

Олимпиада «Физтех» по физике

11 класс, 2024/25 год, онлайн-этап, второй тур

1. При движении по прямой в одном направлении с постоянным ускорением автомобиль проходит последовательно два одинаковых отрезка пути. На первом отрезке средняя скорость автомобиля $V_1 = 10$ м/с, на втором отрезке средняя скорость автомобиля $V_2 = 15$ м/с.

Найдите мгновенную скорость V автомобиля на границе между первым и вторым отрезками. Ответ приведите в [м/с] с округлением до целых.

$$\frac{v_1 + v_2}{v_1 + v_2} = v$$

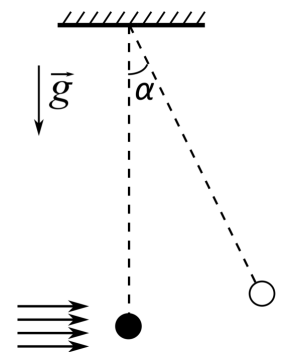
2. На гладкой горизонтальной плоскости расположен клин. Гладкая наклонная плоскость клина образует с горизонтом угол α такой, что $\sin \alpha = 0,2$. Шайбу удерживают на гладкой наклонной плоскости клина, а затем отпускают. Система приходит в движение, начальные скорости шайбы и клина нулевые. Масса клина $M = 0,4$ кг, масса шайбы $m = 0,1$ кг. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Клин и шайба движутся поступательно и прямолинейно.

Определите модуль силы, с которой горизонтальная плоскость действует на клин. Ответ приведите в [Н] с округлением до целых.

$$\frac{m \sin^2 \alpha}{m + M} g M \cos \alpha + g M = F$$

3. На шарик, подвешенный в поле тяжести Земли на легком тонком стержне, дует слабый горизонтальный ветер. Поток воздуха действует на шарик с постоянной по величине и направлению горизонтальной силой. В положении равновесия стержень составляет с вертикалью угол $\alpha = 40^\circ$ (см. рис.).

Найдите период T_1 малых колебаний маятника относительно этого положения равновесия, если при отсутствии ветрового потока период малых колебаний маятника равен $T_0 = 1,6$ с. Считайте, что в покое и в процессе малых колебаний сила, действующая на шарик со стороны потока воздуха, не изменяется. Ответ приведите в [с] с округлением до десятых.



$$T_1 \cos \alpha = T_0$$

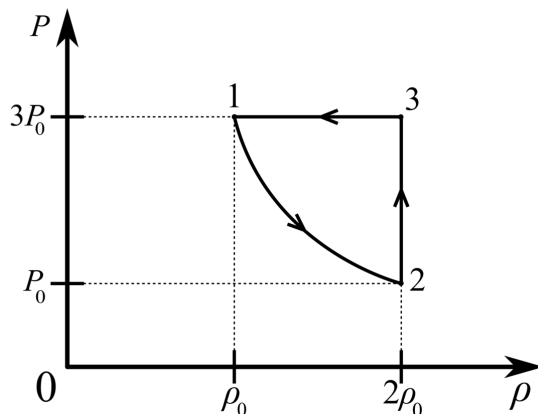
4. Ракета стартует с Северного полюса Земли и после короткой работы двигателя выключаются. Перемещение ракеты за время работы двигателей пренебрежимо мало по сравнению с радиусом Земли. Далее ракета поднимается на максимальную высоту $h = 1,9 \cdot R$, здесь $R = 6400$ км — радиус Земли. Движение ракеты прямолинейное. Масса ракеты после выключения двигателей $m = 1000$ кг.

Найдите работу силы тяжести на перемещении от момента выключения двигателей до момента остановки на максимальной высоте. Ускорение свободного падения у поверхности планеты $g = 10$ м/с². Действие сил сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малым. Ответ приведите в [ГДж] с округлением до целых.

$$A = -mgh \approx -10 \frac{m}{c^2} G = 6 \text{ ГДж}$$

5. Циклический процесс, проводимый с одноатомным идеальным газом, представлен на рисунке в координатах (P, ρ) . В процессе 1–2 давление газа изменяется по закону $P = a + \frac{b}{\rho}$, здесь a и b — постоянные, ρ — плотность газа. Максимальная внутренняя энергия газа в процессе $U_{\max} = 4986$ Дж.

