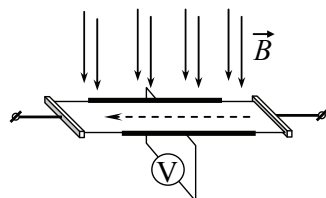


**Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом**

**C1**

Поместим медную пластину в однородное магнитное поле, как показано на рисунке. Если вдоль пластины течёт электрический ток (пунктирная стрелка), то между боковыми её гранями возникает напряжение, которое можно обнаружить и измерить вольтметром. Объясните возникновение этого напряжения, указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано.



**Образец возможного решения**

- 1) Разность потенциалов возникает вследствие действия магнитного поля на движущиеся электроны (образующие электрический ток в металле), «прижимающего» эти электроны к ближней к нам грани пластины.
- 2) В металле электрический ток обусловлен направленным движением свободных электронов, причем направление их скорости противоположно направлению тока. В магнитном поле на них действует сила Лоренца, направленная перпендикулярно скорости электронов и вектору магнитной индукции. Согласно правилу левой руки, эта сила направлена к ближней грани пластины. Она смещает облако движущихся свободных электронов к этой грани. Поэтому около этой грани преобладает отрицательный заряд, а около дальней грани – положительный заряд из-за «оттока» электронов. Между боковыми гранями возникает электрическое поле и, соответственно, напряжение, которое и обнаруживает вольтметр.

**Критерии оценки выполнения задания**

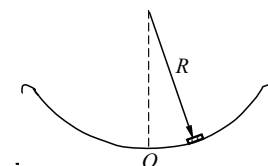
**Баллы**

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>указание причины возникновения напряжения между гранями пластины, п.1</i> ) и полное верное объяснение (в данном случае – <i>п.2</i> ) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>указание носителей зарядов в металле, действие на них силы Лоренца и определение направления этой силы</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. <b>ИЛИ</b> — Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержатся логические недочеты. <b>ИЛИ</b> — Указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2

Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: — Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ. <b>ИЛИ</b> — Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан. <b>ИЛИ</b> — Представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

**C2**

На планете Плюк местный школьник решил определить ускорение свободного падения  $g$ . Он взял чашу с очень скользким сферическим дном радиусом  $R = 0,5$  м и положил неподалеку от нижней точки  $O$  дна маленькую монету (см. рисунок). Монета стала совершать колебания около точки  $O$  с частотой  $0,5$  Гц. Какое значение  $g$  школьник должен получить, если правильно провёл измерения?



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

С точки зрения механики движение монеты в чаше аналогично движению груза математического маятника при его колебаниях: траектория движения обоих тел — дуга окружности, и оба они движутся под действием силы тяжести и силы, перпендикулярной траектории в каждой ее точке. Различие лишь в том, что у математического маятника радиус траектории равен длине  $L$  нити и сила, перпендикулярная траектории, является силой упругости нити, а в опыте школьника радиус траектории монеты определяется радиусом  $R$  внутренней поверхности чаши, а вместо силы упругости нити выступает сила упругости чаши. Следовательно, можно воспользоваться формулой частоты гармонических колебаний математического маятника, заменив в ней  $L$  на  $R$ :  $\omega = \sqrt{\frac{g}{R}}$ . Поскольку  $\omega = 2\pi\nu$ , а по условию задачи  $\nu = 0,5$  Гц, то  $\omega = \pi$  с<sup>-1</sup>. Следовательно,  $g = \omega^2 R \approx 10 \cdot 0,5 \approx 5$  (м/с<sup>2</sup>).  
Ответ:  $g \approx 5$  м/с<sup>2</sup>.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>формула для расчета частоты (или периода) свободных колебаний математического маятника, обоснование её применения</i>);</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 имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <p>— В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.</p> <p style="text-align: center;">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, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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

**С3**

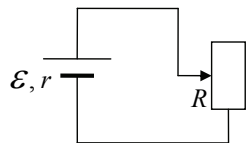
В вертикальном цилиндрическом сосуде с площадью поперечного сечения  $S = 5 \text{ см}^2$ , ограниченном сверху подвижным поршнем массой  $M = 1 \text{ кг}$ , находится воздух при комнатной температуре. Первоначально поршень находился на высоте  $h_1 = 13 \text{ см}$  от дна сосуда. На какую высоту опустится поршень, если на него положить груз массой  $m = 0,5 \text{ кг}$ ? (Воздух считать идеальным газом, а его температуру – неизменной. Атмосферное давление принять равным  $10^5 \text{ Па}$ .)

Образец возможного решения	
<p>В соответствии с условием равновесия поршня</p> $p_a + Mg/S = p_1, \quad (1)$ $p_a + (M + m)g/S = p_2, \quad (2)$ <p>где <math>p_a</math> – атмосферное давление воздуха, <math>p_1</math> и <math>p_2</math> – соответственно, давление воздуха в сосуде до и после добавления груза массы <math>m</math>.</p> <p>Согласно закону Бойля–Мариотта</p> $p_1 h_1 = p_2 h_2. \quad (3)$ <p>Решая систему уравнений (1)–(3), получим:</p> $h_2 = \frac{p_a + \frac{Mg}{S}}{p_a + \frac{M + m}{S}g} h_1. \text{ Ответ: поршень опустится на } h_1 - h_2 = 1 \text{ см.}$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>условие равновесия, закон Бойля–Мариотта</i>);</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 имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <p>— В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.</p> <p style="text-align: center;">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, <u>применение которых необходимо</u> 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**

Реостат подключён к источнику тока с внутренним сопротивлением  $r = 4$  Ом. Когда сопротивление реостата принимает значения  $R_1$  и  $R_2 = kR_1$ , на реостате выделяется одна и та же тепловая мощность. Чему равно  $R_1$ , если  $k = 4$ ?

