матеріалу товщиною 2 мм, що розділяє дві круглі пластини радіусом 5 см. Ємність цього конденсатора дорівнює $3,33 \cdot 10^{-13}$ Ф.

10. Який діаметр повинні мати круглі пластини, що знаходяться на відстані 1,5 мм ($\epsilon = 4,5$), щоб заряд $63,88 \cdot 10^{-7}$ Кл, наданий цим пластинам, створив різницю потенціалів $12 \cdot 10^3$ В?

11. Чому дорівнює ємність плоского конденсатора, що складається з двох круглих пластин радіусом 30 см, які розділені діелектриком ($\epsilon = 10$) товщиною 5 мм.

12. Круглим пластинам радіусом 15,96 см, що знаходяться на відстані 0,5 мм, надали заряд $31,94 \cdot 10^{-7}$ Кл. Яка різниця потенціалів між ними? Діелектрична проникність діелектрика $\epsilon = 1,5$.

13. Як зміниться ємність плоского конденсатора при збільшенні у 2 рази ширини та довжини тільки однієї пластини?

14. Діаметр пластин плоского конденсатора збільшили у 2 рази. Як зміниться ємність плоского конденсатора?

15. Як зміниться ємність плоского конденсатора, коли зменшити довжину та ширину пластин у 2 рази?

16. Як зміниться ємність плоского конденсатора, коли діелектричну проникність збільшити у 5 разів, а відстань між пластинами зменшити у 2 рази?

17. Як зміниться ємність плоского конденсатора, коли площу зменшити у 2 рази, а відстань між пластинами збільшити у 2 рази?

18. Плоский конденсатор складається з двох пластин довжиною 20 см та шириною 10 см кожна, розташованих на відстані 2 мм одна від одної, між якими знаходиться слюда ($\epsilon = 6$). Який заряд має конденсатор, якщо допустима напруга $3 \cdot 10^3$ В?

19. Конденсатору, що складається з двох пластин довжиною 20 см та шириною 15 см кожна, розділених слюдяним ($\epsilon = 6$) прошарком товщиною 1 см, надали заряд $2 \cdot 10^{-6}$ Кл. Яка напруга утворилась між пластинами?

20. Якою повинна бути діелектрична проникність матеріалу між пластинами конденсатора площею 625 см^2 , що знаходяться на відстані 1 см? Заряд дорівнює $2 \cdot 10^{-6}$ Кл, різниця потенціалів $4 \cdot 10^4$ В.

21. Заряд на пластині дорівнює $8 \cdot 10^{-6}$ Кл, різниця потенціалів $4 \cdot 10^4$ В, площа пластин $62,5 \text{ см}^2$, діелектрична проникність дорівнює 3,6. Визначити відстань між пластинами.

22. Конденсатору, пластини якого розділені діелектриком ($\epsilon = 6$) товщиною 2 мм і мають площу $2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$, надали заряд $15,97 \cdot 10^{-7}$ Кл. При цьому утворилась різниця потенціалів між пластинами $3 \cdot 10^3$ В. Визначити з цих даних діелектричну сталу ϵ_0 .

23. Різниця потенціалів між пластинами плоского конденсатора дорівнює $9 \cdot 10^3$ В, заряд $47,91 \cdot 10^{-7}$ Кл. Пластини розділяє діелектрик ($\epsilon = 6$) товщиною 1 мм. Яка площа цих пластин?

24. Довжина пластин плоского конденсатора 20 см. Відстань між ними 3 мм, діелектрик має діелектричну проникність $\epsilon = 9$. Наданий заряд $15,97 \cdot 10^{-7}$ Кл утворив різницю потенціалів між пластинами $3 \cdot 10^3$ В. Яка ширина пластин конденсатора?

25. Визначити поверхневу густину зарядів на пластині плоского слюдяного ($\epsilon = 7$) конденсатора, зарядженого до різниці потенціалів 200 В, якщо відстань між його пластинами дорівнює 0,5 мм.

26. Поверхнева густина зарядів на пластинах плоского конденсатора дорівнює $53,1 \cdot 10^{-8}$ Кл/м², відстань між пластинами 1 см, різниця потенціалів 150 В. Чому дорівнює діелектрична проникність матеріалу середовища між пластинами?

27. Різниця потенціалів між пластинами 600 В, поверхнева густина зарядів на пластинах $\sigma = 212,4 \cdot 10^{-8}$ Кл/м², діелектрична проникність матеріалу дорівнює 8. Яка відстань між пластинами?

28. Дві нескінченні пластини, відстань між якими 2 см, розділені діелектриком ($\epsilon = 4$) і мають заряд густиною $\sigma = 106,2 \cdot 10^{-8}$ Кл/м². Яка різниця потенціалів між пластинами?

29. Поверхня кожної пластини в плоскому конденсаторі складає 60 см² і містить на собі заряд 10^{-9} Кл. На якій відстані одна від одної розташовані пластини, якщо різниця потенціалів між ними 90 В?

30. Дві паралельні пластини знаходяться на відстані 4 см і розділені діелектриком ($\epsilon = 4$). Різниця потенціалів між ними 300 В. Визначити поверхневу густина зарядів на пластинах.

31. За який час електрон, прискорений різницею потенціалів $U = 100$ В, пройде відстань $d = 5,95$ м?

32. Визначити прискорюючу різницю потенціалів, за рахунок якої електрон пройшов відстань $d = 5,95$ м за $t = 10^{-6}$ с.

33. Яку швидкість матиме протон, пройшовши відстань $d = 1$ см в однорідному електричному полі напруженістю 200 В/м?

34. Визначити масу частинки $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, яка, пройшовши шлях $d = 1$ см в однорідному електричному полі напруженістю $E = 200$ В/м, набула швидкості $v = 2 \cdot 10^4$ м/с.

35. Елементарна частинка масою $1,6 \cdot 10^{-27}$ кг, подолавши відстань $d = 1$ см в електричному полі напруженістю $E = 200$ В/м, набула швидкості $v = 2 \cdot 10^4$ м/с. Визначити заряд частинки.

36. Яку відстань пройде елементарна частинка ($e = 1,6 \cdot 10^{-27}$ кг) в однорідному полі напруженістю $E = 200$ В/м за час $t = 10^{-6}$ с.

37. Відстань між пластинами плоского конденсатора $d = 4$ см. Яка напруга повинна бути між пластинами, щоб електрон пройшов цю відстань за $t = 10^{-6}$ с?

38. Яку кінетичну енергію матиме заряджена частинка ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл), пройшовши в електричному полі відстань $d = 4$ мм? Напруженість поля дорівнює 400 В/м.

39. Між горизонтальними пластинами плоского конденсатора перебуває в рівновазі пилінка зарядом $e = 5 \cdot 10^{-13}$ Кл. Відстань між пластинами $d = 2,5$ см, напруга $U = 980$ В. Визначити масу пилінки.

40. Пилінка зарядом $e = 5 \cdot 10^{-13}$ Кл та масою $m = 2 \cdot 10^{-9}$ кг знаходиться в рівновазі між горизонтально розташованими пластинами, напруга між якими $U = 980$ В. Яка відстань між пластинами?

41. Яка різниця потенціалів повинна бути між горизонтальними пластинами ($d = 2,5 \cdot 10^{-2}$ м), щоб утримати між ними в рівновазі пилінку зарядом $e = 5 \cdot 10^{-13}$ Кл та масою $m = 2 \cdot 10^{-9}$ кг?

42. Плоский конденсатор з'єднаний з джерелом напруги, при цьому тиск пластин на скло ($\epsilon = 7$), що їх розділяє, дорівнює 1 Па. Визначити поверхневу густину зарядів на пластинах конденсатора.

43. Різниця потенціалів між пластинами плоского конденсатора дорівнює 300 В, відстань між ними 2 см, діелектрична проникність середовища $\epsilon = 2$. Визначити поверхневу густину зарядів на пластинах.

44. Куля, що занурена в бензин ($\epsilon = 2$), має енергію $1,58 \cdot 10^{-5}$ Дж та потенціал 4500 В. Визначити поверхневу густину зарядів.

45. Куля, що занурена в бензин ($\epsilon = 2$), має потенціал 4500 В та поверхневу густину зарядів $1,13 \cdot 10^{-5}$ Кл/м². Визначити енергію кулі.

46. Куля, занурена в гас ($\epsilon = 2$), має енергію $1,58 \cdot 10^{-5}$ Дж та поверхневу густину зарядів $1,13 \cdot 10^{-5}$ Кл/м². Визначити потенціал кулі.

47. Визначити величину електричного зміщення в склі ($\epsilon = 7$), яке знаходиться між пластинами плоского конденсатора. Тиск на скло з боку пластин, що з'єднані з джерелом напруги, дорівнює 1 Па.

48. Плоский конденсатор заповнений діелектриком ($\epsilon = 2$) товщиною $d = 2$ мм. Різниця потенціалів між пластинами $U = 400$ В. Визначити величину електричного зміщення поля в діелектрику.

49. Конденсатор ємністю $17,7 \cdot 10^{-11}$ Ф має заряд $70,8 \cdot 10^{-19}$ Кл, відстань між пластинами 2 мм, діелектрична проникність матеріалу $\epsilon = 4$. Визначити величину електричного зміщення поля діелектрика?

50. Площа пластин плоского конденсатора 100 см², заряд $70,8 \cdot 10^{-19}$ Кл, відстань між пластинами 2 мм, ємність $17,7 \cdot 10^{-11}$ Ф. Визначити величину електричного зміщення поля діелектрика.

51. Конденсатор ємністю $17,7 \cdot 10^{-11}$ Ф складається з двох пластин, розділених діелектриком ($\epsilon = 2$) товщиною $d = 2$ мм. Визначити електричне зміщення в діелектрику.

52. Діелектрик ($\epsilon = 2$) знаходиться між пластинами плоского конденсатора ємністю $17,7 \cdot 10^{-11}$ Ф. Вектор електричного зміщення поля в діелектрику $D = 35,4 \cdot 10^{-7}$ Кл/м². Яка товщина діелектрика?

53. Визначити напруженість електричного поля. Діелектрична сприйнятливність діелектрика $\epsilon = 3$, вектор електричного зміщення поля в діелектрику $D = 70,8 \cdot 10^{-7}$ Кл/м².

54. Плоский конденсатор $C = 17,7 \cdot 10^{-11}$ Ф має заряд $Q = 70,8 \cdot 10^{-9}$ Кл. Електричне поле в діелектрику товщиною $d = 2$ мм має електричне зміщення $D = 88,5$ Кл/м². Яка сприйнятливність діелектрика?

