



«ИЗДАЮ»

Ректор МЭУ им. Н.Э. Баумана

А.А. Александров

2019 г.

**Заключительный этап научно–образовательного соревнования олимпиады школьников
«Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации «Профессор Жуковский»
(общеобразовательный предмет «физика»)**

Типовой вариант задания для 11 класса

ЗАДАЧА 1.

Тело, двигаясь из состояния покоя под действием постоянной силы, равной 20 Н, за время $\Delta t = 0,1\text{с}$, приобретает кинетическую энергию $W_0 = 10$ Дж. Найдите энергию в Джоулях, которую сообщит эта сила тому же телу за следующий промежуток времени $\Delta t = 0,1\text{с}$. В ответе укажите число без единицы измерения.

ЗАДАЧА 2.

Два однородных свинцовых стержня длиной $L = 1,3$ м каждый, могут свободно вращаться в вертикальной плоскости вокруг общей горизонтальной оси, проходящей через края этих стержней. Стержни отклонили в разные стороны на 90° от вертикали и отпустили без начальной скорости. Определите, на сколько градусов нагреются стержни после столкновения, считая его абсолютно неупругим. Принять, что вся теплота, выделившаяся при столкновении стержней, идёт на их нагревание. Сопротивление воздуха не учитывать.

Теплоёмкость свинца $c = 130$ Дж / кг · град. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с².

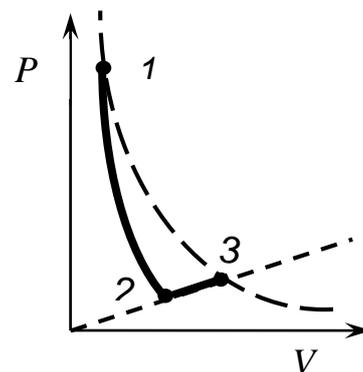
ЗАДАЧА 3.

В теплоизолированном сосуде находится азот при температуре $T_1 = 300$ К. Через некоторое время, под действием излучения, все молекулы азота распадаются. Определите температуру

газа в сосуде после распада всех молекул, если при распаде одной молекулы азота на атомы, выделяется теплота $q = 0,6 \text{ эВ}$. Ответ укажите в Кельвинах.

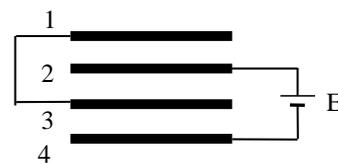
ЗАДАЧА 4.

Моль одноатомного идеального газа из начального состояния 1 расширяется в процессе 1 – 2 с постоянной теплоёмкостью, совершая в нём работу $A_{12} = 200 \text{ Дж}$. Затем к газу подводится количество теплоты $Q_{23} = 200 \text{ Дж}$ в процессе 2–3, в котором давление газа прямо пропорционально его объёму. Температуры газа в состояниях 1 и 3 одинаковые. Найдите количество теплоты, подведённое к газу в процессе 1–2.



ЗАДАЧА 5.

Батарея конденсаторов, состоящая из четырёх одинаковых металлических пластин, расположенных в воздухе на равных расстояниях d друг от друга, подключена к источнику постоянного тока с ЭДС, равной E , как показано на рисунке. Площадь каждой из пластин равна S . Пластина 1 соединена проводником с пластиной 3. Определите величину заряда, который пройдет через источник тока, если пространство между пластинами 2 и 3 заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 4$. Расстояние d между пластинами мало по сравнению с их размерами.



ЗАДАЧА 6.

На горизонтальной непроводящей поверхности в однородном магнитном поле, линии индукции которого горизонтальны, находится жёсткое тонкое однородное проводящее кольцо радиуса R и массы m . Найдите величину индукции магнитного поля, чтобы при пропускании по кольцу тока, сила которого I , оно начало подниматься.

**Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации
«Профессор Жуковский» (общеобразовательный предмет физика), весна 2019 г.**

11 класс

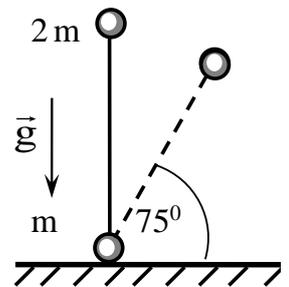
Вариант 1

ЗАДАЧА 1.

Однородный стержень массы m и длины L лежит на горизонтальной шероховатой поверхности. Ударом стержню сообщают скорость v , направленную вдоль его продольной оси. Определите максимальное расстояние S , на которое сместится стержень, если известно, что для поворота стержня на той же плоскости вокруг одного из его концов на угол α , нужно совершить работу, равную A .

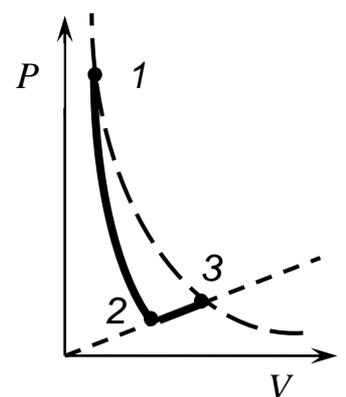
ЗАДАЧА 2.

На шероховатую горизонтальную поверхность вертикально поставили гантель, состоящую из двух маленьких шариков массами $m_1=2m$ и $m_2=m$, соединённых невесомым жёстким стержнем. Гантель отпускают без начальной скорости, и она начинает падать. Определите величину коэффициента трения между гантелью и плоскостью, если нижний шарик начинает скользить по плоскости, когда угол наклона стержня с плоскостью достигнет $\alpha = 75^\circ$, ($\sin 75^\circ = 0,97$).



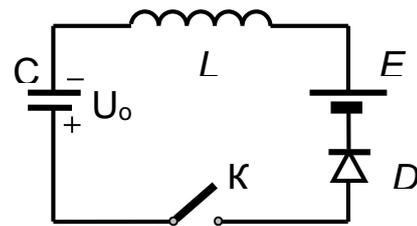
ЗАДАЧА 3.

Моль одноатомного идеального газа из начального состояния 1 расширяется в процессе 1 – 2 с постоянной теплоёмкостью, совершая в нём работу $A_{12} = 200$ Дж. Затем к газу подводится количество теплоты $Q_{23} = 200$ Дж в процессе 2 – 3, в котором давление газа прямо пропорционально его объёму. Температуры в состояниях 1 и 3 одинаковые. Найдите количество теплоты, подведённое к газу в процессе 1 – 2.

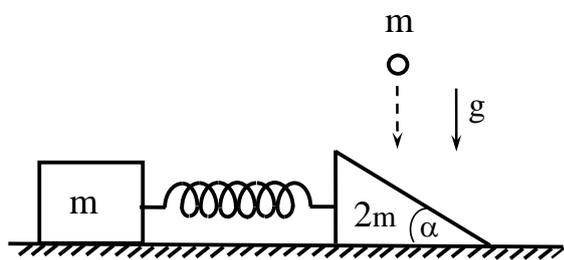


ЗАДАЧА 4.

В схеме, изображённой на рисунке, при разомкнутом ключе К конденсатор ёмкости $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_0 = 2$ В. Индуктивность катушки $L = 0,1$ Гн, ЭДС батареи $E = 5$ В, диод D - идеальный. Определите максимальный ток в цепи после замыкания ключа. Найдите напряжение, которое установится на конденсаторе после замыкания ключа.



ЗАДАЧА 5.



На гладкой горизонтальной поверхности расположена треугольная призма массы $2m$ с углом $\alpha = 30^\circ$, соединённая невесомой недеформированной пружиной жёсткости k с бруском массы m . Шар массы m падает вертикально вниз и ударяется в призму со скоростью v . Определите величину максимальной деформации пружины при дальнейшем движении тел. Силами трения пренебречь.

ЗАДАЧА 6.

