

2.34. При охолодженні води до 0°C виділиться кількість теплоти $Q_1 = cm_2(t_2 - t_1)$ або $Q_1 = 67\,200$ Дж. Визначимо, яку кількість льоду m_3 можна розплавити за рахунок цієї кількості теплоти: $m_3 = \frac{Q_1}{\lambda}$ або $m_3 \approx 0,2$ кг. Оскільки $m_3 < m_1$, значить, розплавився не весь лід й одержана суміш має температуру також 0°C . Отже, в чашці буде $0,3$ кг льоду і $0,4$ кг води.

2.35. Знаючи ККД $\eta = \frac{Pt}{qm}$, знайдемо масу спаленого палива $m = \frac{Pt}{\eta q}$.

Норма витрати палива на весь шлях $m'_0 = m_0 \frac{s}{s_0}$. Тоді маса зекономленого палива дорівнює:

$$\Delta m = m'_0 - m = m_0 \frac{s}{s_0} - \frac{Pt}{\eta q}, \text{ або } \Delta m = 9,6 \text{ кг.}$$

2.36. Якщо q — кількість теплоти, яка відводиться від води за одиницю часу, то $\tau_1 = \frac{Q}{q} = \frac{\lambda\tau}{c(t-t_0)}$ або $\tau_1 = 79$ хв, де $Q = \lambda m$ — кількість теплоти, яку необхідно відняти від води при температурі $t_0 = 0^\circ\text{C}$, щоб перетворити її в лід при тій самій температурі, m — маса води, λ — питома теплоємність води.

2.37. Для того щоб дробинка почала тонути, немає необхідності в тому, щоб розтанув весь лід. Достатньо того, щоб середня густина льоду з шротинкою стала рівною густині води. Якщо масу льоду, що залишився, позначити через M_1 , то умова того, що шротинка почне тонути, запишеться так:

$\frac{M_1 + m}{V_1} = \rho_{\text{в}}$. Але об'єм V_1 льоду і шротинки дорівнює сумі їхніх об'ємів:

$$V_1 = \frac{M_1}{\rho_{\text{л}}} + \frac{m}{\rho_{\text{с}}}. \text{ Тому } M_1 + m = \rho_{\text{в}} \left(\frac{M_1}{\rho_{\text{л}}} + \frac{m}{\rho_{\text{с}}} \right). \text{ Звідси } M_1 = m \frac{(\rho_{\text{с}} - \rho_{\text{в}})\rho_{\text{л}}}{(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{л}})\rho_{\text{с}}}$$

або $M_1 = 41$ г. Розтанути повинна маса льоду: $\Delta M = M - M_1$ або $\Delta M = 59$ г.

Для цього необхідна кількість теплоти $Q = \lambda\Delta M$, або $Q = 19,7$ Дж.

2.38. Вся дротина має опір $R = nr$, де r — опір кожної з n рівних частин дротини. При паралельному з'єднанні n однакових провідників загальний

опір складатиме: $R_0 = \frac{r}{n}$. Виключаючи r , дістанемо $\frac{R}{R_0} = n^2$, n може

бути лише цілим додатним числом, більшим за одиницю. Тому розв'язки

можливі лише у випадках, коли $\frac{R}{R_0} = 4, 9, 16, 25, 36, \dots$ У нашому випадку

$$n = \sqrt{\frac{R}{R_0}} = \sqrt{\frac{100}{1}} = 10.$$

2.39. Опір трьох однакових послідовно з'єднаних резисторів втричі більший за опір одного резистора, тобто $R_1 = 3R$. Звідси опір одного резистора дорівнює 3 Ом. Опір трьох однакових паралельно з'єднаних резисторів втричі менший за опір одного резистора, тобто дорівнює 1 Ом.

