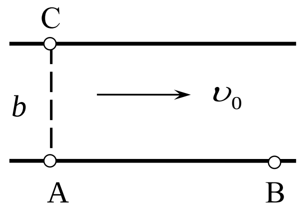
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА
ОТБОРОЧНЫЙ ТУР ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ 2018–2019»
«ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО: ПРОФЕССОР ЖУКОВСКИЙ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ»

ФИЗИКА ВАРИАНТ № 1

З А Д А Ч А 1.

Из пункта А, находящегося на берегу реки, выезжает велосипедист и, двигаясь со скоростью $\vartheta = 5\ \text{м/с}$ вдоль реки, прибывает в пункт В, находящийся ниже по течению, через 80 c. 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 $\vartheta = 5\ \text{км/ч}$, а ширина реки b = 300 м.



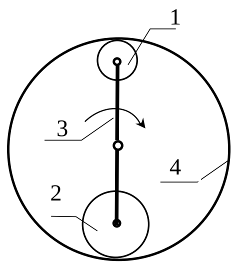
З А Д А Ч А 2.

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

З А Д А Ч А 3.

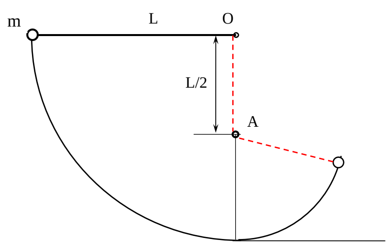
После падения на горизонтальную поверхность, шарик, отскочив от неё, двигался по параболической траектории. В течение 1 секунды направление вектора скорости шарика изменилось на 90^0. Найдите модуль перемещения шарика за это время. Принять ускорение свободного падения $g = 10\ \ м/c^2$.

З А Д А Ч А 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..

З А Д А Ч А 5.



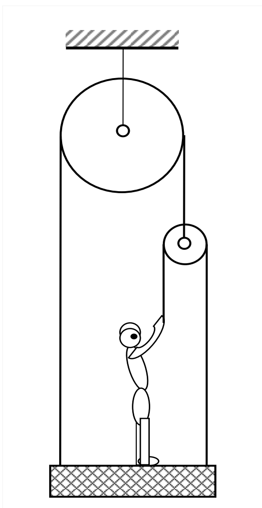
На нити длиной L= 5,4 м подвешен шарик массы m. На расстоянии L/2 от точки подвеса О вбит гвоздь А. Нить отведена на угол 90^0 от вертикали и отпущена без начальной скорости. На какую максимальную высоту H от нижнего положения поднимется шарик ?

З А Д А Ч А 6.

Конус высотой Н с вершиной S равномерно заряжен по объёму. Потенциал в вершине конуса $\varphi_0 = 9\text{В}$. От вершины конуса плоскостью, параллельной основанию, отрезают конус высотой h =1/3 H и удаляют его на бесконечность. Найдите потенциал φ в точке, где находилась вершина S исходного конуса.

З А Д А Ч А 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 .



З А Д А Ч А 8.

С какой силой человек должен тянуть верёвку, чтобы удержать себя и платформу, на которой он стоит, в равновесии? Масса человека m_1 = 70 кг, масса платформы 30 кг. Массой блоков и верёвок пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2.

З А Д А Ч А 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. В ответе укажите порядковый номер выбранного ответа без скобки.

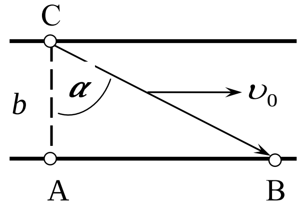
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА
ОТБОРОЧНЫЙ ТУР ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ 2018–2019»
«ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО: ПРОФЕССОР ЖУКОВСКИЙ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ» ФИЗИКА

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 1

ЗАДАЧА 1.

Ответ: $\boxed{u_{\min} = \upsilon_o \dfrac{AC}{\sqrt{AC^2 + AB^2}} = 3\ км/ч}$.

