

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
Руководитель Федеральной  
службы по надзору в сфере  
образования и науки



**«СОГЛАСОВАНО»**  
Председатель Научно-  
методического совета ФИПИ  
по физике

  
Г.Г. Спирин  
«30» октября 2006 г.

## **Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ**

**Демонстрационный вариант КИМ 2007 г.**

**подготовлен Федеральным государственным научным учреждением**  
**«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»**

**Директор ФИПИ**



**А.Г. Ершов**

## **Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ**

### **Пояснения к демонстрационному варианту**

При ознакомлении с Демонстрационным вариантом 2007 года следует иметь в виду, что задания, включенные в демонстрационный вариант, не отражают всех вопросов содержания, которые будут проверяться с помощью вариантов КИМ в 2007 году. Полный перечень вопросов, которые могут контролироваться на едином государственном экзамене 2007 года, приведен в кодификаторе, помещенном на сайтах [www.ege.edu.ru](http://www.ege.edu.ru) и [www.fipi.ru](http://www.fipi.ru).

Назначение демонстрационного варианта заключается в том, чтобы дать возможность любому участнику ЕГЭ и широкой общественности составить представление о структуре будущих КИМ, числе, форме, уровне сложности заданий: базовом, повышенном и высоком. Приведенные критерии оценки выполнения заданий с развернутым ответом (тип «С»), включенные в этот вариант, позволяют составить представление о требованиях к полноте и правильности записи развернутого ответа.

Эти сведения позволяют выпускникам выработать стратегию подготовки и сдачи ЕГЭ в соответствии с целями, которые они ставят перед собой.

## **Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ**

### **Демонстрационный вариант 2007 г.**

#### **Инструкция по выполнению работы**

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 40 заданий.

Часть 1 содержит 30 заданий (А1 – А30). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (В1 – В4), на которые следует дать краткий ответ в виде числа.

Часть 3 состоит из 6 заданий (С1 – С6), на которые требуется дать развернутый ответ. Необходимо записать законы физики, из которых выводятся требуемые для решения задачи соотношения.

При выполнении заданий части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочтите каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

**Желаем успеха!**

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

#### **Десятичные приставки**

<b>Наимено- вание</b>	<b>Обозначе- ние</b>	<b>Множи- тель</b>	<b>Наимено- вание</b>	<b>Обозначе- ние</b>	<b>Множи- тель</b>
гига	Г	$10^9$	санти	с	$10^{-2}$
mega	М	$10^6$	милли	м	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микро	мк	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нано	н	$10^{-9}$
деци	д	$10^{-1}$	пико	п	$10^{-12}$

**Константы**

число $\pi$	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{кг}^2$
газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{Кл}^2$
элементарный заряд	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$

**Соотношение между различными единицами**

температура	$0 \text{ К} = -273,15^\circ\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

**Масса частиц**

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

**Плотность**

воды	$1000 \text{ кг}/\text{м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг}/\text{м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг}/\text{м}^3$	меди	$8900 \text{ кг}/\text{м}^3$
парафина	$900 \text{ кг}/\text{м}^3$	ртути	$13600 \text{ кг}/\text{м}^3$

**Удельная**

теплоемкость воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
теплоемкость алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
теплоемкость железа	$640 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
теплоемкость меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
теплоемкость свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
теплота парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж}/\text{кг}$
теплота плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж}/\text{кг}$
теплота плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{кг}$

**Нормальные условия** давление  $10^5 \text{ Па}$ , температура  $0^\circ\text{C}$ **Молярная масса**

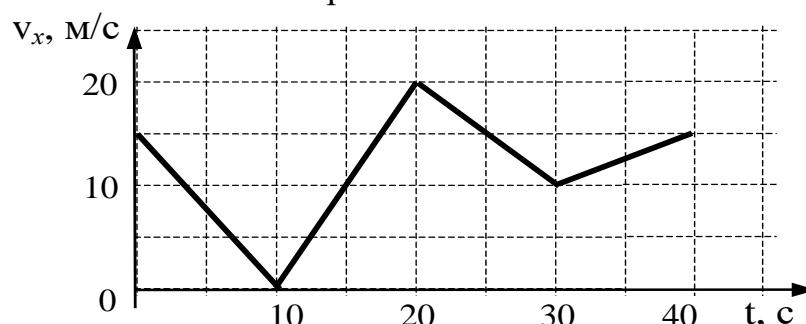
азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$

**Часть 1**

**При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1 – A30) поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.**

**A1**

Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени.



Модуль ускорения максимален в интервале времени

- 1) от 0 с до 10 с
- 2) от 10 с до 20 с
- 3) от 20 с до 30 с
- 4) от 30 с до 40 с

**A2**

Две материальные точки движутся по окружностям радиусами  $R_1$  и  $R_2$ , причем  $R_2 = 2R_1$ . При условии равенства линейных скоростей точек их центростремительные ускорения связаны соотношением

- 1)  $a_1 = 2a_2$
- 2)  $a_1 = a_2$
- 3)  $a_1 = \frac{1}{2}a_2$
- 4)  $a_1 = 4a_2$

**A3**

Парашютист спускается вертикально с постоянной скоростью 2 м/с. Систему отсчета, связанную с Землей, считать инерциальной. В этом случае

- 1) вес парашютиста равен нулю
- 2) сила тяжести, действующая на парашютиста, равна нулю
- 3) сумма всех сил, приложенных к парашютисту, равна нулю
- 4) сумма всех сил, действующих на парашютиста, постоянна и не равна нулю

**A4**

Для измерения жесткости пружины ученик собрал установку (см. рис.1), и подвесил к пружине груз массой 0,1 кг (см. рис.2). Какова жесткость пружины?

