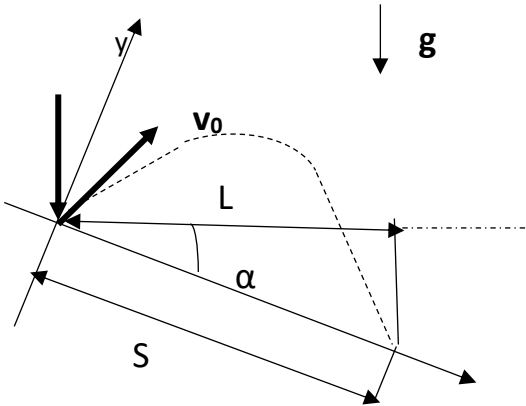


Задача 1

Маленький шарик падает сверху на наклонную плоскость и упруго отражается от нее. Угол наклона плоскости к горизонту равен 30° . На какое расстояние по горизонтали перемещается шарик между первым и вторым ударами о плоскость? Скорость шарика в момент первого удара направлена вертикально вниз и равна 1 м/с.

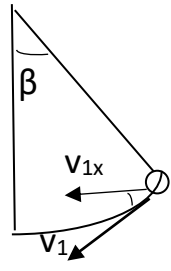
Дано	Решение
$\alpha = 30^\circ$ $v_0 = 1 \text{ м/с}$ $L - ?$	Законы движения шарика имеют вид: $x = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{g \sin \alpha \cdot t^2}{2},$ $y = v_0 \cos \alpha \cdot t - \frac{g \cos \alpha \cdot t^2}{2}$
В момент второго соударения шарика с плоскостью $x = S$, $y = 0$, Следовательно, $S = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{g \sin \alpha \cdot t^2}{2}, \quad (1)$ $0 = v_0 \cos \alpha \cdot t - \frac{g \cos \alpha \cdot t^2}{2}. \quad (2)$ Совместное решение (1) и (2) приводит к	

$$t = \frac{2v_0}{g} \quad \text{и} \quad S = \frac{4v_0^2 \sin \alpha}{g}$$

$$L = S \cos \alpha = \frac{2v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = 0,173 \text{ м.}$$

Ответ: $L = 0,173 \text{ м.}$

Задача 2

На гладкой горизонтальной поверхности находится брусок, на котором укреплен штатив. К штативу привязан на невесомой нерастяжимой нити шарик массой $m = 200$ г. Сначала нить с шариком удерживают под углом $\alpha = 60^\circ$ к вертикали, потом отпускают. Найдите скорость бруска в тот момент, когда нить впервые составит угол $\beta = 30^\circ$ с вертикалью. Масса бруска со штативом $M = 2$ кг, длина нити $l = 50$ см.	
Дано	Решение
$\alpha = 60^\circ$ $m = 200$ г $\beta = 30^\circ$ $M = 2$ кг $l = 50$ см. $v - ?$	По закону сохранения энергии в двух положениях шарика: $mgh_1 = mgh_2 + \frac{MV^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2}$
$h_1 = l(1 - \cos \alpha), \quad h_2 = l(1 - \cos \beta).$ Закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось OX: $MV = mv_1 \cos \beta$ $v_1 = \frac{MV}{m \cos \beta}$	

Подставим в первое уравнение:

$$2mgl(\cos \beta - \cos \alpha) = V^2 \left(M + \frac{mM^2}{m^2(\cos \beta)^2} \right)$$

$$2mgl(\cos \beta - \cos \alpha) = \frac{V^2(mM(\cos \beta)^2 + M^2)}{m(\cos \beta)^2}$$

$$V = m \cos \beta \sqrt{\frac{2gl(\cos \beta - \cos \alpha)}{M(M + m(\cos \beta)^2)}}$$

$$V = 0,16 \text{ м/с}$$

Ответ: $V = 0,16$ м/с

Задача 3

Воздушный шар объемом 2500 м^3 с массой оболочки 400 кг имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. До какой минимальной температуры нужно нагреть воздух в шаре, чтобы шар взлетел вместе с грузом массой 200 кг ? Температура окружающего воздуха 7°C , его плотность $1,2 \text{ кг/м}^3$. Оболочку шара считать нерастяжимой.