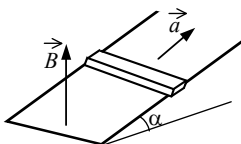


Образец возможного решения	
<p>1. Пусть <math>\mathcal{E}</math> – ЭДС источника, <math>R</math> – сопротивление реостата. Тогда по закону Ома для полной цепи сила тока в цепи равна</p> $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r},$ <p>а тепловая мощность, выделяемая на реостате, равна</p> $P = I^2 R = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R + r)^2}.$	
<p>2. По условию задачи, <math>P_1 = P_2</math>, <math>R_2 = kR_1</math>. Отсюда следует система уравнений для <math>R_1</math> и <math>R_2</math>:</p> $\begin{cases} \frac{R_1}{(R_1 + r)^2} = \frac{R_2}{(R_2 + r)^2}, \\ R_2 = kR_1. \end{cases}$	
<p>3. После подстановки выражения для <math>R_2</math> из второго уравнения в первое и выполнения в первом уравнении алгебраических преобразований приходим к уравнению</p> $R_1^2 k = r^2.$	

<p>Положительный корень этого уравнения: <math>R_1 = \frac{r}{\sqrt{k}} = 2</math> Ом.</p> <p>Ответ: <math>R_1 = 2</math> Ом.</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – закон Ома для полной цепи и формула для мощности постоянного тока);</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 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, <u>применение которых необходимо</u> 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

**C5**

Горизонтальный проводящий стержень прямоугольного сечения поступательно движется с ускорением вверх по гладкой наклонной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле (см. рисунок). По стержню протекает ток  $I = 4$  А. Угол наклона плоскости  $\alpha = 30^\circ$ . Модуль индукции магнитного поля  $B = 0,2$  Тл. Ускорение стержня  $a = 1,9$  м/с<sup>2</sup>. Каково отношение массы стержня к его длине  $\frac{m}{L}$ ?



Образец возможного решения

1) На рисунке показаны силы, действующие на стержень с током:

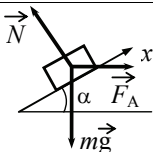
- сила тяжести  $mg$ , направленная вертикально вниз;
- сила реакции опоры  $\vec{N}$ , направленная перпендикулярно к наклонной плоскости;
- сила Ампера  $\vec{F}_A$ , направленная горизонтально вправо, что вытекает из условия задачи.

2) Модуль силы Ампера  $F_A = IBL$ , (1)  
где  $L$  – длина стержня.

3) Систему отсчета, связанную с наклонной плоскостью, считаем инерциальной.  
Для решения задачи достаточно записать второй закон Ньютона в проекциях на ось  $x$  (см. рисунок):  $ma_x = -mgsin\alpha + IBLcos\alpha$ , (2)  
где  $m$  – масса стержня.

Отсюда находим  $\frac{m}{L} = \frac{IBcos\alpha}{a_x + gsin\alpha}$ . (3)

Ответ:  $\frac{m}{L} \approx 0,1$  кг/м.



Критерии оценки выполнения задания

Баллы

Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:	3
1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>выражение для силы Ампера и второй закон Ньютона</i> );	
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).	

Представленное решение содержит п.1 полного решения, но имеет <u>один</u> из следующих недостатков: — В <u>необходимых</u> 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 <u>одному</u> из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ — 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. ИЛИ — В <u>ОДНОЙ</u> 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

**C6**

В двух опытах по фотоэффекту металлическая пластинка облучалась светом с длинами волн, соответственно,  $\lambda_1 = 350$  нм и  $\lambda_2 = 540$  нм. В этих опытах максимальные скорости фотоэлектронов отличались в  $\frac{v_1}{v_2} = 2$  раза. Какова работа выхода фотоэлектронов с поверхности металла?

Образец возможного решения	
Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта в первом опыте	
$h\nu_1 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{1\text{max}}^2}{2} \quad (1)$	
Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта во втором опыте	
$h\nu_2 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{2\text{max}}^2}{2} \quad (2)$	
Связь длины волны света с частотой в первом опыте	
$\lambda_1 = \frac{c}{\nu_1} \quad (3)$	
Связь длины волны света с частотой во втором опыте	
$\lambda_2 = \frac{c}{\nu_2} \quad (4)$	
Отношение максимальных скоростей фотоэлектронов	
$n = \frac{v_{1\text{max}}}{v_{2\text{max}}} \quad (5)$	
Решая систему уравнений (1)–(5), получаем: $A_{\text{вых}} = \frac{hc(n^2 - \frac{\lambda_2}{\lambda_1})}{\lambda_2(n^2 - 1)}$	
Ответ: $A_{\text{вых}} \approx 3,0 \cdot 10^{-19}$ Дж $\approx 1,9$ эВ.	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и формула, связывающая длину электромагнитной волны с частотой</i> ); 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).	3

Представленное решение содержит п.1 полного решения, но имеет <u>один</u> из следующих недостатков: — В <u>необходимых</u> 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 <u>одному</u> из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> 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