2.40. Опір паралельно з'єднаних резисторів $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 15$ (Ом). Загальний опір кола $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = 50$ (Ом). Тоді сила струму в нерозгалуженій частині кола (і в третьому резисторі) $I_3 = \frac{U}{R} = 2,4$ (А). Сума сил струмів у першому і другому резисторах дорівнює силі струму I_3 , а відношення сил струмів I_1 і I_2 обернено пропорційне опорам резисторів, тобто

$$I_1 + I_2 = I_3 \text{ і } I_1 : I_2 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2}.$$

З цих двох рівнянь знайдемо $I_1 = 1,8$ А і $I_2 = 0,6$ А.

2.41. Напряга на першому резисторі U_1 . По цьому резистору йде струм силою $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = 8,7$ (А). Напряга на другому резисторі $U - U_1$ і по ньому йде струм силою $I_2 = \frac{U - U_1}{R_2} \approx 10,87$ (А). Через вольтметр йде струм силою $I_B = I_2 - I_1 \approx 2,17$ (А). Тоді шукане відношення: $\frac{I_B}{I_2} \approx 0,2$.

2.42. Очевидно, що послідовне чи паралельне з'єднання всіх резисторів не дозволить одержати необхідний опір. Шукана схема має бути змішаним з'єднанням резисторів. При пошуку схеми доцільно керуватися правилом: при паралельному з'єднанні двох резисторів загальний опір менший за найменший з опорів, при послідовному — більший за найбільший. Очевидно, резистор з опором 100 кОм треба з'єднати паралельно з одним з двох інших резисторів. Заданий опір 70 кОм досягається, коли паралельно з'єднати резистори з опором 100 і 25 кОм і послідовно до них приєднати резистор з опором 50 кОм.

2.43. Опір трьох паралельно з'єднаних резисторів знайдемо за формулою

$$\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_3}, \text{ звідки } R_2 = \frac{R_2 R_3 R_x}{R_3 R_x + R_2 R_3 + R_2 R_x}.$$

$$R = \frac{R_2 R_3 R_x}{R_3 R_x + R_2 R_3 + R_2 R_x} + R_1 + R_4,$$

$$\text{звідки } R_x = \frac{R_2 R_3 (R - R_1 - R_4)}{R_2 R_3 - (R_2 + R_3)(R - R_1 + R_4)} = 20 \text{ (Ом)}.$$

2.44. У лівому і правому резисторах (на рисунку вони розміщені вертикально) струми однакової сили повинні йти назустріч одне одному. Це означає,

що струми в цих резисторах відсутні. Ці резистори не впливають на загальний опір кола, і їх можна вимкнути. Еквівалентне коло складатиметься з паралельно з'єднаних двох резисторів, і його опір дорівнюватиме $\frac{1}{2}r$.

2.45. Треба з'єднати три провідники на першому поверсі разом, на другому поверсі ідентифікувати четвертий провідник (дві операції). Потім з'єднати з ним один з трьох провідників, що залишилися, і замкнути два провідники, які залишилися. На першому поверсі ідентифікувати другий провідник (дві операції). Нарешті, з'єднати один з провідників, що залишився, з одним з ідентифікованих. На другому поверсі визначити, які з кінців належать провідникам, що залишилися (одна операція). Всього необхідно п'ять операцій.

2.46. Схеми електропроводки, які дають можливість вмикати і вимикати лампочку в будь-якому кінці коридору, показані на *рис. 270*. Біля кінців коридору встановлюються два перемикачі Π_1 і Π_2 , кожен з яких має два положення. Залежно від положення виводів від мережі варіант а чи б може виявитися вигіднішим з точки зору економії провідників.

2.47. Не існує, оскільки вольтметр V_3 вимірює частину спаду напруги на опорі R_3 . При переміщенні повзунка резистора R_3 показання вольтметрів V , V_1 і V_2 змінюватися не будуть, якщо опір вольтметра V_3 вважати нескінченно великим. Показання вольтметра V_3 буде збільшуватися при русі повзунка вправо.

2.48. Під час руху повзунка вправо сила струму в колі зростає, оскільки зовнішній опір зменшується. Це призводить до зменшення показань вольтметра V_1 і до зростання показань V_2 (оскільки $V_2 = IR$).