Какое максимальное число N электронно-позитронных пар может образоваться при взаимодействии с веществом двух одинаковых гамма квантов, на которые распалась движущаяся нейтральная релятивистская частица с массой покоя m_0 , если угол между направлениями разлёта гамма квантов $\theta = 60^\circ$. Считать, что вся энергия гамма квантов идёт на образование электронно-позитронных пар.

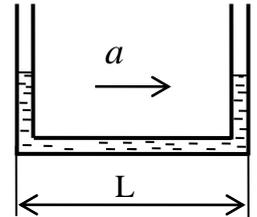
**Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации
«Профессор Жуковский» (общеобразовательный предмет физика), весна 2019 г.**

11 класс

Вариант 6

ЗАДАЧА 1.

Тонкая U-образная трубка, размеры которой указаны на рисунке, заполнена ртутью до половины вертикальных частей трубки. Трубка движется горизонтально с ускорением a . Найдите разность высот h ртути в вертикальных частях трубки. При движении трубки ртуть из неё не выливается. Плотность ртути равна ρ .

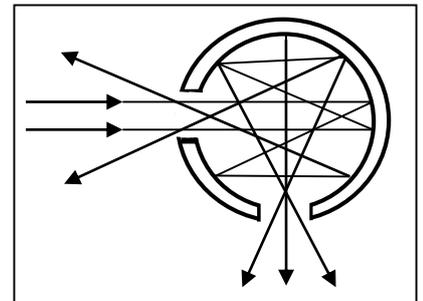


ЗАДАЧА 2.

Две свинцовые пули, массы которых $m_1 = 2m$ и $m_2 = 3m$, летящие во взаимно перпендикулярных направлениях со скоростями $v_1 = v$ и $v_2 = 2v$ испытали абсолютно неупругий удар. На сколько градусов нагреются пули после удара, если до удара их температуры были одинаковыми?

ЗАДАЧА 3.

Газообразный гелий из начального состояния 1 расширяется в изобарическом процессе 1-2, а затем продолжает расширяться в адиабатическом процессе 2-3. Температуры в состояниях 1 и 3 равны. Найдите работу, совершённую газом в изобарическом процессе, если в адиабатическом процессе газ совершил работу $A = 750$ Дж.



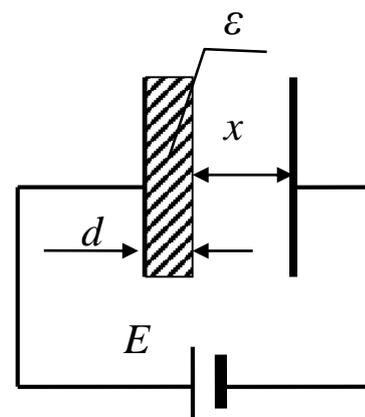
ЗАДАЧА 4.

Световой поток через небольшое отверстие σ_1 попадает внутрь полости, имеющей площадь поверхности $S = 5 \text{ см}^2$. Стенки полости небольшую часть света поглощают, а остальную рассеивают. В этих условиях внутри полости создаётся равномерно распределённое по всем направлениям излучение.

Из второго отверстия σ_2 ($\sigma_1 = \sigma_2 = 2 \text{ мм}^2$) выходит $n = 1/5$ светового потока, падающего на входное отверстие σ_1 . Найдите величину коэффициента поглощения α стенок полости.

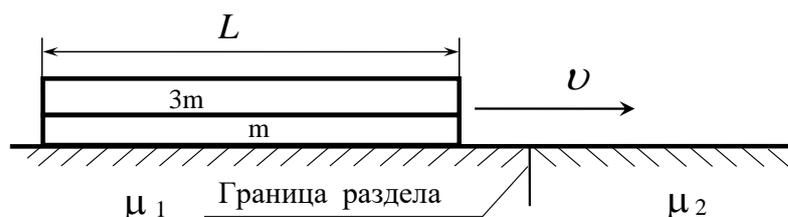
ЗАДАЧА 5.

Плоский конденсатор, пластины которого имеют площадь S и расположены на расстоянии d , заполнен твёрдым диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 4$. Правую пластину конденсатора отодвигают на расстояние $x = 2d$ так, что образуется воздушный зазор. Найдите работу, которая при этом была совершена внешними силами.. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.



