

**Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников  
2017-2018 учебный год**

**КЛЮЧИ по физике – 11 класс**

**Задача 1.**

Тело брошено под углом  $\alpha$  к горизонту со скоростью  $g_0$ , причём максимальная дальность полёта равна максимальной высоте подъёма. Найти угол  $\alpha$ , если сопротивлением воздуха можно пренебречь.

**(10 баллов)**

| Возможное решение   |   |
|---|---|
| <p>Запишем уравнение движения тела на ось ОХ и ОУ: <math>S_{\max} = x = g_0 \cos \alpha t</math> (1);</p> <p><math>y = y_0 + g_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}</math> (2), где <math>t</math> – время полета тела вдоль оси ОХ. Решая совместно уравнения (1) и (2) получим <math>t = \frac{2g_0}{g} \sin \alpha</math>, <math>\Rightarrow S_{\max} = \frac{g_0^2}{g} \sin 2\alpha</math>. <math>H_{\max}</math> можно найти по формуле <math>H_{\max} = \frac{g_0^2}{2g} \sin^2 \alpha</math>. По условию задачи <math>H_{\max} = S_{\max} \Rightarrow</math></p> <p><math>\sin \alpha = \frac{1}{2} \sin^2 \alpha</math>; <math>\Rightarrow 4 \sin \alpha \cos \alpha = \sin^2 \alpha \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = 4</math>; <math>\alpha = \operatorname{artg} 4 = 76^\circ</math>.</p> |   |
| Критерии оценивания выполнения задания  |   |
| <p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:<br/>описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (;<br/>представлено полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений и законов:<br/>ОХ: <math>S_{\max} = x = g_0 \cos \alpha t</math><br/>ОУ: <math>y = y_0 + g_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}</math><br/><math>t = \frac{2g_0}{g} \sin \alpha</math><br/><math>S_{\max} = \frac{g_0^2}{g} \sin 2\alpha</math><br/><math>H_{\max} = \frac{g_0^2}{2g} \sin^2 \alpha</math><br/>Проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному ответу:<br/><math>\operatorname{tg} \alpha = 4</math><br/><math>\alpha = \operatorname{artg} 4 = 76^\circ</math></p>   | <p><b>Баллы</b></p> <p><b>1</b></p> <p><b>1</b></p> <p><b>1</b></p> <p><b>2</b></p> <p><b>1</b></p> <p><b>2</b></p> <p><b>1</b></p> |

**Задача 2.**

Из бесконечности, вдоль одной прямой, навстречу друг другу со скоростями  $v_0$  и  $3v_0$  ( $v_0 = 1000$  км/с) движутся два электрона. На какое наименьшее расстояние  $L$  они могут сблизиться, без учета гравитационного взаимодействия? Заряд электрона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл; масса электрона  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг; электрическая постоянная  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Кл<sup>2</sup>/(Н\*м<sup>2</sup>)

**(10 баллов)**

| Возможное решение   |
|---|
| <p>При минимальном расстоянии между электронами скорость их движения будет одинаковой и равной <math>u</math>. По условию задачи электроны движутся из бесконечности, вдоль одной прямой, навстречу друг другу. <math>\Rightarrow</math> Из закона сохранения импульса <math>3m\vartheta_0 - m\vartheta_0 = 2mu</math> получим <math>u = \vartheta_0</math>. Из закона сохранения энергии <math>\frac{m\vartheta_0^2}{2} + \frac{9m\vartheta_0^2}{2} = \frac{2mu^2}{2} + \frac{ke^2}{L}</math> (<math>k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}</math>) получим <math>L = \frac{2ke^2}{8m\vartheta_0^2} \Rightarrow L = \frac{e^2}{16\pi\epsilon_0 m\vartheta_0^2}</math>. Таким образом, наименьшее расстояние, на которое могут сблизиться два электрона равно 6,3 нм.</p> |

| Критерии оценивания выполнения задания  | Баллы    |
|---|----------|
| <p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:<br/> <i>описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин, сделан пояснительный рисунок;</i></p>   | <b>1</b> |
| <p>представлено полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений и законов (закон сохранения импульса, закон сохранения энергии):<br/> <i>при минимальном расстоянии между электронами их скорость будет одинаковой и равной <math>u</math></i></p> | <b>1</b> |
| <p>закон сохранения импульса <math>3m\vartheta_0 - m\vartheta_0 = 2mu</math>;</p>   | <b>2</b> |
| <p>закон сохранения энергии <math>\frac{m\vartheta_0^2}{2} + \frac{9m\vartheta_0^2}{2} = \frac{2mu^2}{2} + \frac{ke^2}{L}</math></p>  | <b>2</b> |
| <p>Проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу:</p> $L = \frac{e^2}{16\pi\epsilon_0 m\vartheta_0^2}$   | <b>2</b> |
| <p><i>Представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины <math>L = 6,3</math> нм</i></p>  | <b>2</b> |

### Задача 3.

Во время сжатия идеального газа его давление и объем изменяются по закону  $P/V = \text{const}$ . Температура газа уменьшилась при этом в 4 раза. Каково было начальное давление газа, если его конечное давление  $10^5$  Па? В ходе процесса количество газа не меняется.

**(10 баллов)**

**Ответ:**  $P_1 = P_2 \cdot (T_1/T_2)^{0,5} = 2 \cdot 10^5$  Па.

**Решение:**

Если число молей газа фиксировано, то независимых параметров, определяющих состояние идеального газа, будет два. По условию известно, как изменилась в ходе сжатия температура газа, а найти нужно, зная конечное давление, давление начальное. Следовательно, уравнение процесса необходимо записать в переменных  $P$  и  $T$ .

Из уравнения состояния идеального газа  $V \sim T/P$ . Учитывая это в приведенном в условии уравнении процесса, получим уравнение процесса в переменных  $P$  и  $T$ :  $P^2/T = \text{const}$ .

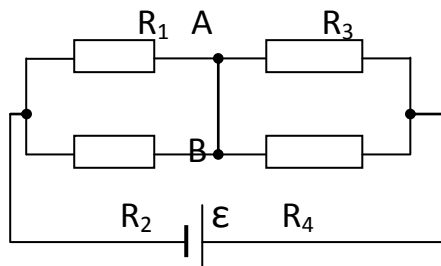
Для параметров исходного и конечного состояний получим:

$$(P_1)^2/T_1 = (P_2)^2/T_2, \text{ откуда } P_1 = P_2 (T_1/T_2)^{0,5} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

#### Задача 4.

Какой ток, и в каком направлении течет через перемычку АВ в изображенной схеме? Величины сопротивлений таковы:  $R_1 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = R_4 = 4 \text{ Ом}$ . ЭДС источника  $12 \text{ В}$ , внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало. Сопротивление перемычки считать равным нулю.

(10 баллов)



**Ответ:**  $0,5 \text{ А}$  в направлении от В к А.

**Решение:**

Точки А и В можно объединить (это не меняет свойств цепи), после чего легко найти сопротивление цепи:  $R = R_1 R_2 / (R_1 + R_2) + R_3 R_4 / (R_3 + R_4) = 4 \text{ Ом}$ .

Полный ток  $I = \varepsilon / R = 3 \text{ А}$ . Остается найти токи в каждом сопротивлении:  $I_1 = 2 \text{ А}$ ,  $I_2 = 1 \text{ А}$ ,  $I_3 = I_4 = 1,5 \text{ А}$ . Следовательно, по перемычке течет ток в  $0,5 \text{ А}$ , причем, в направлении от В к А.