

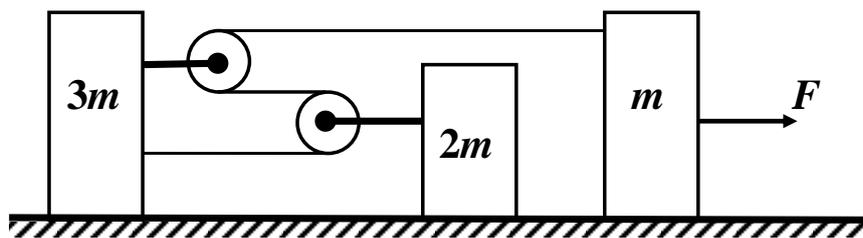
**Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации
«Профессор Жуковский» (общеобразовательный предмет физика), весна 2019 г.**

10 класс

Вариант 1

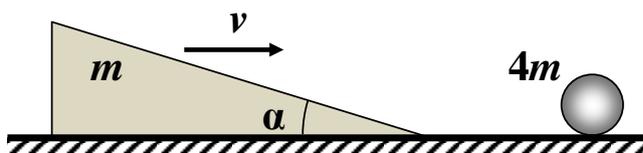
1. Трехлитровая стеклянная банка плавает в воде, оставаясь вертикальной. Считая, что масса банки $m = 1$ кг, а площадь ее нижнего основания $S = 0,02$ м², определите разницу давлений на нижнее основание банки со стороны воды и со стороны атмосферы. (10 баллов)
2. Два моля гелия участвуют в некотором термодинамическом процессе, в котором над газом совершается работа 500 Дж. По окончании процесса температура гелия увеличилась на 10°С. Чему равна молярная теплоемкость этого процесса, если известно, что она не зависит от параметров состояния гелия? Универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж/К. (10 баллов)
3. Два автомобиля А и В движутся по одной прямой дороге в одну сторону со скоростями V и $2V$. По другой прямой дороге едет мотоцикл С со скоростью $3V$. При этом в течение всего времени движения мотоцикл находится в вершине равнобедренного треугольника АВС ($AC = BC$). Определите угол между дорогами. (15 баллов)
4. Порция идеального газа в состоянии 1 занимает объем V_1 при давлении p_1 и абсолютной температуре T_1 . Газ сжимают при постоянном давлении до состояния 2, в котором его абсолютная температура уменьшилась в 4 раза. Затем происходит охлаждение газа при постоянном объеме до состояния 3, в котором его давление равно $p_1/2$. Из состояния 3 газ возвращается в состояние 1 по политропе, уравнение которой $pV^n = const$. Определите показатель политропы n . Постройте с учетом масштаба графики процесса 1-2-3-1 в координатах pV (давление p – по оси ординат, а объем V – по оси абсцисс) и pU (давление p – по оси ординат, а внутренняя энергия U – по оси абсцисс). Считайте внутреннюю энергию данной порции газа в состоянии 1 известной и равной U_1 . (15 баллов)
5. Механическая система, изображенная на рисунке, состоит из трех грузов массами $3m$, $2m$ и m , и двух очень легких блоков, прикрепленных к грузам $3m$ и $2m$ соответственно. Система находится на гладкой горизонтальной поверхности. Определите силу натяжения нити, пропущенной через блоки, когда к грузу массой m приложена горизонтальная сила $F = 12$ Н. Считать, что нить невесома и

нерастяжима, а не лежащие на блоках участки нити остаются горизонтальными в процессе поступательного движения грузов.



(25 баллов)

6. Клин массы m движется со скоростью $v = 4$ м/с по гладкой горизонтальной поверхности, как показано на рисунке. Клин упруго сталкивается с неподвижно лежащим на поверхности шариком массы $4m$. Угол наклона клина $\alpha = 30^\circ$. На какую максимальную высоту H относительно горизонтальной поверхности подскочит шарик? Считать, что импульс клину передается только в горизонтальном направлении. Трение между шариком и клином отсутствует. Радиус шарика $R \ll H$.