ЗАДАЧА 6.

Два однородных бруска одинакового размера расположены, как показано на рисунке так, что их края совпадают. Бруски движутся по первой горизонтальной полуплоскости, при этом вектор скорости брусков направлен вдоль их продольной оси и перпендикулярен линии раздела полуплоскостей. Масса нижнего бруска равна m , верхнего $3m$, коэффициент трения нижнего бруска о первую полуплоскость $\mu_1 = 0,3$, а о вторую $\mu_2 = 0,7$. Величина кинетической энергии брусков достаточна для преодоления границы раздела полуплоскостей. Определите величину коэффициента трения μ между брусками, при которой верхний брусок начнет проскальзывать относительно нижнего в момент времени, когда бруски въедут на вторую полуплоскость на $4/5$ своей длины.



**Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации
«Профессор Жуковский» (общеобразовательный предмет физика), весна 2019 г.**

11 класс

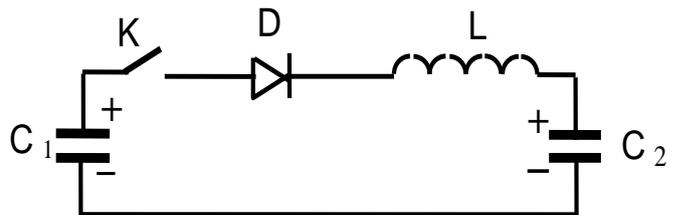
Вариант 14

ЗАДАЧА 1.

Шарик падает на пол с высоты H и многократно отскакивает от него. Полагая, что при каждом отскоке скорость шарика уменьшается в четыре раза, определите путь, пройденный шариком от начала падения до остановки. Сопротивлением воздуха пренебречь.

ЗАДАЧА 2.

Конденсатор ёмкости $C_1 = 1 \text{ мкФ}$ заряжен до разности потенциалов $U_0 = 300 \text{ В}$. К нему через идеальный диод D и катушку индуктивности L подключают незаряженный конденсатор ёмкости $C_2 = 2 \text{ мкФ}$. До какой разности потенциалов он зарядится после замыкания ключа K ? Индуктивность L достаточно велика, так что процесс перезарядки происходит медленно.



ЗАДАЧА 3.

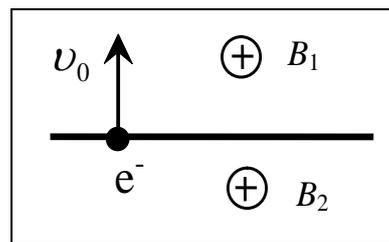
На дне водоема выделился пузырек газа диаметром d . При подъёме этого пузырька к поверхности воды его диаметр увеличился в n раз. Найдите глубину водоема в этом месте. Атмосферное давление p_0 , коэффициент поверхностного натяжения воды σ и её плотность ρ известны. При расширении газа его температура не изменялась.

ЗАДАЧА 4.

Газообразный гелий из начального состояния 1 расширяется в изобарическом процессе 1-2, а затем продолжает расширяться в адиабатическом процессе 2-3. Температуры в состояниях 1 и 3 равны. Найдите работу, совершённую газом в адиабатическом процессе 2-3, если в изобарическом процессе к нему подвели $Q = 1000 \text{ Дж}$ теплоты.

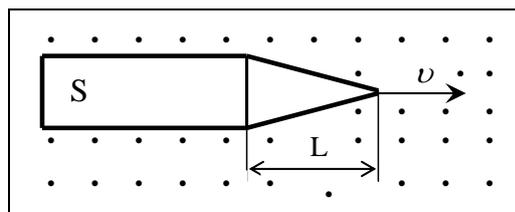
ЗАДАЧА 5.

Пространство разделено на две половины граничной плоской поверхностью. В верхней половине создано магнитное поле с индукцией B_1 , а в нижней с индукцией B_2 . Магнитные поля однородны и параллельны друг другу. С плоскости раздела перпендикулярно ей вылетает электрон со скоростью v_0 в сторону верхней половины. Определите, на какое расстояние вдоль граничной поверхности переместится электрон за достаточно большой промежуток времени Δt ?



