**Физика.**
**Тест № 1 2025/2026 гг.**

**Решение.**

**При расчётах принять следующие значения постоянных величин:**

Ускорение свободного падения $g = 10\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31\ \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}$.
Элементарный заряд $e = 1{,}6\cdot 10^{-19}$ Кл. Масса покоя электрона $m_e = 9{,}1\cdot 10^{-31}$ кг.
Скорость света в вакууме $c = 3\cdot 10^8\frac{\text{м}}{\text{с}}$. $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\cdot 10^9\ \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{Кл}^2}$.
Постоянная Планка $h = 6{,}63\cdot 10^{-34}$ Дж · с. Электрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8{,}85\cdot 10^{-12}$ Ф/м.
Постоянная Авогадро $N_\text{А} = 6{,}02\cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$ $\pi = 3{,}14$

**Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц:**

| Множитель | $10^{12}$ | $10^{9}$ | $10^{6}$ | $10^{3}$ | $10^{-2}$ | $10^{-3}$ | $10^{-6}$ | $10^{-9}$ | $10^{-12}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Приставка | тера | гига | мега | кило | санти | милли | микро | нано | пико |
| Обозначение приставки | Т | Г | М | к | с | м | мк | н | п |

## Часть А

*В каждом задании части* А ***только один*** *из предложенных ответов является верным.*

**А1** Из пяти процессов, представленных в таблице, выберите самый медленный:

| ПРОЦЕСС | СКОРОСТЬ |
|---|---|
| 1) Передвижение тихоходки | 3 мм/мин |
| 2) Плавание медузы | 0,1 км/ч |
| 3) Скорость кишечной палочки | $3\cdot 10^{-5}$ м/с |
| 4) Движение эритроцитов | 20 мм/час |
| 5) Рост белого гриба | 2 см/сутки |

1) 1
2) 2
3) 3
4) 4
5) 5

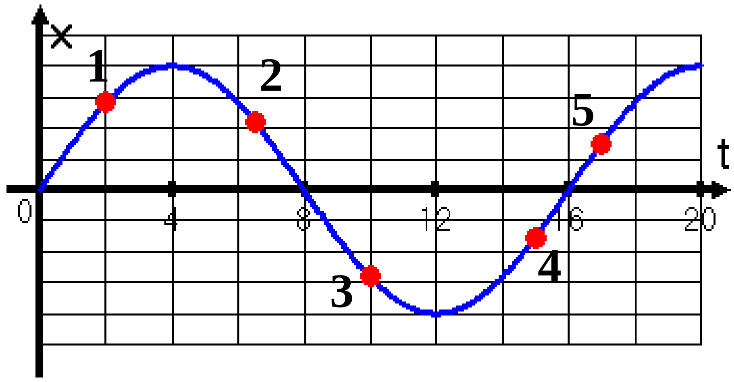
**Решение.**
Приведём все скорости к каким-нибудь одним единицам. Например, к м/с:

1) $3$ мм/мин $= 3\cdot 10^{-3}$ м/мин $= \frac{3\cdot 10^{-3}}{60}$ м/с $= 0{,}05\cdot 10^{-3}$ м/с $= 5\cdot 10^{-5}$ м/с.
2) $0{,}1$ км/ч $= \frac{100\ \text{м}}{3600\ \text{с}} = 0{,}02777$ м/с $\approx 2{,}8\cdot 10^{-2}$ м/с.
3) $3\cdot 10^{-5}$ м/с.
4) $20$ мм/час $= \frac{20\cdot 10^{-3}\ \text{м}}{3600\ \text{с}} = 0{,}00555\cdot 10^{-3}$ м/с $\approx 5{,}6\cdot 10^{-6}$ м/с.
5) $2$ см/сутки $= \frac{2\cdot 10^{-2}\ \text{м}}{24\cdot 3600\ \text{с}} = 0{,}000023\cdot 10^{-2}$м/с $= 2{,}3\cdot 10^{-7}$ м/с.

Таким образом, самый медленный из предложенных процессов является рост белого гриба.

Ответ 5

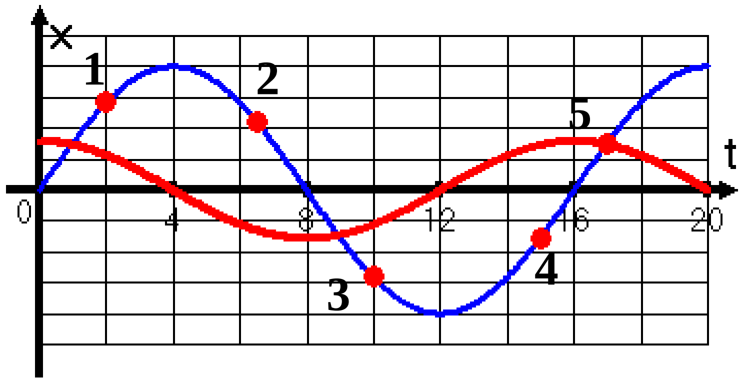
<table>
<tr>
<td>A2</td>
<td>
На рисунке представлен график зависимости координаты материальной точки от времени $X(t)$ при гармонических колебаниях.<br>
Проекция скорости $v_x$ на ось $Ox$ была положительной в точках:




А) $1, 2$; Б) $1, 2, 5$; В) $1, 4, 5$; Г) $1, 2, 4, 5$; Д) $3, 4$.

**Решение 1.**<br>
Проекция скорости положительна в тех точках, в которых координата увеличивается, то есть график идёт «снизу вверх». Другими словами, график чуть правее от точки должен быть выше, чем график чуть левее от точки.<br>
Этому условию соответствуют точки $1, 4, 5$.

**Решение 2.**<br>
Проекция скорости – это производная от координаты.<br>
Так как сказано в условии о гармонических колебаниях, а график проходит через точку $(0; 0)$, то координата изменяется со временем по закону синуса без начальной фазы. Производная синуса – это косинус.<br>
Построим график косинуса прямо на этом рисунке и посмотрим, в какие моменты времени он будет положителен.<br>
По графику косинуса (на рисунке – красный) видно, что положительные значения реализованы для точек $1, 4, 5$.




Следовательно, в этих точках значение проекции скорости положительно.

Итого, точки $1, 4, 5$. Что соответствует пункту В).

