

# Единый государственный экзамен ПО ФИЗИКЕ

## Вариант 108

### 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 численном виде.

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.

Выполните 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

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	санти	с	$10^{-2}$
мега	М	$10^6$	милли	м	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микро	мк	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нано	н	$10^{-9}$
депи	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	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$
заряд электрона	$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

### Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 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	$1000 \text{ кг/м}^3$	парафина	$900 \text{ кг/м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
		ртути	$13600 \text{ кг/м}^3$

### Удельная теплоемкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	алюминия	$900 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
железа	$640 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	меди	$380 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
свинца	$130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	чугуна	$500 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$

### Удельная теплота

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

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

### Молярная масса

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

## Часть 1

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

**A1**

Ускорение велосипедиста при прямолинейном движении на одном из спусков трассы равно  $1,2 \text{ м/с}^2$ . На этом спуске его скорость увеличивается на  $18 \text{ м/с}$ . Велосипедист заканчивает свой спуск после его начала через

- 1)  $0,07 \text{ с}$       2)  $7,5 \text{ с}$       3)  $15 \text{ с}$       4)  $21,6 \text{ с}$

**A2**

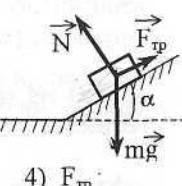
Тело массой  $0,1 \text{ кг}$  вращается в горизонтальной плоскости на нити длиной  $1 \text{ м}$ . Чему равна работа силы тяжести за один оборот вращения тела?

- 1)  $0 \text{ Дж}$       2)  $0,1 \text{ Дж}$       3)  $1 \text{ Дж}$       4)  $2 \text{ Дж}$

**A3**

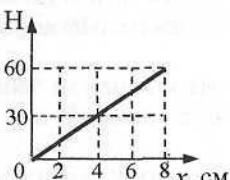
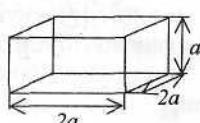
Бруск лежит на шероховатой наклонной опоре (см. рисунок). На него действуют 3 силы: сила тяжести  $\vec{mg}$ , сила упругости опоры  $\vec{N}$  и сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ . Если бруск лежит на наклонной опоре, то модуль равнодействующей сил  $\vec{N}$  и  $\vec{mg}$  равен

- 1)  $N + mg$       2)  $(N + mg) \cos\alpha$       3)  $N \sin\alpha$       4)  $F_{\text{тр}}$

**A4**

На рисунке представлен график зависимости  $F$ , Н модуля силы упругости от удлинения пружины. Чему равна жесткость пружины?

- 1)  $750 \text{ Н/м}$   
2)  $120 \text{ Н·см}$   
3)  $4,8 \text{ Н·м}$   
4)  $7,5 \text{ Н/м}$

**A5**

Аквариум, изображенный на рисунке, доверху наполнили водой. Найдите силу давления воды на дно аквариума. Плотность воды  $\rho$ . Атмосферное давление не учитывать.

- 1)  $\rho g a$       2)  $\frac{\rho g a^2}{4}$       3)  $4 \rho g a^2$       4)  $4 \rho g a^3$

**A6**

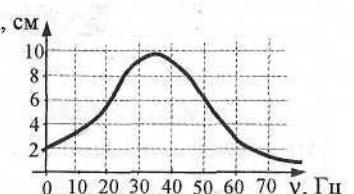
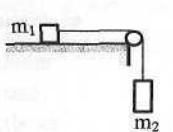
Мальчик массой  $50 \text{ кг}$  стоит на тележке массой  $50 \text{ кг}$ , движущейся по гладкой горизонтальной дороге со скоростью  $1 \text{ м/с}$ . Каким станет модуль скорости тележки, если мальчик прыгнет с нее со скоростью  $2 \text{ м/с}$  относительно дороги в направлении, противоположном направлению движения тележки?

