

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова**

**Оборонно-техническая олимпиада (II этап)
для 8 класса**

Направление: Физика

Вариант: 1

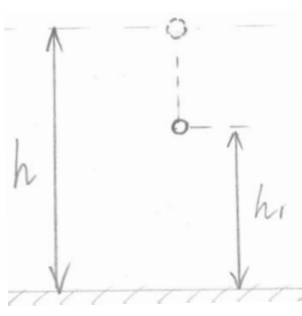
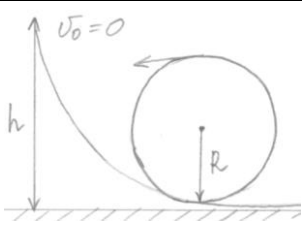
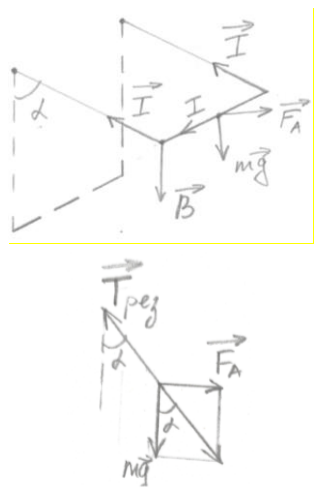
| | |
|---|---|
| 1 | Свободно падающий камень пролетел последние три четверти пути за 1 с. С какой высоты падал камень, если его начальная скорость равна нулю? Сопротивлением воздуха пренебречь. |
| 2 | Небольшое тело массой 1 кг начинает соскальзывать по гладкому наклонному желобу с высоты 2,5 м, переходящему в «мёртвую петлю» радиусом 1 м. Определить кинетическую энергию тела в момент прохождения верхней точки «мертвой петли». Сопротивлением воздуха пренебречь. |
| 3 | Удельная теплоёмкость никеля в 2 раза больше удельной теплоемкости олова. Во сколько раз количество тепла, необходимого для нагревания 2 кг никеля на 5 К, больше количества тепла, необходимого для нагревания 5 кг олова на 2 К? |
| 4 | Нагреватель сопротивлением 640 Ом за 1 ч вскипятил 4,2 кг воды, взятой при 293 К. Определить заряд, прошедший через нагреватель. Удельная теплоёмкость воды равна 4200 Дж/кг·К, КПД нагревателя — 80%, а ток в цепи постоянный. |
| 5 | На двух тонких нитях висит горизонтально расположенный стержень длиной 2 м и массой 0,5 кг. Стержень находится в однородном магнитном поле, индукция которого 0,5 Тл и направлена вниз. На сколько градусов отклонятся нити от вертикали, если пропустить по стержню ток 5 А? |

В графе «ответ» все полученные значения записываются в СИ, если не сказано иного;
все дробные числа записываются в виде десятичной дроби.

Константы

| | | | | |
|----------------------------------|--|-----------------------------|--|--------------|
| Ускорение свободного падения | $g = 10 \text{ м/с}^2$ | Скорость света | $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ | |
| Универсальная газовая постоянная | $R = 8,3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ | Модуль заряда электрона | $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ | |
| Число Авогадро | $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ | Коэффициент в законе Кулона | $k = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}$ | |
| Молярная масса водорода | $M_{H_2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Постоянная Планка | $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ | |
| Молярная масса гелия | $M_{He} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Число «пи» | $\pi = 3,14$ | |
| Электронвольт | $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ | $\sqrt{2} = 1,41$ | $\sqrt{3} = 1,73$ | $\pi^2 = 10$ |

Решение
8 класс, 1 вариант

| | | |
|---|---|---|
| 1 | <p>Дано: $h_1 = \frac{3}{4}h; t_1 = 1(c); v_0 = 0; h - ?$</p> <p>Решение: $h = \frac{gt^2}{2}; h - h_1 = \frac{g(t - t_1)^2}{2}; h - h_1 = h - \frac{3}{4}h = \frac{1}{4}h;$ $\frac{1}{4} \frac{gt^2}{2} = \frac{g(t - t_1)^2}{2}; \frac{1}{2}t = t - t_1; t_1 = \frac{1}{2};$ $t = 2t_1 = 2(c); h = 20(м)$</p> <p>Ответ: $h = 20 (м)$</p> |  |
| 2 | <p>Дано: $m = 1(кг); h = 2.5(м); R = 1(м); E_{кин.верх} - ?$</p> <p>Решение: $mgh = E_{кин.верх} + mg2R;$ $E_{кин.верх} = mg(h - 2R) = 5(Дж)$</p> <p>Ответ: $mgh = 5(Дж)$</p> |  |
| 3 | <p>Дано: $c_{Ni} = 2c_{Sn}; m_{Ni} = 2(кг); \Delta T_{Ni} = 5(K);$ $m_{Sn} = 5(кг); \Delta T_{Sn} = 2(K); \frac{Q_{Ni}}{Q_{Sn}} - ?$</p> <p>Решение: $Q = cm\Delta T; \frac{Q_{Ni}}{Q_{Sn}} = \frac{c_{Ni}m_{Ni}\Delta T_{Ni}}{c_{Sn}m_{Sn}\Delta T_{Sn}} = 2$</p> <p>Ответ: $\frac{Q_{Ni}}{Q_{Sn}} = 2$</p> | |
| 4 | <p>Дано: $R = 640(Ом); t = 1(ч) = 3600(c); m = 4.2(кг);$ $T_1 = 293(K); T_2 = 373(K); c = 4200 \left(\frac{Дж}{кг \cdot K} \right);$ $\eta = 80\% = 0.8; q - ?$</p> <p>Решение: $Q_{полезн} = cm(T_2 - T_1); Q_{полн} = I^2Rt;$ $\eta = \frac{Q_{полезн}}{Q_{полн}} = \frac{cm(T_2 - T_1)}{I^2Rt}; I = \sqrt{\frac{cm(T_2 - T_1)}{\eta Rt}} = \frac{7}{8}(А);$ $I = \frac{q}{t}; q = It = 3150(Кл)$</p> <p>Ответ: $q = 3150(Кл)$</p> | |
| 5 | <p>Дано: $l = 2(м); m = 0.5(кг); B = 0.5 (Тл); I = 5(А); \alpha - ?$</p> <p>Решение: $\vec{F}_{рез} = 0; F_A = IBl; \operatorname{tg} \alpha = \frac{F_A}{mg} = \frac{IBl}{mg} = 1$ $\alpha = \operatorname{arctg} 1 = 45^\circ$</p> <p>Ответ: $\alpha = 45^\circ$</p> |  |

**Критерии оценивания заданий с развернутым ответом
8 класс**

| Критерий | Баллы |
|---|-------|
| Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов. | 20 |
| <p align="center">Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением и т.п.)</p> <p align="center">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p align="center">И/ИЛИ</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p align="center">И/ИЛИ</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения.</p> | 16 |
| <p align="center">Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p align="center">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p align="center">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p align="center">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи.</p> | 8 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок. | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 20 |

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова**

**Оборонно-техническая олимпиада (II этап)
для 9 класса**

Направление: Физика

Вариант: 1


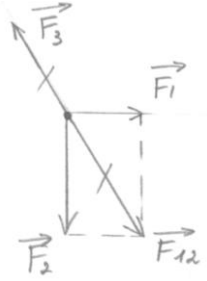
| | |
|---|---|
| 1 | Тело совершает гармонические колебания вдоль оси X с амплитудой 5 см. Какой путь пройдёт тело за время, в течение которого фаза колебаний изменится на 3,14 радиана? |
| 2 | Когда монохроматический свет распространяется в среде с показателем преломления 1,5, на пути в 9 мкм укладывается 30 длин волн. Найти в микрометрах длину волны света такой же частоты в вакууме. |
| 3 | В процессе электролитической диссоциации молекула NaCl распадается на катион натрия и анион хлора. Найти в аттокулонах заряд аниона. Один аттокулон равен $1 \cdot 10^{-18}$ Кл. |
| 4 | На тело массой 1 кг действуют 3 силы, численные значения которых равны 6 Н, 8 Н и 10 Н соответственно. Определить минимальное значение ускорения тела в инерциальной системе отсчёта. |
| 5 | Найти высоту, на которой потенциальная энергия груза массой 1000 кг равна количеству теплоты, выделившейся при остывании воды массой 0,2 кг на 50 К. Удельная теплоёмкость воды равна 4200 Дж/кг·К. |

В графе «ответ» все полученные значения записываются в СИ, если не сказано иного;
все дробные числа записываются в виде десятичной дроби.

