

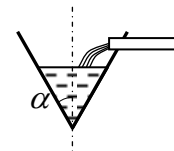
Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2017-2018уч.г.

г.Саров, Нижегородская область

Физика
Финальный тур

11 класс

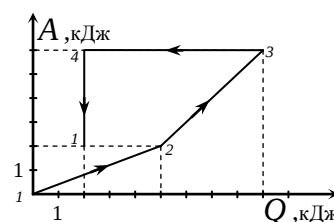
1. (25) Сосуд имеет форму конуса с углом при вершине α . В сосуд из трубки с площадью сечения S поступает вода так, что уровень воды в сосуде поднимается с постоянной скоростью v_0 . Как скорость вытекания воды из трубки должна зависеть от времени? В начальный момент времени сосуд пуст.



2. (25) Тело вращается на нити в вертикальной плоскости по окружности. При этом разность сил натяжения нити в нижней и верхней точках траектории равна $\Delta T = 60$ Н. Определить массу тела. $g = 10$ м/с².

3. (25) Пластины плоского конденсатора имеют площадь S и расположены на расстоянии d друг от друга. Пластины заряжают зарядами Q и $-3Q$. Найти разность потенциалов между пластиной с зарядом $-3Q$ и пластиной с зарядом Q . Краевыми эффектами пренебречь.

4. (25) С одноатомным идеальным газом происходит циклический процесс 1-2-3-4-1 (начальное и конечное состояния газа совпадают). Дан график зависимости работы, совершенной газом с начала процесса, от количества теплоты, полученного газом с начала процесса. Качественно построить график зависимости давления газа от его объема в этом процессе и объяснить построение. Найти КПД процесса.



**Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2017-2018уч.г.**

г.Саров, Нижегородская область

**Физика
Финальный тур (ответы и решения)**

11 класс

1. Пусть в некоторый момент времени скорость вытекания воды из трубки равна v . Тогда за малый интервал времени Δt в сосуд поступает объем воды $vS\Delta t$. А если высота уровня воды в сосуде в этот момент равна x , то уровень воды за время Δt повысится на величину Δx , которая определяется соотношением

$$vS\Delta t = \pi x^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \Delta x$$

Отсюда

$$v = \frac{\pi x^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \Delta x}{S\Delta t}$$

Поскольку

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = v_0,$$

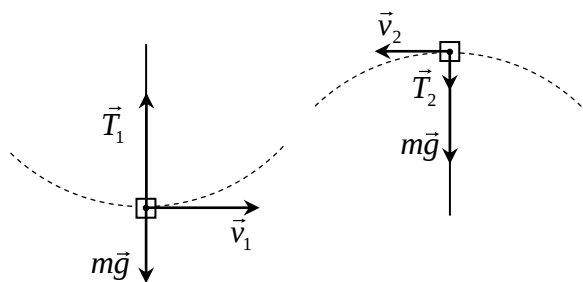
и эта скорость не зависит от времени, то $x = v_0 t$. Отсюда находим

$$v = \frac{\pi v_0^3 t^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{S}$$

2. Второй закон Ньютона для тела в верхней и нижней точках траектории в проекциях на оси, направленные от тела к центру, имеют вид

$$\frac{mv_1^2}{l} = T_1 - mg \quad (1)$$

$$\frac{mv_2^2}{l} = T_2 + mg \quad (2)$$



где l - длина нити, v_1 и v_2 - скорости тела в нижней и верхней точках траектории, T_1 и T_2 - соответствующие силы натяжения нити. Из закона сохранения энергии для тела находим

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = 2mgl \quad (3)$$

Из формул (1)-(3) получаем

$$\Delta T = T_1 - T_2 = 6mg$$

или $m = \Delta T / 6g = 1$ кг. Отметим, что хотя силы натяжения T_1 и T_2 зависят от скорости тела, их разность определяется только массой тела и от скорости не зависит.