(25 баллов)

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

10 класс

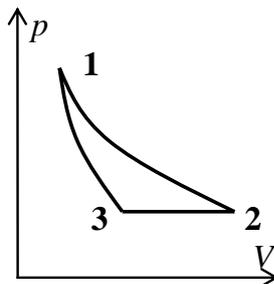
Вариант 6

1. На парашютиста массой $m = 80$ кг в начале прыжка действует сила сопротивления воздуха, вертикальная составляющая которой 400 Н, а горизонтальная 300 Н. Найдите ускорение парашютиста в начальный момент. (10 баллов)

2. Атмосфера Венеры почти полностью состоит из углекислого газа. Температура у поверхности планеты около $t = 500^\circ\text{C}$, а давление около $p = 100$ атм. Какой объём должен иметь исследовательский зонд массой $m = 1$ т, чтобы плавать в нижних слоях атмосферы Венеры? (10 баллов)

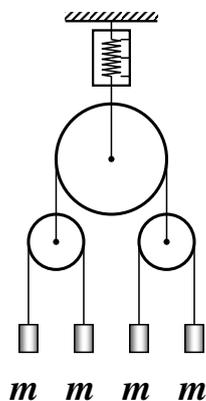
3. Теннисная ракетка движется навстречу мячу. В момент удара ракетка находится на высоте $h = 1,76$ м от поверхности корта, при этом скорости ракетки и мяча параллельны корту и равны соответственно $u = 2$ м/с (скорость ракетки) и $v = 1$ м/с (скорость мяча). Считая удар мяча по ракетке упругим, определите, долетит ли мяч до вертикальной стенки, расположенной на расстоянии $L = 2$ м от ракетки? Если долетит, то на какой высоте от поверхности корта мяч ударится о стенку? Мяч после удара о ракетку движется в направлении стенки; плоскость, в которой лежит траектория мяча, перпендикулярна стенке. Сопротивлением воздуха пренебречь. (15 баллов)

4. Тепловая машина, рабочим телом которой является гелий, совершает цикл (см. рисунок), состоящий из изотермы, адиабаты и изобары (какой из линий соответствует какой процесс, определите сами!). Чему равен КПД этого цикла, если известно, что модуль работы, совершаемой гелием, в изотермическом процессе в 3 раза больше, модуля работы, совершаемой в изобарном процессе.



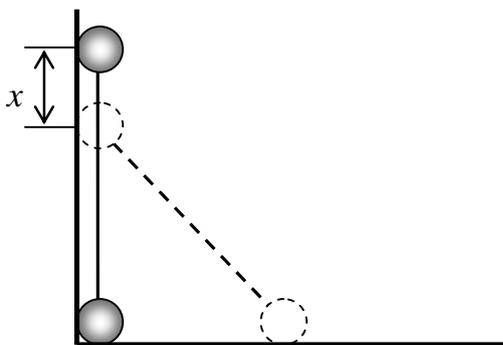
(15 баллов)

5. Механическая конструкция, состоящая из трех блоков и четырех грузов, подвешена к динамометру, как показано на рисунке. Массы грузов равны m . Блоки невесомы, нити невесомы и нерастяжимы, трение отсутствует. На какую величину изменятся показания динамометра, если на один из грузов сядет муха, масса которой равна $0,1m$? Считать, что колебания конструкции быстро затухают и после этого снимаются показания динамометра.



(25 баллов)

6. Два одинаковых маленьких шарика соединены невесомым жестким стержнем длиной $l = 60$ см. Стержень стоит вертикально вплотную к вертикальной плоскости (см. рисунок). При небольшом смещении нижнего шарика вправо на малое расстояние эта система приходит в движение в плоскости рисунка. Определите скорость нижнего шарика в момент, когда верхний шарик сместится по вертикальной плоскости вниз на расстояние $x = 10$ см. Считать, что при движении шарики не отрываются от плоскостей, трением пренебречь.