Константы

| | | | |
|----------------------------------|--|-----------------------------|--|
| Ускорение свободного падения | $g = 10 \text{ м/с}^2$ | Скорость света | $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ |
| Универсальная газовая постоянная | $R = 8,3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ | Модуль заряда электрона | $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ |
| Число Авогадро | $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ | Коэффициент в законе Кулона | $k = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}$ |
| Молярная масса водорода | $M_{H_2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Постоянная Планка | $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ |
| Молярная масса гелия | $M_{He} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Число «пи» | $\pi = 3,14$ |
| Электронвольт | $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ | $\sqrt{2} = 1,41$ | $\sqrt{3} = 1,73$ $\pi^2 = 10$ |

Решение
9 класс, 1 вариант

| | | |
|---|--|--|
| 1 | <p>Дано: $A = 5(\text{см}) = 0.05(\text{м}); \Delta\varphi = 3.14(\text{рад}) = \pi(\text{рад}); S - ?$</p> <p>Решение:</p> $\Delta\varphi = \pi \Rightarrow t = \frac{T}{2}; S = 2A = 0.1(\text{м})$ <p>Ответ: $S = 0.1(\text{м})$</p> |  |
| 2 | <p>Дано: $n = 1.5; S = 9(\text{мкм}) = 9 \cdot 10^{-6}(\text{м}); N = 30; \lambda_{\text{вак}} - ?$</p> <p>Решение:</p> $n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_{\text{вак}} v}{\lambda_{\text{сп}} v}; \lambda_{\text{вак}} = n \lambda_{\text{сп}};$ $\lambda_{\text{сп}} = \frac{S}{N}; \lambda_{\text{вак}} = n \frac{S}{N} = 0.45(\text{мкм})$ <p>Ответ: $\lambda_{\text{вак}} = 0.45(\text{мкм})$</p> | |
| 3 | <p>Дано: $\text{NaCl}; q_{\text{Cl}} - ?$</p> <p>Решение: $\text{Na}^+; \text{Cl}^-; q_{\text{Cl}} = e = -1.6 \cdot 10^{-19}(\text{Кл}) = -0.16(\text{аКл})$</p> <p>Ответ: $q_{\text{Cl}} = -0.16(\text{аКл})$</p> | |
| 4 | <p>Дано: $m = 1(\text{кг}); F_1 = 6(\text{Н}); F_2 = 8(\text{Н}); F_3 = 10(\text{Н}); a_{\text{min}} - ?$</p> <p>Решение:</p> $\vec{a}_{\text{рез}} = \frac{\vec{F}_{\text{рез}}}{m}; F_{12} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 10 = F_3;$ $\vec{F}_{\text{рез}} = 0 \text{ (см. рис)} \Rightarrow a_{\text{min}} = 0$ <p>Ответ: $a_{\text{min}} = 0$</p> |  |
| 5 | <p>Дано: $m_{\text{гр}} = 1000(\text{кг}); m_{\text{в}} = 0.2(\text{кг}); \Delta T = 50(\text{К});$</p> $c = 4200 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right); h - ?$ <p>Решение: $E_{\text{пот}} = Q; m_{\text{гр}} g h = c m_{\text{в}} \Delta T; h = \frac{c m_{\text{в}} \Delta T}{m_{\text{гр}} g} = 4.2(\text{м})$</p> <p>Ответ: $h = 4.2(\text{м})$</p> | |

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова**

**Оборонно-техническая олимпиада (II этап)
для 9 класса**

Направление: Физика

Вариант: 2

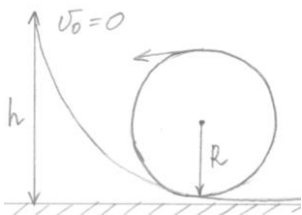
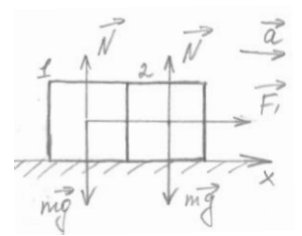
| | |
|---|--|
| 1 | Перегоревшую спираль электрической плитки с номинальной мощностью 420 Вт укоротили на 1/8 её первоначальной длины. Какой стала её мощность при включении в ту же сеть? |
| 2 | Небольшое тело массой 1 кг начинает соскальзывать по гладкому наклонному желобу с высоты 2,5 м, переходящему в «мёртвую петлю» радиусом 1 м. Определить кинетическую энергию тела в момент прохождения верхней точки «мёртвой петли». Сопротивлением воздуха пренебречь. |
| 3 | На сколько больше нейтронов содержится в ядре изотопа кислорода с зарядовым числом 8 и массовым числом 16, чем в ядре гелия с зарядовым числом 2 и массовым числом 4? |
| 4 | На горизонталь гладкой поверхности вплотную лежат два одинаковых кубика. К первому кубику приложена горизонтальная сила 6 Н в направлении второго кубика. Определить модуль результирующей силы, действующей на второй кубик. Трением пренебречь. |
| 5 | Из двух спиралей сопротивлениями 100 Ом и 200 Ом сделали электроплитку, рассчитанную на напряжение 210 В. Мощность плитки меняется переключением спиралей. Найти минимально возможную мощность плитки. |

В графе «ответ» все полученные значения записываются в СИ, если не сказано иного;
все дробные числа записываются в виде десятичной дроби.

Константы

| | | | |
|----------------------------------|--|-----------------------------|--|
| Ускорение свободного падения | $g = 10 \text{ м/с}^2$ | Скорость света | $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ |
| Универсальная газовая постоянная | $R = 8,3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ | Модуль заряда электрона | $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ |
| Число Авогадро | $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ | Коэффициент в законе Кулона | $k = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}$ |
| Молярная масса водорода | $M_{H_2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Постоянная Планка | $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ |
| Молярная масса гелия | $M_{He} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Число «пи» | $\pi = 3,14$ |
| Электронвольт | $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ | $\sqrt{2} = 1,41$ | $\sqrt{3} = 1,73$ $\pi^2 = 10$ |

Решение
9 класс, 2 вариант

| | | |
|---|--|---|
| 1 | <p>Дано: $P_{\text{НОМ}} = 420(\text{Вт}); \Delta l = \frac{1}{8}l_0; P - ?$</p> <p>Решение:</p> $P_{\text{НОМ}} = \frac{U^2}{R}; R_{\text{НОМ}} = \frac{\rho l_0}{S};$ $\frac{P}{P_{\text{НОМ}}} = \frac{\frac{U^2}{R}}{\frac{U^2}{R_{\text{НОМ}}}} = \frac{R_{\text{НОМ}}}{R} = \frac{\frac{\rho l_0}{S}}{\frac{\rho(l_0 - \Delta l)}{S}} = \frac{l_0}{l_0 - \Delta l} = \frac{l_0}{l_0 - \frac{1}{8}l_0} = \frac{8}{7};$ $P = \frac{8}{7}P_{\text{НОМ}} = 480(\text{Вт})$ <p>Ответ: $P = 480(\text{Вт})$</p> | |
| 2 | <p>Дано: $m = 1(\text{кг}); h = 2.5(\text{м}); R = 1(\text{м}); E_{\text{кин.верх}} - ?$</p> <p>Решение:</p> $mgh = E_{\text{кин.верх}} + mg2R;$ $E_{\text{кин.верх}} = mg(h - 2R) = 5(\text{Дж})$ <p>Ответ: $mgh = 5(\text{Дж})$</p> |  |
| 3 | <p>Дано: $n_O - n_{\text{He}} - ?$</p> <p>Решение:</p> ${}^{16}_8\text{O}; {}^4_2\text{He};$ $n_O = 16 - 8 = 8; n_{\text{He}} = 4 - 2 = 2;$ $n_O - n_{\text{He}} = 8 - 2 = 6$ <p>Ответ: $n_O - n_{\text{He}} = 6$</p> | |
| 4 | <p>Дано: $F_1 = 6(\text{Н}); F_2 - ?$</p> <p>Решение:</p> $\vec{F}_{\text{рез}} = m\vec{a}; \vec{F}_1 = 2m\vec{a};$ $(Ox): F_1 = 2ma; F_2 = ma = \frac{F_1}{2} = 3(\text{Н})$ <p>Ответ: $F_2 = 3(\text{Н})$</p> |  |
| 5 | <p>Дано: $R_1 = 100(\text{Ом}); R_2 = 200(\text{Ом}); U = 210(\text{В}); P_{\text{min}} - ?$</p> <p>Решение:</p> $R_{\text{max}} = R_{\text{послед}} = R_1 + R_2;$ $P_{\text{min}} = \frac{U^2}{R_{\text{max}}} = \frac{U^2}{R_1 + R_2} = 147(\text{Вт})$ <p>Ответ: $P_{\text{min}} = 147(\text{Вт});$</p> | |