Ответ 3
</td>
<td>1) А<br>2) Б<br>3) В<br>4) Г<br>5) Д</td>
</tr>
<tr>
<td>A3</td>
<td>
Камешек свободно $(v_0 = 0)$ падает с достаточно высокого обрыва. Через некоторый промежуток времени $\Delta t$ от начала падения модуль его импульса оказался равным $p = 4\ \frac{\text{кг·м}}{\text{с}}$, а кинетическая энергия $E = 50$ Дж. Промежуток времени $\Delta t$ равен:

**Решение.**<br>
Зная кинетическую энергию и модуль импульса, выразим модуль скорости камешка:

$$\begin{cases} E = m\frac{v^2}{2} \\ p = mv \end{cases} \qquad \frac{E}{p} = \frac{m\frac{v^2}{2}}{mv} = \frac{v}{2} \qquad => \qquad v = 2\frac{E}{p}$$
</td>
<td>1) 2,0 с<br>2) 2,5 с<br>3) 3,0 с<br>4) 3,5 с<br>5) 4,0 с</td>
</tr>
</table>

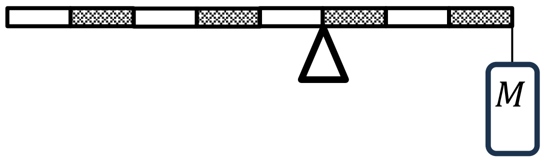
<table>
<tr>
<td></td>
<td>
С другой стороны, при падении без начальной скорости

$$v = g \cdot \Delta t$$

Следовательно,

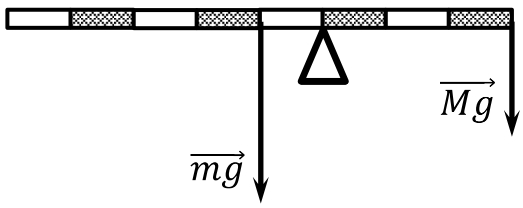
$$g \cdot \Delta t = 2\frac{E}{p} \quad => \quad \Delta t = 2\frac{E}{gp} = 2 \cdot \frac{50}{10 \cdot 4} = 2{,}5 \text{ c}$$

Ответ 2
</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>A4</td>
<td>
К короткому концу однородного рычага, массы $m = 5$ кг, подвешен груз массы $M = 3$ кг так, как показано на рисунке справа. Для того чтобы рычаг находился в равновесии в горизонтальном положении, к длинному концу необходимо приложить минимальную силу, модуль которой $F$ равен:




**Решение.**

На рычаг действуют сила тяжести $\overrightarrow{mg}$, приложенная к центру рычага и вес груза, который численно равен $\overrightarrow{Mg}$.
Рычаг размечен прямоугольниками одинаковой длины. Пусть длина одного прямоугольника равна $L$.



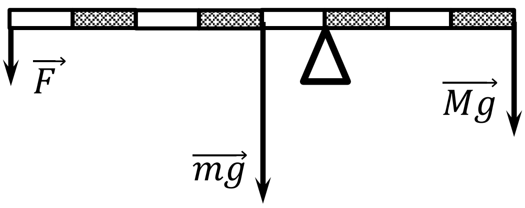

Тогда момент силы тяжести равен $mgL$ и этот момент силы поворачивает рычаг против часовой стрелки. Момент веса груза равен $Mg \cdot 3L = 3MgL$, и этот момент поворачивает рычаг по часовой стрелке.
Вычислим:

$$mgL = 5 \cdot 10 \cdot L = 50L; \qquad 3MgL = 3 \cdot 3 \cdot 10 \cdot L = 90L.$$

Значит суммарный момент этих сил равен

$$90L - 50L = 40L$$

Этот суммарный момент поворачивает рычаг по часовой стрелке.
Следовательно, чтобы рычаг остался горизонтальным и находился в равновесии, надо его скомпенсировать.
Значит силу, прикладываемую к длинному концу рычага следует направить вниз. А модуль силы должен быть таким, чтобы её момент скомпенсировал $40L$. Плечо этой силы равно $5L$.



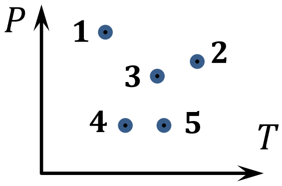
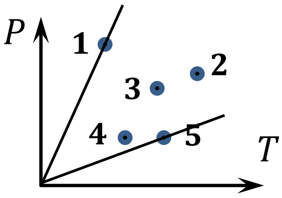

Тогда

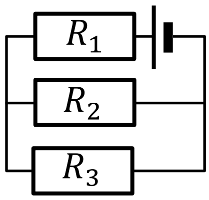
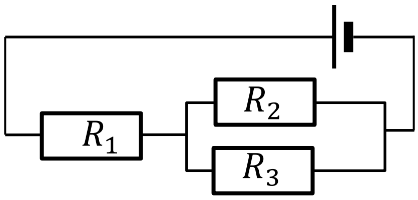
$$F \cdot 5L = 40L \quad => \quad F = 8 \text{ Н}$$

Ответ 1
</td>
<td>
1) 8 Н<br>2) 10 Н<br>3) 15 Н<br>4) 20 Н<br>5) 30 Н
</td>
</tr>
<tr>
<td>A5</td>
<td>
Процесс переноса теплоты за счёт движения и взаимодействия молекул вещества, осуществляемый без переноса вещества, называется:<br>
А) конвекция; Б) плавление; В) кипение;<br>
Г) теплопроводность; Д) излучение.

**Решение**

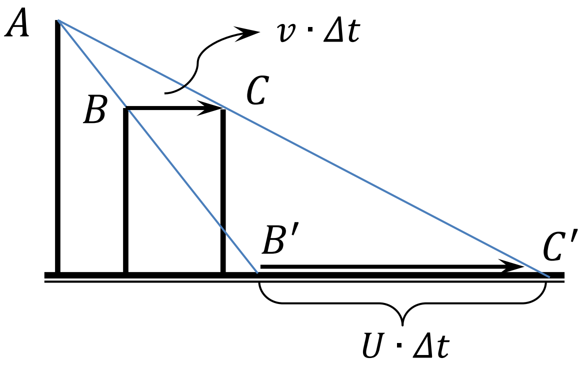
А) конвекция – перенос теплоты (энергии) потоками жидкости или газа.<br>
Б) плавление – процесс перехода из твёрдого состояния в жидкое.<br>
В) кипение – процесс парообразования по всему объёму жидкости.
</td>
<td>
1) А<br>2) Б<br>3) В<br>4) Г<br>5) Д
</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<td></td>
<td>Г) теплопроводность – процесс переноса теплоты (энергии) за счёт движения и взаимодействия молекул вещества, осуществляемый без переноса вещества.<br>Д) излучение – процесс передачи энергии без участия вещества, за счёт электромагнитного поля.<br><br>Таким образом, в условии дано определение теплопроводности. Г)<br><br>Ответ 4</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>А6</td>
<td>Постоянное количество вещества идеального газа может находиться в состояниях 1, 2, 3, 4 или 5, представленных на рисунке справа.<br>Наименьшей концентрации молекул газа соответствует состояние под номером:<br><br><br><br>Решение.<br>Концентрацией называют отношение количества молекул к объёму:<br>$$n = \frac{N}{V}$$<br>Так как количество вещества не меняется, то не меняется и количество молекул:<br>$$\nu = const \qquad => \qquad N = const$$<br><br>Значит, наименьшей концентрации будет соответствовать состояние с наибольшим объёмом. Выясним это состояние.<br>Для этого проведём через каждое состояние изохоры. В осях $P(T)$ изохора – прямая, проходящая через начало координат. Причём, чем прямая ближе к оси $T$, тем объём больше. Это можно пояснить, используя уравнение Клапейрона:<br><br><br>$$PV = \nu RT \quad => \quad P = \frac{\nu R}{V}T; \quad P = kT, \text{где}$$<br>$$k = \frac{\nu R}{V} = tg\alpha - \text{угловой коэффициент}$$<br>Следовательно, чем меньше $tg\alpha$, тем больше $V$ (знаменатель дроби). Таким образом, наименьший объём будет в состоянии 1, а наибольший – в состоянии 5. Значит, минимальная концентрация молекул газа будет в состоянии 5.<br><br>Ответ 5</td>
<td>1) 1<br>2) 2<br>3) 3<br>4) 4<br>5) 5</td>
</tr>
<tr>
<td>А7</td>
<td>Каждый кубический метр воздуха в некотором помещении содержит $m = 3{,}2$ г водяного пара. Если плотность насыщенного пара при данной температуре равна $\rho_{\text{н.п.}} = 12{,}8$ г/м$^3$, то относительная влажность воздуха в помещении составляет:<br><br>Решение.<br>Относительная влажность воздуха:<br>$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{н.п.}}} \cdot 100\ \%$$<br>Где $\rho$ — плотность пара.<br>$$\rho = \frac{m}{V}$$<br>Таким образом:<br>$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{н.п.}}} \cdot 100\ \% = \frac{m}{V \cdot \rho_{\text{н.п.}}} \cdot 100\ \% = \frac{3{,}2}{1 \cdot 12{,}8} \cdot 100\ \% = 25\ \%$$<br><br>Ответ 3</td>
<td>1) 15 %<br>2) 20 %<br>3) 25 %<br>4) 30 %<br>5) 40 %</td>
</tr>
</table>