55. Відстань між пластинами плоского конденсатора дорівнює 5 мм. Після зарядки конденсатора до різниці потенціалів $U = 500$ В між пластинами вставили скляну пластинку ($\epsilon = 7$). Визначити: 1) діелектричну сприйнятливність скла; 2) поверхневу густину зв'язаних зарядів на скляній пластинці.

56. Між пластинами плоского конденсатора знаходиться парафін ($\epsilon = 2$). Відстань між пластинами $d = 8,85$ мм. Якою повинна бути різниця потенціалів між пластинами, щоб поверхнева густина зв'язаних зарядів на парафіні склала 10^{-6} Кл/м²?

57. Визначити площу пластин конденсатора з зарядом $70,8 \cdot 10^{-9}$ Кл. Електричне зміщення поля в діелектрику $D = 17,7 \cdot 10^{-7}$ Кл/м².

58. Визначити поверхневу густину зв'язаних зарядів на слюдяній пластинці ($\epsilon = 7$) товщиною 1 мм, яка служить ізолятором плоского конденсатора, різниця потенціалів між пластинами якого $U = 300$ В.

59. Площа пластин плоского конденсатора $8 \cdot 10^{-2}$ м². Електричне зміщення поля діелектрику $53,1 \cdot 10^{-7}$ Кл/м². Визначити заряд.

60. Між пластинами плоского конденсатора розташовані два шари діелектрику – слюдяна пластинка ($\epsilon_1 = 2$) товщиною $d_1 = 1$ мм та парафін ($\epsilon_2 = 2$) товщиною $d_2 = 0,5$ мм. Визначити: 1) напруженість електричного поля в шарах діелектрику; 2) електричний зсув, якщо різниця потенціалів між пластинами конденсатора $U = 500$ В.

61. Визначити електричне зміщення поля в конденсаторі ємністю $C = 17,7 \cdot 10^{-11}$ Ф, якщо заряд конденсатора $Q = 70,8 \cdot 10^{-9}$ Кл; відстань між пластинами $d = 2$ мм; діелектрична сприйнятливність діелектрика $d = 3$.

62. Відстань між пластинами плоского конденсатора становить 1 см, різниця потенціалів 200 В. Визначити поверхневу густину σ зв'язаних зарядів на ебонітовій пластинці ($\epsilon = 3$) товщиною $d = 8$ мм, розташованої на нижній пластині конденсатора.

63. Визначити електричну сприйнятливність матеріалу діелектрику, розташованого між пластинами плоского конденсатора, якщо напруга між пластинами $U = 800$ В, відстань $d = 2$ мм, електричне зміщення поля діелектрика $D = 17,7 \cdot 10^{-7}$ Кл/м².

64. Нескінченна пластина площею $S = 0,5$ м², занурена в масло ($\epsilon = 2$), має заряд $q = 17,7 \cdot 10^{-7}$ Кл. Визначити електричне зміщення поля в маслі, та його діелектричну проникність.

65. Відстань між пластинами плоского конденсатора $d = 5$ мм, різ-

ниці потенціалів $U = 1,2 \cdot 10^3$ В. Визначити: 1) поверхневу густину зарядів на пластинах конденсатора; 2) поверхневу густину зв'язаних зарядів на діелектрику. Відомо, що діелектрична сприйнятливість діелектрику, який заповнює простір між пластинами, $\chi = 1$.

66. Плоский конденсатор має ємність $C = 17,7 \cdot 10^{-11}$ Ф, площа пластин $S = 200$ см², різниця потенціалів між ними $U = 1200$ В. Визначити електричне зміщення поля.

67. Простір між пластинами плоского конденсатора заповнено склом ($\epsilon = 7$), відстань між пластинами 5 мм, різниця потенціалів 10^3 В. Визначити: 1) напруженість поля в склі; 2) поверхневу густину заряду на пластинах; 3) поверхневу густину зв'язаних зарядів на склі.

68. Визначити діелектричну сприйнятливість поля між пластинами плоского конденсатора. Електричне зміщення $D = 1,062 \cdot 10^{-4}$ Кл/м², відстань між пластинами $d = 2$ мм, напруга $U = 800$ В.

69. Напруга між пластинами плоского конденсатора 600 В, відстань між ними 3 мм. Визначити діелектричну сприйнятливість поля та його напруженість. Вектор електричного зміщення поля $1,06 \cdot 10^{-5}$ Кл/м².

70. Плоский конденсатор має пластини площею $S = 200$ см² кожна. Діелектриком є парафін ($\epsilon = 2$) товщиною $d = 5$ мм. До пластин прикладена напруга $U = 400$ В. Визначити: 1) електричну сприйнятливість; 2) поверхневу густину зв'язаних зарядів діелектрика; 3) вектор поляризації; 4) заряди на пластинах конденсатора.

71. Батарея з двох послідовно з'єднаних конденсаторів з ємностями $C_1 = 200$ пФ і $C_2 = 500$ пФ заряджена до різниці потенціалів 1 кВ. Визначити: 1) різницю потенціалів на першому і другому конденсаторах; 2) кількість електрики на обкладках.

72. Відстань між пластинами плоского конденсатора 1 см, простір між ними заповнений маслом ($\epsilon = 5$). Поверхнева густина зв'язаних зарядів на маслі дорівнює $6,2 \cdot 10^{-10}$ Кл/см². Визначити різницю потенціалів між пластинами та об'ємну густину енергії електричного поля в маслі.

73. При незарядженому конденсаторі відстань між пластинами $d = 1$ см. Яку різницю потенціалів необхідно прикласти, щоб відстань лишилась незмінною, якщо пластини розтягувати силою $5 \cdot 10^{-2}$ Н.

74. Плоский повітряний конденсатор, площа пластин якого 100 см², а відстань між ними 2 см, заряджений до різниці потенціалів 3000 В. Не відключаючи конденсатор від джерела напруги, пластини розсунули до 5 см. Визначити енергію конденсатора до і після розсування.

75. Розв'язати попередню задачу при відключенні конденсатора від джерела напруги.

76. Плоский повітряний конденсатор (площа пластин 100 см^2 , відстань між ними 2 см) має заряд $13,27 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$. Не відключаючи конденсатор від джерела напруги, пластини розсунули до відстані 5 см . Визначити енергію конденсатора до і після розсування.

77. Плоский конденсатор $C = 10^{-11} \text{ Ф}$ зарядили до різниці потенціалів $U_1 = 500 \text{ В}$. Після відключення конденсатора від джерела напруги відстань між пластинами збільшили у 3 рази. Визначити 1) кінцеву різницю потенціалів; 2) роботу зовнішніх сил.

78. До пластин плоского конденсатора подана різниця потенціалів 500 В . Площа пластин 200 см^2 , відстань між ними 2 мм , діелектрична проникність $\epsilon = 4$. Визначити енергію поля між пластинами.

79. Дві металеві кульки ($r_1 = 3 \text{ см}$, $q_1 = 10^{-8} \text{ Кл}$, $r_2 = 2 \text{ см}$, $\varphi_2 = 9000 \text{ В}$) з'єднали провідником (ємність $C = 0$). Визначити: 1) енергію кожної кульки до з'єднання; 2) енергію з'єднаних провідником кульок.

80. Кулю A радіусом 10 см , заряджену до потенціалу 3000 В , після відключення джерела напруги з'єднали провідником (ємність провідника $C = 0$) з незарядженою кулею B радіусом 10 см . Визначити: 1) енергію першої кулі до з'єднання; 2) енергію куль після з'єднання та роботу розряду під час з'єднання.

81. Кулю A радіусом 10 см , заряджену до потенціалу 3000 В , після відключення джерела напруги з'єднали з незарядженою кулею B провідником (ємність провідника $C = 0$), після відключення від B з'єднали A з незарядженою кулею C . Радіуси куль C і B дорівнюють 10 см . Визначити: 1) енергію кулі A до з'єднання; 2) енергію куль A і C після з'єднання; 3) роботу розряду у всіх випадках.

82. Заряд металеві кульки радіусом 3 см дорівнює 10^{-6} Кл , а металева кулька радіусом 2 см має потенціал 9000 В . Їх з'єднали провідником (ємність провідника $C = 0$). Визначити роботу розряду.

83. Різниця потенціалів між пластинами плоского конденсатора $U_1 = 500 \text{ В}$. Площа пластин 200 см^2 , відстань між ними спочатку $d_1 = 1,5 \text{ мм}$, потім $d_2 = 15 \text{ мм}$. Знайти початкову та кінцеву енергію конденсатора, якщо джерело напруги відключили.

84. Різниця потенціалів між пластинами плоского конденсатора $U_1 = 500 \text{ В}$. Площа пластин 200 см^2 , відстань між ними спочатку $d_1 = 1,5 \text{ мм}$, потім $d_2 = 15 \text{ мм}$. Знайти початкову та кінцеву енергію конденсатора, якщо джерело напруги не відключали.

85. Між пластинами плоского конденсатора площею 500 см^2 розміщено металеву пластинку такої ж площі. Відстань між обкладками конденсатора $d = 5 \text{ см}$, товщина пластинки $d_1 = 1 \text{ см}$. Яку роботу потрібно

виконати, щоб витягнути цю пластинку з конденсатора, якщо він підключений до джерела, яке дає напругу 100 В?

86. Заряджену кульку радіусом $r_1 = 2$ см з'єднали з незарядженою радіусом $r_2 = 3$ см. Після того як кульки роз'єднали, енергія другої стала дорівнювати 0,4 Дж. Який заряд був на першій кульці?

87. Енергія зарядженого конденсатора $2 \cdot 10^{-5}$ Дж. Робота проти сил електричного поля, необхідна для вилучення діелектрику з конденсатора, дорівнює $7 \cdot 10^{-5}$ Дж. Перед вилученням діелектрика конденсатор відключили від джерела напруги. Визначити діелектричну проникність діелектрика.

88. Плоский повітряний конденсатор (площа пластин 100 см^2 , відстань між ними 2 см) має заряд $13,27 \cdot 10^{-9}$ Кл. Конденсатор відключили від джерела напруги, а потім пластини роздвинули до 5 см. Визначити енергію конденсатора в першому та другому випадках.

89. Плоский конденсатор з'єднано з джерелом напруги. Внаслідок цього тиск пластин на скло ($\epsilon = 7$), яке знаходиться між ними, дорівнює 1 Па. Визначити об'ємну густину енергії поля у склі.

90. Пластини плоского конденсатора, з'єднані з джерелом напруги, здійснюють тиск величиною 1 Па на скло ($\epsilon = 7$), що знаходиться між пластинами. Знайти напруженість електричного поля у склі.

