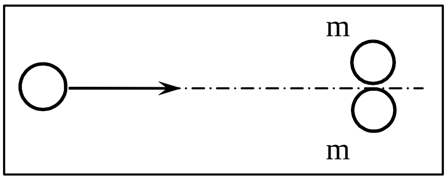
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП НАУЧНО–ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СОРЕВНОВАНИЯ ОЛИМПИАДЫ «ШАГ В БУДУЩЕЕ–2019» ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ»

ТИПОВОЙ ВАРИАНТ ЗАДАНИЯ ПО ФИЗИКЕ

З А Д А Ч А 1.

Два одинаковых шара массы m каждый, покоятся, касаясь друг друга. Третий шар, таких же размеров, налетает на них, двигаясь по прямой, касающейся обоих шаров. Найдите массу налетающего шара, если после удара он останавливается.



З А Д А Ч А 2.

На дне водоема выделился пузырек газа диаметром d. При подъёме этого пузырька к поверхности воды его диаметр увеличился в n раз. Найдите глубину водоема в этом месте. Атмосферное давление p_0, коэффициент поверхностного натяжения воды σ и её плотность ρ известны. При расширении газа его температура не изменялась.

З А Д А Ч А 3.

Тонкая сферическая поверхность радиуса R равномерно заряжена электрическим зарядом Q. Определите напряженность электрического поля в центре сферы, если у неё удалить достаточно малый участок площадью ΔS, значительно меньшей площади всей поверхности сферы. Влиянием среды пренебречь.

З А Д А Ч А 4.

Альфа – частица (ядро $_2He^4$) движется прямолинейно вдоль оси x под действием электрического поля с напряженностью $E_X = E_0 - bx$, где E_0 и b - известные постоянные. В начальный момент времени альфа-частица покоилась в точке $x = 0$. Чему равна максимальная кинетическая энергия альфа-частицы в таком движении? Через какое время от начала движения достигается это максимальное значение кинетической энергии ?

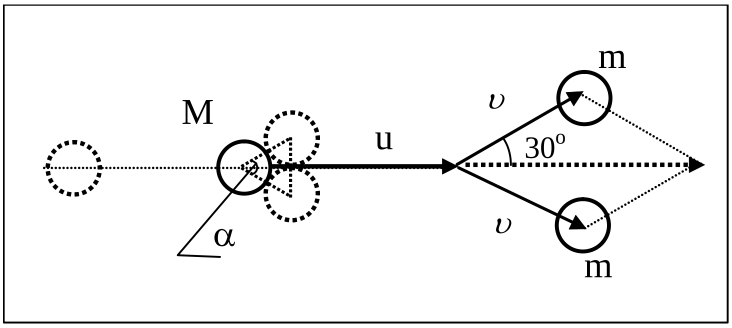
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП НАУЧНО–ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СОРЕВНОВАНИЯ ОЛИМПИАДЫ «ШАГ В БУДУЩЕЕ–2019» ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ»

РЕШЕНИЕ ТИПОВОГО ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ ПО ФИЗИКЕ

З А Д А Ч А 1.

Ответ: $\boxed{\mathrm{M} = \frac{3}{2}\mathrm{m}}$.



Исходя из закона сохранения кинетической энергии

$$\frac{\mathrm{M}u^2}{2} = \frac{2m\upsilon^2}{2} \quad (1),$$

где M – масса налетающего шара.
По закону сохранения импульса,

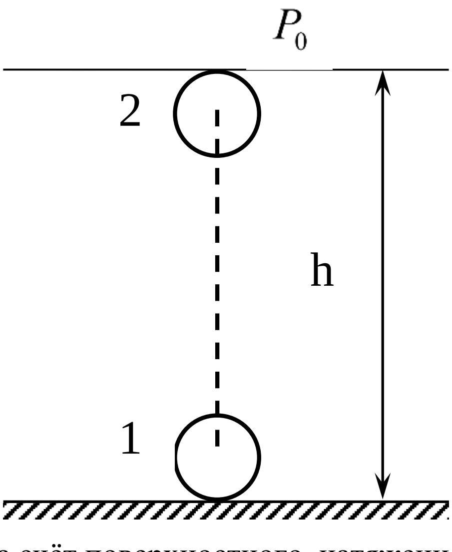
$$\mathrm{M}u = 2m\upsilon \cdot \cos 30^{\circ} = 2m\upsilon\frac{\sqrt{3}}{2} = m\upsilon\sqrt{3} \quad (2)$$

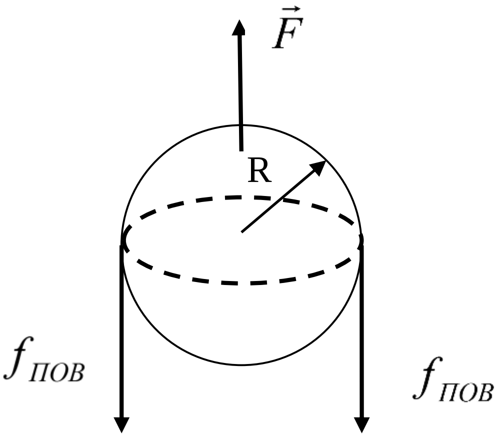
Решая совместно уравнения (1) и (2), получим:

$u = \frac{2}{\sqrt{3}}\upsilon$ (3) Подставляя (3) в (2), находим $\mathrm{M}\frac{2}{\sqrt{3}}\upsilon = m\upsilon\sqrt{3}$, откуда $\boxed{\mathrm{M} = \frac{3}{2}\mathrm{m}}$.