(25 баллов)

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

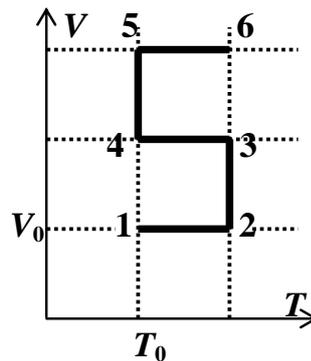
10 класс

Вариант 10

1. Плоскодонная баржа получила пробоину площадью $S = 100 \text{ см}^2$, находящуюся в дне баржи на глубине $h = 2 \text{ м}$. Определите, с какой силой нужно давить на пластырь, которым закрывают отверстие, чтобы сдержать напор воды. Весом пластыря пренебrecь. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

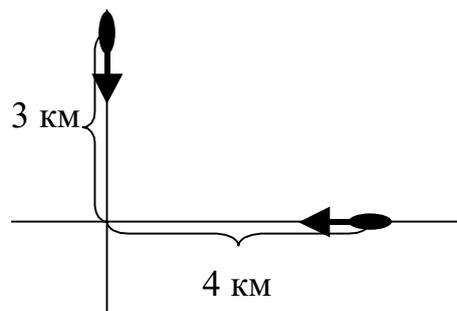
(10 баллов)

2. На листе в клеточку ученик 10-го класса нарисовал график изменения объема V идеального газа от его абсолютной температуры T в процессе 1–2–3–4–5–6, похожим на пятерку (см. рисунок). Считая массу газа постоянной, изобразите, соблюдая правильный масштаб, как будет выглядеть зависимость давления P от абсолютной температуры T для этого процесса. Значения давления, объема и температуры газа в состоянии 1 считайте известными и равными p_0 , V_0 и T_0 соответственно.



(10 баллов)

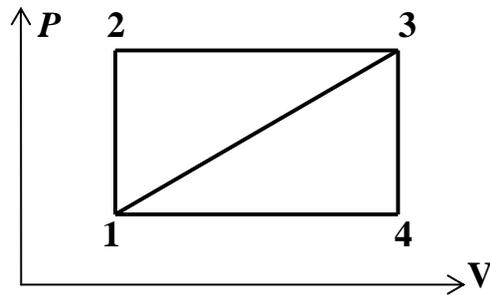
3. К перекрестку двух взаимно перпендикулярных дорог приближаются два автомобиля (см. рисунок). В некоторый момент времени один автомобиль находился на расстоянии 3 км, а другой – на расстоянии 4 км от перекрестка. Скорости автомобилей одинаковы и не изменяются в процессе движения. Определите наименьшее расстояние между автомобилями.



(15 баллов)

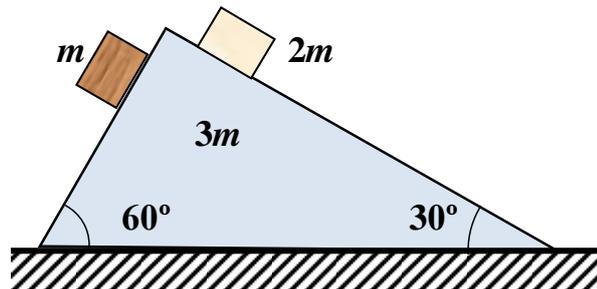
4. Коэффициент полезного действия цикла 1–2–3–1, представленного на рисунке, равен $\eta_1 = \frac{1}{11}$.

Определите КПД цикла 1–3–4–1. Оба цикла совершаются с одним и тем же количеством некоторого (неизвестного) идеального газа.