91. Поверхнева густина зарядів на пластинах плоского конденсатора, який з'єднаний з джерелом напруги, дорівнює $11,1 \cdot 10^{-6}$ Кл/м². Чому дорівнює тиск, що здійснюють пластини на скло ($\epsilon = 7$), яке знаходиться між ними?

92. Різниця потенціалів між пластинами плоского повітряного конденсатору, які знаходяться на відстані 5 мм, дорівнює 6 кВ, їх площа – $12,5 \text{ см}^2$. Перед тим як пластини розсунули до відстані 1 см, їх відключили від джерела напруги. Визначити: 1) зміну потоку напруженості крізь площу електродів; 2) зміну об'ємної густини енергії електричного поля.

93. Площа пластин повітряного конденсатора $12,5 \text{ см}^2$, відстань між ними 5 мм, різниця потенціалів 6 кВ. Не відключаючи конденсатор від джерела напруги, пластини розсунули до відстані в 1 см. Визначити: 1) зміну потоку напруженості крізь площу пластин; 2) зміну об'ємної густини енергії електричного поля.

94. Знайти об'ємну густину енергії електричного поля на відстані 2 см від поверхні зарядженої кульки радіусом 1 см. Поверхнева густина зарядів дорівнює $1,67 \cdot 10^{-5}$ Кл/м², $\epsilon = 2$.

95. Пластини плоского конденсатора площею 100 см^2 кожна притягуються одна до одної з силою $29,4 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$. Простір між пластинами заповнений слюдою ($\epsilon = 6$). Знайти густину енергії поля.

96. Нескінченна площина має поверхневу густину зарядів $1,67 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$. Знайти об'ємну густину енергії електричного поля поблизу площини, якщо $\epsilon = 2$.

97. В однорідне електричне поле напруженістю $E_0 = 700 \text{ В/м}$ перпендикулярно йому помістили скляну ($\epsilon = 7$) пластину товщиною $d = 1,5 \text{ мм}$ та площею $S = 200 \text{ см}^2$. Визначити енергію поля в пластині.

98. Заряджена кулька радіусом $r_1 = 2 \text{ см}$ приводиться в дотик до незарядженої кульки радіусом $r_2 = 3 \text{ см}$. Заряд на першій кульці перед дотиком був $2,6 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$. Якою стала енергія другої кульки, коли їх роз'єднали після дотику?

99. Дві пластини розділені діелектриком ($\epsilon = 4$) товщиною $d = 1 \text{ мм}$. Різниця потенціалів між ними дорівнює 100 В . Визначити об'ємну густину енергії електричного поля в діелектрику.

100. Кожна з пластин плоского конденсатора притягуються одна до одної з силою $0,147 \text{ Н}$. Простір між пластинами заповнено діелектриком ($\epsilon = 3$). Енергія в одиниці об'єму поля дорівнює $7,35 \text{ Дж/м}^3$. Яку площу мають пластини цього конденсатора?

101. Простір між пластинами плоского конденсатора заповнений склом. Відстань між пластинами дорівнює 4 мм , напруга 120 В . Визначити: 1) напруженість поля в склі; 2) поверхневу густину зарядів на пластинках конденсатора; 3) об'ємну густину енергії поля.

102. В однорідне електричне поле напруженістю E_0 перпендикулярно йому помістили скляну ($\epsilon = 7$) пластинку товщиною $d = 1,5 \text{ мм}$ та площею $S = 200 \text{ см}^2$. Енергія поля в пластинці $W = 9,29 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$. Визначити напруженість E_0 однорідного поля.

103. В однорідне електричне поле напруженістю $E_0 = 700 \text{ В/м}$ перпендикулярно йому помістили пластину товщиною $d = 3 \text{ мм}$ та площею $S = 200 \text{ см}^2$. Визначити діелектричну сталу пластини, якщо енергія електричного поля в ній $W = 9,29 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$.

104. В однорідне електричне поле напруженістю 700 В/м перпендикулярно йому помістили пластинку ($\epsilon = 7$) товщиною $1,5 \text{ мм}$ та площею 200 см^2 . Енергія поля в пластинці $9,29 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$. Користуючись цими даними, знайти числове значення електричної сталої ϵ_0 .

105. В однорідне електричне поле напруженістю 700 В/м перпендикулярно йому помістили пластинку 200 см^2 ($\epsilon = 7$). Визначити її товщину, якщо енергія електричного поля в ній $9,29 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$.

106. В однорідне електричне поле напруженістю $E_0 = 700$ В/м помістили пластинку ($\epsilon = 7$) товщиною $d = 3$ мм. Яка площа цієї пластинки, якщо енергія поля в ній $W = 9,29 \cdot 10^{-12}$ Дж?

107. Об'ємна енергія електричного поля в діелектрику товщиною 2 мм дорівнює $1,77 \cdot 10^{-3}$ Дж/м³. Різниця потенціалів між пластинами, які розділяє діелектрик, 200 В. Визначити ϵ .

108. Площа пластин повітряного конденсатора 100 см² і відстань між ними 5 мм. Знайти величину різниці потенціалів між пластинами конденсатора, якщо при розряді виділилось $4,19 \cdot 10^{-3}$ Дж тепла.

109. Між пластинами плоского конденсатора, які притягуються з силою $4,9 \cdot 10^{-3}$ Н, знаходиться скло. Площа пластин 100 см². Визначити об'ємну густину енергії поля в склі та саму енергію поля. Відстань між пластинами дорівнює 1 см.

110. Визначити енергію електричного поля в діелектрику товщиною 1 мм, що розділяє дві пластини площею 200 см², напруга між якими 100 В.

111. Різниця потенціалів між пластинами плоского конденсатора 560 В; густина зарядів на пластинах $4,95 \cdot 10^{-7}$ Кл/м²; енергія електричного поля конденсатора $27,8 \cdot 10^{-7}$ Дж. Визначити площу пластин конденсатора, силу притягання між ними. Яку швидкість матиме електрон, пройшовши відстань між пластинами?

112. Між пластинами плоского конденсатора, відстань між якими 2 мм, знаходиться діелектрик. Різниця потенціалів між пластинами 600 В. Після відключення конденсатора від джерела живлення з нього витягли діелектрик, після цього різниця потенціалів стала 1800 В. Знайти об'ємну густину енергії електричного поля в першому та другому випадках.

113. Конденсатор з площею пластин $S = 200$ см² та відстанню між ними $d = 2$ см заряджається до різниці потенціалів $U = 3000$ В, після чого відключається від джерела напруги. Далі пластини розсуваються до відстані $d = 5$ см. Визначити виконану роботу.

114. Напруженість електричного поля в діелектрику ($\epsilon = 4$) дорівнює 100 В/м, його товщина $d = 1$ мм, площа поверхонь $S = 100$ см². Визначити енергію електричного поля в діелектрику.

115. Тиск, який утворюють пластинки зарядженого конденсатора на парафін, що там знаходиться, дорівнює $5 P_a$. Знайти напруженість електричного поля в парафіні, його електричну індукцію та об'ємну густину енергії.

116. Різниця потенціалів між пластинами плоского конденсатора площею 100 см^2 кожна дорівнює 280 В . Поверхнева густина зарядів на пластинах $4,95 \cdot 10^{-7} \text{ Кл/м}^2$. Знайти енергію конденсатора та силу притягання між пластинами.

117. Ємність батареї, створеної двома послідовно з'єднаними конденсаторами, дорівнює $C = 100 \text{ пФ}$, а заряд 20 нКл . Визначити ємність другого конденсатора, а також різниці потенціалів на обкладках кожного з них, якщо $C_1 = 200 \text{ пФ}$.

118. Визначити електроємність плоского конденсатора з двома шарами діелектрика: фарфору товщиною $d_1 = 4 \text{ мм}$ та ебоніту товщиною $d_2 = 1,5 \text{ мм}$, якщо площа пластини дорівнює 100 см^2 . Діелектрична проникність фарфору $\epsilon_1 = 5$, ебоніту $\epsilon_2 = 3$.

119. Визначити поверхневу густину зв'язаних зарядів на слюдяній пластинці ($\epsilon = 7$) товщиною 1 мм , що є ізолятором плоского конденсатора, якщо різниця потенціалів між його пластинами 300 В .

120. Конденсатори ємностями $1; 2; 3 \text{ мкФ}$ підключені до кола з напругою 1100 В . Визначити енергію кожного конденсатора у випадках їх паралельного та послідовного включення.

121. П'ять конденсаторів однакової ємності з'єднали послідовно. Паралельно одному з них підключили статичний вольтметр, ємність якого в два рази менша за ємність кожного конденсатора. Вольтметр показує 500 В . Яка різниця потенціалів на батареї?

122. На рис. 1 всі конденсатори по 2 мкФ . Знайти ємність батареї.

123. На рис. 2 всі конденсатори по 1 мкФ . Знайти ємність батареї.

124. На рис. 3 всі конденсатори по 5 мкФ . Знайти ємність батареї.

125. На рис. 4 $C_1 = C_2 = 2C_3 = 2 \text{ мкФ}$. Знайти ємність батареї.

126. На рис. 5 всі конденсатори по 2 мкФ . Знайти ємність батареї.

127. На рис. 6 всі конденсатори по $0,5 \text{ мкФ}$. Знайти ємність батареї.

128. На рис. 7 $C_1 = C_2 = 2 \text{ мкФ}$, $C_3 = C_4 = C_5 = 1 \text{ мкФ}$. Знайти ємність батареї конденсаторів.

129. На рис. 8 $C_0 = 2 \text{ мкФ}$. Знайти ємність батареї конденсаторів.

130. На рис. 1 ємність батареї конденсаторів $C = 2 \text{ мкФ}$. Знайти ємність всіх конденсаторів, якщо вона однакова.

131. На рис. 2 ємність батареї конденсаторів $C = 4 \text{ мкФ}$. Знайти ємність всіх конденсаторів, якщо вона однакова.

132. Доведіть, що ємність батареї конденсаторів на рис. 1 і 2 одна-

кова за умови, що $\frac{C_1}{C_2} = \frac{C_3}{C_4}$.

133. На рис. 3 ємність батареї конденсаторів $C = 1$ мкФ. Знайти ємність всіх конденсаторів, якщо вона однакова.

134. На рис. 4 ємність батареї конденсаторів $C = 3$ мкФ. Знайти ємність всіх конденсаторів, якщо вона однакова.

135. На рис. 5 ємність батареї конденсаторів $C = 2$ мкФ. Знайти ємність всіх конденсаторів, якщо вона однакова.

