РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ XI КЛАССА

11.1. *«Кинематика»*. 1) Время движения камня до земли найдём из уравнения движения вдоль вертикальной оси: $0 = h + \upsilon_0 \sin\alpha t - gt^2/2$ (1). Решая квадратное уравнение, получим $t = \dfrac{\upsilon_0 \sin\alpha + \sqrt{\upsilon_0^2 \sin^2\alpha + 2gh}}{g}$, численно $t = \left(20 \cdot 0{,}707 + \sqrt{200 + 2 \cdot 10 \cdot 35}\right)/10 = 4{,}41$ (с) (2). Дальность полёта камня составит $S = \upsilon_0 \cos\alpha t = 20 \cdot 0{,}707 \cdot 4{,}4 = 62{,}4$ (м) (3).

2) Горизонтальная составляющая скорости камня равна $\upsilon_0 \cdot \cos\alpha$ (4), тогда, из рис. 11.3 начальная скорость камня относительно земли может быть найдена так: $\upsilon = \upsilon_0 \cdot \cos\alpha / \cos\beta$ = 16,3 (м/с) (5). Разность вертикальных составляющих скоростей камня относительно двух СО равна скорости вертолёта $u = \upsilon_0 \sin\alpha - \upsilon \sin\beta = \upsilon_0(\sin\alpha - \cos\alpha \operatorname{tg}\beta)$, численно

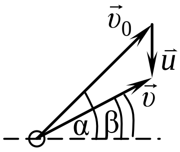

Рис. 11.3

$$u = 20 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}\left(1 - \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 20 \cdot 0{,}707 \cdot (1 - 0{,}577) \cong 6 \text{ (м/с) (6).}$$

Критерии оценивания

Формула (1) 2
Формула или результат (2) 2
Результат (3) 2
Формула (4) 1
Результат (5) 1
Результат (6) 2

11.2. *«Статика и гидростатика»*. Запишем уравнение моментов для стержня относительно точки подвеса в первом случае: $m_1 g l_1 = m_2 g l_2 + MgL$ (1), где m_1, m_2, M, l_1, l_2 и L – массы грузов и плечи соответствующих сил.

Запишем уравнение моментов для стержня относительно точки подвеса во втором случае: $(m_1 g - N_1) l_1 = (m_2 g - N_2) l_2 + MgL$ (2), где N_1 и N_2 – силы, с которыми поршни действуют на грузы. Используя условие равновесия (1), получим, что $N_1 l_1 = N_2 l_2$ (3). Теперь запишем условие равенства давлений в сообщающихся сосудах: $\dfrac{N_1}{S_1} = \dfrac{N_2}{S_2}$ (4). С учётом равенств (3) и (4) получим, что $\dfrac{S_2}{S_1} = \dfrac{N_2}{N_1} = \dfrac{l_1}{l_2}$ (5).

Критерии оценивания

Формула (1) 2
Формула (2) 2
Формула (3) 2
Формула (4) 2
Результат (5) 2

11.3. *«МКТ»*. Пусть V – объём сосуда, r – радиус шара. Тогда условие $p_1 - p_2 = a/r$ с учётом уравнения Клапейрона–Менделеева запишется в виде:

$\nu RT\left(\dfrac{1}{\frac{4}{3}\pi r^3} - \dfrac{1}{V - \frac{4}{3}\pi r^3}\right) = \dfrac{a}{r}$ (1). Отсюда температура газа $T = \dfrac{4a\pi r^2}{3\nu R}\left(1 + \dfrac{1}{\frac{3V}{4\pi r^3} - 2}\right)$ (2). Из (2) видно, что температура является монотонно возрастающей функцией радиуса r. Следовательно, с ростом температуры радиус и объём шара должны увеличиваться (3).

