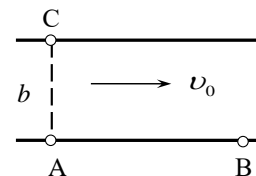


МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА
ОТБОРОЧНЫЙ ТУР ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ 2018–2019»
«ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО: ПРОФЕССОР ЖУКОВСКИЙ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ»
ФИЗИКА ВАРИАНТ № 3

ЗАДАЧА 1.

Из пункта А, находящегося на берегу реки, выезжает велосипедист и, двигаясь со скоростью $v = 5$ м/с вдоль реки, прибывает в пункт В, находящийся ниже по течению, через 80 с. Одновременно с велосипедистом, с противоположного берега из точки С отплывает катер, который должен попасть в пункт В одновременно с велосипедистом. С какой минимальной скоростью в км/ч относительно воды должен плыть катер, если скорость течения реки $v = 5$ км/ч, а ширина реки $b = 300$ м.



ЗАДАЧА 2.

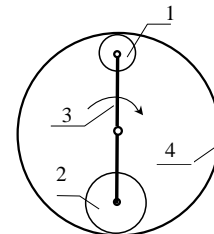
Тело, двигаясь из состояния покоя под действием постоянной силы, равной 20 Н, за время $\Delta t = 0,1$ с, приобретает кинетическую энергию $W_0 = 10$ Дж. Найдите энергию в Джоулях, которую сообщит эта сила тому же телу за следующий промежуток времени

ЗАДАЧА 3.

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 4.

В планетарной зубчатой передаче шестерни 1 и 2 приводятся в движение кривошипом 3, ось вращения которого совпадает с осью неподвижного колеса 4. Число зубьев шестерён: $Z_1 = 15$, $Z_2 = 25$, а число зубьев колеса $Z_4 = 75$. Найдите отношение числа оборотов шестерни 1 к числу оборотов шестерни 2 за два оборота кривошипа.



ЗАДАЧА 5.

Бетонная однородная свая массы m и длины L лежит на дне водоема. Привязав трос к одному концу сваи, её медленно поднимают в вертикальное положение, в котором свая, опираясь на дно, выступает над поверхностью воды на одну треть своей длины. Найдите работу, которую необходимо совершить при таком подъеме сваи. Плотность бетона в $n = 4$ раз больше плотности воды. Силами сопротивления и массой троса пренебречь.

ЗАДАЧА 6.

В вертикально расположенном цилиндре под поршнем находится моль гелия. На поршне лежит груз. При этом объём газа $V_1 = 10$ л, а давление $P_1 = 4 \cdot 10^5$ Па. В некоторый момент времени груз с поршня убрали. В результате газ под поршнем адиабатически изменил свой объём, и давление газа уменьшилось в два раза. Определите температуру газа после установления термодинамического равновесия. Силами трения при перемещении поршня в цилиндре пренебречь. Ответ указать в градусах Кельвина.

ЗАДАЧА 7.

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 $q = 0,6$ эВ. Ответ укажите в Кельвинах.

ЗАДАЧА 8.

Металлический шар радиуса $R_1 = 4$ см окружён концентрической проводящей оболочкой радиуса $R_2 = 10$ см. Пространство между шаром и оболочкой заполнено однородным диэлектриком. Определите величину максимального напряжения, которое можно подвести к такому сферическому конденсатору, если пробой диэлектрика происходит при напряжённости электрического поля в нём $E = 100$ кВ/см.

ЗАДАЧА 9. 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.

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА
 ОТБОРОЧНЫЙ ТУР ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ 2018–2019»
 «ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО: ПРОФЕССОР ЖУКОВСКИЙ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ» ФИЗИКА

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 3

ЗАДАЧА 1.

Ответ:
$$u_{\min} = v_o \frac{AC}{\sqrt{AC^2 + AB^2}} = 3 \text{ км/ч}.$$

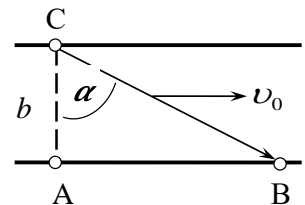
Из условия задачи следует, что скорость катера v_K относительно берега должна быть направлена от точки С к точке В. Она складывается из скорости катера u относительно воды и скорости течения реки v_o . То есть $\vec{v}_K = \vec{u} + \vec{v}_o$.