| | | |
|---|---|---|
| A8 | Единица измерения электродвижущей силы источника тока в СИ называется:<br><br>**Решение.**<br>Электродвижущей силой (ЭДС) источника тока называю отношение работы сторонних сил по переносу заряда вдоль замкнутой цепи к величине перенесённого заряда.<br>$$\varepsilon = \frac{A_{\text{ст}}}{q}$$<br>Таким образом, единица измерения:<br>$$[\varepsilon] = 1\ \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = 1\ \text{В (вольт)}$$<br>Ответ 2 | 1) ньютон<br>2) вольт<br>3) ампер<br>4) вебер<br>5) тесла |
| A9 | Источник тока и три резистора $R_1 = R_2 = R_3$ соединены в электрическую схему так, как показано на рисунке справа.<br><br><br>Выберите верные утверждения:<br>А) сила тока в резисторах $R_2$ и $R_3$ одинаковая. $I_2 = I_3$;<br>Б) все три резистора соединены параллельно;<br>В) сила тока в резисторе $R_1$ в два раза больше, чем в $R_2$. $I_1 = 2I_2$;<br>Г) напряжения на резисторах $R_2$ и $R_3$ одинаковое. $U_2 = U_3$;<br>Д) напряжение на резисторе $R_1$ в два раза больше, чем на $R_3$. $U_1 = 2U_3$.<br><br>**Решение.**<br>Чтобы было проще рассуждать, перерисуем схему:<br><br><br>Теперь видно, что резисторы $R_2$ и $R_3$ соединены параллельно друг другу, а $R_1$ подключён последовательно этому блоку.<br>А) сила тока в резисторах $R_2$ и $R_3$ одинаковая, потому что эти два резистора параллельны друг другу и одинаковые по величине. Утверждение верное.<br>Б) все три резистора соединены параллельно. Утверждение неверное, что хорошо видно на эквивалентной схеме.<br>В) сила тока в резисторе $R_1$ в два раза больше, чем в $R_2$. Это утверждение верное, потому что резисторы $R_2$ и $R_3$ одинаковые. Следовательно, ток, протёкший через $R_1$, будет расходиться на две равные части. Тогда $I_1 = 2I_2$.<br>Г) напряжения на резисторах $R_2$ и $R_3$ одинаковое. Да, это так, потому что эти резисторы соединены параллельно друг другу. $U_2 = U_3$.<br>Д) напряжение на резисторе $R_1$ в два раза больше, чем на $R_3$. Это утверждение верное, потому что резисторы $R_1$ и $R_3$ одинаковые по условию, а ток, протекающий через $R_1$ в два раза больше. Тогда применим закон Ома для участка цепи: $U_1 = I_1R_1$; $U_3 = I_3R_3$; $U_1 = 2I_3R$; $U_3 = I_3R$; => $U_1 = 2U_3$.<br><br>Таким образом, верными являются утверждения А, В, Г, Д.<br><br>Ответ 4 | 1) А; Б<br>2) А; Б; Г<br>3) Б; Г<br>4) А; В; Г; Д<br>5) Б; Г; Д |
| A10 | Человек ростом $h = 1{,}8$ м удаляется от фонаря со скоростью, модуль которой равен $v = 2$ м/с. Если фонарь подвешен на высоте $H = 2{,}7$ м, то модуль скорости тени от головы человека на горизонтальной поверхности Земли равен: | 1) 2 м/с<br>2) 3 м/с<br>3) 4 м/с<br>4) 5 м/с<br>5) 6 м/с |

**Решение.**

Сделаем рисунок (справа)




Так как модуль скорости головы равна модулю скорости всего человека, то его значение $v$.
Пусть модуль скорости тени от головы равен $U$.

Рассмотрим небольшой промежуток времени $\Delta t$.
За этот промежуток времени голова сместится на $BC = v \cdot \Delta t$, а тень от неё сместится на $B'C' = U \cdot \Delta t$ (показано на рисунке).
При этом треугольники $ABC$ и $AB'C'$ подобны. В подобных треугольниках все линейные соответствующие элементы относятся одинаковым образом. Из рисунка видно, что высота треугольника $AB'C'$, проведённая из угла $A$, равна $H = 2{,}7$ м, а высота треугольника $ABC$, проведённая из угла $A$, равна $H - h = 0{,}9$ м.
Следовательно, $ABC$ подобен $AB'C'$ с коэффициентом подобия $k = \frac{0{,}9}{2{,}7} = \frac{1}{3}$.
Таким же образом соотносятся и стороны $BC$ и $B'C'$.
То есть:

$$\frac{v \cdot \Delta t}{U \cdot \Delta t} = \frac{1}{3} \qquad \frac{v}{U} = \frac{1}{3} \qquad => \qquad U = 3v = 3 \cdot 2 = 6 \text{ м/с}$$

Ответ 5

## Часть B

*Ответы, полученные при выполнении заданий части* В*, запишите в бланке ответов. Искомые величины, обозначенные многоточием, должны быть вычислены в указанных в заданиях единицах.*

*Если в результате вычислений получится дробное число, округлите его до целого, пользуясь правилами приближенных вычислений, и в бланк ответов запишите округлённое число, начиная с первой клеточки. Каждую цифру и знак минус (если число отрицательное) пишите в отдельной клеточке.*

*Единицы измерения величин* (кг, м, Ф, мА, °C *и др.*) *не пишите.*

B1 Во время триала квадроцикл преодолевал четверть всего пути со скоростью $v_1 = 10$ км/ч, треть всего пути со скоростью $v_2 = 20$ км/ч, а весь остальной путь со скоростью $v_3 = 30$ км/ч. Средняя скорость $\langle v \rangle$ квадроцикла на всей дистанции составляет ... км/ч.