Критерии оценивания

Формула (1) 3
Формула (2) 5
Правильный ответ (3) 2

11.4. *«Электростатика»*. 1) Заряд q_1 действует на заряд q_3 с силой $F_{13} = kq_1q_3 / a^2$ (1), q_1 на q_4 $F_{14} = kq_1q_4 / a^2$ (2), q_2 на q_3 $F_{23} = kq_2q_3 / a^2$ (3), q_2 на q_4 $F_{24} = kq_2q_3 / a^2$(4). При этом горизонтальная составляющая результирующей силы, с которой заряды q_1 и q_2 действуют на заряды q_3 и q_4, равна $R_г = F_{13} + F_{24} + (F_{14} + F_{23})\cos 45°$ (5), а вертикальная составляющая $R_в = (F_{14} - F_{23})\cos 45°$ (6). Тогда искомая сила равна $R = \sqrt{R_г^2 + R_в^2}$ (7) $R = \dfrac{k}{a^2}\sqrt{\left(q_1q_3 + q_2q_4 + \dfrac{q_1q_4 + q_2q_3}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\dfrac{q_1q_4 - q_2q_3}{\sqrt{2}}\right)^2}$, численно $R = \dfrac{9\cdot 10^9}{10^{-2}}\sqrt{\left(3 + 8 + \dfrac{4+6}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\dfrac{4-6}{\sqrt{2}}\right)^2}\cdot 10^{-18} = 16{,}3$ (мкН) (8).

2) Полная энергия зарядов в любой момент времени равна начальной потенциальной энергии зарядов (9), то есть $W = k\dfrac{q_1(q_2 + q_3 + q_4) + q_2(q_3 + q_4) + q_3q_4}{a}$ (10), численно $W = \dfrac{9\cdot 10^9}{10^{-1}}(1\cdot(2+3+4) + 2\cdot(3+4) + 3\cdot 4)\cdot 10^{-18} = 3{,}15$ (мкДж) (12).

Критерии оценивания

Использование формул (1)–(4) .... 0,5+0,5+0,5+0,5 = 2
Нахождение $F_г$ (в виде формулы (5) или числа) 1
Нахождение $F_в$ (в виде формулы (6) или числа) 1
Использование выражения (7) 1
Результат (8) 2
Рассуждение (9) 1
Выражение (10) 1
Результат (11) 1

11.5. *«География»*. 1) Обозначим солнечную постоянную величиной q. Угол между лучом и нормалью к поверхности равен $\alpha = \varphi - \varepsilon$ (1) (рис. 11.4), а $J = q\cos\alpha$ (2). Для Кирова и для Коктебеля $\alpha_{Kr} = \varphi_{Kr} - \varepsilon = 35°10'$ и $\alpha_{Kl} = \varphi_{Kl} - \varepsilon = 21°34'$ (3) соответственно. Тогда наименьшая освещённость будет в Кирове (J_1), а наибольшая – в Коктебеле (J_2) (4).

$\eta = (\cos 21°34' - \cos 35°10')/\cos 21°34' = 0{,}121$. (5)

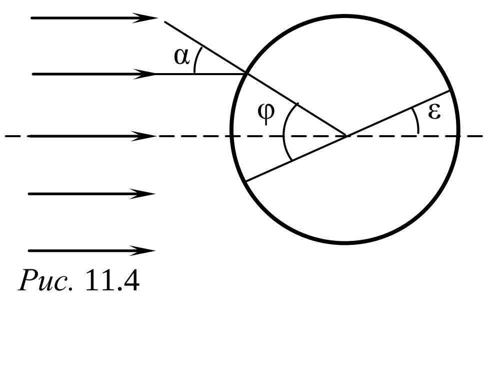

Рис. 11.4

2) Поскольку радиус Земли значительно меньше расстояния до Солнца, значения J_2 и J_1 практически одинаковы (и равны солнечной постоянной). $\eta = 0$ (6).

Критерии оценивания

Результат (1) 2
Формула (2) 2
Результат (3) 1
Вывод (4) 1
Результат (5) 2
Результат с обоснованием (6) 2