136. На рис. 6 ємність батареї конденсаторів $C = 1$ мкФ. Знайти ємність всіх конденсаторів, якщо вона однакова.

137. На рис. 7 ємність батареї конденсаторів $C = 10$ мкФ. Знайти ємність всіх конденсаторів, якщо вона однакова.

138. На рис. 9 ємність батареї конденсаторів $C = 33$ мкФ. Знайти ємність кожного конденсатора, якщо $C_1 = C_2$.

139. На рис. 1 конденсатори ємністю $C_1 = 2$ мкФ, $C_2 = 4$ мкФ, $C_3 = 6$ мкФ, $C_4 = 8$ мкФ з'єднані в батарею. Між точками a і b напруга $U = 12$ В. Визначити заряд та різницю потенціалів на кожному конденсаторі.

140. На рис. 2 конденсатори ємністю $C_1 = 2$ мкФ, $C_2 = 4$ мкФ, $C_3 = 6$ мкФ, $C_4 = 8$ мкФ з'єднані в батарею. Напруга між точками a і b $U = 20$ В. Визначити різницю потенціалів та заряд на кожному конденсаторі.

141. На рис. 4 конденсатори ємністю $C_1 = 1$ мкФ, $C_2 = 2$ мкФ, $C_3 = 4$ мкФ з'єднані в батарею. Між точками a і b напруга $U = 12$ В. Визначити різницю потенціалів та заряд на кожному конденсаторі.

142. На рис. 3 конденсатори $C_1 = 2$ мкФ, $C_2 = 4$ мкФ, $C_3 = 1$ мкФ, $C_4 = 3$ мкФ з'єднані в батарею. Між точками a і b напруга $U = 10$ В. Визначити різницю потенціалів та заряд на кожному конденсаторі.

143. На рис. 5 конденсатори $C_1 = 1$ мкФ, $C_2 = 3$ мкФ, $C_3 = 2$ мкФ, $C_4 = 3$ мкФ з'єднані в батарею. Між точками a і b напруга $U = 10$ В. Визначити різницю потенціалів та заряд на кожному конденсаторі.

144. На рис. 6 конденсатори ємністю $C_1 = 2$ мкФ, $C_2 = 4$ мкФ, $C_3 = 6$ мкФ, $C_4 = 4$ мкФ, $C_5 = 8$ мкФ, $C_6 = 2$ мкФ з'єднані в батарею. Між точками a і b напруга $U = 24$ В. Визначити заряд та різницю потенціалів на кожному конденсаторі.

145. На рис. 8 конденсатори ємністю $C_1 = 1$ мкФ, $C_2 = 3$ мкФ, $C_3 = 0,25$ мкФ з'єднані в батарею. Між точками a і b напруга $U = 6$ В. Визначити заряд та різницю потенціалів на кожному конденсаторі.

146. На рис. 7 конденсатори ємністю $C_1 = 2$ мкФ, $C_2 = 4$ мкФ, $C_3 = 8$ мкФ, $C_4 = 1$ мкФ, $C_5 = 3$ мкФ з'єднані в батарею. Між точками a і b напруга $U = 240$ В. Визначити заряд та різницю потенціалів на кожному конденсаторі.

147. На рис. 9 конденсатори ємністю $C_1 = 2 \text{ мкФ}$, $C_2 = 4 \text{ мкФ}$, з'єднані в батарею. Між точками A і B напруга $U = 100 \text{ В}$. Визначити заряд та різницю потенціалів на кожному конденсаторі.

148. На рис. 7 конденсатори ємністю $C_1 = 2 \text{ мкФ}$, $C_2 = 1 \text{ мкФ}$, $C_3 = 3 \text{ мкФ}$, $C_4 = 5 \text{ мкФ}$, $C_5 = 7 \text{ мкФ}$ з'єднані в батарею. Між точками a і b напруга $U = 40 \text{ В}$. Визначити заряд та різницю потенціалів на кожному конденсаторі.

149. На рис. 5 конденсатори ємністю $C_1 = 3 \text{ мкФ}$, $C_2 = 2 \text{ мкФ}$, $C_3 = 1 \text{ мкФ}$, $C_4 = 3 \text{ мкФ}$ з'єднані в батарею. Між точками a і b напруга $U = 24 \text{ В}$. Визначити різницю потенціалів та заряд на кожному конденсаторі.

150. На рис. 6 конденсатори ємністю $C_1 = 0,75 \text{ мкФ}$, $C_2 = 1,25 \text{ мкФ}$, $C_3 = 2 \text{ мкФ}$, $C_4 = 0,5 \text{ мкФ}$, $C_5 = 1,5 \text{ мкФ}$, $C_6 = 1 \text{ мкФ}$ з'єднані в батарею. Між точками a і b напруга $U = 70 \text{ В}$. Визначити різницю потенціалів та заряд на кожному конденсаторі.

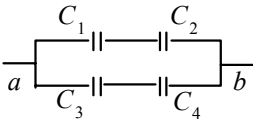


Рис. 1

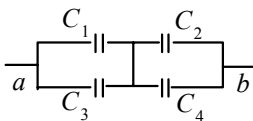


Рис. 2

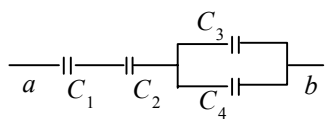


Рис. 3

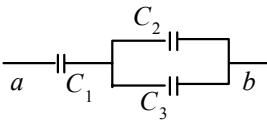


Рис. 4

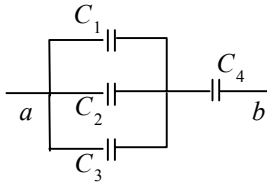


Рис. 5

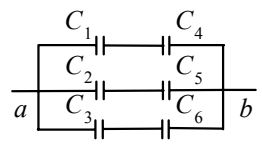


Рис. 6

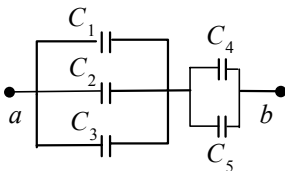


Рис. 7

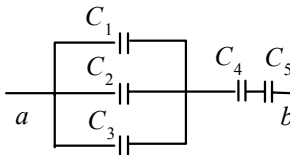


Рис. 8

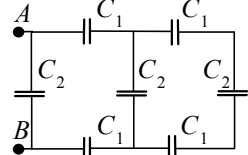


Рис. 9

Тема 3. ЗАКОНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

1. Визначити заряд, який пройшов через провідник опором 3 Ом під час рівномірного зростання напруги від 2 до 4 В за 20 с.

2. На кінцях залізного дроту довжиною 30 см і діаметром 0,5 мм, увімкненого в коло, напруга протягом 16 с рівномірно зростає від 12 до 60 В. Визначити кількість електрики, яка пройшла крізь дріт.

3. Мідний провідник перерізом S рухається зі швидкістю v_0 , що спрямована перпендикулярно до площі S . Який заряд пройде по провіднику при його різкій зупинці, якщо кінці провідника замкнuto?

4. По мідному провіднику перерізом $S = 0,17 \text{ мм}^2$ протікає струм $I = 0,025 \text{ А}$. Визначити силу, що діє на окремі електрони з боку електричного поля.

5. Визначити струм, який створює електрон в атомі водню, якщо він рухається по круговій орбіті радіусом $r = 0,53 \text{ А}$.

6. По залізному провіднику діаметром 0,6 мм протікає струм силою 16 А. Визначити середню швидкість направленої руху електронів, вважаючи, що кількість вільних електронів n_0 в одиниці об'єму дорівнює кількості атомів n_1^0 в одиниці об'єму провідника.

7. По мідному провіднику перерізом 1 мм^2 проходить струм 10 А. Визначити середню швидкість упорядкованого руху електронів, якщо вважати, що на кожний атом міді припадає 1 електрон провідності. Густина міді $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, атомна маса 63,6.

8. Визначити, у скільки разів зміниться значення струму, який протікає через платинову піч, при її нагріванні від 20 до 1200 °С, якщо температурний коефіцієнт опору платини $\alpha = 3,65 \cdot 10^{-3}$, а напруга на затискачах печі залишається незмінною.

9. На одному кінці циліндричного мідного провідника опором $r_0 = 10 \text{ Ом}$ при 0 °С підтримується температура 20 °С, а на другому – 400 °С. Знайти опір провідника при сталому градієнті температури вздовж його осі.

10. На цоколі лампочки з вольфрамовою ниткою написано 120 В, 60 Вт. В холодному стані опір лампочки 20 Ом. Яка нормальна температура розжарення нитки, якщо температурний коефіцієнт опору вольфраму $\alpha = 5 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}$?

11. Визначити температурний коефіцієнт опору провідника, що виготовлений з алюмінієвого дроту опором 3 Ом і залізного дроту опором 2 Ом, які з'єднані послідовно.

12. Мідний і графітовий стрижні однакової товщини з'єднали по-

слідовно. При якому співвідношенні їх довжин опір системи не буде залежати від температури?

13. Котушка з мідного дроту має опір 10,8 Ом. Знайти довжину і діаметр дроту, якщо вага котушки 33,4 Н.

14. В необмеженому середовищі, питомий опір якого 10^2 Ом·м, розташували металеву кулю діаметром 0,1 м. Визначити опір системи куля – необмежене середовище.

15. Визначити опір r графітового провідника, виготовленого у вигляді прямого кругового конусу довжиною 20 см і радіусами основ 12 та 8 мм, якщо питомий опір графіту 3900 нОм·м.

16. Від батареї, різниця потенціалів на клеммах якої 10⁵ В, необхідно передати потужність 5 МВт на відстань 5 км. Допустима втрата потужності в провідниках 1 %. Розрахувати мінімальний переріз мідного дроту, який можна використати.

17. Яку кількість акумуляторів необхідно сполучити послідовно, щоб одержати струм 4 А при різниці потенціалів на полюсах батареї 220 В? ЕРС кожного акумулятора 2 В, внутрішній опір 0,25 Ом.

18. Вимірюючи напругу анодної батареї за допомогою вольтметра, опір якого $R_1 = 4500$ Ом, дістали значення $U_1 = 82$ В. Вольтметр, що мав опір $R_2 = 250000$ Ом, показав напругу $U_2 = 90,2$ В. Визначити ЕРС цієї батареї.

19. Два вольтметри, з'єднані послідовно, підключили до джерела струму. Вольтметри показують 8 і 4 В. Якщо підключити до цього джерела струму тільки другий вольтметр, він покаже 10 В. Знайти ЕРС джерела струму.