З А Д А Ч А 2.

Ответ: $\boxed{h = \frac{1}{\rho g}\left[P_0(n^3-1) + \frac{4\sigma}{d}\cdot(n^2-1)\right]}$





За счёт поверхностного натяжения добавочное давление в пузырьке найдём из условия

$2\pi R\cdot\sigma = P_{ДОБ}\cdot\pi R^2$. Отсюда $P_{ДОБ} = \frac{2\cdot\sigma}{R} = \frac{4\sigma}{d}$, где $d = 2R$.

В положении 1 пузырька $P_1\cdot V_1 = \left(P_0 + \rho g h + \frac{4\sigma}{d}\right)\cdot\frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3$.

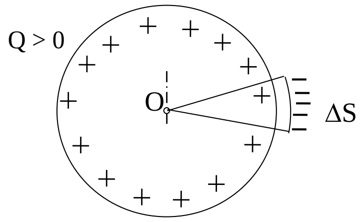
В положении 2 пузырька $P_2 \cdot V_2 = \left(P_0 + \dfrac{4\sigma}{n\cdot d}\right)\cdot \dfrac{4}{3}\pi\left(\dfrac{n\cdot d}{2}\right)^3$. Так как $T = const$, то

$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$. Тогда $\left(P_0 + \rho g h + \dfrac{4\sigma}{d}\right) = \left(P_0 + \dfrac{4\sigma}{n\cdot d}\right)\cdot n^3$. Отсюда

$$h = \frac{1}{\rho g}\left[P_0(n^3 - 1) + \frac{4\sigma}{d}\cdot(n^2 - 1)\right].$$

З А Д А Ч А 3.

Ответ: $\boxed{\vec{E}(0) = \dfrac{Q\cdot \Delta S}{16\pi\varepsilon_0 R^4}}$.

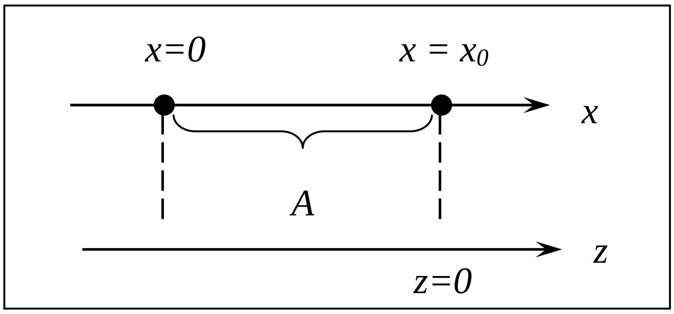


На полную (целую) заряженную положительным зарядом Q сферу, наложим отрицательно заряженную поверхность ΔS. За счёт компенсации зарядов участок ΔS сферы будет незаряженным. По принципу суперпозиции $\vec{E} = \vec{E}(0) = \vec{E}_+ + \vec{E}_-$. Но напряжённость поля внутри заряженной сферы равна нулю $\vec{E}_+ = 0$, а поле маленького участка ΔS с напряжённостью $\vec{E}_-$ можно рассматривать как поле точечного заряда $\Delta q = Q\dfrac{\Delta S}{4\pi R^2}$. Тогда напряжённость $\cdot\upsilon\cdot\Delta t$ электрического поля в центре сферы $\vec{E} = \vec{E}(0) = \vec{E}_- = \dfrac{\Delta q}{4\pi\varepsilon_0 R^2} = \dfrac{Q\cdot\Delta S}{16\pi\varepsilon_0 R^4}$.

З А Д А Ч А 4.

Ответ: $\boxed{E_{КИН}^{\max} = \dfrac{m\upsilon_m^{\,2}}{2} = \dfrac{eE_0^{\,2}}{b}}$;

$\boxed{t = \dfrac{T}{4} = \dfrac{\pi}{2}\sqrt{\dfrac{m}{2eb}}}$.



Заряд α - частицы $q = 2e$. Сила, действующая на частицу $F_x = q(E_0 - bx)$.

Точка равновесия $F_x = 0$, т.е. $x = x_0 = \dfrac{E_0}{b}$.

Введём новую координату $z = x = x_0$. Тогда $F_Z = -qbz$. Ускорение частицы

$a_Z = -\dfrac{qb}{m}z = -\omega^2 z$. Движение колебательное с частотой $\omega = \sqrt{\dfrac{qb}{m}} = \sqrt{\dfrac{2eb}{m}}$

и периодом $T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{2eb}}$. Амплитуда колебаний $A = x_0$.

Максимальная скорость $\upsilon_m = A\omega$.

Максимальная кинетическая энергия $E_{КИН}^{\max} = \dfrac{m\upsilon_m^{\,2}}{2} = \dfrac{eE_0^{\,2}}{b}$.

Эта энергия достигается через время $t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{2eb}}$.