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



Вектор u будет иметь минимальное значение при $\vec{u} \perp \vec{\upsilon}_K$.
Следовательно, $u_{\min} = \upsilon_o \cos\alpha$, где из ΔАСВ.

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

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

ЗАДАЧА 2.

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

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

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

3. К концу второго интервала $2\Delta t = 0{,}2 c$ 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 $\Delta t = 0{,}1 c$

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

ЗАДАЧА 3.

Ответ: $\boxed{S = 5\ м}$.

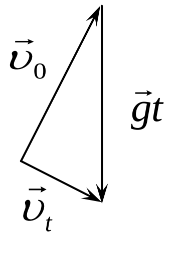


Рис. 1

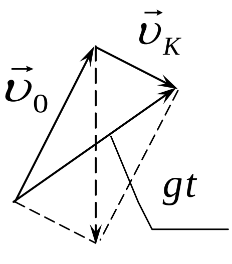


Рис. 2

Отскочив от горизонтальной поверхности со скоростью υ_o, шарик движется в поле тяготения. При этом его скорость $\vec{\upsilon}_t = \vec{\upsilon}_o + \vec{g}t$, (1) где t – время после отскока шарика (рис. 1).

Вектор перемещения шарика

$$\vec{S}(t) = \vec{\upsilon}_0 t + \vec{g}\frac{t^2}{2} = \frac{\vec{\upsilon}_0 + \vec{\upsilon}_t}{2} t .$$

Найдём перемещение шарика для момента τ :

$$\vec{S}(\tau) = \left| \frac{\vec{\upsilon}_0 + \vec{\upsilon}_K}{2} \right| \cdot \tau . \quad (2)$$

На рисунке 2 видим, что в силу перпендикулярности векторов $\vec{\upsilon}_0$ и $\vec{\upsilon}_K$

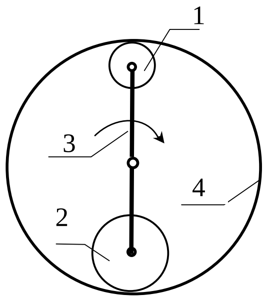
$$\left|\vec{\upsilon}_0+\vec{\upsilon}_K\right|=\left|\vec{\upsilon}_K-\vec{\upsilon}_0\right|=g\tau \qquad (3).$$

Подставив (3) в (2) найдём $\left|\vec{S}\right|=\dfrac{g\tau^2}{2}$.

Через τ = 1 секунда $S=\dfrac{10\cdot 1}{2}=5$ *м*.

ЗАДАЧА 4.

Ответ: $\boxed{\dfrac{n_1}{n_2}=2}$.



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

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

Отношение $\dfrac{R}{r_1}=\dfrac{z_4}{z_1}$. 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 $\varphi=\left(\dfrac{R}{r_2}-1\right)\omega\cdot t$, где ω - угловая скорость кривошипа.

Отношение $\dfrac{R}{r_2}=\dfrac{z_4}{z_2}$. 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

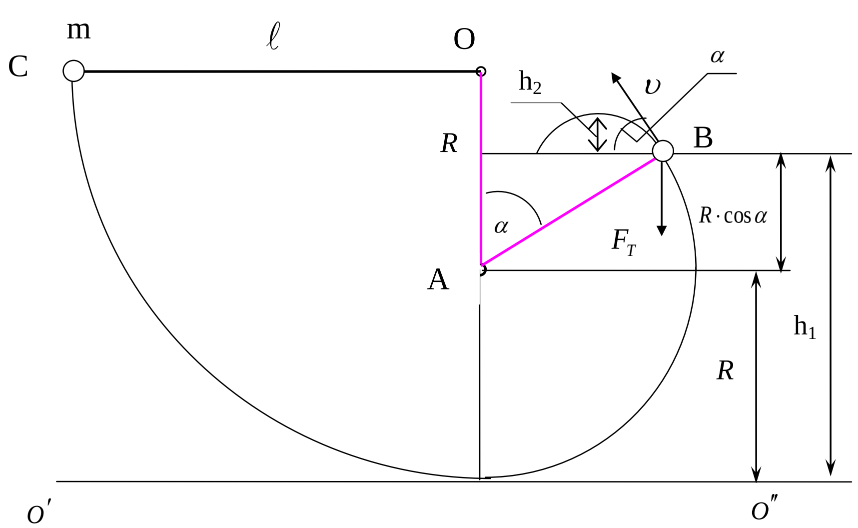
$$n_2=\frac{\varphi}{2\pi}=\left(\frac{z_4}{z_2}-1\right)\cdot k=4.$$