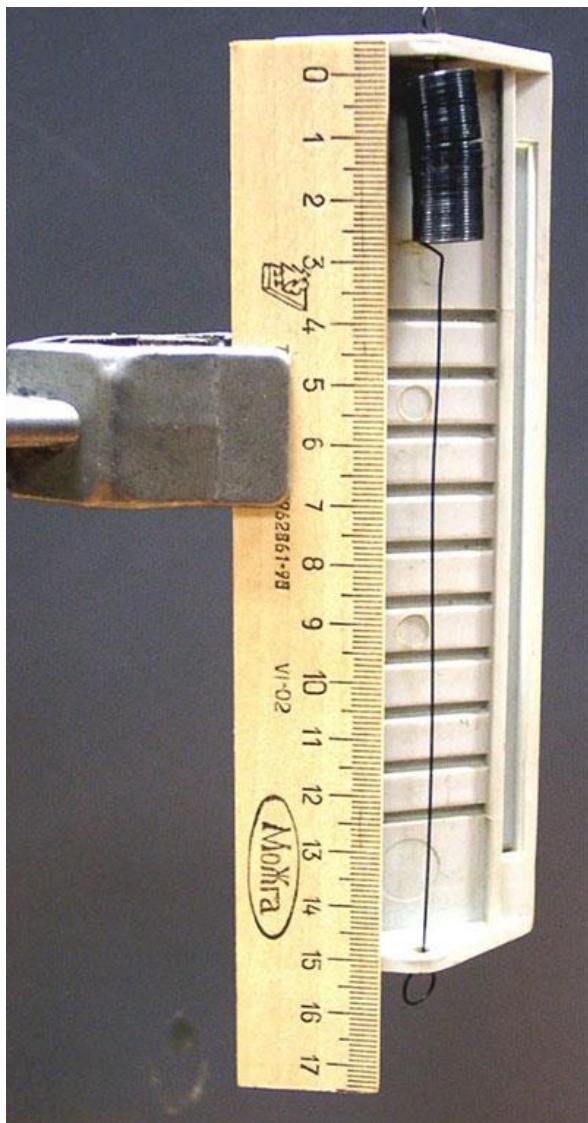


Рис.1

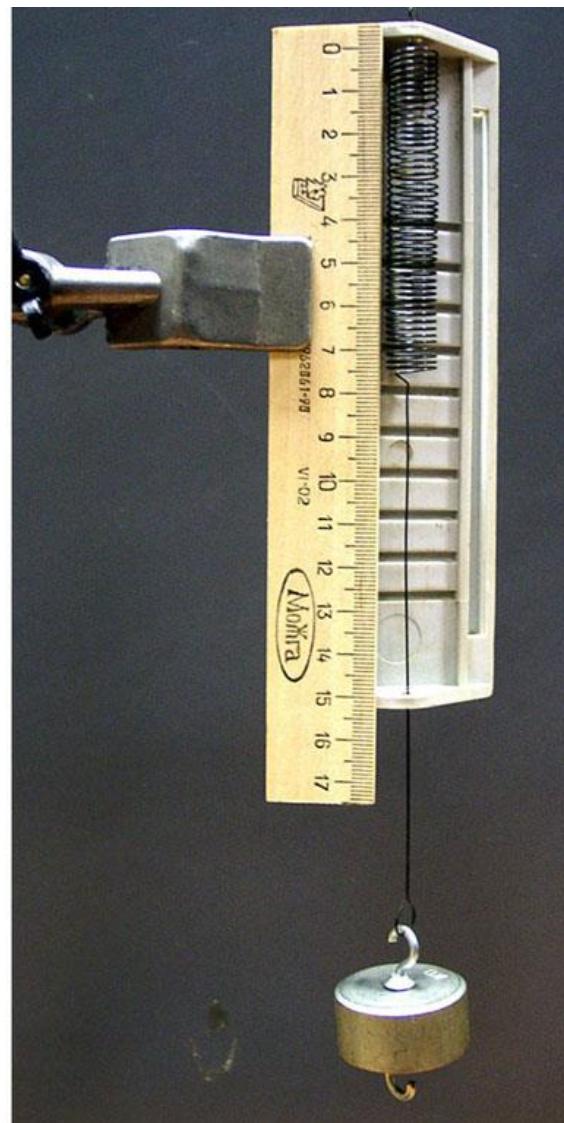
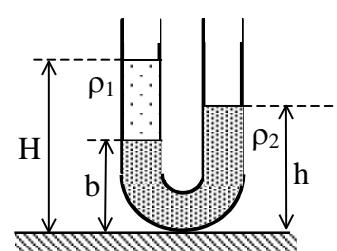


Рис. 2

- 1) 40 Н/м      2) 20 Н/м      3) 13 Н/м      4) 0,05 Н/м

**A5**

В широкую U-образную трубку с вертикальными прямыми коленами налиты неизвестная жидкость плотностью  $\rho_1$  и вода плотностью  $\rho_2 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  (см. рисунок). На рисунке  $b = 10 \text{ см}$ ,  $h = 24 \text{ см}$ ,  $H = 30 \text{ см}$ . Плотность жидкости  $\rho_1$  равна



- 1)  $0,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$       2)  $0,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$       3)  $0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$       4)  $0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$

**A6**

Два автомобиля одинаковой массы  $m$  движутся со скоростями  $v$  и  $2v$  относительно Земли по одной прямой в противоположных направлениях. Чему равен модуль импульса второго автомобиля в системе отсчета, связанной с первым автомобилем?

