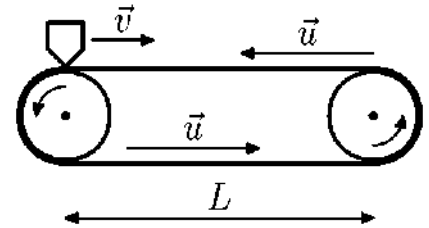
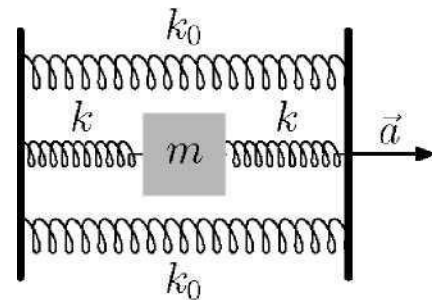


**Задания первого этапа республиканской олимпиады по учебному
предмету «Физика» в 2022/2023 учебном году
10 класс**

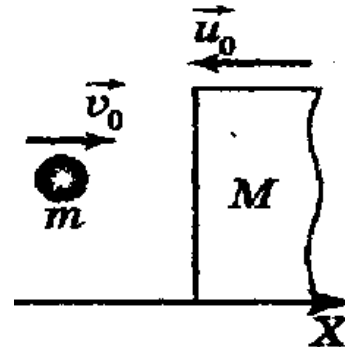
1. Кусок мела движется с постоянной скоростью v , касаясь верхней части ленты транспортёра. При какой наименьшей встречной скорости ленты u след мела на ней окажется замкнутым? Расстояние между осями шкивов транспортёра L , а радиусы шкивов R .



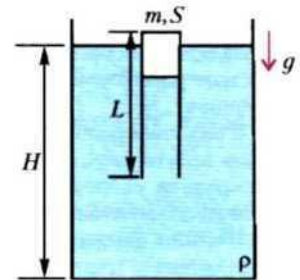
2. Невесомые стержни связаны невесомыми пружинами жёсткости k_0 у верхней и нижней, и жёсткости k у средних пружин, присоединённых к телу массы m (см. рис.). Первоначально пружины не деформированы. Под действием силы, приложенной к правому стержню, система движется с постоянным ускорением a , направленным вдоль пружин. Найдите, насколько изменилось расстояние между стержнями по сравнению с первоначальным состоянием.



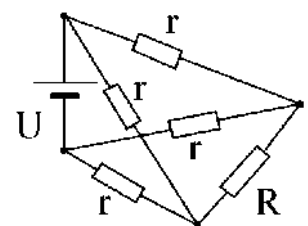
3. Мяч массой m летит в положительном направлении вдоль оси X со скоростью v_0 . Навстречу ему движется массивная плита массой M со скоростью u_0 . Чему равна проекция скорости мяча на ось X после абсолютно упругого столкновения с плитой? Считайте $m \ll M$.



4. В сосуде с водой глубиной H плавает перевернутая тонкостенная цилиндрическая пробирка длиной L , массой m и сечением S , содержащая некоторое количество воздуха (рис.). Температуру системы медленно понижают. При температуре T_1 пробирка начинает тонуть и опускается до дна. Определите, до какой температуры T_2 теперь надо нагреть систему, чтобы пробирка всплыла? Считать, что плотность воды ρ не зависит от температуры, а воздух - идеальный газ. Ускорение свободного падения g , атмосферное давление p_0 .



5. Найти тепловую мощность, выделяющуюся в схеме, изображенной на рисунке. Схема состоит из четырех одинаковых сопротивлений r , одного сопротивления R и батарейки с напряжением U .



**Решения задач первого этапа республиканской олимпиады по
учебному предмету «Физика» в 2022/2023 учебном году
10 класс**

Задача 1.

Первый способ решения:

Время соприкосновения мела с транспортером равно $t = \frac{L}{v}$. За единицу времени мел рисует полосу длиной $v + u$.

Общая длина ленты $l = 2 \cdot (L + \pi R)$, следовательно:

$$2 \cdot (L + \pi R) = L \frac{v + u}{v}.$$

Тогда
$$u = v \cdot \left(1 + 2\pi \frac{R}{L} \right).$$

Второй способ решения:

В системе отсчета связанной с мелом, лента транспортера имеет скорость равную $v_{om} = v + u$.