**Решение.**

Средняя скорость – это весь путь, делённый на всё время. Пусть путь равен $S$. Тогда длина первого участка равна $S/4$, длина второго $S/3$, а длина третьего будет равна

$$S - \left(\frac{S}{4} + \frac{S}{3}\right) = S - \frac{7S}{12} = \frac{5S}{12}$$

Время на каждом из участков:

$$t_1 = \frac{S}{4v_1}; \qquad t_2 = \frac{S}{4v_2}; \qquad t_3 = \frac{5S}{12v_3}$$

Тогда:

$$\langle v \rangle = \frac{S}{\frac{S}{4v_1} + \frac{S}{3v_2} + \frac{5S}{12v_3}} = \frac{1}{\frac{1}{4 \cdot 10} + \frac{1}{3 \cdot 20} + \frac{5}{12 \cdot 30}} = 18 \text{ км/ч}$$

Ответ **18**

**B2**

Юла, вращаясь с постоянной угловой скоростью, сделала $N = 40$ оборотов за промежуток времени $\Delta t = 5$ с. Если диаметр юлы $d = 16$ см, то центростремительное ускорение её крайних точек равно … м/с$^2$.

**Решение.**

$$a_{\text{ц.с.}} = \omega^2 R = (2\pi\nu)^2 \frac{d}{2} = 4\pi^2 \left(\frac{N}{\Delta t}\right)^2 \frac{d}{2} = 2\pi^2 \left(\frac{N}{\Delta t}\right)^2 \cdot d$$

Вычислим:

$$a_{\text{ц.с.}} = 2\pi^2 \left(\frac{N}{\Delta t}\right)^2 \cdot d = 2 \cdot 3{,}14^2 \cdot \left(\frac{40}{5}\right)^2 \cdot 0{,}16 = 201{,}92 = 202 \text{ м/с}^2$$

Ответ **202**

**B3**

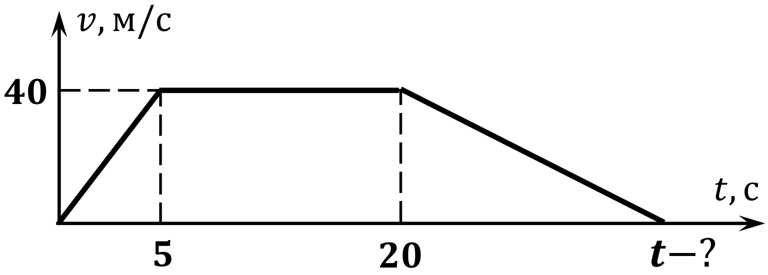
Мотоциклист разгонялся с места в течение 5 с с ускорением, модуль которого равен $a = 8$ м/с$^2$, затем ехал равномерно в течение 15 с, после чего останавливался, двигаясь накатом с постоянным по модулю ускорением. Если весь путь от старта до остановки составил $S = 1{,}3$ км, то время движения мотоциклиста равно … с.

**Решение.**
За первые 5 с движения (в процессе разгона) мотоциклист приобретёт скорость

$$v = v_0 + at = 0 + at = 8 \cdot 5 = 40 \text{ м/с}$$

Следовательно, следующие 15 с (до момента времени 20 с) мотоциклист ехал с этой скоростью. А начиная с момента времени 20 с до некоторого момента $t$ (который нам и надо найти) скорость линейно (так как модуль ускорения постоянен) снижается от 40 м/с до нуля.

Построим график зависимости модуля скорости от времени.




Площадь под графиком – пройденный путь. То есть, надо найти площадь трапеции и приравнять её к $S$.

У этой трапеции одно основание равно $20 - 5 = 15$ с, а второе основание равно $t$. Высота трапеции равна 40 м/с. Тогда:

$$S = \frac{1}{2}(15 + t) \cdot 40 \qquad 1300 = \frac{1}{2}(15 + t) \cdot 40 \qquad 1300 = (15 + t) \cdot 20 \qquad 65 = 15 + t \qquad t = 50 \text{ с}$$

Ответ **50**

**B4**

Электровоз, потребляющий мощность $P = 40$ МВт при КПД $\eta = 70$ %, тянет с постоянной скоростью вагоны, прикладывая силу, модуль которой $F = 1{,}4$ МН.
Скорость железнодорожного состава при этом равна … км/ч.

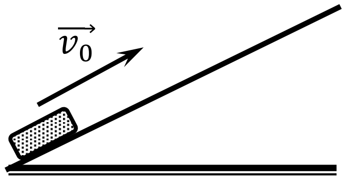
**Решение.**
Полезная мощность $P_{\text{п}} = Fv$
Тогда:

$$\eta = \frac{P_{\text{п}}}{P} \qquad \eta = \frac{Fv}{P} \qquad => \qquad v = \frac{\eta P}{F} = \frac{0{,}7 \cdot 40 \cdot 10^6}{1{,}4 \cdot 10^6} = 20 \text{ м/с} = 72 \text{ км/ч}$$

Ответ **72**

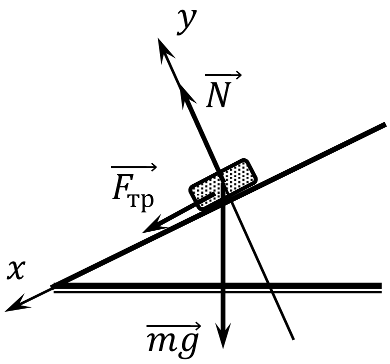
**B5**

Небольшой брусок запущен вверх по наклонной плоскости с начальной скоростью, модуль которой равен $v_0 = 3$ м/с. Наклонная плоскость образует с горизонтом угол $\alpha = 30°$. Если коэффициент трения между бруском и плоскостью равен $\mu = 0{,}29$, то до остановки брусок пройдёт путь … см.