2.49. Незалежно від значення опору амперметр показує силу струму в даному колі. Але якщо вимкнути з кола амперметр з великим опором, то сила струму в колі істотно зміниться. Ось чому опір амперметра має бути невеликим.

2.50. Опір між точкою A і точкою 1 дорівнює r . Таким самим він буде і між точками A і 2 і т. д., оскільки верхня складова частина паралельного з'єднання збільшується від точки до точки на один і той самий опір, що дорівнює r . Тобто опір кола між точками A і B становить r .

2.51. Потужніша лампа має менший опір $\left(R_2 = \frac{U^2}{P_2} \right)$, а сила струму, що проходить через лампи, однакова. Із закону Джоуля–Ленца випливає: $P_1' = I^2 R_1$, $P_2' = I^2 R_2$. Тому менш потужна лампа горітиме яскравіше.

2.52. Розділимо кулю на шари однакової товщини перпендикулярно до діаметра, в кінцях якого приєднані провідники. Через всі шари йде струм однієї й тієї самої сили, а опір шару обернено пропорційний його площі. Тому більше теплоти виділяється в шарах з меншою площею, тобто біля полюсів.

2.53. Сумарний опір паралельно з'єднаних лампочок вдвічі менший за опір однієї лампочки. Тому в перший момент після вмикання напруга на паралельно з'єднаних лампочках буде $U_1 = U_2 = 40$ В, а на третій лампочці $U_3 = 80$ В. Оскільки потужність пропорційна квадрату напруги $P = \frac{U^2}{R}$, то при однаковому опорі лампочок в третій лампочці виділяється в чотири рази більша потужність. З нагріванням лампочок U_3 зростає, відповідно U_1 та U_2 — зменшуються.

2.54. а) Можна, оскільки напруга розподілиться порівну між лампами і вони горітимуть в нормальному режимі; б) не можна, оскільки лампа більшої потужності має менший опір і на ній напруга буде менша за 110 В. На лампі меншої потужності напруга перевищує 110 В і вона може перегоріти.

2.55. Схеми вмикання спіралей показані на *рис. 271*. Кількості теплоти, одержані від плитки за одиницю часу, дорівнюватимуть $Q_a = \frac{U^2}{2R}$; $Q_6 = \frac{U^2}{R}$ і $Q_b = \frac{U^2}{\frac{1}{2}R}$, тобто $Q_a : Q_6 : Q_b = 1 : 2 : 4$.

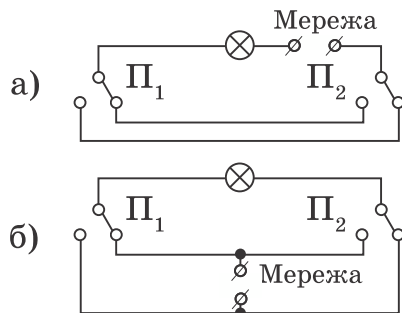


Рис. 270

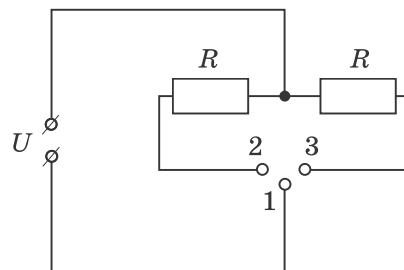


Рис. 271

2.56. Нагрівачі однакової потужності треба з'єднати між собою паралельно і до них послідовно приєднати нагрівач потужністю P_3 . Опір нагрівачів потужністю P_1 і P_2 буде таким: $R_1 = R_2 = \frac{U_1^2}{P_1} = \frac{U_1^2}{P_2}$. Опір паралельного з'єднання буде $R_n = \frac{1}{2}R_1 = \frac{U_1^2}{2P_1}$. Опір третього нагрівача $R_3 = \frac{U_1^2}{P_3}$. Оскільки $P_3 = 2P_1$, то $R_3 = \frac{U_1^2}{2P_1}$, тобто такий самий, як і паралельного з'єднання. Тоді загальний опір кола буде: $2R_3 = \frac{U_1^2}{P_1}$. Сила струму в нерозгалуженій частині кола (в нагрівачі потужністю P_3) дорівнюватиме $I_3 = \frac{U_2}{2R_3} = \frac{U_2}{2U_1^2} P_1$, або $I_3 \approx 9,1$ А. Сила струму в нагрівачах потужністю P_1 і P_2 буде вдвічі меншою, тобто $I_1 = I_2 \approx 4,55$ А.