ЗАДАЧА 6.

Цилиндрическая ракета с конической носовой частью длины L движется в пылевом облаке с постоянной скоростью v , направленной вдоль её оси. Плотность облака равна ρ . Площадь поперечного сечения ракеты S . Определите силу тяги, развиваемую двигателем ракеты. Скоростью пылинок в облаке пренебречь, а удары их с корпусом ракеты считать абсолютно упругими.



**Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации
«Профессор Жуковский», весна 2019 г.**

11 класс

Ситуационная задача

Вариант – 1

Две трубы внешним диаметром 50мм с толщиной стенки 3мм свариваются трением стык в стык. Для этого они раскручиваются до взаимной частоты 4000 об/мин и прижимаются друг к другу с усилием 100Н. 50% выделяющейся тепловой мощности рассеивается, остальное идет на нагрев металла. Коэффициент трения равен 0,3.

Рассчитайте время прижатия деталей для обеспечения расплавления общего слоя материала толщиной 1 мм.

Теплоемкость стали 500 Дж/(кгК), теплота плавления 84000 Дж/кг, температура плавления 1400С, начальная температура 20С.

Решение:

Определение времени сварки:

1. Полезная работа сил трения за время сварки – есть тепло Q , переданное металлу.

Определим это кол-во теплоты, оно складывается из теплоты, необходимой для плавления и нагревания металла:

$$Q = Q_{\text{нагр}} + Q_{\text{пл}}$$
$$Q = c_M \cdot M \cdot (T_{\text{пл}} - T_0) + \lambda_M \cdot M$$

Где:

$Q_{\text{нагр}}$ – теплота, необходимая для нагрева металла от комнатной температуры до температуры плавления

$Q_{\text{пл}}$ – теплота плавления металла

c_M – теплоёмкость металла

$T_{\text{пл}}$ – температура плавления металла

T_0 – начальная температура труб

λ_M – теплота плавления металла

2. Определяем массу расплавляемого металла:

$$M = V_M \cdot \rho_M$$

Где ρ_M – плотность материала труб (сталь)

3. Исходя из заданной глубины плавления l , определяем объём:

$$V_M = l \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - (D - 2 \cdot h)^2)$$

4. Учитывая что площадь контакта двух труб:

$$S_K = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

Где d – внутренний диаметр труб, который может быть посчитан как:

$$d = D - 2 \cdot h$$

Исходя из этого:

$$S_K = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - (D - 2 \cdot h)^2)$$

$$Q = c_M \cdot V_M \cdot \rho_M \cdot (T_{пл} - T_0) + \lambda_M \cdot V_M \cdot \rho_M$$

$$Q = V_M \cdot \rho_M \cdot [c_M \cdot (T_{пл} - T_0) + \lambda_M]$$

$$Q = l \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - (D - 2 \cdot h)^2) \cdot \rho_M \cdot [c_M \cdot (T_{пл} - T_0) + \lambda_M]$$

4. Полезная работа сил трения определяется из формулы для мощности:

$$N_{\Pi} = \frac{A_{тр}}{t_{св}} \rightarrow A_{тр} = N_{\Pi} \cdot t_{св}$$

$$A_{тр} = Q$$

$$Q = N_{\Pi} \cdot t$$

Исходя из этого, можем определить время сварки:

$$t_{св} = \frac{Q}{N_{\Pi}}$$

5. Для определения полезной мощности N_n определим полную мощность.