**Решение.**
В процессе движения на брусок действуют сила тяжести, сила нормальной реакции опоры и сила трения так, как показано на рисунке. II закон Ньютона:

$$\overrightarrow{mg} + \vec{N} + \vec{F}_{тр} = m\vec{a}$$




В проекциях на выбранные оси:

$$\begin{cases} Ox: mgsin\alpha + F_{тр} = ma \\ Oy: N - mgcos\alpha = 0 \end{cases}$$

При этом модуль силы трения $F_{тр} = \mu N$.
Тогда:

$$N = mgcos\alpha; \qquad F_{тр} = \mu mgcos\alpha; \qquad mgsin\alpha + \mu mgcos\alpha = ma.$$

Откуда

$$a = gsin\alpha + \mu gcos\alpha = g(sin\alpha + \mu cos\alpha)$$

Путь до остановки:

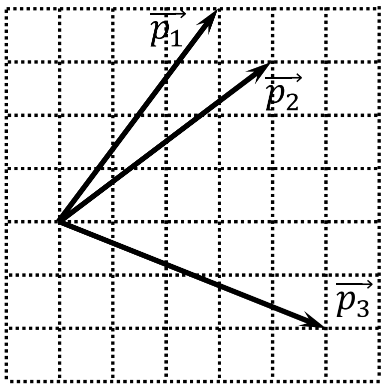
$$S = \frac{{v_0}^2}{2a} = \frac{{v_0}^2}{2g(sin\alpha + \mu cos\alpha)}$$

Вычислим.

$$S = \frac{3^2}{2g(sin\alpha + \mu cos\alpha)} = \frac{3^2}{2 \cdot 10\left(\frac{1}{2} + 0{,}29 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\right)} = \frac{9}{10\left(1 + 0{,}29 \cdot \sqrt{3}\right)} = 0{,}599 \text{ м} \approx 60 \text{ см}$$

Ответ **60**

**B6**




Снаряд разорвался на три одинаковых осколка, разлетевшихся в одной плоскости. На рисунке справа показаны импульсы этих осколков сразу после разрыва. Если модуль импульса второго осколка равен $p_2 = 60\ \frac{кг \cdot м}{с}$, а модуль его скорости $v_2 = 90$ м/с, то модуль скорости снаряда непосредственно перед разрывом был равен … м/с.
Массой взрывчатого вещества в снаряде можно пренебречь.

**Решение.**
Закон сохранения импульса $\vec{p_0} = \vec{p_1} + \vec{p_2} + \vec{p_3}$ перепишем в проекциях на оси, направив ось $Ox$ вправо, а ось $Oy$ вверх.

$$p_{0x} = p_{1x} + p_{2x} + p_{3x} = 3 + 4 + 5 = 12 \text{ (клеточек)}$$
$$p_{0y} = p_{1y} + p_{2y} + p_{3y} = 4 + 3 - 2 = 5 \text{ (клеточек)}$$

Тогда модуль импульса снаряда перед разрывом найдём по теореме Пифагора:

$$p = \sqrt{{p_x}^2 + {p_y}^2} = \sqrt{12^2 + 5^2} = 13 \text{ (клеточек)}$$

<table>
<tr><td></td><td>
При этом модуль импульса второго осколка равен

$$p_2 = \sqrt{{p_{2x}}^2 + {p_{2y}}^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \text{ (клеточек)}$$

Но значение модуля импульса этого осколка задано в СИ и равно 60 $\frac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.
Следовательно,

$$5 \text{ клеточек} = 60\ \frac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}} \quad => \quad 1 \text{ клеточка} = \frac{60}{5} = 12\ \frac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$$

В таком случае, модуль импульса снаряда перед разрывом:

$$p_0 = 13 \text{ клеточек} = 13 \cdot 12 = 156\ \frac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$$

При этом нам задан ещё и модуль скорости второго осколка. Значит можно найти его массу.

$$p_2 = m_2 v_2 \quad => \quad m_2 = \frac{p_2}{v_2} = \frac{60}{90} = \frac{2}{3} \text{ кг}$$

По условию осколки одинаковые $(m_1 = m_2 = m_3)$, значит масса снаряда перед разрывом была равна

$$3 \cdot \frac{2}{3} = 2 \text{ кг}$$

Теперь нам известны модуль импульса снаряда и его масса. Вычислим модуль скорости:

$$p_0 = m v_0 \quad => \quad v_0 = \frac{p_0}{m} = \frac{156}{2} = 78 \text{ м/с}$$

Ответ **78**
</td></tr>
<tr><td>B7</td><td>
Пружинный маятник массой $M = 100$ г совершает свободные гармонические колебания на гладкой горизонтальной поверхности. В момент остановки груза от него отваливается часть, масса которой $\Delta m = 36$ г. При этом модуль максимальной скорости груза увеличился на ... %.

**Решение.**
При колебаниях пружинного маятника на горизонтальной поверхности происходят постоянные превращения потенциальной энергии, запасённой в пружине, в кинетическую энергию груза и наоборот. При этом, если обозначить $W -$ потенциальная энергия, а $E -$ кинетическая, то закон сохранения энергии примет вид:

$$W^{max} = W(t) + E(t) = E^{max}$$

Важно понимать, что кинетическая энергия – это энергия движущегося груза. А вот потенциальная энергия – это именно энергия, запасённая в пружине. Значит она не зависит от груза, а только от жёсткости пружины $k$ и её деформации $\Delta L$.
Так как часть груза отвалилась при его остановке, то это произошло в крайней точке колебаний. То есть, при деформации пружины равной амплитуде. $\Delta L = A$.
Модуль максимальной скорости груза – это модуль скорости при прохождении положения равновесия. При этом:

$$W^{max} = E^{max} \qquad k\frac{A^2}{2} = m\frac{{v_{max}}^2}{2} \qquad kA^2 = m{v_{max}}^2$$

$$\begin{cases} kA^2 = M{v_{1max}}^2 \\ kA^2 = (M - \Delta m){v_{2max}}^2 \end{cases} \quad M{v_{1max}}^2 = (M - \Delta m){v_{2max}}^2 \quad => \quad \frac{v_{2max}}{v_{1max}} = \sqrt{\frac{M}{(M - \Delta m)}}$$

$$\frac{v_{2max}}{v_{1max}} = \sqrt{\frac{M}{(M - \Delta m)}} = \sqrt{\frac{100}{100 - 36}} = \sqrt{\frac{100}{64}} = \frac{10}{8} = \frac{5}{4} = 1{,}25$$

Следовательно, модуль максимальной скорости увеличился на 25 %.