- 1)  $0 \text{ м/с}$       2)  $1 \text{ м/с}$       3)  $2 \text{ м/с}$       4)  $4 \text{ м/с}$

**A7**

На рисунке представлены результаты экспериментального исследования зависимости амплитуды  $A$  вынужденных колебаний от частоты  $v$  вынуждающей силы. Амплитуда вынужденных колебаний при изменении частоты от  $10 \text{ Гц}$  до  $20 \text{ Гц}$  приблизительно

- 1) увеличивается на  $1 \text{ см}$   
2) уменьшается на  $1 \text{ см}$   
3) увеличивается на  $2 \text{ см}$   
4) уменьшается на  $2 \text{ см}$

**A8**

На горизонтальном столе находится тело массой  $m_1 = 1 \text{ кг}$ , которое соединено невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через укрепленный на краю стола невесомый блок, с висящим вертикально телом массой  $m_2 = 2 \text{ кг}$  (см. рисунок). Если сила трения бруска о поверхность стола

- равна  $2 \text{ Н}$ , то ускорение движения тел равно
- 1)  $3 \text{ м/с}^2$       2)  $6 \text{ м/с}^2$       3)  $10 \text{ м/с}^2$       4)  $12 \text{ м/с}^2$

**A9**

Закрепленный пружинный пистолет стреляет вертикально вверх. Какой была деформация пружины  $\Delta l$  перед выстрелом, если жесткость пружины  $k$ , а пуля массой  $m$  в результате выстрела поднялась на высоту  $h$ ? Трением пренебречь. Считать, что  $\Delta l \ll h$ .

- 1)  $\sqrt{\frac{2mgh}{k}}$       2)  $\sqrt{\frac{mgh}{2k}}$       3)  $\sqrt{\frac{mgh}{k}}$       4)  $2\sqrt{\frac{mgh}{k}}$

**A10**

В одном из опытов стали закачивать воздух в стеклянный сосуд, одновременно охлаждая его. При этом температура воздуха в сосуде понизилась в 2 раза, а его давление возросло в 3 раза. Во сколько раз увеличилась масса воздуха в сосуде?

- 1) в 2 раза      2) в 3 раза      3) в 6 раз      4) в 1,5 раза

**A11** Как изменится давление идеального одноатомного газа, если среднюю кинетическую энергию теплового движения молекул и их концентрацию уменьшить в 2 раза?

- 1) увеличится в 4 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) уменьшится в 4 раза
- 4) увеличится в 2 раза

**A12** Точкой росы называют

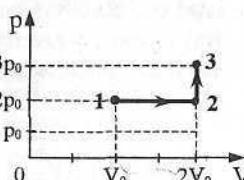
- 1) температуру, при которой водяной пар в воздухе становится насыщенным при неизменном давлении
- 2) давление, при котором относительная влажность воздуха достигнет 100%
- 3) момент времени, когда плотность водяного пара становится равной плотности воды
- 4) температуру, при которой объем водяного пара становится равным объему воды

**A13** Алюминиевому и железному цилиндром одинаковой массы сообщили некоторое количество теплоты, что привело к одинаковому изменению температуры каждого цилиндра. Воспользовавшись таблицами, приведенными в начале варианта, определите отношение количества теплоты, сообщенное железному цилиндру, к количеству теплоты, сообщенному алюминиевому цилинду  $\frac{Q_{Fe}}{Q_{Al}}$ .

- 1) 1,0
- 2) 1,4
- 3) 0,7
- 4) 0,5

**A14** Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления газа от объема. Работа, совершенная газом, равна

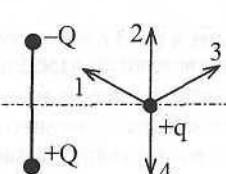
- 1)  $p_0 V_0$
- 2)  $2p_0 V_0$
- 3)  $4p_0 V_0$
- 4)  $6p_0 V_0$



**A15** Температура нагревателя идеальной тепловой машины 425 К, а температура холодильника 300 К. Двигатель за 1 цикл получил от нагревателя количество теплоты 40 кДж. Какую работу совершило рабочее тело?

