

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
"БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ - БУДУЩЕЕ НАУКИ"
ФИЗИКА

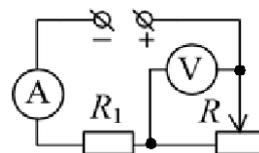
г.Саров 2024/25 уч.г.

Финальный тур

9 класс

1. Движущаяся прямолинейно с постоянным ускорением частица проходит за время от 0 до t_0 путь S , а за промежуток времени от 0 до $2t_0$ путь $4S/3$. Какой путь S_3 пройдет частица за интервал времени от 0 до $3t_0$?

2. В показанной на схеме электрической цепи ползунок реостата перемещают вправо. Как при этом будут изменяться и чему будут равны показания идеальных вольтметра и амперметра? Напряжение источника неизменно и равно U .



3. В морозильную камеру поместили чашу с 1 л воды. Чтобы охладить её содержимое на 18 град, потребовалось отобрать от них 400 кДж тепла. Какой при этом станет температура содержимого чаши? Теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·град), теплоёмкость льда в 2 раза меньше, теплота плавления льда 340 кДж/кг. Теплоемкость чаши мала.

4. Автомобиль массой 10^3 кг имеет двигатель с максимальной мощностью 10^5 Вт. Коэффициент трения между шинами автомобиля и дорожным покрытием 0,5. Каково минимальное время, необходимое для увеличения скорости автомобиля от нуля до 30 м/с ($g = 10$ м/с²)?

10 класс

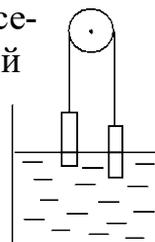
1. В стакане находится некоторое количество воды, нагретой до температуры $t_1 = 60^\circ\text{C}$. В стакан кладут металлический шарик, имеющий температуру $t_0 = 20^\circ\text{C}$, а некоторое время спустя — еще два таких же шарика при той же температуре. В результате в стакане устанавливается температура $t_3 = 50^\circ\text{C}$. Какова была установившаяся температура t_2 в стакане после того, как в него был опущен первый шарик? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

2. На гладкой горизонтальной поверхности покоится брусок массой M . В брусок попадает и пробивает его пуля массы m , летевшая горизонтально со скоростью V_1 вдоль линии, перпендикулярной грани бруска и проходящей через его центр масс. Сколько при этом выделилось тепла, если скорость пули при вылете равна V_2 ?

3. Три одинаковых сосуда, соединенные тонкими, не проводящими тепло трубками, заполнены при температуре $T_0 = 40$ К некоторым количеством газообразного гелия.

Затем один из сосудов нагрели до температуры $T_1 = 100$ К, второй – до температуры $T_2 = 160$ К, третий – до $T_3 = 200$ К. Во сколько раз изменилось давление в сосудах?

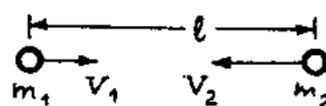
4. Два цилиндра одинаковой высоты $H=6$ см и одинакового поперечного сечения висят на концах идеальной нити, переброшенной через невесомый легко вращающийся неподвижный блок. При этом один из цилиндров погружен в воду на половину высоты, а другой – на треть. Плотности материалов цилиндров больше плотности воды. В сосуд доливают воду так, чтобы ее уровень поднялся на $d = 5$ см. Какое положение займут при этом цилиндры?



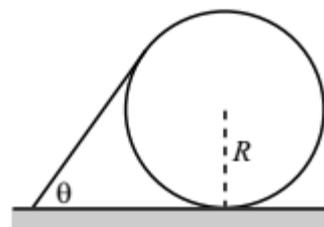
11класс

1. Найти разность потенциалов между концами крыльев сверхзвукового стратегического бомбардировщика Ту-160 «Белый лебедь» на форсаже до скорости 2200 км/час и при заходе на посадку со скоростью 300 км/час. Индукция вертикального магнитного поля Земли 48 мкТл. Размах крыльев на дозвуке/сверхзвуке - 55,7/35,6 м (за счёт изменяемой геометрии крыла).