Ответ **25**
</td></tr>
</table>

| | |
|---|---|
| B8 | Суммарная энергия поступательного движения всех молекул идеального одноатомного газа составляет 288 Дж. Если газ при этом находится в баллоне объёма $V = 12$ л, то на стенки баллона газ оказывает давление, равное ... кПа.<br><br>**Решение.**<br>Суммарная энергия поступательного движения всех молекул идеального одноатомного газа – это внутренняя энергия газа $U$. Таким образом $U = 288$ Дж.<br>Внутренняя энергия одноатомного идеального газа<br>$$U = \frac{3}{2}\nu RT$$<br>Но (уравнение Клапейрона):<br>$$PV = \nu RT$$<br>Значит,<br>$$U = \frac{3}{2}PV \quad => \quad P = \frac{2}{3}\frac{U}{V} = \frac{2\cdot 288}{3\cdot 12\cdot 10^{-3}} = 16\cdot 10^3 \text{ Па} = 16 \text{ кПа}$$<br>Ответ **16** |
| B9 | В баллоне находятся $\nu = 6$ моль кислорода и $m = 140$ г азота ($M = 28$ г/моль). Если при температуре $t = 58$ °C давление в баллоне составляет $P = 340$ кПа, то объём баллона $V = \cdots$ л.<br><br>**Решение.**<br>Так как газы заключены в один баллон, то температура у нах одинаковая. Кроме того, каждый из газов занимает весь баллон. То есть, объём и кислорода, и азота равен объёму $V$ баллона.<br>По закону Дальтона давление смеси газов равно сумме парциальных давлений каждого из газов. В данном случае:<br>$$P = P_{O_2} + P_{N_2}$$<br>Для каждого газа запишем уравнение Клапейрона, и сложим их.<br>$$P_{O_2}V = \nu RT$$<br>$$P_{N_2}V = \frac{m}{M}RT$$<br>$$\left(P_{O_2} + P_{N_2}\right)V = \nu RT + \frac{m}{M}RT \qquad PV = \left(\nu + \frac{m}{M}\right)RT \quad => \quad V = \left(\nu + \frac{m}{M}\right)\frac{RT}{P}$$<br>При вычислении не забываем температуру перевести в кельвины.<br>$$T = t + 273 = 58 + 273 = 331 \text{ К}$$<br>Тогда:<br>$$V = \left(\nu + \frac{m}{M}\right)\frac{RT}{P} = \left(6 + \frac{140}{28}\right)\cdot\frac{8{,}31\cdot 331}{340\cdot 10^3} = 88{,}99\cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 89 \text{ л}$$<br>Ответ **89** |
| B10 | Сосуд с влажным воздухом разделён герметичной перегородкой на две части объёмами $V_1 = 20$ л и $V_2 = 30$ л. Относительная влажность воздуха в меньшей части равна $\varphi_1 = 90$ %, а в большей $\varphi_2 = 30$ %. Если давления и температуры в обеих частях одинаковы, то после того, как убрали перегородку, влажность воздуха в сосуде оказалась равной ... %.<br><br>**Решение.**<br>Температуры в разных частях одинаковы. Следовательно, плотность насыщенного пара тоже одинаковая по всему сосуду.<br>Относительной влажностью называют |

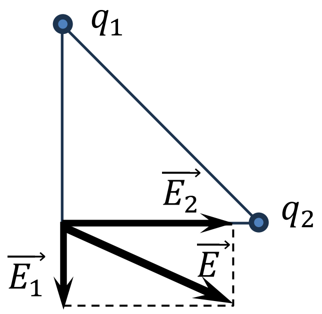
| | |
|---|---|
| | $$\varphi = \frac{\rho_п}{\rho_{нас.п}} \cdot 100\ \% = \frac{\frac{m_п}{V}}{\rho_{нас.п}} \cdot 100\ \% = \frac{m_п}{V \cdot \rho_{нас.п}} \cdot 100\ \%$$ То есть, массы водяных паров $m_п$ в разных частях сосуда можно выразить как $$m_{п1} = \frac{\varphi_1 \cdot V_1}{100\ \%} \cdot \rho_{нас.п} \qquad m_{п2} = \frac{\varphi_2 \cdot V_2}{100\ \%} \cdot \rho_{нас.п}$$ После того, как убрали перегородку, массы водяных паров можно сложить. Но при этом полученная масса пара занимает весь объём $V = V_1 + V_2$.<br>Тогда: $$\varphi = \frac{m_п}{V \cdot \rho_{нас.п}} \cdot 100\ \% = \frac{m_{п1} + m_{п2}}{(V_1 + V_2) \cdot \rho_{нас.п}} \cdot 100\ \% = \frac{\frac{\varphi_1 \cdot V_1}{100\ \%} \cdot \rho_{нас.п} + \frac{\varphi_2 \cdot V_2}{100\ \%} \cdot \rho_{нас.п}}{(V_1 + V_2) \cdot \rho_{нас.п}} \cdot 100\ \%$$ $$\varphi = \frac{\varphi_1 \cdot V_1 + \varphi_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = \frac{90 \cdot 20 + 30 \cdot 30}{20 + 30} = \frac{2700}{50} = 54\ \%$$ Ответ **54** |
| B11 | Идеальный одноатомный газ, количество вещества которого $\nu = 0{,}35$ моль, нагревают от температуры $t_1 = 13$ °C до температуры $t_2 = 39$ °C. При этом газ расширялся так, что его объём изменялся прямо пропорционально абсолютной температуре. При этом газу передано количество теплоты $Q = \cdots$ Дж.<br><br>**Решение.**<br>Объём изменяется прямо пропорционально абсолютной температуре – это одна из формулировок закона Гей-Люссака. То есть, $$\frac{V}{T} = const$$ Следовательно, описывается изобарный процесс.<br>Работа при изобарном процессе: $$A = P\Delta V = P(V_2 - V_1) = PV_2 - PV_1 = \nu RT_2 - \nu RT_1 = \nu R(T_2 - T_1) = \nu R\Delta T$$ Изменение внутренней энергии идеального одноатомного газа при любом процессе (в том числе и при изобарном): $$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$$ Первое начало термодинамики: $$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + \nu R\Delta T = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$$ При этом важно понимать, что $$\Delta T = T_2 - T_1 = (t_2 + 273) - (t_1 + 273) = t_2 + 273 - t_1 - 273 = t_2 - t_1 = \Delta t$$ То есть, значения температур по шкале Кельвина и по шкале Цельсия разные, а вот разность температур (или изменение температуры) будет одинаковая в обеих шкалах.<br>Тогда $$Q = \frac{5}{2}\nu R\Delta T = \frac{5}{2}\nu R\Delta t = \frac{5}{2} \cdot 0{,}35 \cdot 8{,}31 \cdot (39 - 13) = 189\ Дж$$ Ответ **189** |

