

**Межрегиональная олимпиада школьников на базе ведомственных
образовательных организаций (2017 г.).
Физика. 11 класс**

Вариант 1

Задача 1 (2 балла). Современный российский истребитель СУ-35 способен двигаться со скоростью 1400 км/ч на высоте 200 м. Летчик не должен испытывать кратковременные перегрузки более 9g. Каким должен быть минимальный радиус поворота, чтобы летчик сохранил управление машиной? $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Задача 2 (3 балла). Легкая соломинка массы $m = 1 \text{ г}$ и длины $L = 4 \text{ см}$ плавает на поверхности воды. По одну сторону от соломинки налили мыльный раствор. С каким ускорением w начнет двигаться соломинка? Сопротивлением воды движению соломинке пренебречь. Поверхностные натяжения воды и мыльного раствора равны соответственно $\sigma_w = 7,4 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$ и $\sigma_{\text{м.р.}} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$.

Задача 3 (3 балла). Саша один раз раздвинул пластины плоского конденсатора, которые все время были подключены к источнику напряжения, а в другой раз они были отключены после первоначальной зарядки. В каком из этих двух случаев Саша совершил большую работу на раздвижение пластин? Ответ пояснить.

Задача 4 (4 балла). Два небольших шарика массой m , заряда q каждый, соединены непроводящей нитью длины $2l$ и лежат на гладком горизонтальном столе. В некоторый момент времени середина нити начинает двигаться с постоянной скоростью V , перпендикулярной направлению нити в начальный момент времени. Определите, минимальное расстояние d , на которое сблизятся шарики.

Задача 5 (5 баллов). Ракета влетает в неподвижное облако частиц с начальной скоростью V_0 и движется в нем с ускорением a . Частицы налипают на переднюю поверхность ракеты площадью S . Концентрация частиц n , масса каждой частицы m , а самой ракеты M_0 . Определить силу реактивной тяги двигателей ракеты.

Примечание. В задачах, в которых даны числовые значения, необходимо сначала получить аналитический (буквенный) ответ; и только потом надо использовать численные данные из условия задачи для получения численного ответа.

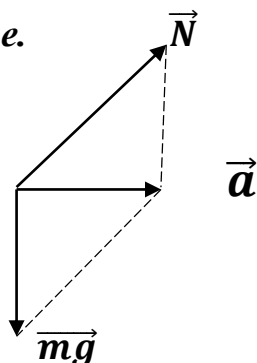
До начала решения задач просьба нарисовать на первой странице чистовика таблицу

Вариант №1					
1	2	3	4	5	Σ
2	3	3	4	5	17

Решения задач для 11 класса 1 варианта.

Задача 1 (2 балла). Современный российский истребитель СУ-35 способен двигаться со скоростью 1400 км/ч на высоте 200 м. Летчик не должен испытывать кратковременные перегрузки более 9g. Каким должен быть минимальный радиус поворота, чтобы летчик сохранил управление машиной?
 $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение.



$m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g}$ – по II закону Ньютона.

По теореме Пифагора находим $|\vec{N}| = \sqrt{(m\vec{a})^2 + (m\vec{g})^2} = m\sqrt{a^2 + g^2}$

$P' = |N|$ – сила реакции опоры равна весу тела в процессе перегрузки по III закону Ньютона,

По определению перегрузка равна: $\frac{P'}{P} = \frac{m\sqrt{a^2+g^2}}{mg} = \frac{\sqrt{a^2+g^2}}{g} \leq 9$

$$\sqrt{a^2 + g^2} \leq 9g$$

$$a^2 + g^2 \leq 81g^2$$

$$a^2 \leq 80g^2$$

$$a \leq \sqrt{80}g$$

$$a = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \frac{V^2}{R} \leq \sqrt{80}g$$

$$R \geq \frac{V^2}{\sqrt{80}g}$$

$$R \geq \frac{(388,9)^2}{\sqrt{80} \cdot 10} \approx 1690,1 \text{ м.}$$

$$R_{min} = 1690,1 \text{ м}$$

Ответ: $R_{min} = 1690,1 \text{ м}$

Задача 2 (3 балла). Легкая соломинка массы $m=1$ г и длины $L=4$ см плавает на поверхности воды. По одну сторону от соломинки налили мыльный раствор. С каким ускорением w начнет двигаться соломинка? Сопротивлением воды движению соломинке пренебречь. Поверхностные натяжения воды и мыльного раствора равны соответственно $\sigma_B = 7,4 \cdot 10^{-2}$ Н/м и $\sigma_{M.P.} = 4 \cdot 10^{-2}$ Н/м.