2. Два маленьких шарика массами $m_1 = 6$ г и $m_2 = 4$ г имеют заряды $q_1 = 10^{-6}$ Кл и $q_2 = 5 \cdot 10^{-6}$ Кл соответственно. В начальный момент они движутся навстречу друг другу по прямой, соединяющей их центры, расстояние между ними $l = 2$ м, а скорости $V_1 = 1$ м/с и $V_2 = 2$ м/с. На какое минимальное расстояние L приблизятся шарики друг к другу? Силу тяжести не учитывать, $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9}$ Ф/м.



3. Палочка с плотностью ρ на единицу длины покоится на круглом диске с радиусом R . Палочка образует угол θ с горизонтом и является касательной к диску в её верхней точке. Во всех контактных точках существует трение, достаточное, чтобы удерживать систему в покое. Найдите силу трения между полом и диском.



4. При изотермическом сжатии $m = 9$ г водяного пара при температуре $T=373$ К его объем уменьшили в 3 раза, а давление при этом возросло вдвое. Найдите начальный объем пара.

**МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
"БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ - БУДУЩЕЕ НАУКИ"
2024-2025 УЧЕБНЫЙ ГОД
ФИЗИКА
ФИНАЛЬНЫЙ ТУР**

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

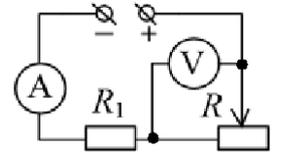
9 класс

1. Движущаяся прямолинейно с постоянным ускорением частица проходит за промежуток времени от 0 до t_1 путь S_1 , а за промежуток от 0 до $2t_1$ путь $4S_1/3$. Какой путь пройдет частица к моменту времени $3t_1$?

Ответ: Частица пройдет путь $\frac{5}{3}S_1$.

Решение: Из условия задачи можно понять, что ускорение частицы направлено против начальной скорости и в момент $2t_1$ скорость частицы обращается в нуль. Отсюда следует, что за промежуток времени от $2t_1$ до $3t_1$ частица пройдет такой же путь, как от t_1 до $2t_1$, т.е. $S_1/3$. В итоге, полный путь за время $3t_1$ будет равен $5S_1/3$.

2. В показанной на схеме электрической цепи ползунок реостата перемещают вправо. Как при этом будут изменяться и чему будут равны показания идеальных вольтметра и амперметра? Напряжение источника неизменно и равно U .



Ответ:

$$R \uparrow, \quad I \downarrow, \quad V \uparrow, \quad I = U / (R + R_1), \quad V = UR / (R + R_1).$$

3. В морозильную камеру поместили чашу с 1 л воды. Чтобы охладить её содержимое на 18 град., потребовалось отобрать от них 400 кДж тепла. Какой при этом станет температура содержимого чаши? Теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·град), теплоёмкость льда в 2 раза меньше, теплота плавления льда 340 кДж/кг. Теплоемкость чаши мала.

Решение:

$$c_{\text{в}} \cdot 1 \cdot (T_1 - 0) + \lambda \cdot 1 = 400\,000; \rightarrow T_2 \cong 0^\circ\text{C}.$$

Ответ: 0°C .

4. Автомобиль массой 10^3 кг имеет двигатель с максимальной мощностью 10^5 Вт. Коэффициент трения между шинами автомобиля и дорожным покрытием 0,5. Каково минимальное время, необходимое для увеличения скорости автомобиля от нуля до 30 м/с ($g = 10 \text{ м/с}^2$)?

Решение:

$$P = F_{\text{тр}} \cdot V = \mu mg \rightarrow V = 20 \text{ м/с}. \quad 0 < V < 20 \text{ м/с} \rightarrow a = \mu g \rightarrow t_1 = 4 \text{ с};$$

$$20 < V < 30 \rightarrow \frac{m}{2} (30^2 - 20^2) = Pt_2 \rightarrow t_2 = 2,5 \text{ с}.$$

Ответ: 6,5 секунд.