**Критерии оценивания заданий с развернутым ответом
9 класс**

| Критерий | Баллы |
|---|-------|
| Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов. | 20 |
| <p align="center">Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением и т.п.)</p> <p align="center">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p align="center">И/ИЛИ</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p align="center">И/ИЛИ</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения.</p> | 16 |
| <p align="center">Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p align="center">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p align="center">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p align="center">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи.</p> | 8 |
| <p align="center">Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p align="center">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи.</p> | 4 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок. | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 20 |

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова**

**Оборонно-техническая олимпиада (II этап)
для 10-11 классов**

Направление: Физика

Вариант: 1

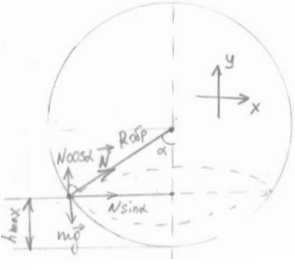
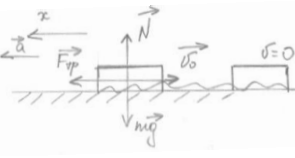
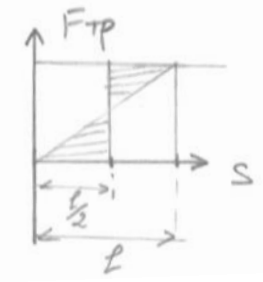

| | |
|---|--|
| 1 | Бусинка может свободно скользить по обручу радиусом 4,5 м, который вращается относительно вертикальной оси, проходящей через его центр с угловой скоростью 2 рад/с. На какую максимальную высоту, относительно начального положения, поднимется бусинка? Ось лежит в плоскости обруча. |
| 2 | Равномерно загруженные сани, движущиеся по льду со скоростью 5 м/с, выезжают на дорогу, посыпанную песком. Определить путь, пройденный санями по дороге, если длина полозьев равна 1 м, а коэффициент трения скольжения о поверхность дороги равен 0,5. Трением о лёд пренебречь. |
| 3 | Два шарика массами 0,2 г и 0,8 г и зарядами 0,3 мкКл и 0,2 мкКл соединены тонкой нитью длиной 20 см и движутся вдоль силовой линии однородного электрического поля с напряженностью 10 кВ/м, направленной вертикально вниз. Определить в миллиньютонх модель силы натяжения нити. |
| 4 | Кольцо радиусом 1 м и сопротивлением 0,1 Ом помещено в однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл. Плоскость кольца перпендикулярна вектору индукции поля. Какой заряд пройдет через поперечное сечение кольца при исчезновении поля? |
| 5 | Нитяной маятник, подвешенный к потолку на нити длиной 2 м, совершает гармонические колебания, при которых максимальная скорость груза достигает 0,25 м/с. При помощи собирающей линзы изображение колеблющегося груза проецируется на экран, расположенный на расстоянии 0,45 м от плоскости линзы. Главная оптическая ось линзы перпендикулярна плоскости колебаний маятника и плоскости экрана. Максимальное смещение изображения груза на экране от проекции положения равновесия составляет 0,1 м. Чему равно фокусное расстояние линзы? |

В графе «ответ» все полученные значения записываются в СИ, если не сказано иного; все дробные числа записываются в виде десятичной дроби.

Константы

| | | | |
|----------------------------------|--|-----------------------------|--|
| Ускорение свободного падения | $g = 10 \text{ м/с}^2$ | Скорость света | $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ |
| Универсальная газовая постоянная | $R = 8,3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ | Модуль заряда электрона | $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ |
| Число Авогадро | $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ | Коэффициент в законе Кулона | $k = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}$ |
| Молярная масса водорода | $M_{H_2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Постоянная Планка | $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ |
| Молярная масса гелия | $M_{He} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Число «пи» | $\pi = 3,14$ |
| Электронвольт | $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ | $\sqrt{2} = 1,41$ | $\sqrt{3} = 1,73$ $\pi^2 = 10$ |

Решение
10-11 класс, 1 вариант

| | | |
|---|---|--|
| 1 | <p>Дано: $R_{\text{обр}} = 4.5(\text{м}); \omega = 2 \left(\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right); h_{\text{max}} - ?$</p> <p>Решение: $\vec{F}_{\text{рез}} = m\vec{a};$ $(Oy): a_y = 0; N \cos \alpha - mg = 0;$ $(Ox): N \sin \alpha = ma_{\text{цс}} = m\omega^2 R_{\text{обр}} \sin \alpha;$ $\begin{cases} N \cos \alpha = mg; \\ N = m\omega^2 R_{\text{обр}}; \end{cases} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{g}{\omega^2 R_{\text{обр}}};$ $h_{\text{max}} = R_{\text{обр}} - R_{\text{обр}} \cos \alpha = R_{\text{обр}} - R_{\text{обр}} \frac{g}{\omega^2 R_{\text{обр}}} = 2(\text{м})$</p> <p>Ответ: $h_{\text{max}} = 2(\text{м})$</p> |  |
| 2 | <p>Дано: $v_0 = 5 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right); l = 1(\text{м}); \mu = 0.5; S - ?$</p> <p>Решение: $v_0^2 - v^2 = 2aS_1; v = 0 \Rightarrow S_1 = \frac{v_0^2}{2a};$ $\vec{F}_{\text{рез}} = m\vec{a}; (Ox): F_{\text{тр}} = ma = \mu N = \mu mg; a = \mu g;$ $S_1 = \frac{v_0^2}{2\mu g} = 2.5(\text{м})$</p> <p>Такой путь прошли бы сани до остановки, если бы мгновенно выехали на песок (см. рис). По мере выезда на лед сила трения меняется, т.к. меняется масса груза, лежащего над дорогой. Масса груза пропорциональна длине полоза, след., $F_{\text{тр}}$ пропорциональна l. Работа саней против силы трения равна $\frac{F_{\text{тр}} l}{2}$; Такую же работу совершили бы сани, если бы первую половину пути l прошли бы без трения, а вторую – с максимальной силой трения μN; т.о., к полученному результату необходимо добавить $\frac{l}{2}$: $S = S_1 + \frac{l}{2} = 3(\text{м})$</p> <p>Ответ: $S = 3(\text{м})$</p> |   |
| 3 | <p>Дано: $m_1 = 0.2(\text{г}) = 2 \cdot 10^{-4}(\text{кг}); m_2 = 0.8(\text{г}) = 8 \cdot 10^{-4}(\text{кг});$ $q_1 = 0.3(\text{мкКл}) = 3 \cdot 10^{-7}(\text{Кл});$ $q_2 = 0.2(\text{мкКл}) = 2 \cdot 10^{-7}(\text{Кл});$ $l = 20(\text{см}) = 0.2(\text{м}); E = 10 \left(\frac{\text{кВ}}{\text{м}} \right) = 10^4 \left(\frac{\text{В}}{\text{м}} \right); T - ?$</p> <p>Решение: $\vec{F}_{\text{рез}} = m\vec{a};$ по 3 закону Ньютона: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}; F_{12} = F_{21}$ $(Ox): \begin{cases} T + q_1 E + m_1 g - F_{12} = m_1 a; \\ F_{21} + q_2 E + m_2 g - T = m_2 a; \end{cases} \Rightarrow$ $\frac{F_{21} + q_2 E + m_2 g - T}{T + q_1 E + m_1 g - F_{12}} = \frac{m_2 a}{m_1 a} = 4;$ $F_{21} + q_2 E + m_2 g - T = 4T + 4q_1 E + 4m_1 g - 4F_{12}$ т.к. $\frac{m_1}{m_2} = 4 \Rightarrow$</p> |  |

$$T = F_{21} + \frac{E(q_2 - 4q_1)}{5} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{q_1 q_2}{C^2} - \frac{E(4q_1 - q_2)}{5} =$$

$$= 11.5 \text{ (мН)}$$

Ответ: $T = 11.5 \text{ (мН)}$

4 Дано: $r = 1 \text{ (м)}; R = 0.1 \text{ (Ом)}; B_0 = 0.1 \text{ (Тл)}; \vec{n} \uparrow \vec{B}; B = 0; q - ?$