Вектор u будет иметь минимальное значение при $\vec{u} \perp \vec{v}_K$.

Следовательно, $u_{\min} = v_o \cos \alpha$, где из ΔACB .

$$\cos \alpha = \frac{AC}{\sqrt{AC^2 + AB^2}} = \frac{300}{\sqrt{400^2 + 300^2}} = \frac{3}{5}$$

Тогда $u_{\min} = v_o \frac{AC}{\sqrt{AC^2 + AB^2}} = 5 \cdot \frac{3}{5} = 3 \text{ км/ч}.$



ЗАДАЧА 2.

Ответ:
$$\Delta W = W_1 - W_0 = 30 \text{ Дж}.$$

1. Кинетическая энергия тела $W_0 = \frac{P^2}{2m} = \frac{(F \cdot \Delta t)^2}{2m}.$ (1)

2. Из (1) выразим массу $m = \frac{(F \Delta t)^2}{2W_0}.$

3. К концу второго интервала $2\Delta t = 0,2\text{с}$ движения кинетическая энергия тела станет равна

$$W_1 = \frac{(F \cdot 2\Delta t)^2}{2m} = \frac{(F \cdot 2\Delta t)^2}{2(F \Delta t)^2} 2W_0 = 4W_0.$$

4. Приращение кинетической энергии за следующий такой же интервал $\Delta t = 0,1\text{с}$

$$\Delta W = W_1 - W_0 = 4W_0 - W_0 = 3W_0 = 3 \cdot 10 = 30 \text{ Дж}.$$

ЗАДАЧА 3.

Ответ:
$$\Delta T = 0,05 \text{ К}.$$

Количество теплоты Q , выделяющееся при абсолютно неупругом столкновении стержней, равно уменьшению потенциальной энергии системы, считая при этом, что вся теплота идёт на нагревание стержней.

$$Q = \Delta U = 2mg \frac{L}{2} = mgL, \text{ где } L = 1,3 \text{ м - длина стержня.}$$

Из уравнения теплового баланса найдём, на сколько градусов повысится температура стержней

$$\Delta T = \frac{Q}{2mc} = \frac{mgL}{2mc} = \frac{gL}{2c} = \frac{10 \cdot 1,3}{2 \cdot 130} = 0,05 \text{ К}, \text{ где } c = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} - \text{теплоёмкость свинца.}$$

ЗАДАЧА 4.

Ответ:
$$\frac{n_1}{n_2} = 2.$$

Угол поворота φ шестерни 1 за время t
$$\varphi = \left(\frac{R}{r_1} - 1 \right) \omega \cdot t,$$

где ω - угловая скорость кривошипа 3, R - радиус колеса 4, r_1 - радиус шестерни 1.

Отношение $\frac{R}{r_1} = \frac{z_4}{z_1}$. Так как $\omega t = k \cdot 2\pi$, где

k - число оборотов кривошипа. По условию $k = 2$, тогда $\omega t = 2 \cdot 2\pi$, следовательно, число оборотов шестерни 1

$$n_1 = \frac{\varphi}{2\pi} = \left(\frac{z_4}{z_1} - 1 \right) \cdot k = 8.$$

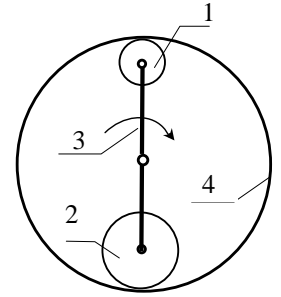
Угол поворота φ шестерни 2 за время t $\varphi = \left(\frac{R}{r_2} - 1 \right) \omega \cdot t$, где ω -

угловая скорость кривошипа. Отношение $\frac{R}{r_2} = \frac{z_4}{z_2}$. Так как $\omega t = k \cdot 2\pi$, где k - число оборотов

кривошипа. По условию $k = 2$, тогда $\omega t = 2 \cdot 2\pi$, следовательно, число оборотов шестерни 2

$$n_2 = \frac{\varphi}{2\pi} = \left(\frac{z_4}{z_2} - 1 \right) \cdot k = 4.$$

Отношение числа оборотов шестерни 1 к числу оборотов шестерни 2 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{8}{4} = 2$.