Отношение числа оборотов шестерни 1 к числу оборотов шестерни 2

$$\frac{n_1}{n_2}=\frac{8}{4}=2.$$

ЗАДАЧА 5.

Ответ: H = 5 м.



Шарик сначала движется по окружности радиуса 2R, затем, зацепившись за гвоздь, шарик начинает двигаться по окружности радиуса R, а в некоторой точке траектории сила натяжения становится равной нулю, и шарик летит свободно лишь под действием силы тяжести. При движении тела по окружности на него действуют две силы: сила тяжести $F_T=mg$ и сила натяжения нити T, вызывающие ускорение, имеющее тангенциальную и нормальную составляющие.

Запишем второй закон Ньютона для тела: $ma = T + mg$. (1)
Это уравнение в проекции на отрезок AB, вдоль которого направлено нормальное ускорение, запишется в виде $ma_n = T + mg \cdot \cos\alpha$.

Пусть в точке B тело сойдёт с круговой траектории, т.е. $T = 0$, откуда $g \cdot \cos\alpha = a_n$ или $g \cdot \cos\alpha = \frac{\upsilon^2}{R}$. (1) В этом уравнении два неизвестных: α и υ. Полная механическая энергия тела в начальный момент времени равна только потенциальной энергии (линия $0'0''$ - нулевой уровень отсчёта потенциальной энергии): $E_C = E_{ПОТ} = mg2R$. По закону сохранения эта энергия равна полной механической энергии тела в точке B.

$$E_B = (mgR + mgR\cos\alpha) + \frac{m\upsilon^2}{2} = mgR(1+\cos\alpha) + \frac{m\upsilon^2}{2}.$$

Решая систему уравнений

$$\begin{cases} g \cdot \cos\alpha = \dfrac{\upsilon^2}{R} \\ mg\,2R = mgR(1+\cos\alpha) + \dfrac{m\upsilon^2}{2} \end{cases}$$

, получим $\alpha = \arccos\frac{2}{3}$ и, следовательно,

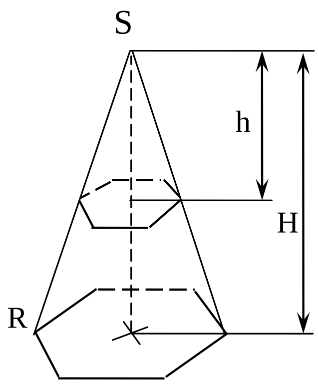
высота h_1, на которой тело сойдёт с круговой траектории будет равна $h_1 = R + R\cos\alpha = \frac{5}{3}R = \frac{5}{6}\ell$.
После точки B шарик будет двигаться по параболе как тело, брошенное со скоростью под углом к горизонту. Подставив в (1) значение угла $\alpha = \arccos\frac{2}{3}$, получим скорость $\upsilon = \sqrt{\frac{2}{3}gR}$.
Максимальная высота h_2 подъёма тела, брошенного под углом к горизонту, равна:

$$h_2 = \frac{\upsilon^2 \sin^2\alpha}{2g} = \frac{2}{3} \cdot \frac{gR\left(1 - \frac{4}{9}\right)}{2g} = \frac{5}{27}R.$$

Следовательно, $H = h_1 + h_2 = \frac{5}{3}R + \frac{5}{27}R = \frac{50}{27}R$. При $\ell = 5{,}4\,м$; R = 2,7 м; H = 5 м.