Решение:

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}; \Phi = BS \cos(\vec{B}, \vec{n}); \vec{n} \uparrow \vec{B} \Rightarrow$$

$$\Phi = BS; \Delta\Phi = \Delta BS;$$

$$\varepsilon_i = \frac{(B_0 - B)S}{\Delta t} = \frac{B_0 S}{\Delta t} = \frac{B_0 \pi r^2}{\Delta t};$$

$$I = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{q}{\Delta t}; \frac{B_0 \pi r^2}{R \Delta t} = \frac{q}{\Delta t} \Rightarrow q = 3.14 \text{ (Кл)}$$

Ответ: $q = 3.14 \text{ (Кл)}$

5 Дано: $l = 2 \text{ (м)}; v_{max} = 0.25 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right); f = 0.45 \text{ (м)}; A' = 0.1 \text{ (м)}; F - ?$

Решение: $x = A \cos(\omega t + \varphi_0); v = x' = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0);$

$$v_{max} = A\omega; \omega = \frac{2\pi}{T}; T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow v_{max} = A \sqrt{\frac{g}{l}} \Rightarrow$$

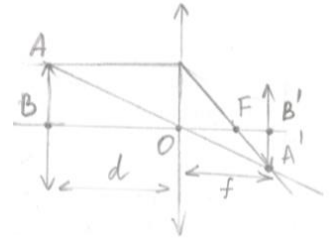
$$A = \frac{v_{max}}{\sqrt{\frac{g}{l}}};$$

т.к. треугольники подобны: $\triangle AOB \sim \triangle A'OB'$:

$$\frac{A}{A'} = \frac{d}{f}; d = \frac{Af}{A'}; \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; \frac{1}{F} = \frac{A'}{Af} + \frac{1}{f} = \frac{A' + A}{Af};$$

$$F = \frac{Af}{A' + A} = \frac{f}{\frac{A'}{A} + 1} = \frac{f}{\frac{A' \sqrt{\frac{g}{l}}}{v_{max}} + 1} = 0.24 \text{ (м)}$$

Ответ: $F = 0.24 \text{ (м)}$



**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова**

**Оборонно-техническая олимпиада (II этап)
для 10-11 классов**

Направление: Физика

Вариант: 2

| | |
|---|---|
| 1 | Тонкий обруч катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности. Скорость центра обруча Земли равна 3 м/с. Определить относительно Земли модуль скорости точки обруча, для которой радиус составляет с горизонтом угол 30°. |
| 2 | Шар массой 0,5 кг падает на невесомую вертикально расположенную пружину с коэффициентом жесткости 1000 Н/м. Определить величину максимального сжатия пружины, если шар падает с высоты 0,3 м. Отсчет высоты ведется от верхнего края недеформированной пружины. |
| 3 | Тело массой 10 г равномерно тонет в воде. Считая, что на нагревание тела идёт 50% выделяющейся при движении теплоты, определить, насколько градусов возрастёт температура тела при погружении на 10 м. Теплоёмкость тела 0,4 Дж/К. Плотность тела много больше плотности воды. |
| 4 | Электрический чайник имеет две обмотки. При включении только первой из них вода, закипает через 40 мин, только второй — через 60 мин. Через сколько минут закипит вода при одновременном включении обеих обмоток параллельно? |
| 5 | Центры N=2744 одинаковых маленьких сферических капелек ртути, имеющих одинаковые заряды, удерживают на одной окружности в вакууме. Капельки равномерно распределены по окружности. Расстояние между соседними капельками много меньше их радиусов. При этом потенциал электрического поля в центре окружности $\varphi=9$ В. Чему будет равен потенциал капли, полученной в результате слияния всех 2744 капелек? |

В графе «ответ» все полученные значения записываются в СИ, если не сказано иного;
все дробные числа записываются в виде десятичной дроби.

Константы

| | | | |
|----------------------------------|--|-----------------------------|--|
| Ускорение свободного падения | $g = 10 \text{ м/с}^2$ | Скорость света | $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ |
| Универсальная газовая постоянная | $R = 8,3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ | Модуль заряда электрона | $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ |
| Число Авогадро | $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ | Коэффициент в законе Кулона | $k = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}$ |
| Молярная масса водорода | $M_{H_2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Постоянная Планка | $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ |
| Молярная масса гелия | $M_{He} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Число «пи» | $\pi = 3,14$ |
| Электронвольт | $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ | $\sqrt{2} = 1,41$ | $\sqrt{3} = 1,73$ $\pi^2 = 10$ |

Решение
10-11 класс, 2 вариант

| | | |
|---|---|--|
| 1 | <p>Дано: $v_{ц} = 3 \left(\frac{M}{c}\right); \alpha = 30^\circ; v_{отн.З} - ?$</p> <p>Решение: $\vec{v}_{отн.З} = \vec{v}_{вр} + \vec{v}_{ц};$ $\beta = 180^\circ - \alpha - 90^\circ = 60^\circ$</p> <p>т.к. проскальзывания нет, то $\vec{v}_{вр} = \vec{v}_{ц}$ (линейная скорость вращательного движения равна скорости обруча относительно Земли). Параллелограмм (см. рис.) становится ромбом:</p> $v_{отн.З} = 2v_{ц} \cos \frac{\beta}{2} = 5.19 \left(\frac{M}{c}\right)$ <p>Ответ: $v_{отн.З} = 5.19 \left(\frac{M}{c}\right)$</p> | |
| 2 | <p>Дано: $m = 0.5(\text{кг}); k = 1000 \left(\frac{H}{M}\right); h = 0,3(\text{м}); \Delta x_{max} - ?$</p> <p>Решение: $mg(h + \Delta x_{max}) = \frac{k(\Delta x_{max})^2}{2};$</p> <p>подставив численные значения и решив уравнение, получим: $\Delta x_{max} = 0.06(\text{м})$</p> <p>Ответ: $\Delta x_{max} = 0.06(\text{м})$</p> | |
| 3 | <p>Дано: $m = 10(\text{г}) = 0.01(\text{кг}); v = const; Q_{\text{тела}} = 50\% Q_{\text{полн}} \Rightarrow$ $Q_{\text{тела}} = 0.5 Q_{\text{полн}}; h = 10(\text{м}); C = 0.4 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{К}}\right); \rho_{\text{т}} \gg \rho_{\text{в}};$ $\Delta T - ?$</p> <p>Решение: $\vec{v} = const; \vec{F}_{\text{рез}} = 0;$ $(Oy): F_{\text{сопр}} + F_A - mg = 0; F_A = \rho_{\text{в}} g V;$ $\rho = \frac{m}{V}; mg = \rho_{\text{т}} g V$</p> <p>т.к. $\rho_{\text{т}} \gg \rho_{\text{в}}$, то $mg \gg F_A \Rightarrow$ силой Архимеда можно пренебречь.</p> $F_{\text{сопр}} = mg; Q_{\text{полн}} = F_{\text{сопр}} h = mgh; Q_{\text{тела}} = C \Delta T;$ $C \Delta T = 0.5 \cdot mgh; \Delta T = \frac{0.5 \cdot mgh}{C} = 1.25(\text{К})$ <p>Ответ: $\Delta T = 1.25(\text{К})$</p> | |
| 4 | <p>Дано: $t_1 = 40(\text{мин}) = 2400(\text{с}); t_2 = 60(\text{мин}) = 3600(\text{с});$ $t_{\text{пар}} - ?$</p> <p>Решение: $Q = \frac{U^2}{R} t; \frac{U^2}{R_1} t_1 = \frac{U^2}{R_2} t_2 = \frac{U^2}{R_{\text{пар}}} t_{\text{пар}};$ $R_{\text{пар}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}; \frac{U^2}{R_1} t_1 = \frac{U^2}{R_2} t_2 \Rightarrow \frac{t_1}{R_1} = \frac{t_2}{R_2};$ $\frac{R_2}{R_1} = \frac{t_2}{t_1} = 1.5; R_2 = 1.5 R_1; R_{\text{пар}} = 0.6 R_1;$ $\frac{t_1}{R_1} = \frac{t_{\text{пар}}}{R_{\text{пар}}}; t_{\text{пар}} = \frac{t_1 R_{\text{пар}}}{R_1} = 24(\text{мин})$</p> <p>Ответ: $t_{\text{пар}} = 24(\text{мин})$</p> | |