Найдите работу газа за цикл. Ответ приведите в [Дж] с округлением до целого числа.



$$\frac{6}{\text{кгм}^3} \Omega = V$$

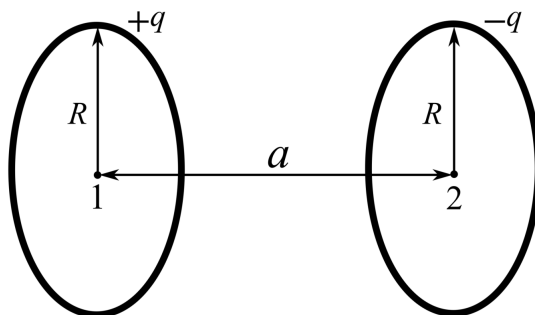
6. Влажный воздух находится в цилиндре под поршнем. В начальном состоянии относительная влажность $\varphi = 60\%$. Воздух в цилиндре медленно сжимают. Процесс сжатия изотермический. После уменьшения объема в $n = 3$ раза сконденсировалось $m = 4$ г воды.

Определите массу пара в цилиндре в начальном состоянии. Объем воды в конечном состоянии пренебрежимо мал по сравнению с объемом влажного воздуха. Ответ приведите в [г] с округлением до целого числа.

$$\frac{\phi u}{1-u} - 1 = 0 u$$

7. Расстояние между двумя соосными заряженными кольцами $a = 1,2$ м (см. рис.). Радиусы колец одинаковы и равны $R = 0,8$ м. По кольцам распределены по неизвестному закону неподвижные заряды: $q = 12$ нКл и $-q = -12$ нКл. Точечный заряд $Q = 5$ мкКл медленно перемещают из центра второго кольца в центр первого.

Найдите работу внешней силы над зарядом Q на указанном перемещении. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона $k = 9 \cdot 10^9$ Н $\frac{\text{м}^2}{\text{Кл}^2}$. Ответ приведите в [мкДж] с округлением до целого числа.



$$\left(\frac{z^2 + \frac{z^2 R^2}{a^2}}{R} - 1 \right) \frac{q}{\epsilon_0 b^2 z} = V$$

8. В первом опыте амперметр и вольтметр, соединенные последовательно, подключили к батарее, показания приборов $I_1 = 0,5 \text{ A}$, $U_1 = 45 \text{ В}$. Во втором опыте эти же приборы, соединенные параллельно, подключили к этой же батарее, показания приборов $I_2 = 3,4 \text{ A}$, $U_2 = 17 \text{ В}$.

Найдите ток $I_0 = \frac{E}{r}$ короткого замыкания батарейки, здесь E — ЭДС батарейки, r — её внутреннее сопротивление. Ответ приведите в [А] с округлением до десятых.

$$\frac{\left(1 - \frac{r_2}{r_1}\right) I_1 + \varepsilon_1}{\left(1 - \frac{r_1}{r_2}\right) \varepsilon_2 + I_2} = \frac{\left(1 - \frac{r_1}{r_2}\right) I_1 + \varepsilon_1}{\left(1 - \frac{r_2}{r_1}\right) \varepsilon_1 + I_1} = \frac{\varepsilon_1}{r_1} = \mathcal{E}$$

9. В циклотроне протоны движутся в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,4 \text{ Тл}$ по круговым орбитам.

Сколько миллионов оборотов в секунду совершают протоны? Удельный заряд протона $e = 0,96 \cdot 10^8 \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$. Считайте $\pi = 3,14$. Скорость протонов во много раз меньше скорости электромагнитных волн в вакууме. В ответе приведите целое число миллионов оборотов.

$$\mathcal{E} \frac{m}{e} \frac{2\pi}{h} = \frac{f}{\nu}$$

10. Вблизи центра квадратной однородно заряженной диэлектрической пластины удерживают заряженный шарик. Заряды пластины и шарика одного знака. Шарик отпускают, на большом расстоянии от пластины шарик движется со скоростью $V_1 = 14,1 \text{ м/с}$. Пластина закреплена, заряд на пластине не перемещается. Эффект поляризации и действие силы тяжести считайте пренебрежимо малыми.

С какой по величине скоростью V_2 будет двигаться шарик на большом расстоянии от пластины при переносе точки старта в любую вершину квадрата? Ответ приведите в [м/с] с округлением до целого числа.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{r_2}{r_1}$$