

### Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

**C1** Широкую стеклянную трубку длиной около полуметра, запаянную с одного конца, целиком заполняют водой и устанавливают вертикально открытым концом вниз, погрузив низ трубки на несколько сантиметров в тазик с водой. При комнатной температуре трубка остается целиком заполненной водой. Воду в тазике медленно нагревают. Где установится уровень воды в трубке, когда вода в тазике начнет закипать? Ответ поясните, используя физические закономерности.

#### Образец возможного решения

1. При комнатной температуре вода занимает весь объем трубки и не выливается из нее, потому что давление насыщенного водяного пара при комнатной температуре очень невелико (менее 3% от нормального атмосферного давления) и над водой возникнет «торричеллиева пустота», заполненная насыщенным водяным паром, только если высота водяного столба будет примерно 10 метров.

2. С ростом температуры воды давление ее насыщенного пара растет, пока при температуре кипения не сравняется с внешним атмосферным давлением.

3. Поэтому, когда температура воды в трубке приблизится к температуре кипения, над водой в трубке появится «торричеллиева пустота», заполненная насыщенным водяным паром. С дальнейшим повышением температуры уровень воды в трубке будет понижаться. При температуре кипения достигается равенство давления насыщенного водяного пара в трубке и атмосферного давления, поэтому уровень воды в трубке и в тазике одинаков.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>при температуре кипения уровень воды в трубке и в тазике одинаков., п.3</i> ), и полное верное объяснение (в данном случае – <i>п.1–3</i> ) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>появление «торричеллиевой пустоты», зависимость давления насыщенного водяного пара от температуры, условие кипения</i> ).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется <u>один</u> из следующих недостатков: — В объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы. ИЛИ — Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты. ИЛИ — Указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:

— Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ.

ИЛИ

— Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан.

ИЛИ

— Представлен только правильный ответ без обоснований.

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.

1

0

**C2**

Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены противоположно и равны  $v_{пл} = 15$  м/с и  $v_{бр} = 5$  м/с. Масса бруска в 4 раза больше массы пластилина. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом  $\mu = 0,17$ . На какое расстояние переместятся слипшиеся брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится на 30%?

**Образец возможного решения (рисунок не обязателен)**

Пусть  $m$  – масса куска пластилина,  $M$  – масса бруска,  $u_0$  – начальная скорость бруска с пластилином после взаимодействия.

Согласно закону сохранения импульса:  $Mv_{бр} - mv_{пл} = (M + m)u_0$ .

Так как  $M = 4m$  и  $v_{бр} = \frac{1}{3} v_{пл}$ , то  $4m \frac{1}{3} v_{пл} - mv_{пл} = 5mu_0 \Rightarrow$

$$4mv_{пл} - 3mv_{пл} = 15mu_0 \Rightarrow u_0 = \frac{1}{15} v_{пл}.$$

По условию конечная скорость бруска с пластилином  $u = 0,7 u_0$ .

Изменение механической энергии бруска с пластилином равно работе силы трения, откуда:

$$\frac{(M + m)u_0^2}{2} = \frac{(M + m)u^2}{2} + \mu(M + m)gS \Rightarrow$$

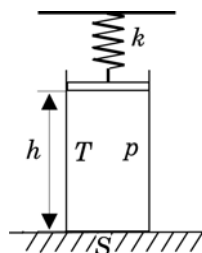
$$\Rightarrow \frac{5m \left(\frac{1}{15}v_{пл}\right)^2}{2} = \frac{5m \left(0,7 \cdot \frac{1}{15}v_{пл}\right)^2}{2} + 5m\mu gS \Rightarrow \frac{1}{2 \cdot 15^2} \cdot v_{пл}^2 - \frac{0,49}{2 \cdot 15^2} \cdot v_{пл}^2 = \mu gS \Rightarrow S = \frac{0,255}{225} \cdot \frac{v_{пл}^2}{\mu g} = 0,15 \text{ (м)}.$$

Ответ:  $S = 0,15$  м.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – закон сохранения импульса, связь изменения механической энергии с работой силы трения);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <p>— В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>— Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— В решении отсутствует <u>ОДНА</u> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— В <u>ОДНОЙ</u> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждений, лежащих в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

**С3**

Газ с температурой  $T = 300 \text{ К}$  и давлением  $p = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$  находится в цилиндрическом сосуде с сечением  $S = 0,1 \text{ м}^2$  под невесомым поршнем, который удерживается пружиной с жесткостью  $k = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Н/м}$  на высоте  $h = 2 \text{ м}$  над дном сосуда (см. рис.). Температуру газа увеличили на  $\Delta T = 15 \text{ К}$ . Чему равно при этом смещение поршня  $\Delta h$ ?



**Образец возможного решения**

Использование уравнения Клапейрона-Менделеева для начального и конечного состояний газа:

$$pSh = \nu RT, \quad (p + \Delta p)S(h + \Delta h) = \nu R(T + \Delta T).$$

Использование закона Гука для определения силы, действующей на поршень:  $F = -k\Delta x$ , где  $\Delta x$  – смещение поршня из положения, в котором пружина не деформирована.

Определение условия равновесия поршня: приращение силы давления газа равно приращению силы упругости:  $\Delta pS = k\Delta h$ .