3. Каждая пластина создает в области между ними однородное поле величиной

$$E_Q = \frac{Q}{2S\epsilon_0} \text{ и } E_{-3Q} = \frac{3Q}{2S\epsilon_0}$$

оба направленные от пластины с зарядом Q к пластине с зарядом $-3Q$. Поэтому суммарное поле между пластинами равно

$$E = \frac{2Q}{S\epsilon_0}$$

и направлено от пластины с зарядом Q к пластине с зарядом $-3Q$. Если перенести положительный пробный заряд e от пластины с зарядом $-3Q$ к пластине с зарядом Q , поле совершит работу

$$A = e(\varphi_{-3Q} - \varphi_Q) = -e \frac{2Qd}{S\epsilon_0}$$

Отсюда находим

$$\varphi_{-3Q} - \varphi_Q = -\frac{2Qd}{S\epsilon_0}$$

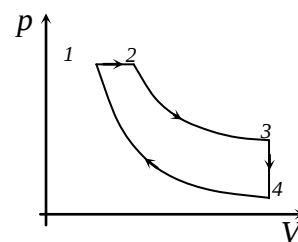
4. Из графика видим, что для первого процесса 1-2 (начало процесса – в начале координат) выполнено условие

$$A_{1-2} = \frac{5}{2} Q_{1-2}$$

где A_{1-2} - работа газа, Q_{1-2} - количество теплоты, полученное газом. Такая связь работы и количества теплоты, полученного одноатомным газом, характерна для изобарического процесса. Поэтому процесс 1-2 – изобарический, в котором газ получил количество теплоты $Q_{1-2} = 5$ кДж. В процессе 2-3 $A_{2-3} = Q_{2-3}$, поэтому $\Delta U_{2-3} = 0$, и, следовательно, процесс 2-3 – изотермический, в котором газ получил количество теплоты $Q_{2-3} = 4$ кДж. На участке 3-1 работа газа, совершенная с начала процесса, не меняется, следовательно, $A_{3-1} = 0$ - процесс 3-1 изохорический, в котором газ отдает количество теплоты $Q_{3-4} = 4$ кДж. После состояния 4 количество теплоты, полученное газом с начала процесса не меняется, $Q_{4-1} = 0$, процесс 4-1 – адиабатический, в котором газ совершает работу $A_{4-1} = -4$ кДж. Таким образом, за цикл газ совершил положительную работу $A_{1-2-3-4-1} = 2$ кДж, а получил от нагревателя (участки 1-2-3, на которых газ получал тепло) следующее количество теплоты $Q_{1-2-3} = Q_{1-2} + Q_{2-3} = 9$ кДж. Поэтому КПД циклического процесса 1-2-3-4-1 равен

$$\eta_{1-2-3-4-1} = \frac{A_{1-2-3-4-1}}{Q_{1-2-3}} = \frac{2}{9} = 0,22$$

Качественный график процесса 1-2-3-4-1 в координатах $p-V$ приведен на рисунке, в котором процесс 1-2 – изобара, 2-3 – изотерма, 3-4 – изохора, 4-1 – адиабата. Поскольку работа и количество теплоты не являются функциями состояния, и в условии не задано количество вещества газа, определить параметры этого цикла (объемы, давления, температуры) по данным условиям невозможно.



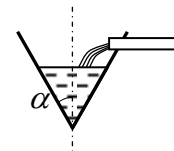
**Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2017-2018уч.г.**

г.Саров, Нижегородская область

**Физика
Финальный тур**

10 класс

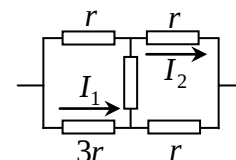
1. (25) Сосуд имеет форму конуса с углом при вершине α . В сосуд из трубки с площадью сечения S поступает вода так, что уровень воды в сосуде поднимается с постоянной скоростью v_0 . Как скорость вытекания воды из трубки должна зависеть от времени? В начальный момент времени сосуд пуст.



2. (25) Цилиндрический сосуд с одноатомным идеальным газом закрыт подвижным поршнем. В равновесии поршень находится на высоте h от дна сосуда. На поршень кладут груз, масса которого равна утроенной массе поршня. На какой высоте поршень окажется над дном сосуда после установления равновесия? Теплотериями пренебречь. Внешнее давление отсутствует.

3. (25) Тело вращается на нити в вертикальной плоскости по окружности. При этом разность сил натяжения нити в нижней и верхней точках траектории равна $\Delta T = 60$ Н. Определить массу тела. $g = 10$ м/с².

4. (25) В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, $I_1 = 1$ А. Найти I_2 . Величины сопротивлений резисторов (кроме центрального) приведены на схеме. Сопротивление центрального резистора неизвестно.



Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2017-2018уч.г.