20. Міліамперметром з опором 9,9 Ом можна вимірювати струми не більше ніж 10 мА. Що треба зробити, щоб виміряти цим приладом: а) струми до 1 А; б) напругу до 1 В ?

21. Є прилад з ціною поділки 10 мкА. Шкала має 100 поділок, внутрішній опір 100 Ом. Як з цього приладу зробити вольтметр для вимірювання напруг до 100 В?

22. Ціна поділки приладу $15 \cdot 10^{-6}$ А/под. Шкала приладу має 200 поділок, внутрішній опір 100 Ом. Як з цього приладу виготовити вольтметр для напруг до 200 В і амперметр для струмів до 1 А?

23. Амперметром, із шунтом вимірюють струми до 10 А. Яку найбільшу силу струму можна виміряти цим амперметром без шунта, якщо опір амперметра 0,02 Ом, а опір шунта 0,005 Ом?

24. ЕРС елемента 1,6 В, внутрішній опір 0,5 Ом. Чому дорівнює ККД елемента, якщо сила струму в колі 2,4 А?

25. Елемент, реостат і амперметр з'єднані послідовно. ЕРС елемента 2 В, внутрішній опір 0,4 Ом. Амперметр показує силу струму 1 А. З яким ККД працює елемент?

26. Визначити внутрішній опір акумулятора, якщо при замиканні його на зовнішній опір $R_1 = 1$ Ом напруга на акумуляторі $U_1 = 2$ В, а при замиканні на $R_2 = 2$ Ом – $U_2 = 2,4$ В. Опором провідників знехтувати.

27. ЕРС джерела 6 В. Сила струму в замкненому колі з цим джерелом 3 А при зовнішньому опорі 1,1 Ом. Знайти падіння потенціалу всередині джерела та його власний опір.

28. Визначити струм короткого замикання джерела ЕРС, якщо при зовнішньому опорі $R_1 = 2$ Ом струм $I_1 = 4$ А, а при $R_2 = 12$ Ом струм $I_2 = 0,8$ А.

29. До елемента з ЕРС 1,5 В приєднали котушку з опором 0,1 Ом. Амперметр показав силу струму 0,5 А. Коли до елемента приєднали послідовно ще один з такою ж ЕРС, сила струму в колі стала 0,4 А. Визначити внутрішній опір першого і другого елементів.

30. При замиканні елемента на опір 5 Ом в колі протікає струм 2,5 А; на опір 2 Ом – струм 5 А. Чому дорівнює струм короткого замикання?

31. ЕРС джерела 12 В, сила струму короткого замикання 5 А. Яку найбільшу потужність може дати це джерело в зовнішньому колі?

32. Еквівалентний опір трьох паралельно ввімкнених резисторів, що відносяться як 1:3:5, дорівнює 30 Ом. Визначити опір кожного резистора.

33. Є 12 елементів з ЕРС 1,5 В і внутрішнім опором $r_i = 0,4$ Ом. Як можна їх з'єднати, щоб отримати найбільшу силу струму в зовнішньому колі, що має опір $R = 0,3$ Ом? Знайти I_{\max} .

34. Електричне коло складається з трьох дротів однакової довжини із однакового матеріалу, з'єднаних послідовно. Площа їх перерізу 1; 2; 3 мм². Різниця потенціалів на кінцях кола 12 В. Визначити падіння напруги на кожному провіднику.

35. До електричного кола підключені паралельно мідний та сталевий дроти однакової довжини і діаметра. Знайти: 1) відношення кількості теплоти, що виділяється в цих дротах; 2) відношення сил струму в дротах.

36. До електричного кола підключені послідовно мідний та сталевий дроти однакової довжини і діаметра. Знайти: 1) відношення кількості теплоти, що виділяється в цих дротах; 2) відношення падінь напруги на дротах.

37. До мережі напругою 120 В приєднуються два опори. При їх послідовному сполученні струм дорівнює 3 А, при паралельному сумарний струм дорівнює 16 А. Обчислити значення цих опорів.

38. Послідовно сполучено n однакових опорів. У скільки разів зміниться опір кола, якщо їх сполучити паралельно?

39. Крізь акумулятор в кінці зарядки тече струм $I = 4$ А. При цьому напруга на його клеммах $U_1 = 12,8$ В. При розрядці цього ж акумулятора струмом $I_2 = 6$ А напруга на його клеммах 11,1 В. Визначити струм короткого замикання.

40. Динамомашина, внутрішній опір якої 2 Ом, заряджає батарею акумуляторів з ЕРС 10 В та внутрішнім опором 0,6 Ом. Паралельно батареї включена лампочка опором 3 Ом. Зарядний струм в акумуляторі 2 А. Визначити ЕРС динамомашини та струм у лампочці.

41. Вольтметр на рис. 1 показує напругу 20 В, напруга на вході кола 100 В. Визначити величину струму, який протікає через праву частину потенціометра, якщо відношення опорів, на які рухомий контакт ділить потенціометр, дорівнює 2/3.

42. Ділянка кола складається з 9 провідників опором r кожний (рис. 2). Визначити опір всієї ділянки між точками A і B .

43. Між точками A і B (рис. 2) прикладена напруга 20 В. Знайти сили струму, що протікають по провідниках, якщо опір кожного на схемі 2 Ом.

44. На рис. 2 ЕРС $\varepsilon = 12$ В, $r = 2$ Ом. Знайти різницю потенціалів між точками C і D .

45. На рис. 2 ЕРС $\varepsilon = 12$ В, $r = 2$ Ом. Знайти різницю потенціалів між точками A і D .

46. Ділянка кола складається з двох опорів. Один опір дорівнює 50 Ом, другий може змінюватись від 0 до 100 Ом. Показати графічно, як буде змінюватись повний опір ділянки в залежності від зміни другого опору, якщо вони з'єднані: 1) паралельно; 2) послідовно.

47. Два елементи, ЕРС яких 1,9 та 1,1 В, внутрішні опори 0,8 та 0,1 Ом, замкнуті паралельно на зовнішній опір 10 Ом. Визначити силу струму в зовнішньому колі.

48. Два джерела струму з ЕРС $\varepsilon_1 = 2$ В, $\varepsilon_2 = 1,5$ В та внутрішніми опорами $r_1 = 0,5$ і $r_2 = 0,4$ Ом включені паралельно опором $R = 2$ Ом. Визначити силу струму через цей опір.

49. Визначити, якими повинні бути опори r на рис. 3, щоб вхідний опір між точками A та B дорівнював R_0 ? Опір R_0 вважати відомим.

50. На рис. 3 напруга між точками A та B дорівнює 12 В, опір $r = 2$ Ом, опір $R_0 = 5$ Ом. Знайти падіння напруги на опорі R_0 .

51. Три батареї ($\varepsilon_1 = 12 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 6 \text{ В}$, $\varepsilon_3 = 10 \text{ В}$) з однаковими внутрішніми опорами $r = 1 \text{ Ом}$ з'єднані між собою однойменними полюсами. Опір з'єднувальних дротів дуже малий. Яка сила струмів, що протікають крізь батареї?

52. На рис. 4 $R_1 = R_4 = 2 \text{ Ом}$; $R_3 = R_2 = 4 \text{ Ом}$; $\varepsilon_1 = 10 \text{ В}$; $\varepsilon_2 = 4 \text{ В}$. Обчислити значення струму крізь опір R_1 та R_2 . Опорами джерел струму знехтувати.

53. На рис. 4 $R_1 = R_4 = 4 \text{ Ом}$; $R_3 = R_2 = 8 \text{ Ом}$; $\varepsilon_1 = 10 \text{ В}$; $\varepsilon_2 = 4 \text{ В}$. Обчислити значення струму I_3 та I_4 . Опорами джерел струму знехтувати.

54. На рис. 4 $R_1 = R_4 = 5 \text{ Ом}$; $R_2 = R_3 = 10 \text{ Ом}$; $\varepsilon_1 = 12 \text{ В}$; $\varepsilon_2 = 4 \text{ В}$. Визначити величини струмів, якщо внутрішні опори джерел струму 1 Ом .

55. На рис. 5 джерела струму мають ЕРС $1 \dots 4 \text{ В}$, а опори – відповідно $1 \dots 4 \text{ Ом}$. Визначити струми.

56. На рис. 5 джерела струму мають ЕРС $1 \dots 4 \text{ В}$, а опори – відповідно 10 ; 20 ; 30 і 10 Ом . Визначити струм I_2 .

57. Знайти опір R між точками A і B для кола, зображеного на рис. 6. Опори окремих ділянок показано на рисунку.

58. Знайти струм I_3 на рис. 6. Опір $r = 1 \text{ Ом}$; ЕРС $\varepsilon = 20 \text{ В}$.

59. Струм I_2 на рис. 6 дорівнює 1 А , опір $r = 1 \text{ Ом}$. Визначте ЕРС елемента.

60. На рис. 7 $\varepsilon_1 = 10 \text{ В}$; $\varepsilon_3 = 40 \text{ В}$; $R_1 = R_2 = R_3 = R = 10 \text{ Ом}$. Обчислити значення сили струму крізь опір R_3 та величину ЕРС ε_2 . Опорами джерел струму знехтувати.

61. На рис. 7 $\varepsilon_1 = 10 \text{ В}$; $\varepsilon_2 = 20 \text{ В}$; $\varepsilon_3 = 40 \text{ В}$; опори $R_1 = 2R_2 = R_3 = 10 \text{ Ом}$. Визначити значення струмів, які протікають крізь R_2 та ε_1 .

62. На рис. 7 $\varepsilon_1 = 10 \text{ В}$; $\varepsilon_2 = 20 \text{ В}$; $R_1 = R_2 = R_3 = R = 5 \text{ Ом}$. Визначити силу струму крізь опір R_1 та значення ЕРС ε_3 . Внутрішні опори джерел струму не враховувати.

63. Опори всіх резисторів на рис. 7 однакові: $R_1 = R_2 = R_3$, ЕРС батарей $\varepsilon_1 = \varepsilon$; $\varepsilon_2 = 2\varepsilon$; $\varepsilon_3 = 3\varepsilon$; $r_1 = r_2 = r_3$. Обчислити значення струму крізь джерело ε_3 .

64. Опори всіх резисторів на рис. 7 однакові: $R_1 = R_2 = R_3$, ЕРС батарей $\varepsilon_1 = \varepsilon$; $\varepsilon_2 = 2\varepsilon$; $\varepsilon_3 = 4\varepsilon$; $r_3 = 2r_2 = 4r_1$. Обчислити значення струму крізь джерело ε_3 .