- 1) 3 кДж
- 2) 11,8 кДж
- 3) 16,7 кДж
- 4) 97 Дж

**A16**



- 1) стрелки 1
- 2) стрелки 2
- 3) стрелки 3
- 4) стрелки 4

**A17**

Если расстояние между двумя точечными электрическими зарядами увеличили в 3 раза, и каждый из зарядов увеличили в 3 раза, то сила взаимодействия между ними

- 1) увеличилась в 81 раз
- 2) уменьшилась в 3 раза
- 3) увеличилась в 3 раза
- 4) не изменилась

**A18**

Если длину медного провода и напряжение между его концами увеличить в 2 раза, то сила тока, протекающего через провод,

- 1) не изменится
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) увеличится в 4 раза

**A19**

Чему равно напряжение на концах проводника, если при силе тока в нем 5 А за 4 мин совершается работа 26400 Дж?

- 1) 22 В
- 2) 110 В
- 3) 220 В
- 4) 1320 В

**A20**

Квадратная проводящая рамка вращается в однородном магнитном поле так, что ось вращения совпадает с линиями индукции магнитного поля. Первый раз вращение происходит вокруг стороны квадрата, второй раз вокруг его диагонали. 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

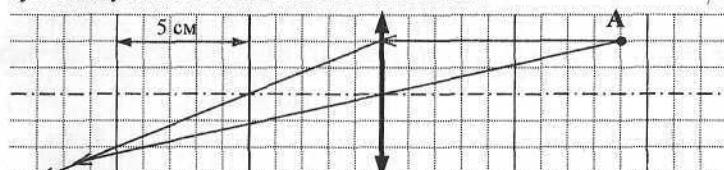
**A21**

Свет лазерной указки попадает на поверхность стекла под углом  $45^\circ$  к нормали и после преломления распространяется в стекле под углом  $30^\circ$  к нормали. Какую длину имеет световая волна в воздухе, если в стекле ее длина равна 430 нм?

- 1) 270 нм
- 2) 400 нм
- 3) 600 нм
- 4) 900 нм

**A22**

На рисунке показан ход лучей от точечного источника света А через тонкую линзу. Какова оптическая сила линзы?



- 1)  $-8,7$  дптр    2)  $-20,0$  дптр    3)  $20,0$  дптр    4)  $11,1$  дптр

**A23**

Электрон  $\bar{e}$  имеет скорость  $\vec{v}$ , направленную горизонтально вдоль прямого длинного проводника с током I (см. рисунок). Куда направлена действующая на электрон сила Лоренца?

- 1) перпендикулярно плоскости рисунка от наблюдателя  $\otimes$   
 2) вертикально вниз в плоскости рисунка  $\downarrow$   
 3) горизонтально влево в плоскости рисунка  $\leftarrow$   
 4) вертикально вверх в плоскости рисунка  $\uparrow$

**A24**

На дифракционную решетку, имеющую 100 штрихов на 1 мм, перпендикулярно ее поверхности падает луч света с длиной волны 500 нм. Десятый дифракционный максимум наблюдается под углом

- 1)  $15^\circ$     2)  $30^\circ$     3)  $45^\circ$     4)  $60^\circ$

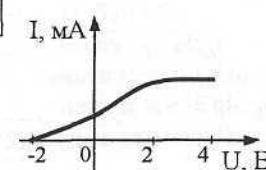
**A25**

В таблице приведены значения энергии для 2 и 4 энергетических уровней атома водорода.

Номер уровня	Энергия, $10^{-19}$ Дж
2	$-5,45$
4	$-1,36$

Какой должна быть энергия фотона, при поглощении которого атом переходит со 2 уровня на 4?

- 1)  $5,45 \cdot 10^{-19}$  Дж  
 2)  $1,36 \cdot 10^{-19}$  Дж  
 3)  $6,81 \cdot 10^{-19}$  Дж  
 4)  $4,09 \cdot 10^{-19}$  Дж

**A26**

- 1)  $2 \cdot 10^{-7}$  м  
 2)  $3 \cdot 10^{-7}$  м  
 3)  $5,7 \cdot 10^{-7}$  м  
 4)  $6 \cdot 10^{-7}$  м

**A27**

Наблюдение за препаратом актиния массой 1 г показало, что период полу-распада ядер атомов актиния  $^{227}_{89}\text{Ac}$  составляет 21,6 года. Это означает, что