г.Саров, Нижегородская область

Физика
Финальный тур (ответы и решения)
10 класс

1. Пусть в некоторый момент времени скорость вытекания воды из трубки равна v . Тогда за малый интервал времени Δt в сосуд поступает объем воды $vS\Delta t$. А если высота уровня воды в сосуде в этот момент равна x , то уровень воды за время Δt повысится на величину Δx , которая определяется соотношением

$$vS\Delta t = \pi x^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \Delta x$$

Отсюда

$$v = \frac{\pi x^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \Delta x}{S\Delta t}$$

Поскольку

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = v_0,$$

и эта скорость не зависит от времени, то $x = v_0 t$. Отсюда находим

$$v = \frac{\pi v_0^3 t^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{S}$$

2. Из условие равновесия поршня и закона Клапейрона-Менделеева для газа в сосуде получаем

$$mgh = \nu RT \quad (*)$$

где m - масса поршня, ν - количество вещества газа, T - его температура. После того как на поршень положили груз $3m$ условие равновесия поршня и закон Клапейрона-Менделеева дадут

$$4mgh_1 = \nu RT_1 \quad (**)$$

где h_1 - новая высот поршня над дном сосуда, T_1 - новая температура. Из закона сохранения энергии для газа имеем

$$\frac{3}{2} \nu RT + 4mg(h - h_1) = \frac{3}{2} \nu RT_1$$

где $mg(h - h_1)$ - работа силы тяжести, которая пойдет на увеличение внутренней энергии газа.

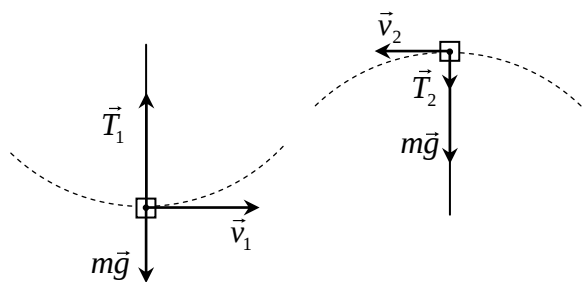
Отсюда с использованием (*) и (**) получаем

$$h_1 = \frac{11}{20} h.$$

3. Второй закон Ньютона для тела в верхней и нижней точках траектории в проекциях на оси, направленные от тела к центру, имеют вид

$$\frac{mv_1^2}{l} = T_1 - mg \quad (1)$$

$$\frac{mv_2^2}{l} = T_2 + mg \quad (2)$$



где l - длина нити, v_1 и v_2 - скорости тела в нижней и верхней точках траектории, T_1 и T_2 - соответствующие силы натяжения нити. Из закона сохранения энергии для тела находим

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = 2mgl \quad (3)$$

Из формул (1)-(3) получаем

$$\Delta T = T_1 - T_2 = 6mg$$

или $m = \Delta T / 6g = 1$ кг. Отметим, что хотя силы натяжения T_1 и T_2 зависят от скорости тела, их разность определяется только массой тела и от скорости не зависит.

4. Пусть через сопротивления цепи текут токи, показанные на рисунке. Тогда для этих токов выполнены условия

$$rI_x + rI_2 = 3rI_1 + rI_y$$

$$I_x + I_1 = I_y + I_2$$

(первое из них – равенство сумм напряжений в верхнем и нижнем участках цепи, второе – сумма правил токов в верхнем и нижнем центральных узлах).

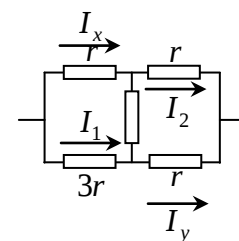
Сокращая в первом равенстве r и вычитая второе равенство из первого, получим

$$I_2 - I_1 = 3I_1 - I_2$$

Отсюда находим

$$I_2 = 2I_1$$

(отметим, что от центрального сопротивления цепи ответ не зависит).

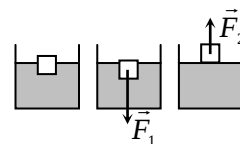


Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2017-2018уч.г.

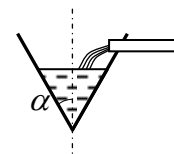
г.Саров, Нижегородская область

Физика
Финальный тур
9 класс

1. (25) В сосуде с жидкостью плавает кубик, погрузившись в жидкость на $2/3$ своего объема. Чтобы погрузить кубик в жидкость на $4/5$ объема к нему нужно приложить минимальную вертикальную силу $F_1 = 10$ Н. Какую минимальную силу F_2 нужно приложить к кубику, чтобы полностью вытащить его из жидкости?



2. (25) Сосуд имеет форму конуса с углом при вершине α . В сосуд из трубки с площадью сечения S поступает вода так, что уровень воды в сосуде поднимается с постоянной скоростью v_0 . Как скорость вытекания воды из трубки должна зависеть от времени? В начальный момент времени сосуд пуст.