5

Дано: $N = 2744$; $\varphi_{ц} = 9(\text{В})$; $\varphi = ?$

Решение:

$$\varphi_{ц} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Nq}{r}; \quad \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Nq}{R};$$

r – радиус окружности, R – радиус большой капли.

$$\frac{\varphi}{\varphi_{ц}} = \frac{r}{R}; \quad l = 2\pi r = 2Nr_{\text{капли}}; \quad r_{\text{капли}} = \frac{\pi r}{N};$$

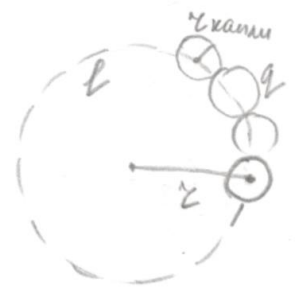
$$V_{\text{больш.капли}} = NV_{\text{капли}}; \quad \frac{4}{3}\pi R^3 = N \frac{4}{3}\pi r_{\text{капли}}^3$$

$$R = \sqrt[3]{Nr_{\text{капли}}}; \quad \frac{\varphi}{\varphi_{ц}} = \frac{r}{R} = \frac{Nr_{\text{капли}}}{\pi R} = \frac{N}{\pi \sqrt[3]{N}};$$

$$\varphi = \frac{\varphi_{ц}}{\pi} N^{\frac{2}{3}} \approx 562(\text{В})$$

Ответ:

$$\varphi = 562(\text{В})$$



**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова**

**Оборонно-техническая олимпиада (II этап)
для 10-11 классов**

Направление: Физика

Вариант: 3

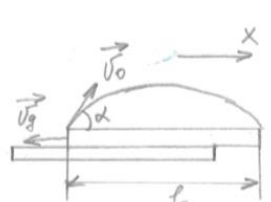
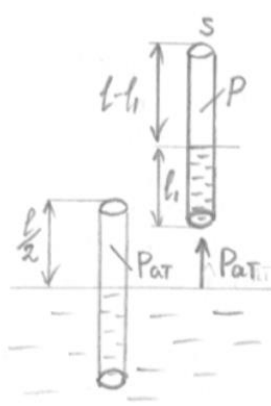
| | |
|---|---|
| 1 | Лягушка массой 100 г сидит на конце доски массой 2 кг и длиной 84 см. Доска плавает на поверхности пруда. Лягушка прыгает вдоль доски с начальной скоростью 4 м/с относительно воды. Под каким минимальным углом в градусах к горизонту должна прыгнуть лягушка, чтобы оказаться на другом конце доски? |
| 2 | Открытую с обеих сторон трубку длиной 1,22 м погружают до половины в ртуть, затем закрывают верхнее отверстие трубки и вынимают её из ртути. В трубке остаётся столбик ртути длиной 27 см. Определить в кПа атмосферное давление, если плотность ртути равна 13,6 г/см ³ . |
| 3 | При двух различных сопротивлениях нагрузки отношение напряжений на зажимах источника равно 5, а полезная мощность в обоих случаях равна 25 Вт. Вычислить ток короткого замыкания, если ЭДС источника 25 В. |
| 4 | На горизонтальной подставке, совершающей гармонические колебания по вертикали, лежит груз. При какой минимальной амплитуде колебаний груз оторвётся от подставки, если период колебаний равен 1,57 с? Ответ записать в сантиметрах. |
| 5 | Заряженная частица влетела в однородное магнитное поле под углом $\alpha = 30^\circ$ к его силовым линиям. Двигаясь по винтовой линии радиуса $R = 2,5$ см, частица за некоторый промежуток времени прошла путь $S = 2,2$ м. Сколько полных оборотов за это время совершила частица? |

В графе «ответ» все полученные значения записываются в СИ, если не сказано иного; все дробные числа записываются в виде десятичной дроби.

Константы

| | | | |
|----------------------------------|--|-----------------------------|--|
| Ускорение свободного падения | $g = 10 \text{ м/с}^2$ | Скорость света | $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ |
| Универсальная газовая постоянная | $R = 8,3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ | Модуль заряда электрона | $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ |
| Число Авогадро | $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ | Коэффициент в законе Кулона | $k = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}$ |
| Молярная масса водорода | $M_{H_2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Постоянная Планка | $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ |
| Молярная масса гелия | $M_{He} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Число «пи» | $\pi = 3,14$ |
| Электронвольт | $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ | $\sqrt{2} = 1,41$ | $\sqrt{3} = 1,73$ $\pi^2 = 10$ |

Решение
10-11 класс, 3 вариант

| | | |
|---|--|---|
| 1 | <p>Дано: $m_{\text{л}} = 100(\text{г}) = 0.1(\text{кг}); m_{\text{д}} = 2(\text{кг});$ $l = 84(\text{см}) = 0.84(\text{м}); v_0 = 4 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right); \alpha_{\text{min}} - ?$</p> <p>Решение: 3-н сохр. имп.: $\vec{P}_{\text{полн}} = \text{const}; m_{\text{л}} \vec{v}_0 + m_{\text{д}} \vec{v}_{\text{д}} = 0;$ $(Ox): m_{\text{л}} v_0 \cos \alpha - m_{\text{д}} v_{\text{д}} = 0; v_{\text{д}} = \frac{m_{\text{л}}}{m_{\text{д}}} v_0 \cos \alpha;$</p> <p>Пусть t – время полета лягушки. За это время доска отплывает на расстояние $v_{\text{д}} t$;</p> $v_0 t \cos \alpha + v_{\text{д}} t = l; l = t(v_0 \cos \alpha + v_{\text{д}}); t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g};$ $l = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \left(v_0 \cos \alpha + \frac{m_{\text{л}}}{m_{\text{д}}} v_0 \cos \alpha \right);$ <p>t – полное время движения тела, брошенного под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0;</p> $l = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} v_0 \cos \alpha \left(1 + \frac{m_{\text{л}}}{m_{\text{д}}} \right); l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \left(1 + \frac{m_{\text{л}}}{m_{\text{д}}} \right);$ $\sin 2\alpha = \frac{lg}{v_0^2 \left(1 + \frac{m_{\text{л}}}{m_{\text{д}}} \right)} = 0.5;$ $2\alpha_1 = 30^\circ; 2\alpha_2 = 150^\circ; \alpha_{\text{min}} = 15^\circ$ <p>Ответ: $\alpha_{\text{min}} = 15^\circ$</p> |  |
| 2 | <p>Дано: $l = 1.22(\text{м}); l_1 = 27(\text{см}) = 0.27(\text{м});$ $\rho_{\text{рт}} = 13.6 \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right) = 13.6 \cdot 10^3 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right); P_{\text{атм}} - ?$</p> <p>Решение: Столбик ртути длиной l находится в равновесии. Результирующее давление в нижней его части сверху $P + \rho_{\text{рт}} g l_1$ равно давлению снизу $P_{\text{атм}}$:</p> $P + \rho_{\text{рт}} g l_1 = P_{\text{атм}};$ <p>Температура и масса воздуха не меняются. $T = \text{const}$ $m = \text{const}$ Закон Бойля – Мариотта $PV = \text{const};$</p> $P_{\text{атм}} \frac{l}{2} S = P(l - l_1) S; P = \frac{P_{\text{атм}} l}{2(l - l_1)};$ <p>S-площадь сечения трубки</p> $\frac{P_{\text{атм}} l}{2(l - l_1)} + \rho_{\text{рт}} g l_1 = P_{\text{атм}}; P_{\text{атм}} \left(1 - \frac{l}{2(l - l_1)} \right) = \rho_{\text{рт}} g l_1;$ $P_{\text{атм}} = \frac{\rho_{\text{рт}} g l_1}{\left(1 - \frac{l}{2(l - l_1)} \right)} = 102.6(\text{кПа})$ <p>Ответ: $P_{\text{атм}} = 102.6(\text{кПа})$</p> |  |
| 3 | <p>Дано: $\frac{U_1}{U_2} = 5; P_1 = P_2 = 25(\text{Вт}); \varepsilon = 25(\text{В}); I_{\text{к.з.}} - ?$</p> <p>Решение: $I_{\text{к.з.}} = \frac{\varepsilon}{r}; I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r}; U = IR; U_1 = I_1 R_1 = \frac{\varepsilon R_1}{R_1 + r};$</p> | |