1)  $3mv$ 2)  $2mv$ 3)  $mv$ 

4) 0

**A7**

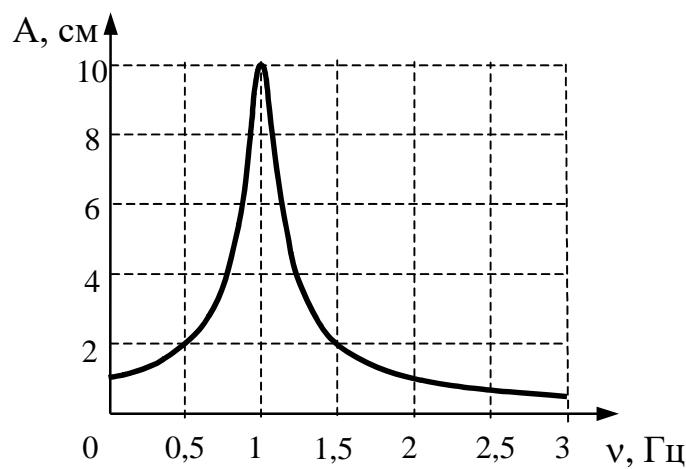
На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Отношение амплитуды установившихся колебаний маятника на резонансной частоте к амплитуде колебаний на частоте 0,5 Гц равно

1) 10

2) 2

3) 5

4) 4

**A8**

Брускок массой 0,5 кг прижат к вертикальной стене силой 10 Н, направленной горизонтально. Коэффициент трения скольжения между бруском и стеной равен 0,4. Какую минимальную силу надо приложить к бруски по вертикали, чтобы равномерно поднимать его вертикально вверх?

1) 9 Н

2) 7 Н

3) 5 Н

4) 4 Н

**A9**

Скорость брошенного мяча непосредственно перед ударом о стену была вдвое больше его скорости сразу после удара. При ударе выделилось количество теплоты, равное 15 Дж. Найдите кинетическую энергию мяча перед ударом.

1) 5 Дж

2) 15 Дж

3) 20 Дж

4) 30 Дж

**A10**

3 моль водорода находятся в сосуде при температуре  $T$ . Какова температура 3 моль кислорода в сосуде того же объема и при том же давлении? (Водород и кислород считать идеальными газами.)

1)  $32T$ 2)  $16T$ 3)  $2T$ 4)  $T$

**A11**

Внутренняя энергия газа в запаянном несжимаемом сосуде определяется главным образом

- 1) движением сосуда с газом
- 2) хаотическим движением молекул газа
- 3) взаимодействием молекул газа с Землей
- 4) действием внешних сил на сосуд с газом

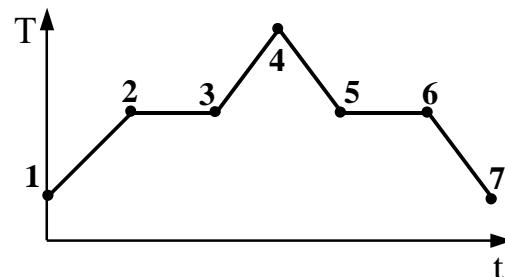
**A12**

При одинаковой температуре  $100^{\circ}\text{C}$  давление насыщенных паров воды равно  $10^5$  Па, аммиака —  $59 \cdot 10^5$  Па и ртути — 37 Па. В каком из вариантов ответа эти вещества расположены в порядке убывания температуры их кипения в открытом сосуде?

- 1) вода → аммиак → ртуть
- 2) аммиак → ртуть → вода
- 3) вода → ртуть → аммиак
- 4) ртуть → вода → аммиак

**A13**

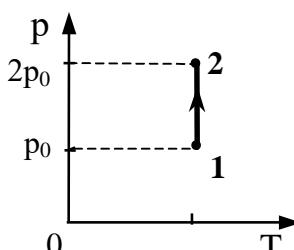
На графике (см. рисунок) представлено изменение температуры  $T$  вещества с течением времени  $t$ . В начальный момент времени вещество находилось в кристаллическом состоянии. Какая из точек соответствует окончанию процесса отвердевания?



- 1) 5
- 2) 6
- 3) 3
- 4) 7

**A14**

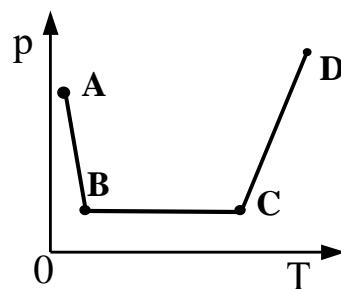
На диаграмме (см. рисунок) показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ отдает 50 кДж теплоты. Работа внешних сил равна



- 1) 0 кДж
- 2) 25 кДж
- 3) 50 кДж
- 4) 100 кДж

**A15**

В сосуде постоянного объема находится идеальный газ, массу которого изменяют. На диаграмме (см. рисунок) показан процесс изменения состояния газа. В какой из точек диаграммы масса газа наибольшая?



- 1) А      2) В      3) С      4) Д

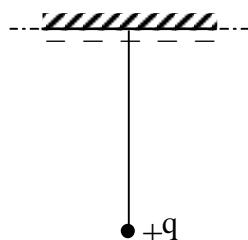
**A16**

Пылинка, имевшая отрицательный заряд  $-10\text{ e}$ , при освещении потеряла четыре электрона. Каким стал заряд пылинки?

- 1) 6 е      2)  $-6\text{ e}$       3) 14 е      4)  $-14\text{ e}$

**A17**

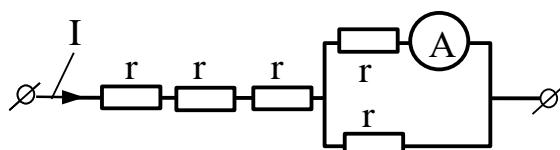
К бесконечной горизонтальной отрицательно заряженной плоскости привязана невесомая нить с шариком, имеющим положительный заряд (см. рисунок). Каково условие равновесия шарика, если  $mg$  — модуль силы тяжести,  $F_e$  — модуль силы электростатического взаимодействия шарика с пластиной,  $T$  — модуль силы натяжения нити?



- 1)  $-mg - T + F_e = 0$   
 2)  $mg + T + F_e = 0$   
 3)  $mg - T + F_e = 0$   
 4)  $mg - T - F_e = 0$

**A18**

Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток  $I = 10\text{ A}$ . Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.