Примечание: за 6 с – 0 баллов.

10 класс

1. В стакане находится некоторое количество воды, нагретой до температуры $t_1 = 60^\circ \text{C}$. В стакан кладут металлический шарик, имеющий температуру $t_0 = 20^\circ \text{C}$, а некоторое время спустя — еще два таких же шарика при той же температуре. В результате в стакане устанавливается температура $t_3 = 50^\circ \text{C}$. Какова была установившаяся температура t_2 в стакане после того, как в него был опущен первый шарик? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Решение:

$$c_B m_B \cdot (60 - 50) = 3 c_{\text{ш}} m_{\text{ш}} \cdot 30 \rightarrow c_B m_B = 9 \cdot c_{\text{ш}} m_{\text{ш}}; c_B m_B \cdot (60 - x) = c_{\text{ш}} m_{\text{ш}} \cdot (x - 20). \text{ Делим 2-е уравнение на 1-е: } 60 - x = (x - 20)/9 \rightarrow x = 56^\circ \text{C}.$$

Ответ: 56°C .

Примечание: за $56,7^\circ \text{C}$ - 0 баллов.

2. На гладкой горизонтальной поверхности покоится брусок массой M . В брусок попадает и пробивает его пуля массы m , летевшая горизонтально со скоростью V_1 вдоль линии, перпендикулярной грани бруска и проходящей через его центр масс. Сколько при этом выделилось тепла, если скорость пули при вылете равна V_2 ?

Решение:

Из-за пробивания пулей брусок придет в движение по гладкой поверхности со скоростью U , которую можно найти из закона сохранения импульса:

$mV_1 = MU + mV_2$. Для нахождения выделившегося тепла надо применить закон изменения механической энергии:

$$Q = (mV_1^2 - mV_2^2 - mU^2)/2 = m(V_1^2 - V_2^2 - m(V_1 - V_2)^2 / M) / 2$$

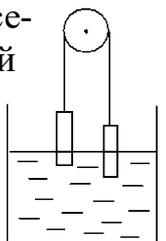
3. Три одинаковых сосуда, соединенные тонкими, не проводящими тепло трубками, заполнены при температуре $T_0 = 40 \text{ K}$ некоторым количеством газообразного гелия. Затем один из сосудов нагрели до температуры $T_1 = 100 \text{ K}$, второй — до температуры $T_2 = 160 \text{ K}$, третий — до $T_3 = 200 \text{ K}$. Во сколько раз изменилось давление в сосудах?

Решение:

$$\frac{P_1 \cdot 3V}{RT_0} = P_2 V \left(\frac{1}{RT_1} + \frac{1}{RT_2} + \frac{1}{RT_3} \right) \rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{3}{T_0}}{\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} + \frac{1}{T_3}} \cong 3,53.$$

Ответ: увеличилось в 3,53 раза.

4. Два цилиндра одинаковой высоты $H=6 \text{ см}$ и одинакового поперечного сечения висят на концах идеальной нити, переброшенной через невесомый легко вращающийся неподвижный блок. При этом один из цилиндров погружен в воду на половину высоты, а другой — на треть. Плотности материалов цилиндров больше плотности воды. В сосуд доливают воду так, чтобы ее уровень поднялся на $d = 5 \text{ см}$. Какое положение займут при этом цилиндры?



Ответ: Правый цилиндр сместится на 2 см вниз, а левый – на 2 см вверх.

Решение: Пока вода полностью не покроеет правый цилиндр (подъем уровня воды не больше 3 см), цилиндры останутся в покое, поскольку сила Архимеда будет возрастать одинаково для обоих цилиндров. При дальнейшем повышении уровня воды сила Архимеда, действующая на правый цилиндр, меняться не будет, поэтому неизменной должна остаться и сила Архимеда, действующая на левый цилиндр. Это означает, что левый цилиндр будет следовать за уровнем воды и поднимется в итоге на 2 см. Правый цилиндр при этом опустится на 2 см.

