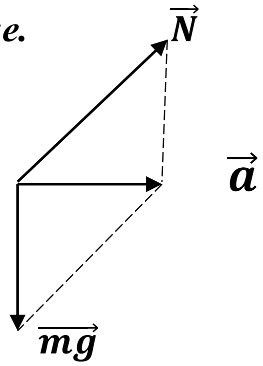
Решения задач Межрегиональной олимпиады школьников на базе ведомственных образовательных организаций в 2016-2017 учебном году по физике

11 класс

1 вариант

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 м/с^2.

Решение.



$\boldsymbol{m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g}}$ – 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 реакция опоры равна весу тела в процессе перегрузки по III закону Ньютона,

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

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

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

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

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

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

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

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

$$R_{min} = 1690{,}1 \text{ м}$$

Ответ: $R_{min} = 1690{,}1$ 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 $\sigma_в$= 7,4 10^{-2} Н/м и $\sigma_{м.р.}$= 4 10^{-2} Н/м.

Решение.

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

$F_в = \sigma_в L$- со стороны воды,

$F_{м.р.} = \sigma_{м.р.} L$ -со стороны мыльного раствора.

Применим 2-й закон Ньютона для описания динамики соломинки

$$mw = F_в - F_{м.р.} = \sigma_в L - \sigma_{м.р.} L.$$

Искомое ускорение соломинки

$$w = (\sigma_в - \sigma_{м.р.})L/m =$$
$$= (7.4 - 4.0)\ 10^{-2}\ 4\ 10^{-2} / 10^{-3} = 1.36 \text{ м/ с}^2 .$$

Ответ: w= 1.36 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

$$W_1 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0\, 2l} + \frac{2mV^2}{2}$$

В момент наибольшего сближения энергия системы равна

$$W_2 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0\, d}.$$

Из закона сохранения энергии получим

$$d = \frac{2lq^2}{(q^2 + 8\pi\varepsilon_0 mV^2 l)}.$$

Ответ: $d = \frac{2lq^2}{(q^2+8\pi\varepsilon_0 mV^2 l)}$.

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