- 1) 2 А      2) 3 А      3) 5 А      4) 10 А

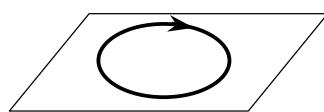
**A19**

В электронагревателе, через который течет постоянный ток, за время  $t$  выделяется количество теплоты  $Q$ . Если сопротивление нагревателя и время  $t$  увеличить вдвое, не изменяя силу тока, то количество выделившейся теплоты будет равно

- 1)  $8Q$       2)  $4Q$       3)  $2Q$       4)  $Q$

**A20**

На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в горизонтальной плоскости. В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен



- 1) вертикально вверх  $\uparrow$
- 2) горизонтально влево  $\leftarrow$
- 3) горизонтально вправо  $\rightarrow$
- 4) вертикально вниз  $\downarrow$

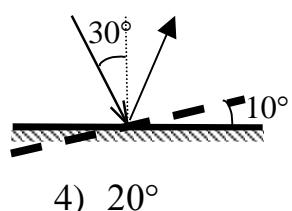
**A21**

Инфракрасное излучение испускают

- 1) электроны при их направленном движении в проводнике
- 2) атомные ядра при их превращениях
- 3) любые заряженные частицы
- 4) любые нагретые тела

**A22**

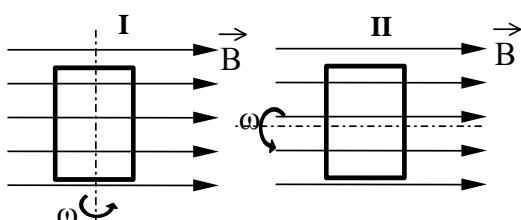
Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен  $30^\circ$ . Каким будет угол между падающим и отраженным лучами, если повернуть зеркало на  $10^\circ$  так, как показано на рисунке?



- 1)  $80^\circ$
- 2)  $60^\circ$
- 3)  $40^\circ$
- 4)  $20^\circ$

**A23**

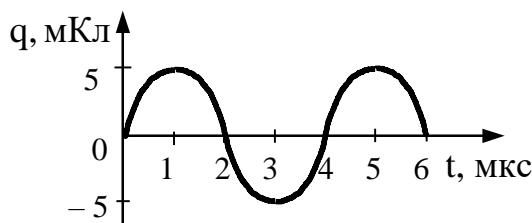
На рисунке показаны два способа вращения рамки в однородном магнитном поле. Ток в рамке



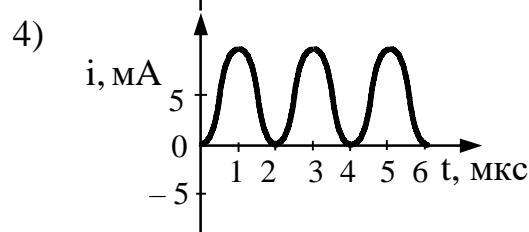
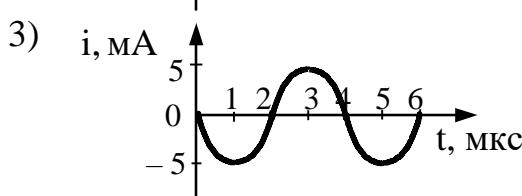
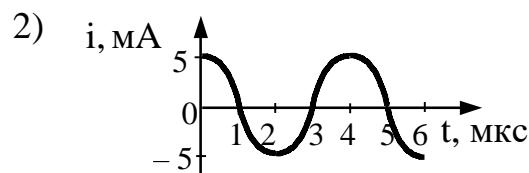
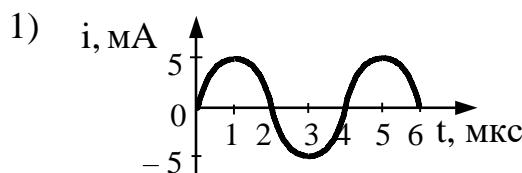
- 1) возникает в обоих случаях
- 2) не возникает ни в одном из случаев
- 3) возникает только в первом случае
- 4) возникает только во втором случае

**A24**

На рисунке справа представлен график изменения заряда конденсатора в колебательном контуре с течением времени.



На каком из графиков правильно показан процесс изменения силы тока с течением времени в этом колебательном контуре?

**A25**

Энергия фотона, поглощаемого атомом при переходе из основного состояния с энергией  $E_0$  в возбужденное состояние с энергией  $E_1$ , равна

- 1)  $E_1 - E_0$       2)  $\frac{E_1 + E_0}{h}$       3)  $\frac{E_1 - E_0}{h}$       4)  $E_1 + E_0$

**A26**

На рисунках А, Б, В приведены спектры излучения паров стронция, неизвестного образца и кальция. Можно утверждать, что в образце

- 1) не содержится ни стронций, ни кальций  
 2) содержит кальций, но нет стронция  
 3) содержатся и стронций, и кальций  
 4) содержит стронций, но нет кальция



**A27**

Какая из строчек таблицы правильно отражает структуру ядра  $^{48}_{20}\text{Ca}$ ?

	$p$ – число протонов	$n$ – число нейтронов
1)	48	68
2)	28	20
3)	20	48
4)	20	28

**A28**

Полоний  $^{214}_{84}\text{Po}$  превращается в висмут  $^{210}_{83}\text{Bi}$  в результате радиоактивных распадов:

- 1) одного  $\alpha$  и одного  $\beta$
- 2) одного  $\alpha$  и двух  $\beta$
- 3) двух  $\alpha$  и одного  $\beta$
- 4) двух  $\alpha$  и двух  $\beta$

**A29**

Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны  $\lambda_{\text{кр}} = 600$  нм. При освещении этого металла светом длиной волны  $\lambda$  максимальная кинетическая энергия выбитых из него фотоэлектронов в 3 раза меньше энергии падающего света. Какова длина волны  $\lambda$  падающего света?