| | |
|---|---|
| B12 | Свинцовая пуля (удельная теплоёмкость свинца $c = 130\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$) пробивает неподвижную стену. При этом скорость пули уменьшается в $k = 3$ раза. Если на нагрев пули пошло $\eta = 65\ \%$ выделившейся теплоты, и при этом пуля нагрелась на $\Delta t = 162\ ℃$, то модуль скорости, с которой вылетела пуля из стены, равен ... $\text{м/с}$.<br><br>**Решение.**<br>В теплоту перешла разность кинетических энергий пули. При этом пуле досталось только 65 % от этой теплоты. То есть:<br>$$Q = E_1 - E_2 \qquad \eta Q = cm\Delta t$$<br>$$\eta(E_1 - E_2) = cm\Delta t$$<br>Спрашивается скорость, с которой пуля вылетела. Обозначим её $v$. Тогда скорость, с которой пуля подлетела к стене, равна $3v$.<br>Запишем:<br>$$\eta\left(m\cdot\frac{(3v)^2}{2} - m\cdot\frac{v^2}{2}\right) = cm\Delta t \qquad \eta m\left(\frac{9v^2}{2} - \frac{v^2}{2}\right) = cm\Delta t \qquad \eta\frac{8v^2}{2} = c\Delta t \qquad 4\eta v^2 = c\Delta t$$<br>$$v = \sqrt{\frac{c\Delta t}{4\eta}} = \sqrt{\frac{130\cdot 162}{4\cdot 0{,}65}} = 90\ \text{м/с}$$<br>Ответ **90** |
| B13 | В калориметр налита вода $\left(c = 4200\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}\right)$ массой $M = 160$ г при температуре $t = 84\ ℃$. В этот же калориметр помещают $m = 47$ г льда при температуре $t_л = 0\ ℃$. Удельная теплота плавления льда $330\,\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$. Если теплоёмкость калориметра пренебрежимо мала, то конечная температура содержимого калориметра окажется равной ... ℃.<br><br>**Решение.**<br>Так как лёд находится при температуре плавления, то его не придётся нагревать, он будет сразу плавиться. То есть, вода в калориметре будет отдавать теплоту, за счёт которой лёд расплавится, а затем вода, полученная из льда нагреется от 0 ℃ до конечной температуры.<br>Запишем это:<br>$$cM(t - t_к) = \lambda m + cm(t_к - 0)$$<br>Выразим отсюда $t_к$ и вычислим.<br>$$cMt - cMt_к = \lambda m + cmt_к$$<br>$$cMt - \lambda m = cMt_к + cmt_к \qquad cMt - \lambda m = c(M+m)t_к$$<br>$$t_к = \frac{cMt - \lambda m}{c(M+m)} = \frac{4200\cdot 0{,}16\cdot 84 - 330\cdot 10^3\cdot 0{,}047}{4200\cdot(0{,}16 + 0{,}047)} = \frac{56448 - 15510}{869{,}4} = 47\ ℃$$<br>Ответ **47** |
| B14 | На концах гипотенузы равнобедренного прямоугольного треугольника закреплены точечные заряды $q_1 = 2{,}8$ нКл и $q_2 = -6{,}4$ нКл. Если длина катета треугольника равна $a = 3$ см, то модуль напряжённости результирующего поля в прямом углу треугольника равен ... $\text{кВ/м}$. |

**Решение.**

Положительный заряд создаёт поле, вектор напряжённости которого направлен от заряда. Отрицательный заряд создаёт поле, вектор напряжённости которого направлен к заряду.

Изобразим эти вектора на рисунке и вычислим модуль напряжённости поля, создаваемого каждым из зарядов.




$$E_1 = k\frac{q_1}{a^2} \qquad E_2 = k\frac{q_2}{a^2}$$

На рисунке видно, что модуль напряжённости результирующего поля следует искать по теореме Пифагора.

$$E = \sqrt{{E_1}^2 + {E_2}^2}$$

$$E = \sqrt{\left(k\frac{q_1}{a^2}\right)^2 + \left(k\frac{q_2}{a^2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{k}{a^2}\right)^2 \cdot {q_1}^2 + \left(\frac{k}{a^2}\right)^2 \cdot {q_2}^2} = \sqrt{\left(\frac{k}{a^2}\right)^2 \cdot ({q_1}^2 + {q_2}^2)} = \frac{k}{a^2}\sqrt{({q_1}^2 + {q_2}^2)}$$

Вычислим:

$$E = \frac{k}{a^2}\sqrt{({q_1}^2 + {q_2}^2)} = \frac{9 \cdot 10^9}{(3 \cdot 10^{-2})^2}\sqrt{((2{,}8 \cdot 10^{-9})^2 + (-6{,}4 \cdot 10^{-9})^2)} = 10^4 \cdot \sqrt{2{,}8^2 + 6{,}4^2}$$

$$E = \sqrt{48{,}8} \cdot 10^4 = 6{,}9857 \cdot 10^4 \text{ В/м} = 69{,}857 \text{ кВ/м} = 70 \text{ кВ/м}$$

Ответ **70**

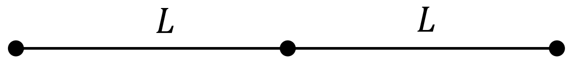
B15

Три точечных заряда $q_1 = q_2 = q_3 = q = 4$ мкКл расположены на одной прямой так, что расстояния между соседними зарядами равны между собой: $L_{q_1-q_2} = L_{q_2-q_3} = L = 80$ см. Для того чтобы один из крайних зарядов поместить на середину отрезка, соединяющего два других заряда, необходимо совершить минимальную работу $A = \cdots$ мДж.

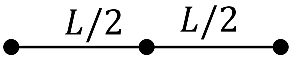
**Решение.**

Работу, которую необходимо совершить будем искать как разность потенциальных энергий системы зарядов.

Было состояние 1 с энергией $W_1$ (рисунок справа):




Стало состояние 2 с энергией $W_2$ (рисунок справа):




Обратим внимание на то, что расстояния между соседними зарядами в состоянии 1 одинаковые, и в состоянии 2 тоже одинаковые. Обозначим это расстояние $d$.

Потенциальная энергия – это энергия взаимодействия. Взаимодействуют: крайний заряд со средним (расстояние между ними $d$), второй крайний заряд со средним (расстояние между ними тоже $d$) и крайние заряды взаимодействуют друг с другом (расстояние между ними $d2$).

Тогда:

$$W = k\frac{q^2}{d} + k\frac{q^2}{d} + k\frac{q^2}{2d} = 2k\frac{q^2}{d} + k\frac{q^2}{2d} = 5k\frac{q^2}{2d}$$

В состоянии 1: $d = L$

$$W_1 = 5k\frac{q^2}{2L}$$

В состоянии 2: $d = L/2$

$$W_2 = 5k\frac{q^2}{2\frac{L}{2}} = 10k\frac{q^2}{2L}$$

Тогда работа, которую необходимо совершить:

$$A = W_2 - W_1 = 10k\frac{q^2}{2L} - 5k\frac{q^2}{2L} = 5k\frac{q^2}{2L}$$

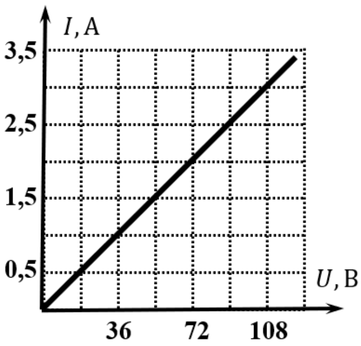
Вычислим:

$$A = 5k\frac{q^2}{2L} = 5\cdot 9\cdot 10^9\frac{(4\cdot 10^{-6})^2}{2\cdot 0{,}8} = \frac{5\cdot 9\cdot 16}{1{,}6}\cdot 10^{-3} = 450\cdot 10^{-3}\text{ Дж} = 450\text{ мДж}$$

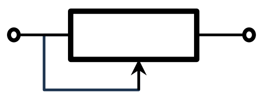
Ответ **450**

---

**B16**



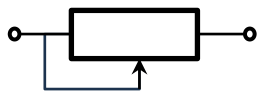

Вольт-амперная характеристика (зависимость силы тока от напряжения) реостата представлена на рисунке слева. При этом реостат включён на максимальное сопротивление.
Один из крайних выводов реостата закоротили с ползунком, то есть, получили элемент, электрическая схема которого представлена на рисунке справа.