65. Опори всіх резисторів на рис. 7 однакові: $R_1 = R_2 = R_3$, ЕРС батарей $\varepsilon_1 = \varepsilon$; $\varepsilon_2 = 2\varepsilon$; $\varepsilon_3 = \varepsilon$. Визначити струм крізь опір R_3 .

66. Обчислити на рис. 7 значення сили струму крізь опір R_3 та величину ЕРС ε_2 , якщо $\varepsilon_1 = 10$ В; $\varepsilon_3 = 40$ В; $R_1 = R_2 = R_3 = R = 10$ Ом. Опорами джерел струму знехтувати.

67. На рис. 8 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3$; $R_1 = 48$ Ом; $R_2 = 24$ Ом, спадіння напруги U_2 на опорі R_2 дорівнює 12 В. Нехтуючи внутрішнім опором елементів, визначити силу струму через опір R_1 .

68. На рис. 8 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3$; $R_1 = 48$ Ом; $R_2 = 24$ Ом; спадіння напруги U_2 на опорі R_2 дорівнює 24 В. Нехтуючи внутрішнім опором елементів, визначити силу струму через опір R_3 .

69. На рис. 8 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3$; $R_1 = 10$ Ом; $R_2 = 20$ Ом; спадіння напруги U_2 на опорі R_2 дорівнює 10 В. Нехтуючи внутрішнім опором елементів, визначити сили струму в колі.

70. На рис. 8 $\varepsilon_1 = 2\varepsilon_2 = 0,5\varepsilon_3 = 6$ В; $R_1 = 10$ Ом; $R_2 = 25$ Ом; $R_3 = 5$ Ом. Внутрішні опори елементів – 1 Ом. Визначити сили струму.

71. Елементи схеми, зображеної на рис. 9, мають такі значення: $\varepsilon_1 = 1$ В; $\varepsilon_2 = 2$ В; $\varepsilon_3 = 3$ В; $R_1 = 100$ Ом; $R_2 = 200$ Ом; $R_3 = 300$ Ом; $R_4 = 400$ Ом. Визначити струм i_1 . Опорами джерел струму знехтувати.

72. На рис. 9 $\varepsilon_1 = 10$ В; $\varepsilon_2 = 12$ В; $\varepsilon_3 = 15$ В; $R_1 = 10$ Ом; $R_2 = 20$ Ом; $R_3 = R_4 = 40$ Ом. Визначити струм i_2 через R_2 . Опорами джерел струму знехтувати.

73. На рис. 9 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 2$ В; $\varepsilon_3 = 5$ В; $R_1 = 10$ Ом; $R_2 = 20$ Ом; $R_3 = 100$ Ом; $R_4 = 50$ Ом. Визначити струм i_2 . Опорами джерел струму знехтувати.

74. На рис. 9 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 10$ В; $\varepsilon_3 = 5$ В; $R_1 = 10$ Ом; $R_2 = 20$ Ом; $R_3 = 100$ Ом; замість R_4 увімкнули конденсатор ємністю $C = 5$ мкФ. Визначити струм i_2 . Опорами джерел струму знехтувати.

75. На рис. 9 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 2$ В; $\varepsilon_3 = 5$ В; $R_1 = 10$ Ом; $R_2 = 20$ Ом; $R_3 = 100$ Ом; $R_4 = 50$ Ом. Визначити струми в колі. Опори джерел струму дорівнюють 1 Ом.

76. На рис. 10 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 2$ В; внутрішні опори $r_1 = r_2 = 0,5$ Ом; $R_1 = R_2 = 10$ Ом. Визначити силу струму крізь елемент ε_1 .

77. На рис. 10 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 2$ В; внутрішні опори $r_1 = r_2 = 0,5$ Ом; $R_1 = 10$ Ом. Визначити силу струму крізь опір $R_2 = 1,5$ Ом.

78. На рис. 10 $\varepsilon_1 = 6$ В; $\varepsilon_2 = 2$ В; $r_1 = r_2 = 0,5$ Ом; $R_1 = R_2 = 10$ Ом. Визначити силу струму крізь елемент ε_1 .

79. Визначити, яким повинен бути опір R_3 на рис. 11, щоб струм крізь гальванометр не протікав, коли $\varepsilon_1 = 6$ В; $\varepsilon_2 = 2$ В; $R_1 = 100$ Ом; $R_2 = 50$ Ом; $R_4 = 80$ Ом.

80. Визначити, яким повинен бути опір R_4 на рис. 11, щоб струм крізь гальванометр не протікав, якщо $\varepsilon_1 = 6$ В; $\varepsilon_2 = 2$ В; $R_1 = 10$ Ом; $R_2 = 5$ Ом; $R_3 = 4$ Ом.

81. Визначити, яким повинно бути співвідношення $\varepsilon_1/\varepsilon_2$ на рис. 11, щоб струм крізь гальванометр не протікав, якщо $R_1 = 100$ Ом; $R_2 = 50$ Ом; $R_3 = 40$ Ом; $R_4 = 80$ Ом.

82. Визначити, яке значення на рис. 11 повинна мати ЕРС ε_1 , щоб струм крізь гальванометр не протікав, якщо $\varepsilon_2 = 2$ В, $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 30$ Ом, $R_4 = 60$ Ом.

83. На рис. 12 опори по 1 кОм кожний та два джерела струму, ЕРС яких 1,5 та 1,8 В. Визначити силу струму крізь опір R_1 . Внутрішніми опорами джерел знехтувати.

84. Визначити ЕРС елемента ε_2 на рис. 13, якщо $R_1 = 100$ Ом, $R_2 = 50$ Ом, $R_3 = 20$ Ом, $\varepsilon_1 = 2$ В. Гальванометр показує струм $I_3 = 50$ мА. Опорами елементів та гальванометра знехтувати.

85. За якої умови сила струму крізь гальванометр на рис. 14 дорівнює 0? Визначити силу струму в окремих гілках містка Уїтстона. ЕРС генератора 2 В, $R_1 = 30$ Ом, $R_2 = 45$ Ом, $R_3 = 200$ Ом, опором генератора знехтувати.

86. Визначити покази амперметра на рис. 15, якщо $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 1,5$ В, $r_1 = r_2 = 0,5$ Ом, $R_1 = R_2 = 2$ Ом, $R_3 = 1$ Ом. Опір приладу 3 Ом.

87. На рис. 16 $\varepsilon = 2$ В, $R_1 = 60$ Ом, $R_2 = 40$ Ом, $R_3 = R_4 = 20$ Ом, $R_G = 100$ Ом. Визначити силу струму, що тече через гальванометр.

88. Що покаже вольтметр на рис. 17, якщо $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 2,2$ В; $R_1 = 100$ Ом, $R_2 = 200$ Ом, $R_3 = 300$ Ом, $R_4 = 400$ Ом? Опір вольтметра $R_v = 300$ Ом. Внутрішнім опором джерел знехтувати.

89. Для визначення невідомої напруги U за допомогою нормального елемента з ЕРС $\varepsilon_n = 1,01830$ В застосовують схему рис. 18. Визначити напругу U , коли відомо, що $r_1 + r_2 = 1000$ Ом, $r = 500$ Ом (цей опір включає в себе опір нормального елемента та міліамперметра) і струм в колі нормального елемента відсутній при опорі $r_2 = 20$ Ом.

90. Під якою напругою треба передавати постійний струм на відстань 5 км, щоб при густині струму $j = 2,5 \cdot 10^5$ А/м² в мідному проводі двохпровідної лінії електропередач втрати в лінії становили 1 %? Питомий опір міді $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

91. Сила струму в колі змінюється з часом за законом $I(\tau) = I_0 \cdot e^{-\alpha \tau}$. Визначити кількість теплоти, яка виділиться в провіднику опором $R = 20$ Ом за час, протягом якого струм змінюється в e раз. Коефіцієнт α прийняти рівним $2 \cdot 10^{-2}$ с⁻¹, $I_0 = 4$ А.

92. Сила струму в провіднику, опір якого 5 Ом, з часом змінюється за законом $I = 4 + 2t$. Визначити кількість теплоти, яка виділиться у провіднику протягом часу від $t_1 = 2$ с до $t_2 = 4$ с.

93. Протягом 5 с у провіднику, опір якого 15 Ом, струм рівномірно зростає від 0 до деякого максимального значення, при цьому виділяється 10 кДж тепла. Обчислити середнє значення сили струму за цей проміжок часу.

94. Струм у провіднику опором 10 Ом рівномірно зростає від $I_0 = 0$ до деякого максимального значення протягом $\tau = 10$ с. За цей час у провіднику виділилося теплоти $Q = 10^3$ Дж. Визначити швидкість наростання струму в провіднику.

95. Сила струму в провіднику, опір якого $R = 100$ Ом рівномірно зменшується від 10 до 1 А протягом 30 с. Визначити кількість теплоти, яка виділиться протягом цього часу.

96. По провіднику, опір якого $R = 6$ Ом, пройшло 30 Кл електрики. Визначити кількість теплоти, що виділилася, якщо струм рівномірно спадав до $I = 0$ протягом $\tau = 24$ с.

97. Сила струму в провіднику опором 20 Ом за $\tau = 2$ с зростає за лінійним законом від $I_0 = 0$ до $I_{\max} = 6$ А. Визначити кількість теплоти, яка виділилась за другу секунду.

98. В провіднику протягом 10 с при рівномірному зростанні сили струму від 1 до 2 А виділилось теплоти $Q = 5$ кДж. Визначити опір R провідника.

99. Протягом 8 с в провіднику, опір якого $R = 8$ Ом, струм рівномірно зростає від нуля до деякого значення, при цьому виділилось теплоти $Q = 500$ Дж. Визначити заряд, який пройшов крізь провідник.

100. Крізь провідник опором $R = 3$ Ом пропускають рівномірно зростаючий струм. Протягом часу $\tau = 8$ с, в ньому виділилось теплоти $Q = 200$ Дж. Визначити заряд q , який пройшов за цей час по провіднику. В початковий момент часу струм $I_0 = 0$.

101. Сила струму в провіднику, опір якого $R = 120$ Ом, рівномірно зростає від $I_0 = 0$ до $I_{\max} = 5$ А протягом $\tau = 15$ с. Визначити кількість теплоти, яка виділилась за цей час у провіднику.

102. Сила струму в провіднику, опір якого $R = 100$ Ом, рівномірно зменшується від $I_0 = 10$ до $I = 1$ А за час $\tau = 60$ с. Визначити кількість теплоти, що виділилась у провіднику за цей час.