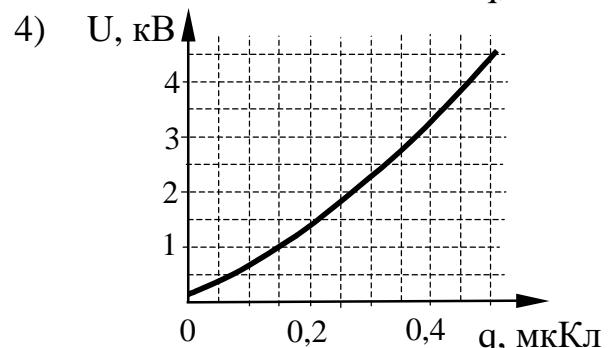
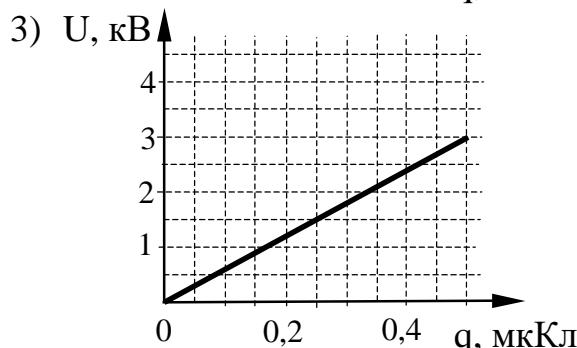
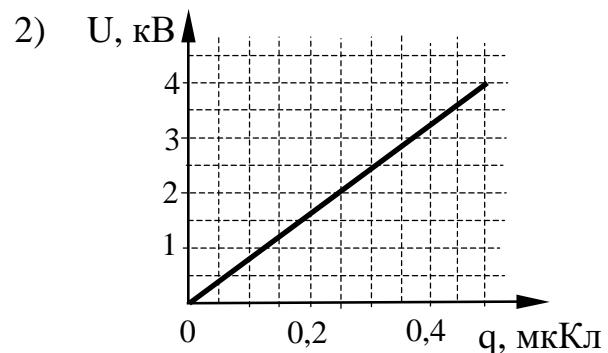
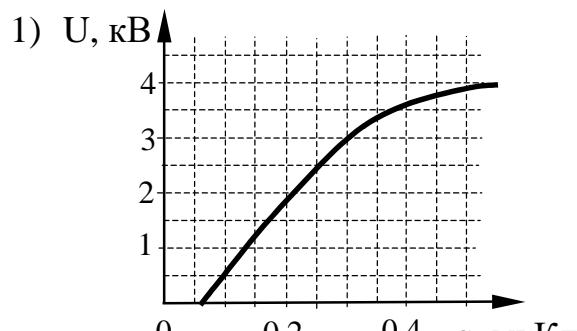
- 1) 133 нм
- 2) 300 нм
- 3) 400 нм
- 4) 1200 нм

**A30**

В лаборатории исследовалась зависимость напряжения на обкладках конденсатора от заряда этого конденсатора. Результаты измерений представлены в таблице.

$q, \text{ мкКл}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$U, \text{ кВ}$	0,5	1,5	3,0	3,5	3,8

Погрешности измерений величин  $q$  и  $U$  равнялись соответственно 0,05 мкКл и 0,25 кВ. Какой из графиков приведен правильно с учетом всех результатов измерения и погрешностей этих измерений?



**Часть 2**

*Ответом к каждому заданию этой части будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера задания (B1 – B4), начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.*

**B1**

Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту, упал обратно на землю в 20 м от места броска. Чему была равна скорость камня через 1 с после броска, если в этот момент она была направлена горизонтально?

**B2**

1 моль инертного газа сжали, совершив работу 600 Дж. В результате сжатия температура газа повысилась на  $40^{\circ}\text{C}$ . Какое количество теплоты отдал газ? Ответ округлите до целых.

**B3**

В электрическом поле, вектор напряженности которого направлен горизонтально и равен по модулю 1000 В/м, нить с подвешенным на ней маленьким заряженным шариком отклонилась на угол  $45^{\circ}$  от вертикали. Масса шарика 1,4 г. Чему равен заряд шарика? Ответ выразите в микрокулонах (мкКл) и округлите до целых.

**B4**

На дифракционную решетку, имеющую период  $2 \cdot 10^{-5}$  м, падает нормально параллельный пучок белого света. Спектр наблюдается на экране на расстоянии 2 м от решетки. Каково расстояние между красным и фиолетовым участками спектра первого порядка (первой цветной полоски на экране), если длины волн красного и фиолетового света соответственно равны  $8 \cdot 10^{-7}$  м и  $4 \cdot 10^{-7}$  м? Считать  $\sin\phi = \tan\phi$ . Ответ выразите в см.

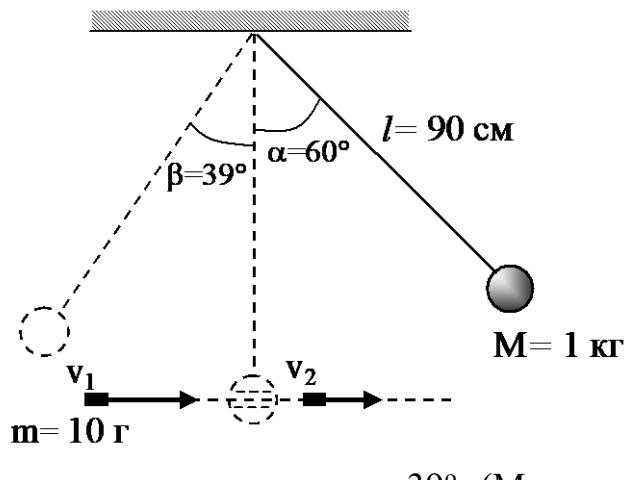
***Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1***

**Часть 3**

**Задания С1 – С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Полное правильное решение каждой задачи должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.**

**C1**

Шар массой 1 кг, подвешенный на нити длиной 90 см, отводят от положения равновесия на угол  $60^\circ$  и отпускают. В момент прохождения шаром положения равновесия в него попадает пуля массой 10 г, летящая навстречу шару. Она пробивает его и продолжает двигаться горизонтально. Определите изменение скорости пули в результате попадания в шар, если он, продолжая движение в прежнем направлении, отклоняется на угол  $39^\circ$ . (Массу шара считать неизменной, диаметр шара – пренебрежимо малым по сравнению с длиной нити,  $\cos 39^\circ = \frac{7}{9}$ .)