Если ползунок реостата установлен ровно на его середине, то сопротивление этого элемента равно ... Ом.

**Решение.**
Используя вольт-амперную характеристику и закон Ома для участка цепи, найдём максимальное сопротивление реостата.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{108}{3} = 36\text{ Ом}$$



Теперь попробуем разобраться с полученным элементом:
Включим его в электрическую цепь, то есть подадим на него какое-то напряжение.
Но потенциал левого (на рисунке) вывода и потенциал ползунка одинаковые. Следовательно, напряжение на левой половине реостата $U = \varphi_1 - \varphi_2 = 0$. В таком случае, ток через левую половину реостата не течёт. А значит ток протекает только через правую половину реостата.
Тогда сопротивление этого элемента равно $R/2 = 18$ Ом.

Ответ **18**

---

**B17**

Если к источнику тока подключают резистор $R_1 = 6$ Ом, то сила тока, протекающего через источник, $I_1 = 4{,}25$ А. Если же к этому источнику подключают резистор $R_2 = 8$ Ом, то сила тока, протекающего через источник, становится равной $I_2 = 3{,}4$ А. Сила тока короткого замыкания этого источника равна $I_{\text{к.з.}} = \cdots$ А.

**Решение.**
Короткое замыкание – это включение без внешней нагрузки. Следовательно, ток короткого замыкания

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{\varepsilon}{r}$$

Воспользовавшись законом Ома для замкнутой цепи, запишем силу тока в двух случаях, откуда и найдем ЭДС и внутреннее сопротивление источника.

$$\begin{cases} I_1 = \dfrac{\varepsilon}{R_1 + r} \\ I_2 = \dfrac{\varepsilon}{R_2 + r} \end{cases} \qquad \begin{cases} 4{,}25 = \dfrac{\varepsilon}{6 + r} \\ 3{,}4 = \dfrac{\varepsilon}{8 + r} \end{cases} \qquad => \qquad r = 2\text{ Ом};\quad \varepsilon = 34\text{ В}$$

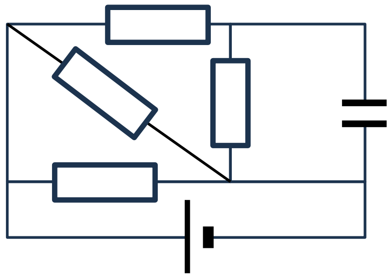
В таком случае, ток короткого замыкания:

$$I_{кз} = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{34}{2} = 17\ \text{А}$$

Ответ **17**

**B18**

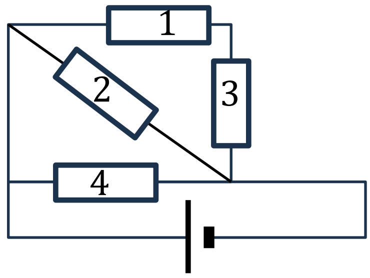
На рисунке справа представлена электрическая схема, состоящая из четырёх одинаковых резисторов $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 64$ Ом, конденсатора и источника тока $\varepsilon = 135$ В, $r = 1{,}4$ Ом.
Если электроёмкость конденсатора $C = 160$ мкФ, то полезная мощность, выделяемая источником в этой цепи равна … Вт.



**Решение**.
Полезная мощность – мощность, выделяемая во внешней цепи.
То есть,

$$P = I^2R = \left(\frac{\varepsilon}{R + r}\right)^2 R, \text{где } R - \text{сопротивление внешней цепи}$$

Следует отметить, что через конденсатор ток не протекает! То есть, ветвь цепи с конденсатором лишняя. Будем считать, что её не существует. Для расчёта остальной цепи пронумеруем резисторы.
Резисторы 1 и 3 соединены последовательно друг другу. Значит, $R_{1-3} = R_1 + R_3 = 128$ Ом. Теперь: резисторы $R_4$, $R_2$ и $R_{1-3}$ соединены параллельно. Тогда:




$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{1-3}} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{128} + \frac{1}{64} + \frac{1}{64} = \frac{5}{128}$$

Так как

$$\frac{1}{R} = \frac{5}{128} \qquad => \qquad R = \frac{128}{5} = 25{,}6\ \text{Ом}$$

В таком случае сила тока во всей цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{135}{25{,}6 + 1{,}4} = \frac{135}{27} = 5\ \text{А}$$

Тогда, мощность, выделяющаяся во внешней цепи (она же – полезная мощность):

$$P = I^2R = 5^2 \cdot 25{,}6 = 640\ \text{Вт}$$

Ответ: **640**

**B19**

В идеальном колебательном контуре запасена энергия $W = 520$ мкДж. В некоторый момент времени заряд конденсатора $q = 1{,}2$ мкКл, а сила тока в катушке $I = 40$ мА. Если электроёмкость конденсатора в контуре $C = 2000$ пФ, то индуктивность катушки равна … мГн.

**Решение.**
Энергия контура существует в виде двух слагаемых – энергия электрического поля в конденсаторе и энергия магнитного поля в катушке.
Тогда:

$$W = \frac{q^2}{2C} + L\frac{I^2}{2} \qquad => \qquad L = \frac{2W - \frac{q^2}{C}}{I^2} = \frac{2 \cdot 520 \cdot 10^{-6} - \frac{(1{,}2 \cdot 10^{-6})^2}{2 \cdot 10^{-9}}}{(40 \cdot 10^{-3})^2} = 0{,}2\ \text{Гн} = 200\ \text{мГн}$$

Ответ **200**

| | |
|---|---|
| B20 | С помощью тонкой линзы, оптическая сила которой $D = 5$ дптр, получено прямое, увеличенное в 4 раза, изображение предмета.<br>Расстояние между предметом и его изображением составляет … см.<br><br>**Решение.**<br>Так как изображение прямое, то оно мнимое.<br>Тогда:<br>$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = D$$<br>Причём:<br>$$f = 4d$$<br>Тогда<br>$$\frac{1}{d} - \frac{1}{4d} = D \qquad \frac{3}{4d} = D \qquad => \qquad d = \frac{3}{4D} = \frac{3}{4 \cdot 5} = 0{,}15 \text{ м} = 15 \text{ см}$$<br>Следовательно,<br>$$f = 4d = 4 \cdot 15 = 60 \text{ см}$$<br>Изображение мнимое, значит находится по ту же сторону от линзы, что и предмет.<br>В таком случае искомое расстояние<br>$$L = f - d = 60 - 15 = 45 \text{ см}$$<br>Ответ **45** |

## Тест №1. Ответы:

| A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **5** | **3** | **2** | **1** | **4** | **5** | **3** | **2** | **4** | **5** |

| B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **18** | **202** | **50** | **72** | **60** | **78** | **25** | **16** | **89** | **54** |
| B11 | B12 | B13 | B14 | B15 | B16 | B17 | B18 | B19 | B20 |
| **189** | **90** | **47** | **70** | **450** | **18** | **17** | **640** | **200** | **45** |