103. Сила струму в провіднику, опір якого $R = 50$ Ом, рівномірно зростає від $I_0 = 0$ до $I_{\max} = 3$ А протягом часу $\tau = 6$ с. Визначити, яка кількість теплоти виділиться за цей час у провіднику.

104. ЕРС батареї 4,5 В, внутрішній опір – 3 Ом. Скільки таких

батарею потрібно з'єднати послідовно для живлення лампи, розрахованої на 220 В; на 60 Вт?

105. Дві лампи, розраховані на напругу 220 В, номінальною потужністю 100 і 60 Вт, увімкнені послідовно в мережу напругою 200 В. Які потужності споживають лампи?

106. На плиті потужністю 0,5 кВт стоїть чайник, в який налито 1 л води при 16 °С. Вода в ньому закипіла через 20 хв після вмикання плити. Яку кількість теплоти витрачено при цьому на нагрівання чайника та випромінювання?

107. Є два електрокип'ятильники з опорами 10 та 20 Ом. Другий кип'ятильник нагріває певний об'єм води до кипіння за 20 хв. Скільки часу необхідно першому кип'ятильнику, щоб довести до кипіння той же об'єм води? За який час вода нагріється до кипіння обома кип'ятильниками при паралельному та при послідовному їх з'єднанні? В усіх випадках кип'ятильники підключаються до однієї й тієї ж мережі з напругою U .

108. З ніхромової стрічки ($\rho = 1,1 \cdot 10^{-6}$ Ом·м) перерізом 0,5 мм² треба виготовити обмотку кип'ятильника. Яку довжину стрічки треба взяти, якщо 2 л води нагрілися за 15 хв від 10 до 100 °С? Напруга на затискачах кип'ятильника 120 В, його ККД 70 %. Зміною опору провідника при його нагріванні знехтувати.

109. Елемент, внутрішній опір якого 4 Ом та ЕРС 12 В, замикається провідником, опір якого 8 Ом. Яка кількість теплоти буде виділятися в зовнішній частині кола за 10 с?

110. Джерело напруги $U = 110$ В живить коло, в яке ввімкнено електричну плиту, сполучену послідовно з опором $R = 5$ Ом. Визначити опір плити, при якому її потужність $P = 200$ Вт.

111. Низькоомна обмотка підмагнічування динаміка живиться на відстані від акумулятора з ЕРС $\mathcal{E} = 8$ В, лінія передачі має опір $R = 1$ Ом. Яким повинен бути опір обмотки підмагнічування, щоб потужність струму підмагнічування в обмотці була $P = 8$ Вт?

112. Батарея складена з паралельно сполучених елементів. При силі струму в зовнішньому колі 2 А корисна потужність дорівнює 7 Вт. Визначити кількість елементів у батареї, якщо ЕРС кожного з них 5,5 В, а внутрішній опір 5 Ом.

113. Батарея складена з п'яти послідовно сполучених елементів з ЕРС 2 В і внутрішнім опором 1,2 Ом кожний. Як треба приєднати до батареї дві спіралі опором по 4 Ом кожна, щоб отримати максимальну кількість теплоти? Визначити корисну потужність при паралельному і послідовному увімкненні спіралей.

114. Елемент, ЕРС якого 6 В, дає максимальну силу струму 3 А і замикається провідником, опір якого 8 Ом. Знайти максимальну кількість теплоти, яку можна отримати у зовнішньому колі за 1 хв.

115. В електричному колі при зовнішніх опорах 2 та 0,1 Ом виділяється однакова потужність. Визначити внутрішній опір джерела.

116. Визначити ЕРС акумулятора, якщо при силі струму 5 А він дає в зовнішнє коло 9,5 Вт, а при силі струму 8 А в зовнішньому колі виділяється 14,4 Вт.

117. У зовнішньому ланцюгу при силі струму 4 А розвивається потужність 10 Вт, а при силі струму 2 А – потужність 8 Вт. Визначити: 1) ЕРС; 2) внутрішній опір R джерела струму.

118. На зовнішньому опорі акумулятора виділилась теплова потужність 10 Вт. Коли до кінців цього опору приєднали другий такий же акумулятор, потужність стала 20 Вт. Якою вона стане при приєднанні третього такого акумулятора?

119. Елемент замикається перший раз провідником з опором $R_1 = 4$ Ом, другий – з опором $R_2 = 9$ Ом. У кожному випадку в провіднику за один і той же час виділяється однакова кількість теплоти. Визначити внутрішній опір елементу.

120. До елементу перший раз приєднується опір $R_1 = 2$ Ом, другий раз – $R_2 = 8$ Ом. В першому і другому випадках кількість теплоти, яка виділяється на опорах за один і той же проміжок часу, однакова. Визначити внутрішній опір елементу.

121. В одному колі при силі струму $I_1 = 3$ А виділялася потужність $N_1 = 18$ Вт, а в іншому при силі струму $I_2 = 1$ А відповідно $N_2 = 10$ Вт. Визначити ЕРС і внутрішній опір джерела струму.

122. Джерело струму замикають спочатку на зовнішній опір $R_1 = 2$ Ом, а після цього на зовнішній опір $R_2 = 0,5$ Ом. Знайти ЕРС джерела та його внутрішній опір, якщо в обох випадках потужність струму в зовнішньому колі однакова і дорівнює 2,54 Вт.

123. Два опори по $R = 100$ Ом приєднують до джерела ЕРС спочатку послідовно, а потім паралельно. В обох випадках теплова потужність, яка виділяється на кожному опорі, однакова. Визначити ЕРС, якщо струм у колі при послідовному ввімкненні опорів дорівнює 1 А.

124. Якщо до акумулятора підключити деякий опір, то ККД акумулятора дорівнює 60 %, якщо замість першого опору приєднати другий, ККД стане рівним 80 %. Який буде ККД акумулятора, якщо обидва опори підключити до акумулятора послідовно? паралельно?

125. Генератор з ЕРС $\varepsilon = 140$ В і внутрішнім опором $r = 0,2$ Ом дає струм $I = 100$ А. Опір зовнішнього кола $R = 1,2$ Ом. Визначити повну і корисну потужність генератора, електричні втрати і ККД.

126. Визначити ККД джерела з внутрішнім опором 0,1 Ом, якщо він працює на навантаження опором 1,5 Ом.

127. Однорідний залізний провідник довжиною 100 м підключають до джерела постійного струму напругою 100 В на 10 с. Як зміниться при цьому температура провідника? Зміною опору провідника при його нагріванні знехтувати.

128. Однорідний нікеліновий провідник довжиною 10 см і перерізом 2 мм^2 підключають до джерела постійного струму напругою 100 В на 100 с. Якою стане при цьому температура провідника, якщо вона була $20 \text{ }^\circ\text{C}$? Втратами енергії при нагріванні провідника знехтувати.

129. До кінців свинцевого дроту довжиною 5 см і діаметром 0,2 мм прикладена напруга 100 В. Скільки часу пройде до початку плавлення свинцю? Точка його плавлення $327 \text{ }^\circ\text{C}$, початкова температура $-0 \text{ }^\circ\text{C}$. Зміною теплоємності свинцю і розсіюванням енергії при нагріванні провідника знехтувати.

130. Як зміниться температура мідного дроту, якщо крізь нього пропускати протягом 0,5 с струм, густина якого $J = 9 \text{ А/мм}^2$? Все тепло йде на нагрівання дроту. Питомий опір міді $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, густина $-8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, питома теплоємність $380 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$.

131. Визначити густину електричного струму і напруженість електричного поля у вольфрамовому провіднику, якщо густина теплової потужності струму $5,5 \cdot 10^4 \text{ В/м}^3$ ($\rho = 5,5 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$).

132. Густина струму у мідному провіднику 3 А/мм^2 . Знайти напруженість електричного поля у провіднику.

133. Визначити густину струму, якщо за 2 с через провідник перетином $1,6 \text{ мм}^2$ пройшло $2 \cdot 10^{19}$ електронів.

134. Густина електричного струму у мідному дроті 10 А/см^2 . Визначити питому теплову потужність струму, якщо питомий опір міді $\rho = 17 \text{ нОм}\cdot\text{м}$.

135. ЕРС термопари мідь-константан пропорційна різниці температур її сплавів. При підключенні термопари до послідовно сполучених резистора R_1 та гальванометра величина струму в колі дорівнює I_1 . Якщо $R_1 = 0$, то струм дорівнює I_2 . Визначити термоелектрорушійну силу, яка виникає при різниці температур в 1 градус.

136. Визначити відношення числа вільних електронів в одиниці об'єму у вісмута та сурми, якщо при нагріванні одного зі сплавів на $100 \text{ }^\circ\text{C}$ виникає ЕРС $\varepsilon = 0,01 \text{ В}$.

137. У скільки разів зміниться густина струму насичення термоелектронної емісії вольфрамової нитки розжарення електронної лампи при зміні її температури від 1500 до 2500 К?

138. Визначити роботу виходу електрона з металу, якщо густина

струму насичення двохелектродної лампи при температурі T_1 дорівнює $J_{н1}$, а при T_2 дорівнює $J_{н2}$.

139. У скільки разів буде більший струм насичення термоелектронної емісії з торієво-вольфрамового катода при робочій температурі $T = 1800$ К, ніж струм насичення з чистого вольфрамового катода при тій самій робочій температурі? Емісійна стала для чистого вольфраму $B_1 = 60$ А/(см²·К), а для торієвого вольфраму $B_2 = 3$ А/(см²·К) ($A_1 = 4,54$ еВ; $A_2 = 2,63$ еВ).

140. Роботи виходу електронів з платини та цезію відносяться як $A_{pt}/A_{Cs} = 1,58$. Визначити відношення мінімальних швидкостей теплового руху електронів, що вилітають з цих металів.

141. Густина електричного струму в мідному провіднику $5 \cdot 10^6$ А/м². Знайти густину теплової потужності струму в провіднику (питомий опір міді $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м).

142. Робота виходу електрону з металу $A = 2,5$ еВ. Визначити швидкість електрона, який залишає метал, якщо його енергія $W = 10^{-18}$ Дж.

143. Струм насичення при несамостійному розряді $I_{нас} = 6,4 \cdot 10^{-4}$ А. Визначити число пар іонів, які утворені за 1 с зовнішнім іонізатором.

144. Визначити енергію іонізації атома гелію, якщо його потенціал іонізації 24,5 В.

145. Потенціал іонізації атома водню $U_i = 13,6$ В. Визначити температуру, при якій атоми мають середню кінетичну енергію поступального руху, достатню для іонізації.