**C2**

Воздушный шар с газонепроницаемой оболочкой массой 400 кг заполнен гелием. На высоте, где температура воздуха  $17^\circ\text{C}$  и давление  $10^5$  Па, шар может удерживать груз массой 225 кг. Какова масса гелия в оболочке шара? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.

**C3**

К однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 10 м приложили разность потенциалов 1 В. Определите промежуток времени, в течение которого температура проводника повысится на 10 К. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .)

**C4**

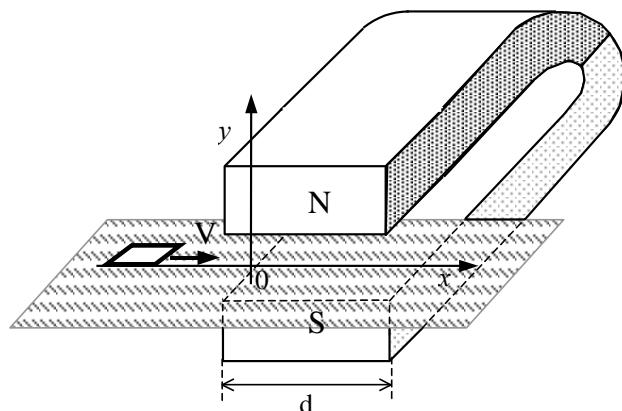
В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, скрытая под водой. Высота сваи 2 м. Свая отбрасывает на дне водоема тень длиной 0,75 м. Определите угол падения солнечных лучей на поверхность воды. Показатель преломления воды  $n = \frac{4}{3}$ .

**C5**

Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж), освещается светом с длиной волны 300 нм. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $8,3 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля. Каков максимальный радиус окружности, по которой движутся электроны?

**C6**

Квадратная рамка со стороной  $b = 5$  см изготовлена из медной проволоки сопротивлением  $R = 0,1$  Ом. Рамку перемещают по гладкой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью  $V$  вдоль оси  $Ox$ . Начальное положение рамки изображено на рисунке. За время движения рамка проходит между полюсами магнита и вновь оказывается в области, где магнитное поле отсутствует. Индукционные токи, возникающие в рамке, оказывают тормозящее действие, поэтому для поддержания постоянной скорости движения к ней прикладывают внешнюю силу  $F$ , направленную вдоль оси  $Ox$ . С какой скоростью движется рамка, если суммарная работа внешней силы за время движения равна  $A = 2,5 \cdot 10^{-3}$  Дж? Ширина полюсов магнита  $d = 20$  см, магнитное поле имеет резкую границу, однородно между полюсами, а его индукция  $B = 1$  Тл.



***Инструкция по проверке и оценке работ учащихся по физике****Часть 1*

<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>	<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>
A1	<b>2</b>	A16	<b>2</b>
A2	<b>1</b>	A17	<b>4</b>
A3	<b>3</b>	A18	<b>3</b>
A4	<b>2</b>	A19	<b>2</b>
A5	<b>2</b>	A20	<b>4</b>
A6	<b>1</b>	A21	<b>4</b>
A7	<b>3</b>	A22	<b>3</b>
A8	<b>1</b>	A23	<b>3</b>
A9	<b>3</b>	A24	<b>2</b>
A10	<b>4</b>	A25	<b>1</b>
A11	<b>2</b>	A26	<b>4</b>
A12	<b>4</b>	A27	<b>4</b>
A13	<b>2</b>	A28	<b>1</b>
A14	<b>3</b>	A29	<b>3</b>
A15	<b>1</b>	A30	<b>2</b>

*Часть 2*

<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>
B1	<b>10</b>
B2	<b>101</b>
B3	<b>14</b>
B4	<b>4</b>

## Часть 3

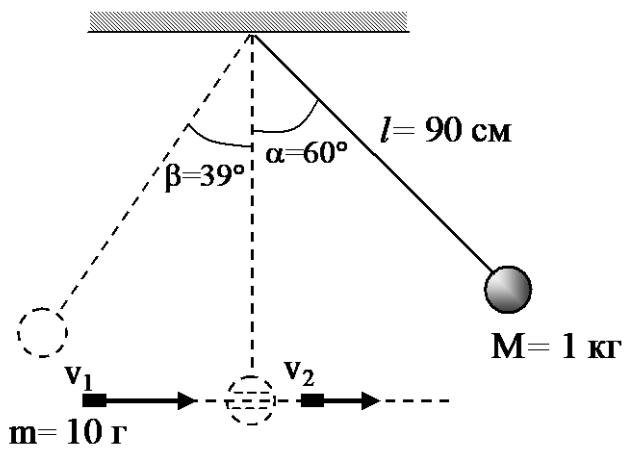
### КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

Решения заданий С1 – С6 части 3 (с развернутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведенных ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

**Внимание!** При выставлении баллов за выполнение задания в «Протокол проверки ответов на задания бланка № 2» следует иметь в виду, что **если ответ отсутствует** (нет никаких записей, свидетельствующих о том, что экзаменуемый приступал к выполнению задания), то в протокол проставляется «Х», а не «0».