2.57. Опір паралельного з'єднання трьох резисторів дорівнює $\frac{1}{3}r$. При послідовному з'єднанні резисторів сила струму в них однакова, а кількість теплоти виділяється пропорційно опорів резисторів, тобто $Q_1 = I^2 \frac{1}{3}rt$ і $Q_2 = I^2 Rt$. Звідси $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{r}{3R}$.

2.58. При послідовному з'єднанні однакових нагрівачів на них виділяється потужність $P_1 = \frac{U^2}{2R}$. При паралельному з'єднанні нагрівачів й увімкненні їх у мережу з якоюсь напругою U_x на них виділяється потужність $P_2 = \frac{U_x^2}{\frac{1}{2}R}$.

За умови задачі $P_1 = P_2$ або $\frac{U^2}{2R} = \frac{U_x^2}{\frac{1}{2}R}$, звідки $U_x = \frac{1}{2}U$ або $U_x = 110$ В.

2.59. Для того, щоб лампочку можна було увімкнути в мережу з напругою U_2 , спад напруги на додатковому опорі повинен дорівнювати $U_d = U_2 - U_1$. Згідно із законом Ома, $U_d = IR_d$. Сила струму через додатковий опір дорівнює силі струму через лампочку $I = \frac{P}{U_1}$. Таким чином, $U_d = \frac{PR_d}{U_1}$, звідки $R_d = \frac{U_1 U_d}{P} = \frac{U_1(U_2 - U_1)}{P}$. Оскільки $R_d = \rho \frac{L}{S}$, S і l — переріз і довжина провідника, дістанемо $l = \frac{U_1 U_d S}{\rho P} = \frac{U_1(U_2 - U_1)S}{\rho P}$.

2.60. При вмиканні електронагрівальних приладів Π_1 і Π_2 , які споживають струм великої сили, зростає спад напруги в мережі і розжарення лампочок зменшується. При цьому вплив вмикання електронагрівального приладу Π_2 , особливо на розжарення лампочки \mathcal{L}_2 , сильніший, ніж вмикання Π_1 , оскільки вмикання Π_2 викликає спад напруги в проводах, які йдуть по квартирі, переріз яких менший, отже, опір більший, ніж у проводів, які підводять струм до квартири.

2.61. При замиканні ключа K , тобто при вмиканні лампочки \mathcal{L}_3 , опір ділянки AB зменшується, а отже, зменшується спад напруги на цій ділянці. Тому сила струму в лампочці \mathcal{L}_2 зменшується, а в лампочці \mathcal{L}_1 зростає.

2.62. Спосіб переробки плитки очевидний з *рис. 272*.

2.63. В першому випадку струм через лампочку 2 починає йти після того, як нитка лампи 1 розжарилась, внаслідок чого її опір став значним. У другому ж випадку струм через лампочку 2 починає йти відразу після вмикання в мережу, тобто коли нитка лампи 1 ще не нагрілася та її опір малий. Тому лампочка 2 перегоріє.

2.64. Для нагрівання води до кипіння треба затратити кількість теплоти $Q_1 = cm(100^\circ - t)$. Виготовлений кип'ятильник за час τ виділить теплоту $Q_2 = \frac{U^2}{R} \tau$, однак на нагрівання води йде лише кількість теплоти ηQ_2 . Прирівняємо ці кількості теплоти $Q_1 = \eta Q_2$, або $cm(100^\circ - t) = \eta \frac{\pi U^2 D^2 \tau}{4\rho l}$, звідки $l = \frac{\pi \eta U^2 D^2 \tau}{4c m 100^\circ - t}$.