146. Визначити концентрацію одновалентних іонів у повітрі, якщо при напруженості поля $E = 34$ В/м густина струму $j = 2 \cdot 10^{-6}$ А/м². Рухливість іонів $U_+ = 1,38 \cdot 10^{-4}$ м²/(с·В); $U_- = 1,91 \cdot 10^{-4}$ м²/(с·В).

147. В атмосферному повітрі в середньому міститься 700 пар іонів в 1 см³. Рухливість позитивних іонів $1,4 \cdot 10^{-4}$ м²/(В·с), а негативних $1,9 \cdot 10^{-4}$ м²/(В·с). Визначити густину струму у вертикальному повітряному провіднику, якщо напруженість електричного поля Землі $1,3 \cdot 10^4$ В/м. Вважати заряди іонів рівними заряду електронів.

148. Середня напруженість електричного поля Землі становить 130 В/м. Визначити густину струму провідності в атмосфері, якщо в 1 м³ повітря знаходиться $n = 7 \cdot 10^8$ м⁻³ пар одновалентних іонів. Рухливість іонів повітря $U_+ = 1,37 \cdot 10^{-4}$ м²/(с·В); $U_- = 1,91 \cdot 10^{-4}$ м²/(с·В).

149. Простір між пластинами плоского конденсатора має об'єм 375 см³ і заповнений воднем, який частково іонізований. Площа пластин конденсатора 250 см². При якій напрузі U сила струму крізь кон-

денсатор досягне значення 2 мкА, якщо концентрація іонів в газі $n_0 = 5,3 \cdot 10^7 \text{ см}^{-3}$; $u_+ = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/(\text{с} \cdot \text{В})$; $u_- = 7,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/(\text{с} \cdot \text{В})$?

150. Визначити масу міді, що виділиться на катоді за 10 с під час протікання через розчин мідного купоросу струму, сила якого рівномірно зростає від 0 до 4 А.

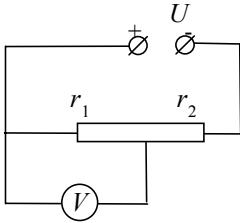


Рис. 1

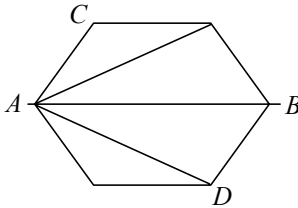


Рис. 2

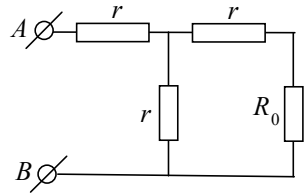


Рис. 3

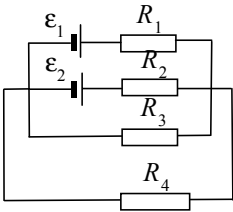


Рис. 4

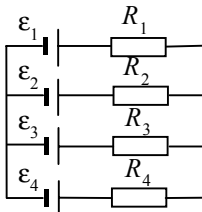


Рис. 5

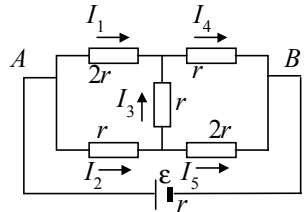


Рис. 6

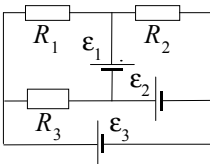


Рис. 7

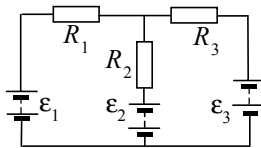


Рис. 8

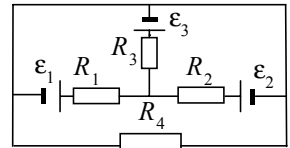


Рис. 9

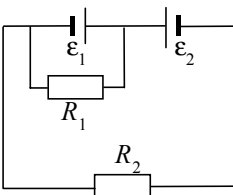


Рис. 10

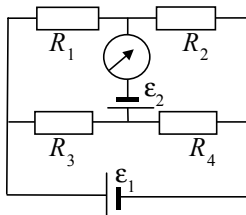


Рис. 11

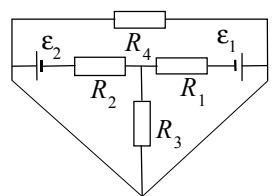


Рис. 12

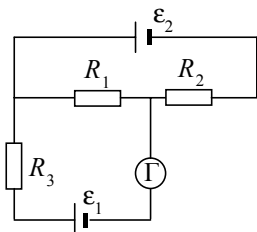


Рис. 13

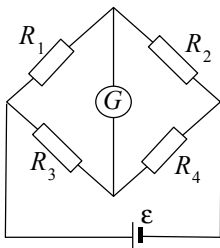


Рис. 14

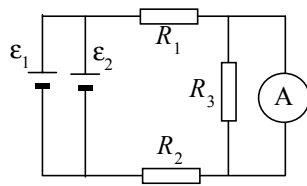


Рис. 15

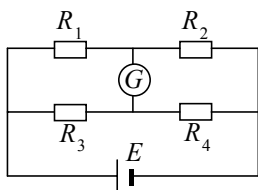


Рис. 16

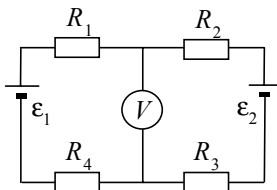


Рис. 17

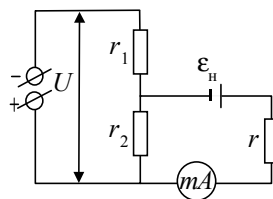


Рис. 18

Таблиці завдань

Таблиця 1

Номер варіанта	Номери задач									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	20	31	46	61	76	91	106	122	138
2	2	21	40	50	75	90	105	120	121	135
3	3	22	41	51	74	89	104	107	130	136
4	4	23	42	52	73	87	101	119	131	137
5	5	16	32	47	72	88	102	118	135	150
6	6	17	33	53	71	77	103	108	134	149
7	7	18	43	54	62	78	92	110	133	145
8	8	19	45	55	63	79	93	111	123	146
9	9	24	44	48	64	80	94	112	124	147
10	10	30	34	49	65	81	95	109	125	148
11	11	25	35	57	66	82	96	113	132	141

Продовж. табл. 1

Номер варіанта	Номери задач									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	12	29	36	56	67	83	99	117	129	139
13	13	28	37	60	68	84	98	116	126	142
14	14	26	39	59	69	85	97	114	127	143
15	15	27	38	58	70	86	100	115	128	140

Таблиця 2

Номер варіанта	Номери задач									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	15	27	38	58	70	80	94	112	124	147
2	12	22	36	56	67	81	95	109	125	148
3	13	23	37	60	68	82	96	113	132	141
4	1	20	31	46	61	83	99	117	129	139
5	2	21	40	50	75	84	98	116	126	142
6	3	22	41	51	74	85	97	114	127	143
7	4	23	42	52	73	86	100	115	128	140
8	5	16	32	47	72	76	91	106	122	138
9	6	17	33	53	71	90	105	120	121	135
10	7	18	43	54	62	89	104	107	130	136
11	8	19	45	55	63	87	101	119	131	137
12	9	24	44	48	64	88	102	118	135	150
13	10	20	34	49	65	77	103	108	134	149
14	11	21	35	57	66	78	92	110	133	145
15	14	16	39	59	69	79	93	111	123	146

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бушок Г.Ф., Левандовский В.В., Півень Г.Ф. Курс фізики. Кн. 1: Фізичні основи механіки. Електрика і магнетизм: Навч. посіб. – К.: Либідь, 1997.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1989.
3. Иродов И.Е. Задачи по общей физике: Учеб. пособие для вузов. – М.: Наука, 1979. – Ч. 3.
4. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики: Навч. посіб.: У 3 т. – К.: Техніка, 2001. – Т. 2.
5. Савельев И.В. Курс физики: Учеб.: В 3 т. – М.: Наука, 1978. – Т. 2.
6. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1985.
7. Чертов А.Г., Воробьев А.А., Федоров М.Ф. Задачник по физике: Учеб. пособие для вузов. – 3-е изд. – М.: Высш. шк., 1973.
8. Элементарный учебник физики: Учеб. пособие: В 3 т. / Под ред. Г.С. Ландсберга. – М.: Наука, 1975. – Т. 2.

ЗМІСТ

Тема 1. Електростатика	3
Тема 2. Конденсатори. Електричне поле в різних середовищах	17
Тема 3. Закони постійного струму	30
Таблиці завдань	43
Рекомендована література	45

Навчальне видання

ШЕНКЕВИЧ Володимир Миколайович
СИПКО Володимир Павлович
ТИТЮЧЕНКО Лідія Іванівна

ЕЛЕКТРИКА

Збірник задач для індивідуальної роботи з курсу фізики
(українською мовою)

Редактор *М.П. Фоміна*
Комп'ютерна правка та верстка *О.М. Черевата*
Коректор *Н.О. Шайкіна*

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 1150 від 12.12.2002 р.

Підписано до друку 04.04.06. Папір офсетний. Формат 60×84/16.
Друк офсетний. Гарнітура "Таймс". Ум. друк. арк. 2,7. Обл.-вид. арк. 2,9.
Тираж 600 прим. Вид. № 45. Зам. № 94. Ціна договірна.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування,
54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5



ВИДАВНИЦТВО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ



Шановні панове!

Запрошуємо Вас ознайомитись з можливостями книжкового видавництва, висококваліфіковані спеціалісти якого забезпечать оперативне та якісне виконання замовлення будь-якого рівня складності.

Наш головний принцип – задовольнити потреби замовника у повному комплексі поліграфічних послуг, починаючи з розробки та підготовки оригіналу-макета, що виконується на базі IBM PC, і закінчуючи друком на офсетних машинах.

Крім цього, ми маємо повний комплекс післядрукарського обладнання, що дає можливість виконувати:

- ✓ аркушепідбір;
- ✓ брошурування на скобу, клей;
- ✓ порізку на гільйотинах;
- ✓ ламінування.

Видавництво також оснащено сучасним цифровим дублікатором фірми "Duplo" формату А3, що дає можливість тиражувати зі швидкістю до 130 копій за хвилину.

Для постійних клієнтів – гнучка система знижок.

Отже, якщо вам потрібно надрукувати **підручники, книги, брошури, журнали, каталоги, рекламні листівки, прайс-листи, бланки, візитні картки**, – ми до Ваших послуг.

© Національний університет кораблебудування

✉ Україна, 54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5,
видавництво НУК

☎ 8(0512) 47-83-86; 39-81-41; 39-73-39; fax 8(0512) 39-73-26;