$$\text{аналогично: } U_2 = \frac{\varepsilon R_2}{R_2 + r}; U_1 = \frac{\frac{\varepsilon R_1}{R_1 + r}}{\frac{\varepsilon R_2}{R_2 + r}} = \frac{R_1}{R_2} \frac{R_2 + r}{R_1 + r} = 5;$$

$$P_1 = I_1^2 R_1 = \frac{\varepsilon^2 R_1}{(R_1 + r)^2} = P_2 = \frac{\varepsilon^2 R_2}{(R_2 + r)^2};$$

$$\frac{R_1}{(R_1 + r)^2} = \frac{R_2}{(R_2 + r)^2}; \left(\frac{R_2 + r}{R_1 + r}\right)^2 = \frac{R_2}{R_1};$$

$$\frac{R_2 + r}{R_1 + r} = 5 \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow R_1 = 25R_2;$$

$$P_1 = \frac{\varepsilon^2 R_1}{(R_1 + r)^2} \Rightarrow 25 = \frac{25^2 R_1}{(R_1 + r)^2};$$

$$25R_1 = (R_1 + r)^2; \text{аналогично:}$$

$$25R_2 = (R_2 + r)^2$$

$$\begin{cases} R_1 = 25R_2 \\ 5\sqrt{R_1} = R_1 + r \\ 5\sqrt{R_2} = R_2 + r \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 5\sqrt{25R_2} = 25R_2 + r \\ 5\sqrt{R_2} = R_2 + r \end{cases} \Rightarrow$$

$$5 = \frac{25R_2 + r}{R_2 + r} \Rightarrow r = 5R_2 = \frac{R_1}{5}; R_1 = 5r;$$

$$P_1 = \frac{\varepsilon^2 R_1}{(R_1 + r)^2} \Rightarrow r = \frac{125}{36}; I_{\text{к.з.}} = \frac{\varepsilon}{r} = 7.2(\text{A})$$

Ответ:

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{\varepsilon}{r} = 7.2(\text{A})$$

4

Дано: $T = 1.57(\text{с}) = \frac{\pi}{2}(\text{с}); A_{\text{min}} - ?$

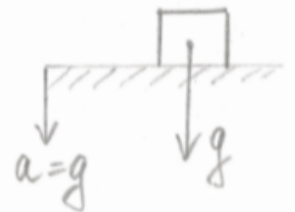
Решение: Отрыв: $N = 0$; подставка и тело движутся с одинаковым ускорением g ; $a = g$;

Уравнение гармонических колебаний:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0); v = x' = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0);$$

$$a = v' = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0); g = a = A_{\text{min}}\omega^2;$$

$$A_{\text{min}} = \frac{g}{\omega^2} = \frac{g}{\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2} = \frac{g}{\left(\frac{2\pi}{\frac{\pi}{2}}\right)^2} = 62.5(\text{см})$$



Ответ:

$$A_{\text{min}} = 62.5(\text{см})$$

5

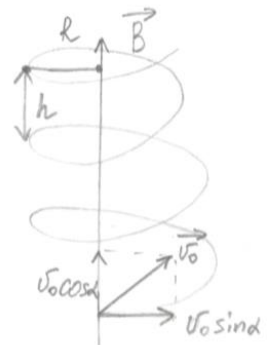
Дано: $\alpha = 30^\circ; R = 2.5(\text{см}) = 2.5 \cdot 10^{-2}(\text{м}); S = 2.2(\text{м}); N - ?$

Решение: По теореме Пифагора:

$$S = N\sqrt{4\pi^2 R^2 + h^2};$$

$$h = v_0 \cos \alpha T; \Rightarrow \frac{2\pi R}{h} = \text{tg} \alpha \Rightarrow h = \frac{2\pi R}{\text{tg} \alpha};$$

$$N = \frac{S}{\sqrt{4\pi^2 R^2 + \frac{4\pi^2 R^2}{\text{tg}^2 \alpha}}} = \frac{S}{2\pi R \sqrt{1 + \frac{1}{\text{tg}^2 \alpha}}} \approx 7$$



Ответ:

$$N = 7$$

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова**

**Оборонно-техническая олимпиада (II этап)
для 10-11 классов**

Направление: Физика

Вариант: 4

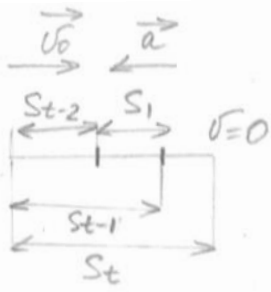
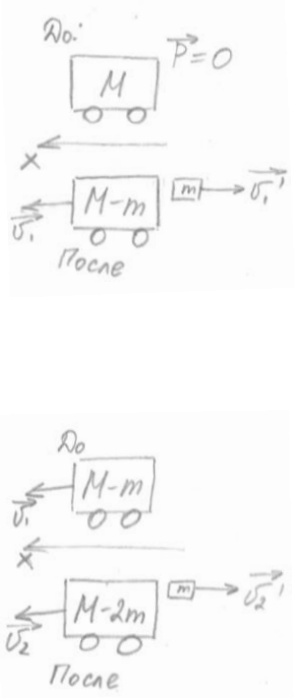

| | |
|---|---|
| 1 | Поезд при подходе к платформе начинает тормозить и останавливается, пройдя путь 75 м. Определить модуль начальной скорости поезда, если за предпоследнюю секунду он прошёл расстояние 2,25 м. Движение поезда равнозамедленное. |
| 2 | На неподвижной платформе установлено орудие, из которого дважды стреляют вдоль рельс в горизонтальном направлении. Определить модуль скорости платформы, если её общая масса вместе с орудием и снарядами равна 910 кг, масса снаряда — 10 кг, а скорость вылета снаряда относительно платформы — 819 м/с. |
| 3 | Давление газа в горизонтальной запаянной трубке, разделённой столбиком ртути массой 10 г на два объёма по 50 см ³ , равно 12 кПа. Найти в квадратных сантиметрах площадь сечения трубки, если при вертикальном положении трубки верхний объём газа больше нижнего объёма на 20 см ³ . |
| 4 | К плюсу батареи с ЭДС 16,8 В и сопротивлением 2,1 Ом подключены резисторы 1 Ом и 4 Ом, к минусу — 2 Ом и 3 Ом. Найти модуль разности потенциалов между точкой соединения резисторов 1 Ом и 2 Ом и точкой соединения резисторов 4 Ом и 3 Ом. |
| 5 | На какую высоту над Землёй надо поднять математический маятник, чтобы период его колебаний увеличился на 1%? Радиус Земли 6 400 км. Ответ дать в километрах. |

В графе «ответ» все полученные значения записываются в СИ, если не сказано иного;
все дробные числа записываются в виде десятичной дроби.