З А Д А Ч А 6.

Ответ: $\boxed{\varphi'' = \left(1 - \frac{h^2}{H^2}\right)\varphi_0 = 8\ \ B}$.



Пусть V, V′, Q, Q′, - объёмы и заряды конуса SR и SR′ соответственно. Так как конусы подобны и их заряды пропорциональны объёмам, то $\frac{V}{V'} = \frac{Q}{Q'} = \frac{H^3}{h^3}$. До того, как часть исходного конуса отрезали, потенциал φ_0 в точке S складывался из потенциала φ' отрезанной части конуса и потенциала φ'' оставшейся части - усечённого конуса, то есть $\varphi_0 = \varphi' + \varphi''$.
Потенциал, создаваемый в точке S каждым из конусов, прямо пропорционален их заряду и обратно пропорционален высоте конуса. Поэтому $\frac{\varphi_0}{\varphi'} = \frac{\frac{Q}{H}}{\frac{Q'}{h}} = \frac{H^2}{h^2}$.

Из двух последних уравнений получаем: $\varphi'' = \varphi_0 - \varphi' = \left(1 - \frac{h^2}{H^2}\right)\varphi_0$.

При h = H / 3, $\varphi'' = \left(1 - \frac{H^2}{9 \cdot H^2}\right)\varphi_0 = \frac{8}{9}\varphi_0$.

При $\varphi_0 = 9\,B$, получим $\varphi'' = 8\,B$.

З А Д А Ч А 7.

Ответ: $\boxed{T_2 \approx 2569\ \ K}$.

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 $U_1 = \frac{5}{2} N \cdot kT_1$ (1).