Силы трения совершают работу, равную:

$$A = F_{тр} \cdot S$$

Где S – перемещение

Мощность определяется как:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{F_{тр} \cdot S}{t} = F_{тр} \cdot V$$

Где V – скорость точки, в которой действует сила трения. Условно, эта точка расположена на среднем диаметре трубы, поэтому её скорость может быть определена как:

$$V = \omega \cdot \frac{D_{ср}}{2}$$

Тогда выражение для полной мощности запишется в виде:

$$N = \frac{F_{\text{тр}} \cdot \omega \cdot D_{\text{ср}}}{2}$$

Поскольку часть мощности рассеивается в кол-ве 50%, то полезная мощность равна:

$$N_{\text{п}} = \frac{F_{\text{тр}} \cdot \omega \cdot D_{\text{ср}}}{4}$$

6. Найдем силу трения между трубами и угловую частоту вращения труб:

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot F$$

$$F_{\text{тр}} = 0.3 \cdot 100 = 30 \text{ Н}$$

$$\omega = 2\pi \cdot \nu$$

$$\nu = \frac{n}{60} = \frac{4020}{60} = 67 \text{ Гц}$$

$$\omega = 2\pi \cdot 67 = 420.973 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Где: ω - угловая скорость относительного вращения труб

ν – частота вращения труб (Гц)

n – частота вращения труб (об/мин)

7. Определяем средний диаметр трубы:

$$D_{\text{ср}} = D - h = 50 - 3 = 47 \text{ мм} = 0.047 \text{ м}$$

Где D – внешний диаметр, h толщина трубы

Тогда

$$t_{\text{св}} = \frac{l \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - (D - 2 \cdot h)^2) \cdot \rho_M \cdot [c_M \cdot (T_{\text{пл}} - T_0) + \lambda_M]}{\frac{F_{\text{тр}} \cdot \omega \cdot D_{\text{ср}}}{4}}$$

$$t_{\text{св}} = 18.3 \text{ с}$$

**Второй (очный) этап научно-образовательного соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации
«Профессор Жуковский», весна 2019 г.
11 класс**

Ситуационная задача

Вариант – 2

Две трубы внешним диаметром 50 мм с толщиной стенки 3 мм свариваются трением стык в стык. Для этого они раскручиваются до взаимной частоты 4000 об/мин и прижимаются друг к другу с усилием 100 Н. 50% выделяющейся тепловой мощности рассеивается, остальное идет на нагрев металла. Коэффициент трения равен 0,3.

Определите полезную мощность для обеспечения расплавления общего слоя материала толщиной 1 мм.

Теплоемкость стали 500 Дж/(кгК), теплота плавления 84000 Дж/кг, температура плавления 1400С, начальная температура 20С.

Решение:

1. Определяем силу трения между трубами:

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot F$$

$$F_{\text{тр}} = 0.3 \cdot 100 = 30 \text{ Н}$$

2. Определяем угловую частоту вращения труб:

$$\omega = 2\pi \cdot \nu$$

$$\nu = \frac{n}{60} = \frac{4000}{60} = 67 \text{ Гц}$$

$$\omega = 2\pi \cdot 67 = 420. \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Где: ω - угловая скорость относительного вращения труб

ν – частота вращения труб (Гц)

n – частота вращения труб (об/мин)

3. Определяем средний диаметр трубы:

$$D_{\text{ср}} = D - h = 50 - 3 = 47 \text{ мм} = 0.047 \text{ м}$$

Где D – внешний диаметр, h толщина трубы

4. Определяем полную мощность:

Силы трения совершают работу, равную:

$$A = F_{\text{тр}} \cdot S$$

Где S – перемещение

Мощность определяется как:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{F_{\text{тр}} \cdot S}{t} = F_{\text{тр}} \cdot V$$

Где V – скорость точки, в которой действует сила трения. Условно, эта точка расположена на среднем диаметре трубы, поэтому её скорость может быть определена как:

$$V = \omega \cdot \frac{D_{\text{ср}}}{2}$$

Тогда выражение для полной мощности запишется в виде:

$$N = \frac{F_{\text{тр}} \cdot \omega \cdot D_{\text{ср}}}{2}$$

Поскольку часть мощности рассеивается в кол-ве 50%, то полезная мощность равна:

$$N_{\text{п}} = \frac{F_{\text{тр}} \cdot \omega \cdot D_{\text{ср}}}{4} = 148 \text{ Вт}$$