Решение.

Благодаря смачиванию на соломинку (в горизонтальном направлении, перпендикулярном оси соломинки) действуют нескомпенсированные силы:

$$F_B = \sigma_B L - \text{со стороны воды,}$$

$$F_{M.P.} = \sigma_{M.P.} L - \text{со стороны мыльного раствора.}$$

Применим 2-й закон Ньютона для описания динамики соломинки

$$mw = F_B - F_{M.P.} = \sigma_B L - \sigma_{M.P.} L.$$

Искомое ускорение соломинки

$$\begin{aligned} w &= (\sigma_B - \sigma_{M.P.})L/m = \\ &= (7.4 - 4.0) \cdot 10^{-2} \cdot 4 \cdot 10^{-2} / 10^{-3} = 1.36 \text{ м/с}^2. \end{aligned}$$

Ответ: $w = 1.36 \text{ м/с}^2$

Задача 3 (3 балла). Саша один раз раздвинул пластины плоского конденсатора, которые все время были подключены к источнику напряжения, а в другой раз они были отключены после первоначальной зарядки. В каком из этих двух случаев Саша совершил большую работу на раздвижение пластин? Ответ пояснить.

Решение.

В первом случае при раздвижении пластин разность потенциалов остается постоянной, но емкость, а следовательно, и заряд на пластинах уменьшаются. Это вызовет постепенное уменьшение силы взаимодействия пластин. Во втором случае заряд на пластинах остается постоянным. А так как поле однородно, то сила взаимодействия пластин сохранит начальное значение во все время раздвижения пластин. Поэтому при одинаковом перемещении пластин работа во втором случае будет больше.

Задача 4 (4 балла). Два небольших шарика массой m , заряда q каждый, соединены непроводящей нитью длины $2l$ и лежат на гладком горизонтальном столе. В некоторый момент времени середина нити начинает двигаться с постоянной скоростью V , перпендикулярной направлению нити в начальный момент времени. Определите, минимальное расстояние d , на которое сблизятся шарики.

Решение.

Перейдем в инерциальную систему отсчета, связанную с движущимся центром нити. Тогда в начальный момент времени шарики имеют одинаковую скорость V . Первоначальный запас энергии в системе равен

$$W_1 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 2l} + \frac{2mV^2}{2}$$

В момент наибольшего сближения энергия системы равна

$$W_2 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 d}$$

Из закона сохранения энергии получим

$$d = \frac{2lq^2}{(q^2 + 8\pi\epsilon_0 mV^2l)}$$

Ответ:

$$d = \frac{2lq^2}{(q^2 + 8\pi\epsilon_0 mV^2l)}$$

Задача 5 (5 баллов). Ракета влетает в неподвижное облако частиц с начальной скоростью V_0 и движется в нем с ускорением a . Частицы налипают на переднюю поверхность ракеты площадью S . Концентрация частиц n , масса каждой частицы m , а самой ракеты M_0 . Определить силу реактивной тяги двигателей ракеты.

Решение:

Рассчитаем скорость V и массу M ракеты через промежуток времени t , который прошел после того, как ракета вошла в облако. Двигаясь в облаке, ракета поглощает все частицы, которые находились внутри «коридора», по которому она двигалась. Объем «коридора» равен пути ракеты внутри облака, умноженной на площадь передней стенки. В каждом кубическом метре находится n частиц.

$$V = V_0 + at$$

$$M = M_0 + (V_0 t + \frac{at^2}{2})nSm$$

Найдем силу реактивной тяги F из условия

$$F = \frac{dp}{dt}$$

где $p=MV$

Ответ: $F = (V_0 + at)^2 nSm + (M_0 + (V_0 t + \frac{at^2}{2})nSm)a$