Дано	Решение
$V = 2500 \text{ м}^3$ $m_{\text{об}} = 400 \text{ кг}$ $m_r = 200 \text{ кг}$ $t = 7^\circ\text{C}$ $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ $t_1 - ?$	Шар взлетает, когда сила тяжести, действующая на него, равна силе Архимеда $(m_{\text{об}} + m_r + m)g = \rho g V, (1)$ где m-масса воздуха в шаре. Из уравнения Менделеева- Клапейрона $m = \frac{PVM}{RT_1}, P = \frac{\rho RT}{M}, (2)$

где $T = t + 273$; $T_1 = t_1 + 273$, M – молярная масса воздуха.

Объединяя (1) и (2), получим:

$$T_1 = \frac{\rho V T}{\rho V - m_{\text{об}} - m_r} = 350 \text{ K}.$$

$$t_1 = 77^\circ\text{C}.$$

Ответ: $t_1 = 77^\circ\text{C} = 350 \text{ K}$.

Задача 4

В калориметре находился лед при температуре -5°C . Какой была масса льда, если после добавления в калориметр 4 кг воды, имеющей температуру 20°C , и установления теплового равновесия температура содержимого калориметра оказалась равной 0°C , причем в калориметре была только вода?

Дано	Решение
$t_1 = -5^{\circ}\text{C}$ $m_2 = 4 \text{ кг}$ $t_2 = 20^{\circ}\text{C}$ $t = 0^{\circ}\text{C}$ $c_1 = 2100 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$ $c_2 = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$ $\lambda = 330 \text{ кДж/кг}$ $m_1 - ?$	Количество теплоты, полученное при нагревании льда, находящегося в калориметре, до температуры 0°C: $Q_1 = c_1 m_1 (0 - t_1). (1)$

Количество теплоты, полученное льдом при его таянии при 0°C : $Q_2 = \lambda m_1$ (2)

Количество теплоты, отданное водой при охлаждении ее до 0°C :

$$Q = c_2 m_2 (t_2 - 0). (3)$$

Уравнение теплового баланса:

$$Q = Q_1 + Q_2 (4).$$

Объединяя (1)–(4), получим: $m_1 = \frac{m_2 c_2 (t_2 - 0)}{c_1 (0 - t_1) + \lambda} = 1 \text{ кг}.$

Ответ: 1 кг.

Задача 5

Определить силу тока, протекающего через однородный цилиндрический алюминиевый проводник сечением $2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, если за 15 с его температура повысилась на 10 К. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. Удельное сопротивление алюминия $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, удельная теплоемкость $900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, плотность $2700 \text{ кг}/\text{м}^3$

Дано	Решение
$S = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ $t = 15 \text{ с}$ $\Delta T = 10 \text{ К}$ $\rho = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м},$ $c = 900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$ $d = 2700 \text{ кг}/\text{м}^3$ $I - ?$	По закону Джоуля-Ленца: $Q = I^2 R t.$ Это количество теплоты затрачивается на нагревание проводника: $Q = cm\Delta T, m = d l S$ $I^2 R t = c d l S \Delta T$

$$I = \sqrt{\frac{\Delta T c d S^2}{\rho t}} = 16 \text{ А.}$$

Ответ: 16 А.

Задача 6

Замкнутый контур из тонкой проволоки помещен в магнитное поле. Плоскость контура перпендикулярна вектору магнитной индукции. Площадь контура $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. Если магнитная индукция поля меняется с течением времени в соответствии с выражением $B = a \cos(bt)$, где $a = 6 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$, $b = 3500 \text{ с}^{-1}$, то в контуре возникают колебания тока с амплитудой $I_m = 35 \text{ мА}$. Чему равно электрическое сопротивление контура?