Возможно также решение, в котором анализируется конечное (после доливания воды) равновесное положение цилиндров.

11 класс

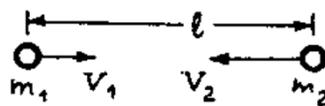
1. Найти разность потенциалов между концами крыльев сверхзвукового стратегического бомбардировщика Ту-160 «Белый лебедь» на форсаже до скорости 2200 км/час и при заходе на посадку со скоростью 300 км/час. Индукция вертикального магнитного поля Земли 48 мкТл. Размах крыльев на дозвуке/сверхзвуке - 55,7/35,6 м (за счёт изменяемой геометрии крыла).

Решение:

$$\mathcal{E} = BVl.$$

Ответ: В полёте на сверхзвуке 1В, при посадке 0,22 В.

2. Два маленьких шарика массами $m_1 = 6$ г и $m_2 = 4$ г имеют заряды $q_1 = 10^{-6}$ Кл и $q_2 = 5 \cdot 10^{-6}$ Кл соответственно. В начальный момент они движутся навстречу друг другу по прямой, соединяющей их центры, расстояние между ними $l = 2$ м, а скорости $V_1 = 1$ м/с и $V_2 = 2$ м/с. На какое минимальное расстояние L приблизятся шарики друг к другу? Силу тяжести не учитывать, $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9}$ Ф/м.

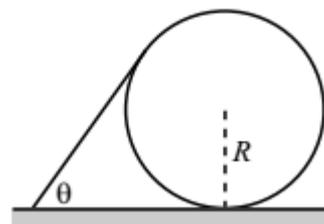


Решение:

Расстояние между шариками будет минимально в тот момент, когда их скорости сравняются по модулю, эту скорость можно найти по закону сохранения импульса. Расстояние можно найти из закона сохранения энергии: суммы начальных кинетических энергий и энергии электростатического взаимодействия в начальный момент времени и в момент выравнивания скоростей.

$$\text{Ответ: } L = \frac{l}{1 + \frac{2\pi\epsilon_0 l m_1 m_2 (v_1 + v_2)^2}{q_1 q_2 (m_1 + m_2)}} \approx 1,35 \text{ м.}$$

3. Палочка с плотностью ρ на единицу длины покоится на круглом диске с радиусом R . Палочка образует угол θ с горизонтом и является касательной к диску в её верхней точке. Во всех контактных точках существует трение, до-



статочное, чтобы удерживать систему в покое. Найдите силу трения между полом и диском.

Решение:

$$Mg \cos \theta \cdot L/2 = N \cdot L \rightarrow N = (Mg \cos \theta)/2. \quad N \sin \theta = F(1 + \cos \theta) \rightarrow F = \frac{N \sin \theta}{1 + \cos \theta} = \frac{Mg}{2} \cdot \frac{\sin \theta \cos \theta}{1 + \cos \theta} = \frac{1}{2} \rho g R \cos \theta, \text{ так как } L = \frac{R}{\operatorname{tg} \frac{\theta}{2}} \text{ и } \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{\sin \theta}{1 + \cos \theta}.$$

Ответ: $F_{\text{тр}} = \frac{1}{2} \rho g R \cos \theta.$

Примечание: за непреобразованные тригонометрические формулы (при верном ответе) – 80% баллов.

4. При изотермическом сжатии $m = 9$ г водяного пара при температуре $T = 373$ К его объем уменьшили в 3 раза, а давление при этом возросло вдвое. Найдите начальный объем пара.

Решение:

$$P_2 = 2P_1 = 10^5 \text{ Па. } V_1 = \nu RT/P_1 = 0,031 \text{ м}^3.$$

Ответ: $0,031 \text{ м}^3 = 31 \text{ л.}$