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

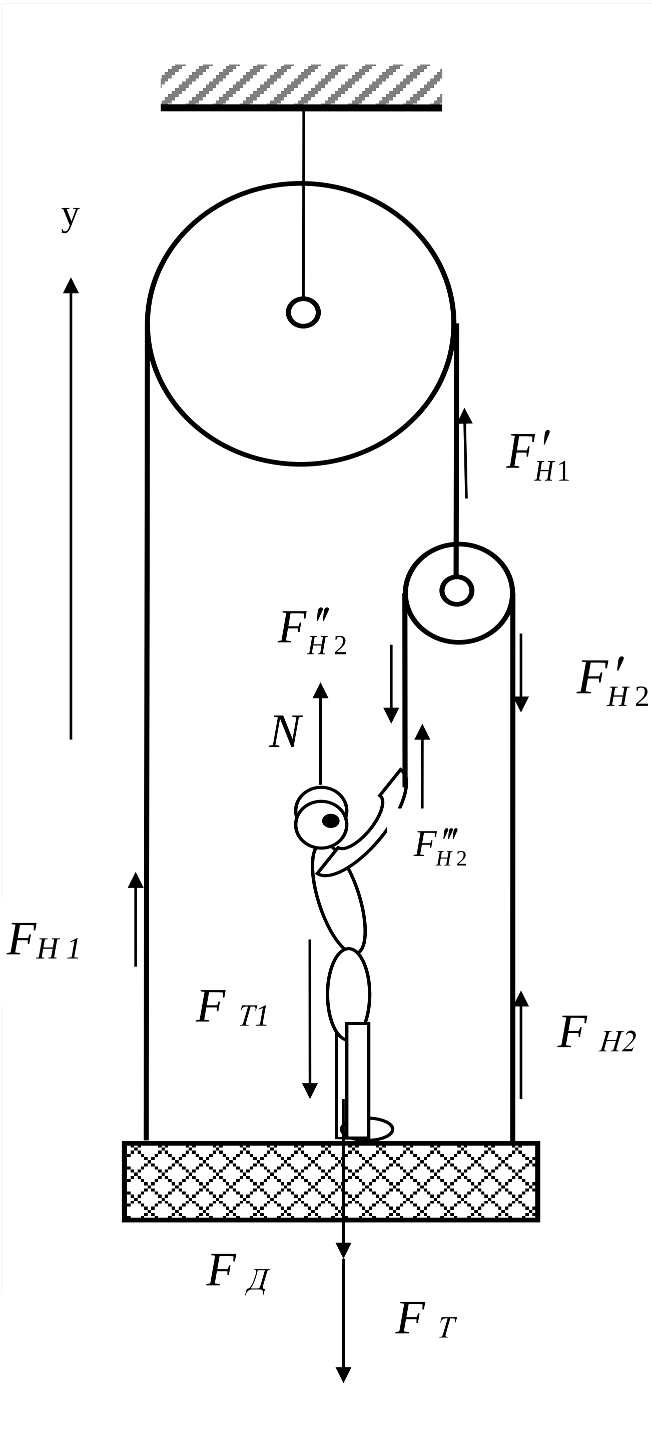
Из этих соотношений находим

$\frac{3}{2} 2N \cdot kT_2 = \frac{5}{2} N \cdot k \cdot T_1 + qN$, откуда

$$T_2 = \frac{5}{6} T_1 + \frac{q}{3k} = 2568{,}8 \approx 2569\,K$$

З А Д А Ч А 8.

Ответ: $\boxed{F''_{H2} = F_{H2} = 250\,H}$.



Система состоит из четырёх тел: человека, платформы и двух блоков. На платформу действуют четыре силы: сила тяжести F_T, силы натяжения F_{H1} и F_{H2}, сила давления человека $F_Д$. **Запишем условие равновесия платформы**

$F_T + F_{H1} + F_{H2} + F_Д = 0$

В проекции на ось y это уравнение имеет вид:

$F_{H1} + F_{H2} - F_Д - F_T = 0$. (1)

На блок 1 действуют три силы натяжения F'_{H1}, F'_{H2}, F''_{H2}.

Условие равновесия блока есть

$F'_{H1} + F'_{H2} + F''_{H2} = 0$

В проекции на ось y это уравнение запишется в виде: $F'_{H1} - F''_{H2} - F'_{H2} = 0$. (2)

На человека действуют: сила тяжести F_{T1}, сила нормальной реакции N,

сила натяжения F'''_{H2}.

Условие равновесия человека :

$F_{T1} + N + F'''_{H2} = 0$.

В проекции на ось y это уравнение имеет

вид: $F'''_{H2} + N - m_1 g = 0$. (3)

Система находится в равновесии,

поэтому $F_{H1} = F'_{H1}$ и $F''_{H2} = F_{H2}$.

По третьему закону Ньютона $N = F_Д$.

Уравнения (1), (2), (3) перепишем в виде:

$F_{H1} + F_{H2} - F_Д - m_2 g = 0$, (4)

$F_{H1} = 2F_{H2}$, (5)

$F_{H2} + F_Д - m_1 g = 0$. (6) Из (6) выделим $F_Д = m_1 g - F_{H2}$. (7)

Подставив (5) и (7) в (4) получим $2F_{H2} + F_{H2} - m_1 g + F_{H2} - m_2 g = 0$, откуда $F_{H2} = \dfrac{g(m_1 + m_2)}{4} = \dfrac{10(70+30)}{4} = 250H$;

Так как $F''_{H2} = F_{H2} = 250H$, то $F''_{H2} = 250H$.

З А Д А Ч А 9.

Ответ: $\boxed{B = \dfrac{mg}{I\pi R}}$

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 $B = \dfrac{mg}{I\pi R}$.