Переход к одному уравнению для искомой величины  $\Delta h$ :

$$\left(1 + \frac{k}{Sp}\Delta h\right)\left(1 + \frac{\Delta h}{h}\right) = 1 + \frac{\Delta T}{T}.$$

Использование малости отношения  $\frac{\Delta h}{h}$  для получения приближенного

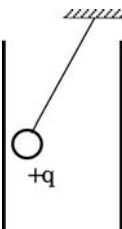
$$\text{уравнения } \Delta h\left(\frac{k}{Sp} + \frac{1}{h}\right) \approx \frac{\Delta T}{T}.$$

$$\Delta h \approx 4 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 4 \text{ см}.$$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – уравнение Клапейрона-Менделеева, закон Гука, условие равновесия поршня);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <p>— В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <p>— Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

**C4**

Маленький шарик с зарядом  $q = 4 \cdot 10^{-7}$  Кл и массой 3 г, подвешенный на невесомой нити с коэффициентом упругости 100 Н/м, находится между вертикальными пластинами плоского воздушного конденсатора. Расстояние между обкладками конденсатора 5 см. Какова разность потенциалов между обкладками конденсатора, если удлинение нити 0,5 мм?



**Образец возможного решения (рисунок не обязателен)**

Условия равновесия: 
$$\begin{cases} k\Delta l \cdot \sin \alpha = qE, \\ k\Delta l \cdot \cos \alpha = mg. \end{cases}$$

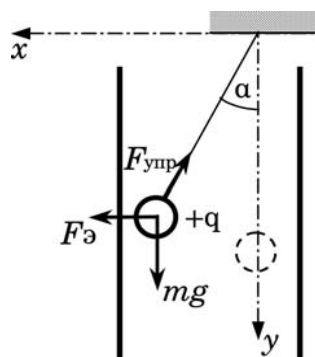
Возведем оба равенства в квадрат и сложим их:

$$(k\Delta l)^2 = (mg)^2 + (qE)^2, \text{ откуда}$$

$$E = \frac{\sqrt{(k\Delta l)^2 - (mg)^2}}{q}.$$

Напряженность электрического поля в конденсаторе:  $E = \frac{U}{d}.$

Таким образом,  $U = \frac{d \cdot \sqrt{(k\Delta l)^2 - (mg)^2}}{q} = 5000 \text{ В}.$



**Критерии оценки выполнения задания**

**Баллы**

Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:  
 — верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — формулы для силы упругости, напряженности электрического поля в конденсаторе и второго закона Ньютона);  
 — проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

3

Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:

— В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.

ИЛИ

— Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.

ИЛИ

— Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.

ИЛИ

— Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.

2

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:

— Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.

ИЛИ

— В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

ИЛИ

— В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

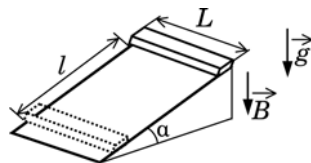
1

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.

0

**С5**

Тонкий алюминиевый брусок прямоугольного сечения, имеющий длину  $L = 0,5$  м, соскальзывает из состояния покоя по гладкой наклонной плоскости из диэлектрика в вертикальном магнитном поле индукцией  $B = 0,1$  Тл (см. рисунок). Плоскость наклонена к горизонту под углом  $\alpha = 30^\circ$ . Продольная ось бруска при движении сохраняет горизонтальное направление. Найдите величину ЭДС индукции на концах бруска в момент, когда брусок пройдет по наклонной плоскости расстояние  $l = 1,6$  м.



**Образец возможного решения**

Пользуемся общей формулой для ЭДС индукции в движущемся проводнике:

$$|\varepsilon| = vBL\sin(90^\circ - \alpha) = vBL\cos \alpha, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – угол между направлением вектора индукции и нормалью к поверхности наклонной плоскости.

Скорость проводника в конечном положении находится из закона сохранения энергии  $mv^2/2 = mgh = mgl \sin \alpha$ , откуда

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gl\sin \alpha}. \quad (2)$$

Из (1) и (2) находим  $|\varepsilon| = BL\cos \alpha \sqrt{2gl\sin \alpha} \approx 0,17$  В.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:                      — верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — формула для ЭДС индукции в проводнике, движущемся в магнитном поле, закон сохранения энергии);                      — проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:                      — В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.                      ИЛИ                      — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.                      ИЛИ                      — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.                      ИЛИ                      — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:                      — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.                      ИЛИ                      — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.                      ИЛИ                      — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

**С6**

В вакууме находятся две покрытые кальцием пластинки, к которым подключен конденсатор емкостью  $C = 8000$  пФ. При длительном освещении одной из пластинок светом фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд  $q = 11 \cdot 10^{-9}$  Кл. Работа выхода электронов из кальция  $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите длину волны  $\lambda$  света, освещающего пластинку.

**Образец возможного решения**

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:  $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}; \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}$ .

Фототок прекращается, когда максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона равна потенциальной энергии электрона в электростатическом поле:  $\frac{mv^2}{2} = eU$ . Следовательно,  $\lambda = \frac{hc}{A + eU}$ .

Поскольку  $q = CU$ , то  $\lambda = \frac{hc}{A + eq/C} = 300$  нм.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — уравнение фотоэффекта, условие прекращения вылета фотоэлектронов, связь заряда конденсатора с его емкостью и напряжением на пластине);</li> <li>2. проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</li> </ol>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</li> </ul> <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</li> </ul> <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.</li> </ul> <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</li> </ul>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</li> </ul> <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</li> </ul> <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</li> </ul>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0