Дано	Решение
$S = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ $B = a \cos(bt)$ $a = 6 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$ $b = 3500 \text{ с}^{-1}$ $I_m = 35 \text{ мА}$ $R - ?$	В соответствии с законом электромагнитной индукции при изменении пронизывающего контур магнитного поля в проводящем контуре возникает ЭДС электромагнитной индукции $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$. $\Phi = BS$, следовательно, $\mathcal{E} = -\frac{SdB}{dt} = Sab \sin(bt).$

Согласно закону Ома сила тока в контуре $I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{Sab \sin(bt)}{R}$.

Амплитуда колебаний силы тока в контуре равна $I_m = \frac{Sab}{R}$.

Следовательно, $R = \frac{Sab}{I_m} = 1,2 \text{ Ом}$.

Ответ: 1,2 Ом.

Задача 7

Металлическая пластина облучается светом частотой $1,6 \cdot 10^{15}$ Гц. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряженностью 130 В/м, причем вектор напряженности поля направлен к пластине перпендикулярно ее поверхности. На расстоянии 10 см от пластины максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 15,9 эВ. Определите работу выхода электронов из данного металла.

Дано	Решение
$\nu = 1,6 \cdot 10^{15}$ Гц $E = 130$ В/м $L = 10$ см $E_k = 15,9$ эВ $A = ?$	По уравнению Эйнштейна: $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$

Электрическое поле ускоряет электроны, увеличивая их кинетическую энергию на

$$\Delta E_k = eU = eEL, \quad (2)$$

где U – разность потенциалов между поверхностью пластины и эквипотенциальной поверхностью на расстоянии L от нее.

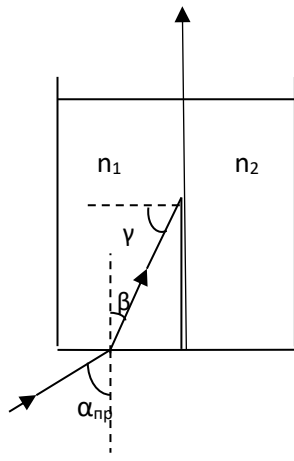
Объединяя (1) и (2), получим работу выхода фотоэлектронов:

$$A = h\nu - E_k + eEL = 3,7 \text{ эВ}.$$

Ответ: 3, 7 эВ.

Задача 8

Высокий прямоугольный сосуд разделен на два вертикальных отсека. Первый отсек заполнен жидкостью с показателем преломления $n_1 = 1,5$, а второй – жидкостью с показателем преломления $n_2 = 1,2$. Определить, при каких углах падения пучка света на дно первого отсека хотя бы часть излучения попадет во второй отсек. Вертикальные стенки и дно сосуда являются прозрачными плоскопараллельными пластинами.

Дано	Решение
$n_1 = 1,5$ $n_2 = 1,2$ $\alpha_{\text{пр}} = ?$	
Пусть $\alpha_{\text{пр}}$ - искомый предельный угол. Тогда для первой границы раздела «вакуум-среда n_1» закон преломления: $\frac{\sin \alpha_{\text{пр}}}{\sin \beta} = n_1$ Для второй границы раздела «жидкость n_1 - жидкость n_2» $\frac{\sin \gamma}{\sin \pi/2} = \frac{n_2}{n_1}.$	

Углы γ и β связаны соотношением

$$\sin \gamma = \cos \beta$$

$$\frac{\sin \alpha_{\text{пр}}}{n_1} = \sin \beta$$

$$\cos \beta = \sin \gamma = \frac{n_2}{n_1}$$

Из соотношения $(\sin \beta)^2 + (\cos \beta)^2 = 1$:

$$\frac{(\sin \alpha_{\text{пр}})^2}{n_1^2} + \frac{n_2^2}{n_1^2} = 1,$$

откуда получим: $\sin \alpha_{\text{пр}} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ и $\alpha_{\text{пр}} = \arcsin \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \approx 60^\circ$

Ответ: $\alpha_{\text{пр}} = 60^\circ$