- 1) за 21,6 года массовое число каждого атома уменьшится вдвое  
 2) один атом актиния распадается каждые 21,6 года  
 3) половина изначально имевшихся атомов актиния распадается за 21,6 года  
 4) все изначально имевшиеся атомы актиния распадутся за 43,2 года

**A28**

Ядро  $^{232}_{90}\text{Th}$  испытывает  $\alpha$ -распад, при этом образуется элемент X. Этот элемент можно обозначить как

- 1)  $^{228}_{88}\text{X}$     2)  $^{232}_{88}\text{X}$     3)  $^{232}_{92}\text{X}$     4)  $^{228}_{89}\text{X}$

**A29**

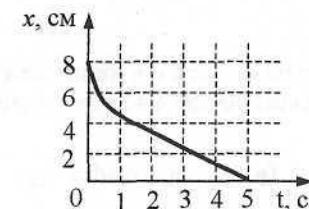
Чему равен период (в годах) полураспада изотопа  $^{22}_{11}\text{Na}$ , если через 9 лет число нераспавшихся атомов этого изотопа уменьшилось в 8 раз?

- 1) 1,125    2) 4,5    3) 3    4) 9

**A30**

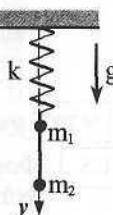
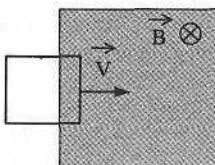
В пробирку с водой опустили шарик. На рисунке показан график изменения координаты шарика с течением времени. Согласно графику,

- 1) скорость шарика в начальный момент времени равнялась 5 м/с  
 2) шарик двигался все время с постоянным ускорением  
 3) шарик после 1,5 с двигался с постоянной скоростью  
 4) скорость шарика все время уменьшалась



## 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.**

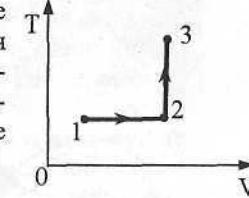
- B1** К нижнему концу легкой пружины подвешены связанные невесомой нитью грузы: верхний массой  $m_1 = 0,2$  кг и нижний массой  $m_2 = 0,1$  кг (см. рисунок). Нить, соединяющую грузы, пережигают. С каким ускорением начнет двигаться верхний груз?
- 
- B2** В стакан калориметра, содержащего 75 г воды, опустили кусок льда, имевшего температуру 0°C. Начальная температура калориметра с водой 55°C. После того, как наступило тепловое равновесие, температура воды и калориметра стала равной 5°C. Определите массу льда. Теплоемкостью калориметра пренебречь. Ответ выразите в граммах (г) и округлите до целых.
- B3** В однородном магнитном поле на двух невесомых нитях горизонтально подвешен прямой проводник длиной 10 см и массой 5 г. Вектор индукции магнитного поля направлен вертикально и перпендикулярен проводнику. Когда по проводнику течет ток 5 А, нити, поддерживающие проводник, отклоняются от вертикали примерно на 45°. Чему равен модуль вектора магнитной индукции этого поля? Ответ выразите в Тл.
- B4** Однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл изображено на рисунке в форме заштрихованного квадрата. Рамку с сопротивлением  $R = 20$  Ом из проволоки в форме квадрата со стороной  $l = 20$  см перемещают в этом поле равномерно со скоростью  $V = 10$  м/с. Какова сила индукционного тока в рамке в положении, изображенном на рисунке? Ответ выразите в миллиамперах (mA).
- 