Константы

| | | | |
|----------------------------------|--|-----------------------------|--|
| Ускорение свободного падения | $g = 10 \text{ м/с}^2$ | Скорость света | $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ |
| Универсальная газовая постоянная | $R = 8,3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ | Модуль заряда электрона | $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ |
| Число Авогадро | $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ | Коэффициент в законе Кулона | $k = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}$ |
| Молярная масса водорода | $M_{H_2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Постоянная Планка | $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ |
| Молярная масса гелия | $M_{He} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Число «пи» | $\pi = 3,14$ |
| Электронвольт | $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ | $\sqrt{2} = 1,41$ | $\sqrt{3} = 1,73$ $\pi^2 = 10$ |

Решение
10-11 класс, 4 вариант

| | | |
|----------|--|---|
| <p>1</p> | <p>Дано: $S = 75(\text{м}); t_1 = 1(\text{с}); S_1 = 2.25(\text{м}); v_0 - ?$</p> <p>Решение: Пусть t – полное время торможения</p> $S_t = v_0 t - \frac{at^2}{2}; v = v_0 - at = 0; v_0 = at;$ $S_1 = S_{t-1} - S_{t-2}; S_{t-1} = v_0(t-1) - \frac{a(t-1)^2}{2};$ $S_{t-2} = v_0(t-2) - \frac{a(t-2)^2}{2};$ $S_1 = v_0(t-1) - \frac{a(t-1)^2}{2} - v_0(t-2) + \frac{a(t-2)^2}{2}$ $= v_0 - \frac{a}{2}(2t-3) = v_0 - at + \frac{3a}{2};$ $\begin{cases} v_0 t - \frac{at^2}{2} = 75 \\ v_0 = at \\ v_0 - at + \frac{3a}{2} = 2.25 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 1.5 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}^2}\right) \\ t = 10(\text{с}) \\ v_0 = 15 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right) \end{cases}$ <p>Ответ: $v_0 = 15 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right)$</p> |  |
| <p>2</p> | <p>Дано: $M = 910(\text{кг}); m = 10(\text{кг}); U = 819 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right); v_2 - ?$</p> <p>Решение: 1) 1-ый выстрел: \vec{v}'_1 – скорость 1-ого снаряда относительно Земли. $\vec{v}'_1 = \vec{v}_1 + \vec{U};$</p> <p>3.С.И.: $\vec{P}_{\text{полн}} = \text{const}; (M-m)\vec{v}_1 + m(\vec{v}_1 + \vec{U}) = 0;$ $M\vec{v}_1 + m\vec{U} = 0;$ $(Ox): Mv_1 - mU = 0; v_1 = \frac{mU}{M};$</p> <p>2) 2-ой выстрел: \vec{v}'_2 – скорость 2-ого снаряда относительно Земли. $\vec{v}'_2 = \vec{v}_2 + \vec{U};$</p> <p>3.С.И.: $(M-m)\vec{v}_1 = (M-2m)\vec{v}_2 + m(\vec{v}_2 + \vec{U});$ $(M-m)\vec{v}_1 = (M-m)\vec{v}_2 + m\vec{U};$ $(Ox): (M-m)v_1 = (M-m)v_2 - mU;$ $v_2 = v_1 + \frac{mU}{M-m} = \frac{mU}{M} + \frac{mU}{M-m} = 18.1 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right)$</p> <p>Ответ: $v_2 = 18.1 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right)$</p> |  |
| <p>3</p> | <p>Дано: $m_{\text{рт}} = 10(\text{г}) = 10^{-2}(\text{кг}); V = 50(\text{см}^3) = 5 \cdot 10^{-5}(\text{м}^3);$ $P = 12(\text{кПа}) = 12 \cdot 10^3(\text{Па});$ $V'_1 - V'_2 = 20(\text{см}^3) = 2 \cdot 10^{-5}(\text{м}^3); S - ?$</p> <p>Решение: $\begin{cases} V'_1 + V'_2 = 2V = 10 \cdot 10^{-5}(\text{м}^3) \\ V'_1 - V'_2 = 2 \cdot 10^{-5}(\text{м}^3) \end{cases} \Rightarrow 2V'_1 = 12 \cdot 10^{-5}(\text{м}^3);$ $V'_1 = 6 \cdot 10^{-5}(\text{м}^3); V'_2 = 4 \cdot 10^{-5}(\text{м}^3);$</p> |  |

$$T = const \Rightarrow PV = P'_1 V'_1;$$

$$PV = const \Rightarrow PV = P'_2 V'_2;$$

$$P = \frac{F}{S}; F = PS;$$

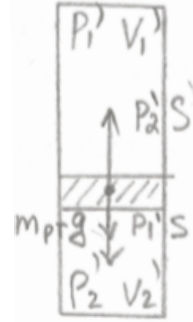
капля находится в равновесии: $\vec{F}_{\text{рез}} = 0;$

$$P'_1 S + m_{\text{рт}} g = P'_2 S; m_{\text{рт}} g = (P'_2 - P'_1) S;$$

$$S = \frac{m_{\text{рт}} g}{P'_2 - P'_1}; P'_2 = \frac{PV}{V'_2}; P'_1 = \frac{PV}{V'_1};$$

$$S = \frac{m_{\text{рт}} g}{\frac{PV}{V'_2} - \frac{PV}{V'_1}} = 0.2 (\text{см}^2)$$

Ответ: $S = 0.2 (\text{см}^2)$



4 Дано: $\varepsilon = 16.8 (\text{В}); r = 2.1 (\text{Ом}); R_1 = 1 (\text{Ом}); R_2 = 4 (\text{Ом});$
 $R_3 = 2 (\text{Ом}); R_4 = 3 (\text{Ом}); |\Delta\varphi| - ?$

Решение: $\Delta\varphi = |\varphi_A - \varphi_B|;$
 $R_{13} = R_1 + R_3 = 3 (\text{Ом}); R_{24} = R_2 + R_4 = 7 (\text{Ом});$

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_{13} R_{24}}{R_{13} + R_{24}} = 2.1 (\text{Ом});$$

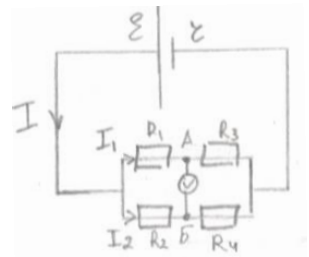
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{общ}} + r} = 4 (\text{А}); I = I_1 + I_2; I = \frac{U}{R};$$

$$U_{13} = U_{24}; I_1 R_{13} = I_2 R_{24};$$

$$\begin{cases} 3I_1 = 7I_2 \\ I_1 + I_2 = 4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 2.8 (\text{А}) \\ I_2 = 1.2 (\text{А}) \end{cases};$$

$$\Delta\varphi = |U_1 - U_2| = |I_1 R_1 - I_2 R_2| = |-2|; |\Delta\varphi| = 2 (\text{В})$$

Ответ: $|\Delta\varphi| = 2 (\text{В})$



5 Дано: $\frac{T_2 - T_1}{T_1} \cdot 100\% = 1\%; \Rightarrow \frac{T_2 - T_1}{T_1} = 0.01;$

$$R_3 = 6400 (\text{км}) = 6.4 \cdot 10^6 (\text{м}); h - ?$$

Решение: $\frac{T_2}{T_1} - 1 = 0.01; \frac{T_2}{T_1} = 1.01;$

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0}}; T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_h}}$$

g_0 – ускорение свободного падения на поверхности

Земли, g_h – ускорение свободного падения на высоте h .

$$g_0 = G \frac{M_3}{R_3^2}; g_h = G \frac{M_3}{(R_3 + h)^2};$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2\pi \sqrt{\frac{l}{g_h}}}{2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0}}} = \sqrt{\frac{g_0}{g_h}} = \sqrt{\frac{G \frac{M_3}{R_3^2}}{G \frac{M_3}{(R_3 + h)^2}}} = 1 + \frac{h}{R_3} = 1.01 \Rightarrow$$