**C1**

Шар массой 1 кг, подвешенный на нити длиной 90 см, отводят от положения равновесия на угол  $60^\circ$  и отпускают. В момент прохождения шаром положения равновесия в него попадает пуля массой 10 г, летящая навстречу шару. Она пробивает его и продолжает двигаться горизонтально. Определите изменение скорости пули в результате попадания в шар, если он, продолжая движение в прежнем направлении, отклоняется на угол  $39^\circ$ . (Массу шара считать неизменной, диаметр шара – пренебрежимо малым по сравнению с длиной нити,  $\cos 39^\circ = \frac{7}{9}$ .)

**Ответ:**

Образец возможного решения (рисунок не обязательен)

Из закона сохранения импульса  $Mu - mv_1 = Mu' - mv_2$  можно определить изменение скорости пули:  $\Delta v = v_2 - v_1 = \frac{M}{m}(u' - u)$ .

Из закона сохранения энергии находится скорость шара в нижней точке до попадания пули:  $u = \sqrt{2gl(1 - \cos\alpha)}$ .

Из закона сохранения энергии находится скорость шара в нижней точке после попадания и вылета из него пули:  $u' = \sqrt{2gl(1-\cos\beta)}$ .

Следовательно, модуль изменения скорости пули

$$|\Delta v| = \left| \frac{M}{m} \{ \sqrt{2gl(1-\cos\beta)} - \sqrt{2gl(1-\cos\alpha)} \} \right| = 100 \text{ м/с.}$$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон сохранения импульса и закон сохранения энергии); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие кциальному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3
— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.  ИЛИ — Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.  ИЛИ — В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	2
— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях, и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.  ИЛИ — Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи, или в <u>ОДНОЙ</u> из них допущена ошибка.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование не применимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0

C2

Воздушный шар с газонепроницаемой оболочкой массой 400 кг заполнен гелием. Он может удерживать в воздухе на высоте, где температура воздуха  $17^{\circ}\text{C}$ , а давление  $10^5 \text{ Па}$ , груз массой 225 кг. Какова масса гелия в оболочке шара? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.

**Ответ:**

Образец возможного решения

Шар с грузом удерживается в равновесии при условии, что сумма сил, действующих на него, равна нулю:  $(M+m)g + m_r g - m_b g = 0$ , где  $M$  и  $m$  — массы оболочки шара и груза,  $m_r$  — масса гелия, а  $F = m_b g$  — сила Архимеда, действующая на шар. Из условия равновесия следует:

$$M + m = m_b - m_r.$$

Давление  $p$  гелия и его температура  $T$  равны давлению и температуре окружающего воздуха. Следовательно, согласно уравнению Клапейрона-Менделеева,  $pV = \frac{m_r}{\mu_r} RT = \frac{m_b}{\mu_b} RT$ , где  $\mu_r$  — молярная масса гелия,  $\mu_b$  — средняя молярная масса воздуха,  $V$  — объем шара.

$$\text{Отсюда: } m_b = m_r \frac{\mu_b}{\mu_r}; \quad m_b - m_r = m_r \left( \frac{\mu_b}{\mu_r} - 1 \right) = m_r \left( \frac{29}{4} - 1 \right) = 6,25m_r;$$

$$M + m = 6,25m_r.$$

$$\text{Следовательно, } m_r = \frac{M+m}{6,25} = \frac{625}{6,25} = 100 \text{ (кг).} \quad \text{Ответ: } m_r = 100 \text{ кг.}$$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: — верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — условия равновесия тела, закон Архимеда и уравнение Менделеева-Клапейрона); — проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3
— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.  ИЛИ — Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.	2
ИЛИ — В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	
— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.  ИЛИ — Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи, или в <u>ОДНОЙ</u> из них допущена ошибка.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным	0

критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование не-применимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	
--	--

C3

К однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 10 м приложили разность потенциалов 1 В. Определите промежуток времени, в течение которого температура проводника повысится на 10 К. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.)

**Ответ:**

Образец возможного решения	
----------------------------	--

Количество теплоты, согласно закону Джоуля-Ленца:

$$Q = (U^2/R) \cdot t. \quad (1)$$

Это количество теплоты затратится на нагревание проводника:

$$Q = cm\Delta T, \quad (2)$$

$$\text{где масса проводника } m = \rho l S, \quad (3)$$

( $S$  – площадь поперечного сечения проводника,  $\rho$  – плотность меди).

$$\text{Сопротивление проводника: } R = (\rho_{\text{эл}} l) / S, \quad (4)$$

( $\rho_{\text{эл}}$  – удельное сопротивление меди)

$$\text{Из (1) – (4), получаем: } t = (\Delta T c \rho l^2 \rho_{\text{эл}}) / U^2 \approx 57 \text{ с.}$$

Критерии оценки выполнения задания		Баллы
------------------------------------	--	-------

Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:

3

1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон Джоуля-Ленца, формула для определения количества теплоты, затрачиваемой на нагревание, формулы, определяющие массу и сопротивление проводника через его параметры);

2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

2

— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.

ИЛИ

— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.

ИЛИ

— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.

<p>— В решении содержится ошибка в необходимых математических преобразованиях, и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи, или в <b>ОДНОЙ</b> из них допущена ошибка.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование не-применимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0

**C4**

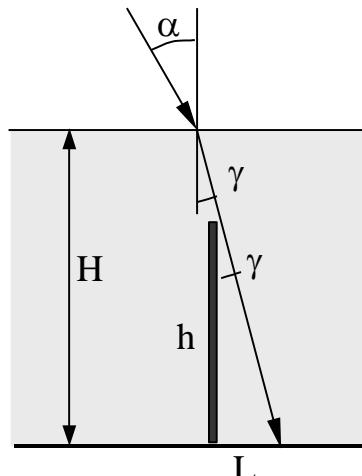
В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, скрытая под водой. Высота свай 2 м. Свая отбрасывает на дне водоема тень длиной 0,75 м. Определите угол падения солнечных лучей на поверхность воды. Показатель преломления воды  $n = \frac{4}{3}$ .