3. (25) Машина через каждые Δt секунд проезжает мимо столба линии электропередачи. Если водитель увеличит скорость машины на величину Δv , она будет проезжать мимо столба каждые Δt_1 секунд. Через какое время машина будет проезжать мимо столба линии электропередачи, если водитель увеличит ее скорость еще на величину Δv ?

4. (25) Тело вращается на нити в вертикальной плоскости по окружности. При этом разность сил натяжения нити в нижней и верхней точках траектории равна $\Delta T = 60$ Н. Определить массу тела. $g = 10$ м/с².

Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2017-2018уч.г.

г.Саров, Нижегородская область

Физика
Финальный тур (ответы и решения)
9 класс

1. Условия равновесия кубика в первом и втором случаях дают

$$mg = \frac{2}{3} \rho g V$$

$$mg + F_1 = \frac{5}{6} \rho g V$$

где m - масса кубика, V - его объем, ρ - плотность жидкости. Вычитая первое уравнение из второго, получим

$$\rho g V = 6F_1$$

Подставляя теперь эту формулу в первое условие равновесия, найдем силу F_2 , необходимую чтобы полностью вытащить кубик из жидкости

$$F_2 = mg = 4F_1 = 40 \text{ Н}$$

2. Пусть в некоторый момент времени скорость вытекания воды из трубки равна v . Тогда за малый интервал времени Δt в сосуд поступает объем воды $vS\Delta t$. А если высота уровня воды в сосуде в этот момент равна x , то уровень воды за время Δt повысится на величину Δx , которая определяется соотношением

$$vS\Delta t = \pi x^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \Delta x$$

Отсюда

$$v = \frac{\pi x^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \Delta x}{S \Delta t}$$

Поскольку

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = v_0,$$

и эта скорость не зависит от времени, то $x = v_0 t$. Отсюда находим

$$v = \frac{\pi v_0^3 t^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{S}$$

3. Пусть расстояние между столбами равно l , а скорость машины в первом случае - v . Тогда

$$\frac{1}{\Delta t} = \frac{v}{l}$$

После того как машина увеличила скорость на Δv , аналогичное соотношение дает

$$\frac{1}{\Delta t_1} = \frac{v + \Delta v}{l},$$

Откуда находим

$$\frac{\Delta v}{l} = \frac{1}{\Delta t_1} - \frac{1}{\Delta t} = \frac{\Delta t - \Delta t_1}{\Delta t \Delta t_1}$$

После того как машина увеличила свою скорость на $2\Delta v$, имеем

$$\frac{1}{\Delta t_2} = \frac{v + 2\Delta v}{l} = \frac{v}{l} + \frac{2\Delta v}{l} = \frac{1}{\Delta t} + \frac{2\Delta v}{l} = \frac{1}{\Delta t} + \frac{2(\Delta t - \Delta t_1)}{\Delta t \Delta t_1} = \frac{2\Delta t - \Delta t_1}{\Delta t \Delta t_1},$$

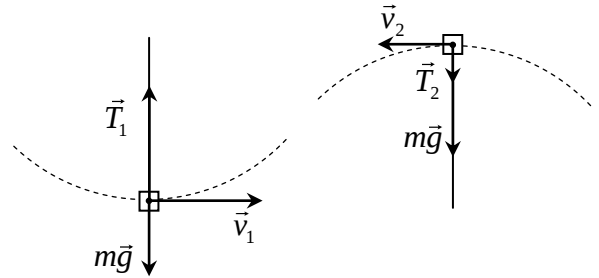
и соответственно

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta t \Delta t_1}{2\Delta t - \Delta t_1}$$

4. Второй закон Ньютона для тела в верхней и нижней точках траектории в проекциях на оси, направленные от тела к центру, имеют вид

$$\frac{mv_1^2}{l} = T_1 - mg \quad (1)$$

$$\frac{mv_2^2}{l} = T_2 + mg \quad (2)$$



где l - длина нити, v_1 и v_2 - скорости тела в нижней и верхней точках траектории, T_1 и T_2 - соответствующие силы натяжения нити. Из закона сохранения энергии для тела находим

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = 2mgl \quad (3)$$

Из формул (1)-(3) получаем

$$\Delta T = T_1 - T_2 = 6mg$$

или $m = \Delta T / 6g = 1$ кг. Отметим, что хотя силы натяжения T_1 и T_2 зависят от скорости тела, их разность определяется только массой тела и от скорости не зависит.