$$\frac{h}{R_3} = 0.01; h = 64 (\text{км})$$

Ответ: $h = 64 (\text{км})$

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова**

**Оборонно-техническая олимпиада (II этап)
для 10-11 классов**

Направление: Физика

Вариант: 5

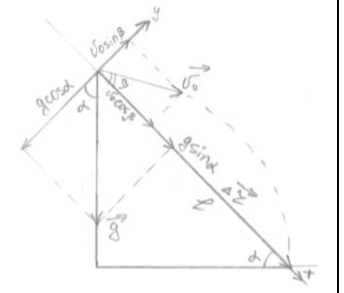

| | |
|---|---|
| 1 | С вершины длинной наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол 60° , бросают вниз тело с начальной скоростью 10 м/с под углом 30° к наклонной плоскости. На каком расстоянии от точки бросания находится точка падения тела на наклонную плоскость? Сопротивлением воздуха пренебречь. |
| 2 | Тело массой $0,4 \text{ кг}$ начинает скользить с начальной скоростью 12 м/с вверх по наклонной плоскости, составляющей угол 30° с горизонтом. Определить работу сил трения за $3,6 \text{ с}$ движения, если коэффициент трения равен отношению $\sqrt{3}$ к 6. |
| 3 | При изотермическом расширении 2 молям идеального газа сообщено 249 Дж теплоты. Затем газ перевели в начальное состояние путём изобарического сжатия и изохорического нагревания. Работа газа за цикл равна 83 Дж . Определить разность максимальной и минимальной температур газа в цикле. |
| 4 | Высокоомный вольтметр, зашунтированный резистором $1,5 \text{ Ом}$, подключен к батарее. При отключении шунта показания вольтметра изменились на 6 В . Найти ЭДС батареи, если сила тока короткого замыкания для неё равна 1 А . |
| 5 | В идеальном колебательном контуре в некоторый момент времени заряд на пластинах конденсатора равен $q = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$, а сила тока в катушке $I = 6 \text{ мА}$. Определить амплитуду колебаний, если период колебаний $T = 6 \cdot 10^{-6} \text{ с}$. |

В графе «ответ» все полученные значения записываются в СИ, если не сказано иного;
все дробные числа записываются в виде десятичной дроби.

Константы

| | | | |
|----------------------------------|--|-----------------------------|--|
| Ускорение свободного падения | $g = 10 \text{ м/с}^2$ | Скорость света | $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ |
| Универсальная газовая постоянная | $R = 8,3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ | Модуль заряда электрона | $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ |
| Число Авогадро | $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ | Коэффициент в законе Кулона | $k = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}$ |
| Молярная масса водорода | $M_{H_2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Постоянная Планка | $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ |
| Молярная масса гелия | $M_{He} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | Число «пи» | $\pi = 3,14$ |
| Электронвольт | $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ | $\sqrt{2} = 1,41$ | $\sqrt{3} = 1,73$ $\pi^2 = 10$ |

Решение
10-11 класс, 5 вариант

| | | |
|---|---|--|
| 1 | <p>Дано: $\alpha = 60^\circ; v_0 = 10 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right); \beta = 30^\circ; l - ?$</p> <p>Решение:</p> $\Delta \vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$ $(Ox): l = v_0 \cos \beta t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2};$ <p>В момент t подъема $v \parallel Ox; v_y = 0; \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t;$</p> $(Oy): v_y = v_0 \sin \beta - g \cos \alpha t = 0; t = \frac{v_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} = 1(\text{с});$ $t_{\text{полн}} = t_{\text{подъем}} + t_{\text{спуск}} = 2t_{\text{подъем}} = 2(\text{с});$ <p>Подставим численные значения: $l = 34.6(\text{м})$</p> <p>Ответ: $l = 34.6(\text{м})$</p> |  |
| 2 | <p>Дано: $m = 0.4(\text{кг}); v_0 = 12 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right); \alpha = 30^\circ; t = 3.6(\text{с});$</p> $\mu = \frac{\sqrt{3}}{6}; A_{F_{\text{тр}}} - ?$ <p>Решение: 1) Подъем</p> $A_{F_{\text{тр}}} = -F_{\text{тр}} S; F_{\text{тр}} = \mu N; N = mg \cos \alpha;$ $F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha = 1(\text{Н});$ $\vec{F}_{\text{рез}} = m\vec{a};$ $(Ox): \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = ma;$ $a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 7.5 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}^2}\right);$ $v_0^2 - v^2 = 2aS_{\text{подъем}}; S_{\text{подъем}} = \frac{v_0^2}{2a} = 9.6(\text{м});$ $A_{F_{\text{тр}} \text{ подъем}} = -F_{\text{тр}} S_{\text{подъем}} = -9.6(\text{Дж});$ $v = v_0 - at_{\text{подъем}} = 0; t_{\text{подъем}} = \frac{v_0}{a} = 1.6(\text{с});$ <p>2) Спуск</p> $t_{\text{спуск}} = t - t_{\text{подъем}} = 2(\text{с}); S_{\text{спуск}} = \frac{a' t_{\text{спуск}}^2}{2};$ $\vec{F}_{\text{рез}} = m\vec{a}';$ $(Ox): mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma';$ $a' = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 2.5 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}^2}\right);$ $S_{\text{спуск}} = 5(\text{м});$ $A_{F_{\text{тр}} \text{ спуск}} = -F_{\text{тр}} S_{\text{спуск}} = -5(\text{Дж});$ $A_{F_{\text{тр}}} = A_{F_{\text{тр}} \text{ подъем}} + A_{F_{\text{тр}} \text{ спуск}} = -14.6(\text{Дж})$ <p>Ответ: $A_{F_{\text{тр}}} = -14.6(\text{Дж})$</p> |  |

| | | |
|---|---|--|
| 3 | <p>Дано: $\nu = 2$(моль); $Q_1 = 249$(Дж); $A = 83$(Дж); $T_{max} - T_{min} - ?$</p> <p>Решение: $A = Q_1 - Q_2$; $Q_2 = Q_1 - A = 166$(Дж);</p> $Q_2 = P_1(V_2 - V_1) = P_1\Delta V = \nu R\Delta T; \Delta T = \frac{Q_2}{\nu R} = 10(K);$ $T_1 = T_{min}; \text{т.к. } P_1 = P_{min}; V_1 = V_{min}(\text{см.рис.}); T_2 = T_{max};$ $T_{max} - T_{min} = 10(K)$ <p>Ответ: $T_{max} - T_{min} = 10(K)$</p> | |
| 4 | <p>Дано: $R_{ш} = 1.5$(Ом); $\Delta U = 6$(В); $I_{к.з.} = 1$(А); $\varepsilon - ?$</p> <p>Решение: $I_1 = \frac{\varepsilon}{R_{ш} + r}$; $U_1 = I_1 R_{ш} = \frac{\varepsilon R_{ш}}{R_{ш} + r}$; $I_2 = 0$; ($R_V = \infty$);</p> $\Delta U = \varepsilon - U_1 = \varepsilon - \frac{\varepsilon R_{ш}}{R_{ш} + r}; I_{к.з.} = \frac{\varepsilon}{r}; r = \frac{\varepsilon}{I_{к.з.}}$ $\Delta U = \varepsilon - \frac{\varepsilon R_{ш}}{R_{ш} + \frac{\varepsilon}{I_{к.з.}}} \Rightarrow \varepsilon^2 - 6\varepsilon - 9 = 0;$ $\varepsilon = 7.23(\text{В}); \text{т.к. } \varepsilon > 0$ <p>Ответ: $\varepsilon = 7.23(\text{В})$</p> | |
| 5 | <p>Дано: $q = 2 \cdot 10^{-9}$(Кл); $I = 6$(мА) = $6 \cdot 10^{-3}$(А);</p> $T = 6 \cdot 10^{-6}$ (с); $q_{max} - ?$ <p>Решение: $q = q_{max} \sin(\omega t)$; $I = q' = q_{max} \omega \cos(\omega t)$; $\omega = \frac{2\pi}{T}$;</p> $\begin{cases} q_{max} \sin(\omega t) = q \\ q_{max} \cos(\omega t) = \frac{I}{\omega} \end{cases} \Rightarrow$ $q_{max}^2 = q^2 + \frac{I^2}{\omega^2} = q^2 + \left(\frac{IT}{2\pi}\right)^2 \approx 36.8 \cdot 10^{-18};$ $q_{max} \approx 6.1 \cdot 10^{-9}(\text{Кл})$ <p>Ответ: $q_{max} = 6.1 \cdot 10^{-9}(\text{Кл})$</p> | |

**Критерии оценивания заданий с развернутым ответом
10-11 класс**

| Критерий | Баллы |
|---|-------|
| Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов. | 20 |
| <p align="center">Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением и т.п.)</p> <p align="center">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p align="center">И/ИЛИ</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p align="center">И/ИЛИ</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения.</p> | 16 |
| <p align="center">Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p align="center">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p align="center">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p align="center">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи.</p> | 8 |
| <p align="center">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи.</p> | 4 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок. | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 20 |