

**ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ» по ФИЗИКЕ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ (ФИНАЛЬНЫЙ) ЭТАП 2013 года**  
**БИЛЕТ № 02 (МОСКВА)**

**1. Движение тела, брошенного под углом к горизонту. Дальность и высота полета.**

Две частицы одновременно начали двигаться в однородном поле тяжести  $g$ . Начальные их скорости равны по модулю  $v_0$  и лежат в одной вертикальной плоскости. Угол наклона вектора одной из скоростей к горизонту равен  $\alpha$ , а другой —  $2\alpha$ . В какой момент времени  $\tau$  от начала движения скорости частиц окажутся сонаправленными? Сопротивлением воздуха пренебречь.

*Полный ответ на теоретический вопрос должен содержать:* полное кинематическое описание движения тела, брошенного под углом к горизонту с обязательным указанием приближений, использованных при построении этого описания, формулы для максимальной высоты и дальности полета тела. Максимальная оценка за теоретический вопрос – 5 баллов.

*Ответ задачи:*  $\tau = \frac{v_0 \sin(\alpha)}{g[\cos(\alpha) - \cos(2\alpha)]} = \frac{v_0 \cos(\alpha/2)}{g \sin(3\alpha/2)}$ , при  $\alpha < 45^\circ$  и в предположении, что

первая из частиц еще не упала на Землю (например, при старте частиц с поверхности Земли это означает, что  $\alpha \geq \alpha_1$ , где  $\alpha_1 = \arccos\left(\frac{1 + \sqrt{5}}{4}\right) \approx 36^\circ$ ). При  $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  решения нет.

Максимальная оценка – 20 баллов.

*Комментарий:* оценивались правильная запись законов изменения компонент скоростей тел, условия сонаправленности скоростей и вывод из них правильного ответа.

**2. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа.**

Прочный сосуд объемом  $V = 20$  л, содержащий  $m = 6$  г гелия, движется со скоростью  $v_0 = 500$  м/с. На сколько Па увеличится давление газа в сосуде, если сосуд внезапно остановить? Считать, что теплообмен между гелием и стенками сосуда отсутствует.

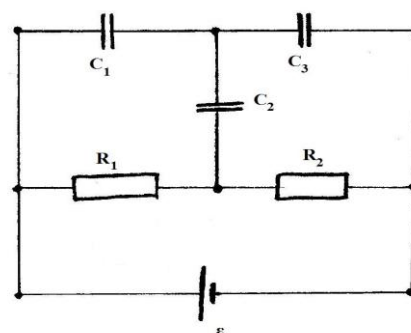
*Полный ответ на теоретический вопрос должен содержать:* описание модели идеального газа и вывода уравнения состояния такого газа в рамках модели, изложение доводов, указывающих на применимость этой модели к реальным газам, запись уравнения Менделеева-Клапейрона. Максимальная оценка за теоретический вопрос – 5 баллов.

*Ответ задачи:*  $\Delta p = \frac{mv_0^2}{3V} = 25000$  Па. Максимальная оценка – 20 баллов.

*Комментарий:* оценивались: описание используемой модели явления и корректность обоснования вывода о том, что кинетическая энергия газа после остановки переходит в его внутреннюю энергию, запись соответствующих уравнений и получение правильного ответа.

**3. Конденсаторы. Емкость плоского конденсатора.**

Перед сборкой схемы, изображенной на рисунке, все конденсаторы были разряжены. Найдите заряд на конденсаторе  $C_2$ . Емкости конденсаторов равны:  $C_1=1$  мкФ,  $C_2=2$  мкФ,  $C_3=3$  мкФ; сопротивления составляют  $R_1=10$  Ом,  $R_2=20$  Ом. ЭДС источника  $\mathcal{E} = 6$  В. Внутренним сопротивлением источника ЭДС пренебречь.



**Полный ответ на теоретический вопрос должен содержать:** описание устройства конденсатора произвольного типа, примеры различных типов конденсаторов, определение электроемкости как физической величины, описание плоского конденсатора и формулу емкости плоского конденсатора. Максимальная оценка за теоретический вопрос – 5 баллов.

**Ответ задачи:**  $q_2 = \frac{R_2 C_3 - R_1 C_1}{(R_1 + R_2)(C_1 + C_2 + C_3)} C_2 \mathcal{E} \approx 3,3 \text{ мкКл}$ . Максимальная оценка – 20 баллов.

**Комментарий:** оценивались: правильное описание состояния схемы в установившемся режиме, нахождение падений напряжений на резисторах, составление и решение системы уравнений для напряжений на конденсаторах с учетом закона сохранения заряда и получение правильного ответа.

#### 4. Законы преломления света. Абсолютный и относительный показатели преломления.

В воздухе длина волны монохроматического света  $\lambda_0 = 0,6$  мкм. При переходе в стекло длина волны становится равной  $\lambda = 0,42$  мкм. Под каким углом свет падает на границу раздела воздух-стекло, если отраженный и преломленный лучи образуют прямой угол?

**Полный ответ на теоретический вопрос должен содержать:** описание места геометрической оптики в исследовании световых явлений, полную формулировку закона преломления света, определение и физический смысл абсолютного и относительного показателей преломления. Максимальная оценка за теоретический вопрос – 5 баллов.

**Ответ задачи:**  $\alpha = \arctg\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right) \approx \arctg(1,43) \approx 55^\circ$  (ответ в градусах не обязателен).

Максимальная оценка – 20 баллов.

**Комментарий:** оценивались: корректность обоснования вывода о том, что при переходе из одной прозрачной среды в другую у света изменяется длина волны при неизменной частоте, нахождение показателя преломления стекла, правильное использование условия ортогональности лучей, получение правильного ответа.