За то время $t = \frac{L}{v}$, когда мел пройдет по ленте, сама лента сделает один оборот

$$t = \frac{2L + 2\pi R}{v + u}.$$

Приравнивая левые части уравнений

$$\frac{2L + 2\pi R}{v + u} = \frac{L}{v},$$

найдем искомую, минимальную встречную скорость ленты

$$u = v \cdot \left(1 + 2\pi \frac{R}{L} \right).$$

Задача 2.

Пусть x – растяжение верхней и нижней пружин, а y – растяжение «передней» средней пружины, тогда «задняя» средняя пружина сожмется на $y - x$. Запишем второй закон Ньютона в проекции на направление движения:

$$ma = ky + k(y - x).$$

Сумма сил приложенных к заднему стержню равна нулю, так как его масса равна, следовательно:

$$2k_o x = k(y - x) \Rightarrow y = x \frac{2k_o + k}{k} .$$

Подставляя данное выражение в первое уравнение, находим, что

$$x = \frac{ma}{4k_o + k} .$$

Задача 3.

Используя законы сохранения энергии и импульса системы мяч – плита (см. рис.), получим:

$$\begin{cases} mv_0 - Mu_0 = mv_x + Mu_x, \\ \frac{mv_0^2}{2} + \frac{Mu_0^2}{2} = \frac{mv_x^2}{2} + \frac{Mu_x^2}{2}. \end{cases}$$

Тривиальное решение этой системы означает отсутствие столкновения:

$$v_x = v_0, u_x = -u_0.$$

Чтобы найти нетривиальное решение, поделим уравнение:

$$m(v_0^2 - v_x^2) = M(u_x^2 - u_0^2),$$

вытекающее из закона сохранения энергии, на уравнение:

$$m(v_0 - v_x) = M(u_x + u_0),$$

вытекающее из закона сохранения импульса. Получим:

$$v_0 + v_x = u_x - u_0.$$

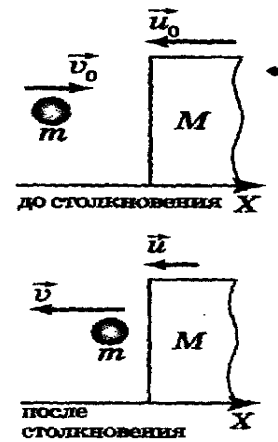
Решая систему двух последних уравнений, находим:

$$v_x = \frac{-2Mu_0 - (M - m)v_0}{M + m}.$$

При $m \ll M$ отсюда следует, что

$$v_x = -2u_0 - v_0.$$

В частности, если плита покоится, то мяч, падающий на нее по нормали, отскочит после абсолютно упругого удара со скоростью, противоположной первоначальной.



Задача 4.

Пробирка начнет тонуть, когда ее верхний край сравняется с уровнем жидкости, при этом объем вытесненной жидкости будет равен объему воздуха в пробирке. В этот момент пробирка находится в равновесии, и сила

Архимеда равна силе тяжести пробирки: $\rho g S x = mg$, где x – высота столбика жидкости. Когда пробирка начнет всплывать со дна, также имеет место равновесие сил: сила Архимеда снова равна силе тяжести пробирки. Следовательно, объемы воздуха в эти два момента равны. Из уравнения состояния $pV = \nu RT$ следует, что отношение температур равно отношению давлений. Но

$$p_1 = p_0 + \rho g x, \text{ а } p_2 = p_0 + \rho g (H - L + x).$$

Тогда

$$T_2 = T_1 \frac{(p_o + \rho g(H - L))S + mg}{p_o S + mg} .$$

Задача 5

Электрическая схема симметрична относительно плоскости, проходящей через провод, содержащий батарейку, и середину резистора R , значит через сопротивление R ток не течет. Но тогда общее сопротивление схемы определяется двумя параллельно соединенными ветвями сопротивлением $2r$ и равно r , следовательно, тепловая мощность

$$P = U^2 / r .$$