ЗАДАЧА 5.

Ответ: $A_1 = \frac{7}{18} mgL$.

$\Delta W_{кин} = \sum A_i$. По условию $\Delta W_{кин} = 0$, следовательно, $A_1 + A_2 + A_3 = 0$,

где A_1 -работа внешней силы, A_2 - работа силы тяжести, A_3 - работа силы Архимеда. Искомая работа $A_1 = -A_2 - A_3$.

$$A_2 = -mg \frac{L}{2}; \quad A_3 = \rho g \frac{V}{3} \cdot \frac{2}{3} L + \rho g \cdot \frac{2}{3} V \cdot \frac{L}{3} = \frac{4}{9} \rho g V L = \frac{4}{9} \frac{m}{n} g L.$$

При $n = 4$ $A_3 = \frac{mgL}{9}$; $A_1 = \frac{mgL}{2} - \frac{mgL}{9} = \frac{7}{18} mgL$.

ЗАДАЧА 6.

Ответ: 385 К.

Количество теплоты, полученное газом при адиабатическом расширении, равно нулю. Работа, совершённая газом, $A = P_2 \Delta V$, поэтому $\Delta U + P_2 \Delta V = 0$.

Так как $\Delta U = c_V (T_2 - T_1)$, то $c_V (T_2 - T_1) + P_2 (V_2 - V_1) = 0$.

Так как $P_2 V_2 = RT_2$, то $T_2 (c_V + R) = c_V T_1 + P_2 V_1$, где $P_2 = 0,5 P_1$. Тогда

$$T_2 = \frac{c_V T_1 + 0,5 P_1 V_1}{c_V + R} = \frac{1,5 R T_1 + 0,5 P_1 V_1}{1,5 R + R} = \frac{2 P_1 V_1}{2,5 R} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{2,5 \cdot 8,31} \approx 385 \text{ K}$$

ЗАДАЧА 7.

Ответ: $T_2 \approx 2569 \text{ K}$.

Внутренняя энергия газа U увеличивается за счёт энергии, которая выделяется при распаде молекул азота.

Пусть N_1 - число молекул азота при температуре T_1 . Тогда $U_1 = \frac{5}{2} N \cdot k T_1$ (1).

После распада молекул $U_2 = U_1 + qN = \frac{3}{2} 2N \cdot kT_2$ (2)

Из этих соотношений находим

$$\frac{3}{2} 2N \cdot kT_2 = \frac{5}{2} N \cdot k \cdot T_1 + qN, \quad \text{откуда} \quad T_2 = \frac{5}{6} T_1 + \frac{q}{3k} = 2568,8 \approx 2569 \text{ K}.$$

ЗАДАЧА 8.

Ответ: $U = 240 \text{ кВ}$.

Ёмкость сферического конденсатора $C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$ (1).

1) Напряжённость поля максимальная вблизи внутренней обкладки конденсатора

$$E_0 = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 \cdot R_1^2} \quad (2)$$

2) Максимальный заряд конденсатора $q = CU$ (3)

3) Из (2) выразим заряд конденсатора $q = E_0 \cdot 4\pi\epsilon\epsilon_0 \cdot R_1^2$.

4) Из (3) выразим U и подставим в неё q , получим:

$$U = \frac{q}{C} = \frac{E_0 \cdot 4\pi\epsilon\epsilon_0 \cdot R_1^2 (R_2 - R_1)}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2} = \frac{E_0 \cdot R_1 (R_2 - R_1)}{R_2} = 240 \cdot 10^3 \text{ В} = 240 \text{ кВ}.$$

ЗАДАЧА 9.

Ответ: $B = \frac{mg}{I\pi R}$

На кольцо с током в магнитном поле действует момент сил Ампера, равный $I\pi R^2 B$, и момент силы тяжести, равный mgR . Из условия равновесия кольца, при нарушении которого начнётся

подъём кольца $I\pi R^2 B = mgR$, находим $B = \frac{mg}{I\pi R}$.