**Ответ:****Образец возможного решения (рисунок обязательен)**

Согласно рисунку, высота свай  $h$  связана с длиной тени  $L$  и углом  $\gamma$  между сваей и скользящим по ее вершине лучом света соотношением:  $\sin \gamma = \frac{L}{\sqrt{h^2 + L^2}}$ . Угол  $\gamma$  является и углом преломления солнечных лучей на поверхности воды. Согласно закону преломления  $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$ ,  $\sin \alpha = n \cdot \sin \gamma$ .

Следовательно,  $\sin \alpha = n \cdot \frac{L}{\sqrt{h^2 + L^2}} = n \cdot \frac{L}{\sqrt{h^2 + L^2}} =$

$$= \frac{\frac{4}{3} \cdot \frac{3}{4}}{\sqrt{\frac{9}{16} + \frac{9}{16}}} = \frac{4}{\sqrt{73}} ; \quad \alpha = \arcsin \frac{4}{\sqrt{73}} \approx 28^\circ.$$



Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>— сделан рисунок, поясняющий ход лучей, верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон преломления света и тригонометрические фор-</p>	3

<p>мулы);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов, или без рисунка.</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</li> </ul>	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях, и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи, или в <b>ОДНОЙ</b> из них допущена ошибка.</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Выполнен только рисунок, поясняющий ход лучей.</li> </ul>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование не-применимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0

**C5**

Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж), освещается светом с длиной волны 300 нм. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $8,3 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля. Каков максимальный радиус окружности, по которой движутся электроны?

**Ответ:**

Образец возможного решения
<p>Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: <math>h\nu = A + \frac{mv^2}{2}</math>.</p> <p>Уравнение, связывающее на основе второго закона Ньютона силу Лоренца, действующую на электрон, с величиной центростремительного ускорения: <math>evB = \frac{mv^2}{R}</math>.</p>

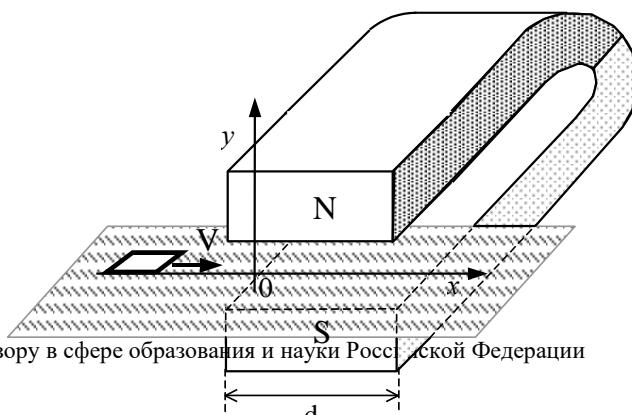
Решая систему уравнений, получим ответ в общем виде:

$$R = \frac{\sqrt{2m\left(h\frac{c}{\lambda} - A\right)}}{eB}. \text{ Ответ в числовом виде: } R \approx 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом</u> (в данном решении — уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, второй закон Ньютона, формулы для силы Лоренца, центростремительного ускорения, взаимосвязи частоты и длины волны); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3
— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов. <b>ИЛИ</b> — Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу. <b>ИЛИ</b> — В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	2
— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты. <b>ИЛИ</b> — Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи, или в <u>ОДНОЙ</u> из них допущена ошибка.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование не применимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0

C6

Квадратная рамка со стороной  $b = 5$  см изготовлена из медной проволоки сопротивлением  $R = 0,1$  Ом. Рамку перемещают по



гладкой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью  $V$  вдоль оси  $Ox$ . Начальное положение рамки изображено на рисунке. За время движения рамка проходит между полюсами магнита и вновь оказывается в области, где магнитное поле отсутствует. Индукционные токи, возникающие в рамке, оказывают тормозящее действие, поэтому для поддержания постоянной скорости движения к ней прикладывают внешнюю силу  $F$ , направленную вдоль оси  $Ox$ . С какой скоростью движется рамка, если суммарная работа внешней силы за время движения равна  $A = 2,5 \cdot 10^{-3}$  Дж? Ширина полюсов магнита  $d = 20$  см, магнитное поле имеет резкую границу, однородно между полюсами, а его индукция  $B = 1$  Тл.

**Ответ:**

Образец возможного решения (рисунок не обязателен)	
1. При пересечении рамкой границы области поля со скоростью $V$ изменяющийся магнитный поток создает ЭДС индукции $\varepsilon_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = VBb$ . Сила тока в это время равна $I = \frac{\varepsilon_{\text{инд}}}{R} = \frac{VBb}{R}$ . При этом возникает тормозящая сила Ампера $F_A = IBb = V \frac{(Bb)^2}{R}$ , равная по модулю внешней силе $F = F_A$ .	
2. Ток течет в рамке только во время изменения магнитного потока, т.е. при входе в пространство между полюсами и при выходе. За это время рамка перемещается на расстояние $x = 2b$ , а приложенная внешняя сила совершает работу $A = F \cdot x = 2Fb$ .	
3. Подставляя значение силы, получим $V = \frac{AR}{2B^2b^3} = 1$ м/с.	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1. верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении закон индукции Фарадея, закон Ома для замкнутой цепи, сила Ампера и работа силы); 2. проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3
— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов. <b>ИЛИ</b> — Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.	2

<b>ИЛИ</b>	
— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	
— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях, и отсутствуют какие-либо числовые расчеты. ИЛИ — Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи, или в <u>ОДНОЙ</u> из них допущена ошибка.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0