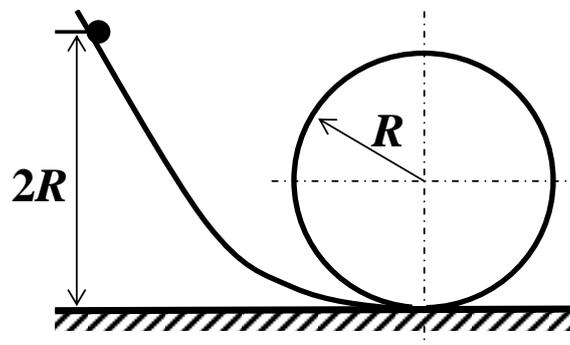
(15 баллов)

5. На гладкой горизонтальной поверхности находится гладкий клин массой $3m$, имеющий форму треугольной призмы, в основании которой лежит прямоугольный треугольник с углами 60° и 30° . На клин осторожно поставили два гладких тела, массами m и $2m$, как показано на рисунке. Определите, в какую сторону, и с каким ускорением будет двигаться клин, если оба тела одновременно начнут скользить по его боковым поверхностям?



(25 баллов)

6. Шарик скользит без трения по наклонному желобу, а затем движется по «мертвой петле» радиуса R (см. рисунок). Высота, с которой отпускают шарик, равна $2R$. На какой максимальной высоте окажется шарик после отрыва от петли?



(25 баллов)

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

10 класс

Ситуационная задача

Вариант – 2

В ряде случаев в технике используется дисперсно-упрочненный композиционный материал, представляющий собой комбинацию из мелких частиц (порошков, сыпного материала) и связующего. При заполнении пространства сыпным материалом частицы занимают не весь объем, так как между частицами остается свободное пространство. Предполагается, что частицы расположены в узлах кубической сетки и прилегают друг к другу. Остальную часть пространства заполняют связующим.

Плотность материала наполнителя 2000 кг/м³, плотность связующего 1200 кг/м³.
Определите среднюю плотность материала.

Решение:

1. Принимаемый свободный объем равен 1 м³. Если предположить, что сферические частицы наполнителя расположены в узлах кубической сетки и прилегают друг к другу, то их количество будет равно $n=1,8,27,64\dots$ При любом n , занимаемый объем наполнителя будет постоянен:

$$V_H = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R_q^3 \cdot n = 0,524 \text{ м}^3;$$

где R_q – радиус частиц наполнителя (при $n=1$, $R_q = 0,5$ м).

2. Коэффициент объемного заполнения K_V является отношением объема наполнителя к свободному объему:

$$K_V = \frac{V_H}{V} = \frac{0,524}{1} = 0,524.$$

3. Определение соотношения масс наполнителя и связующего (M_H и M_C), при полной заливке последним:

$$\frac{M_H}{M_C} = \frac{\rho_H \cdot V_H}{\rho_C \cdot (V - V_H)} = \frac{\rho_H \cdot V_H}{\rho_C \cdot V_H \cdot \left(\frac{V}{V_H} - 1\right)} = \frac{\rho_H}{\rho_C \cdot \left(\frac{1}{K_V} - 1\right)} = \frac{2000}{1300 \cdot \left(\frac{1}{0,524} - 1\right)} = 1,694;$$

где ρ_H и ρ_C плотности наполнителя и связующего соответственно.

4. Определить среднюю плотность материала можно из отношения массы смеси к свободному объёму:

$$\begin{aligned}\rho_{\text{CP}} &= \frac{M_{\text{H}} + M_{\text{C}}}{V} = \frac{M_{\text{C}} \cdot \left(\frac{M_{\text{H}}}{M_{\text{C}}} + 1\right)}{V} = \frac{\rho_{\text{C}} \cdot (V - V_{\text{H}}) \cdot \left(\frac{M_{\text{H}}}{M_{\text{C}}} + 1\right)}{V} = \frac{\rho_{\text{C}} \cdot V \cdot \left(1 - \frac{V_{\text{H}}}{V}\right) \cdot \left(\frac{M_{\text{H}}}{M_{\text{C}}} + 1\right)}{V} \\ &= \rho_{\text{C}} \cdot (1 - K_V) \cdot \left(\frac{M_{\text{H}}}{M_{\text{C}}} + 1\right) = 1300 \cdot (1 - 0,524) \cdot (1,694 + 1) = 1667 \text{ кг/м}^3.\end{aligned}$$