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

## Часть 3

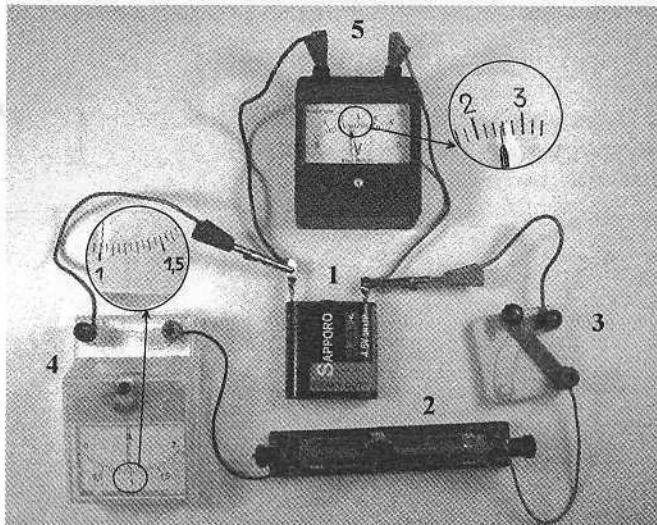
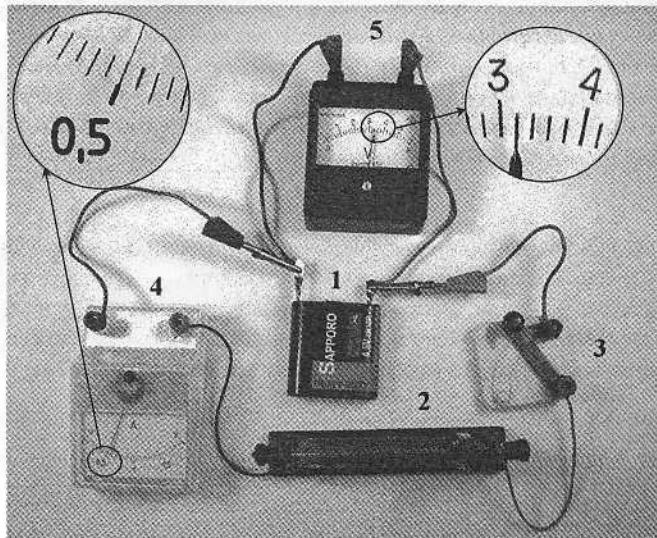
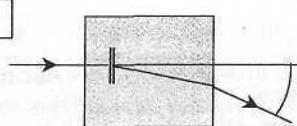
**Задания С1 – С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Полное правильное решение каждой задачи должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным 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** Начальная скорость снаряда, выпущенного вертикально вверх, равна 300 м/с. В точке максимального подъема снаряд разорвался на два осколка. Первый осколок массой  $m_1$  упал на Землю вблизи точки выстрела, имея скорость в 2 раза большее начальной скорости снаряда, второй осколок массой  $m_2$  имеет у поверхности Земли скорость 600 м/с. Чему равно отношение масс  $\frac{m_2}{m_1}$  этих осколков? Сопротивлением воздуха пренебречь.

- C2** Идеальный одноатомный газ в количестве 1 моль сначала изотермически расширился ( $T_1 = 300$  К). Затем газ изохорно нагрели, повысив давление в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты получила газ на участке 2 – 3?
- 

**C3**

Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батарейки (1), реостата (2), ключа (3), амперметра (4) и вольтметра (5). После этого он измерил напряжение на полюсах источника тока и силу тока в цепи при различных положениях ползунка реостата (см. фотографии). Определите силу тока короткого замыкания батарейки.

**C4**

Дифракционная решетка имеет расстояние между штрихами 1 мкм. Она находится в прямоугольной кювете, заполненной водой, показатель преломления которой  $n = \frac{4}{3}$ , и

располагается параллельно боковой стенке кюветы. Свет падает перпендикулярно боковой стенке кюветы и проходит через решетку. Один из образовавшихся при дифракции лучей выходит из кюветы под углом  $\alpha = 30^\circ$  (см. рисунок). Какова длина волны источника света в воде, если этот луч образует первый дифракционный максимум?

**C5**

Фотокатод облучают светом с частотой  $v = 1,0 \cdot 10^{15}$  Гц. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода соответствует частоте света  $v_0 = 6,6 \cdot 10^{14}$  Гц. Какое напряжение  $U$  нужно создать между анодом и катодом, чтобы фототок прекратился?

**C6**

Электрон ускоряется постоянным электрическим полем конденсатора, после чего он влетает в однородное магнитное поле, модуль вектора магнитной индукции которого 200 мГл, и движется по дуге окружности радиусом 60 см в плоскости, перпендикулярной линиям магнитной индукции. Чему равно напряжение на обкладках конденсатора?