

Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

Вариант № 152

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 36 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (A1–A25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 5 заданий (B1–B5), на которые следует дать краткий ответ. Для заданий B1 и B2 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий B3–B5 в виде числа.

Часть 3 состоит из 6 задач (C1–C6), для которых требуется дать развернутые решения.

При выполнении заданий B3–B5 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 вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте 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

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}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
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	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
электрический заряд	
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	$931,5 \text{ МэВ}$
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

подсолнечного масла	900 кг/м^3
воды	1000 кг/м^3
алюминия	2700 кг/м^3
древеси́ны (сосна)	400 кг/м^3
железа	7800 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3
ртути	13600 кг/м^3

Удельная теплоемкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
железа	$460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	чугуна	$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

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 Па , температура 0°C

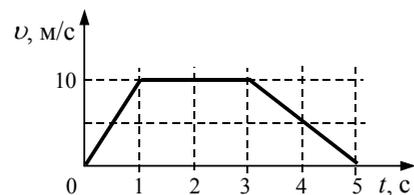
Молярная масса

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–A25) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1



На рисунке представлен график зависимости скорости v автомобиля от времени t . Определите по графику путь, пройденный автомобилем, в интервале времени от 1 до 3 с.

- 1) 10 м 2) 15 м 3) 20 м 4) 25 м

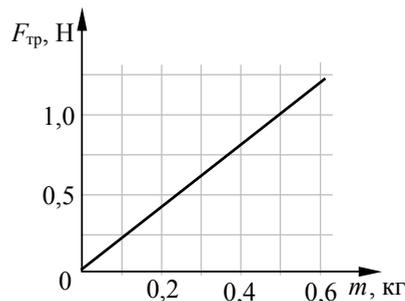
A2

Мяч, неподвижно лежавший на полу вагона движущегося поезда, покати́лся вправо, если смотреть по ходу поезда. Как изменилось движение поезда?

- 1) Скорость поезда увеличилась.
- 2) Скорость поезда уменьшилась.
- 3) Поезд повернул влево.
- 4) Поезд повернул вправо.

A3

При исследовании зависимости силы трения скольжения $F_{тр}$ стального бруска по горизонтальной поверхности стола от массы m бруска получен график, представленный на рисунке. Согласно графику, в этом исследовании коэффициент трения приблизительно равен



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

A4

Два маленьких шарика находятся на расстоянии r друг от друга. Как нужно изменить это расстояние, чтобы сила гравитационного притяжения шариков увеличилась в 4 раза?

- 1) увеличить в 2 раза
- 2) уменьшить в 2 раза
- 3) увеличить в 4 раза
- 4) уменьшить в 4 раза

A5

Легковой автомобиль и грузовик движутся по мосту со скоростями $v_1 = 108$ км/ч и $v_2 = 54$ км/ч. Масса легкового автомобиля $m_1 = 1000$ кг. Какова масса грузовика, если отношение значений потенциальной энергии грузовика и автомобиля относительно уровня воды равно 4?

- 1) 1000 кг 2) 2000 кг 3) 3000 кг 4) 4000 кг

A6

В таблице представлены данные о зависимости от времени координаты металлического шара, колеблющегося вдоль оси Ox .

t, c	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
x, cm	0	1	3	6	8	9	8	6	3	1	0	-1	-3	-6	-8	-9	-8

Какова частота колебаний шара?

- 1) 1 Гц 2) 0,25 Гц 3) 0,3 Гц 4) 0,5 Гц

A7

На горизонтальном полу стоит ящик массой 10 кг. Коэффициент трения скольжения между полом и ящиком равен 0,25. К ящику в горизонтальном направлении прикладывают силу 20 Н. При этом ящик

- 1) останется в покое
- 2) будет двигаться равномерно
- 3) будет двигаться с ускорением $1,5 \text{ м/с}^2$
- 4) будет двигаться с ускорением 1 м/с^2

A8

При понижении температуры газа в запаянном сосуде давление газа уменьшается. Это уменьшение давления объясняется тем, что

- 1) уменьшается объем сосуда за счет остывания его стенок
- 2) уменьшается энергия теплового движения молекул газа
- 3) уменьшаются размеры молекул газа при его охлаждении
- 4) уменьшается энергия взаимодействия молекул газа друг с другом

A9

На газовой плите стоит широкая кастрюля с водой, закрытая крышкой. Если воду из неё перелить в узкую кастрюлю, то вода будет закипать заметно дольше, чем если бы осталась в широкой. Этот факт объясняется тем, что

- 1) уменьшается площадь поверхности воды и, следовательно, испарение идёт менее активно
- 2) уменьшается площадь нагревания и, следовательно, уменьшается скорость нагревания воды
- 3) заметно увеличивается глубина слоя воды и, следовательно, вода прогревается менее равномерно
- 4) существенно увеличивается необходимое давление насыщенного пара в пузырьках и, следовательно, воде у дна надо нагреваться до более высокой температуры

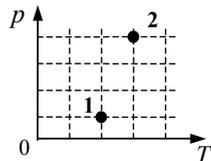
A10 Внутренняя энергия воды в стакане увеличивается, если стакан с водой

- 1) накрыть крышкой
- 2) привести в движение
- 3) поднять над поверхностью Земли
- 4) нагреть

A11 Газ в сосуде сжали, совершив работу 25 Дж. Внутренняя энергия газа при этом увеличилась на 30 Дж. Следовательно, газ

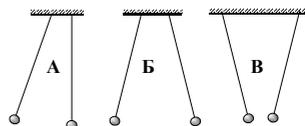
- 1) получил извне количество теплоты, равное 5 Дж
- 2) получил извне количество теплоты, равное 55 Дж
- 3) отдал окружающей среде количество теплоты, равное 5 Дж
- 4) отдал окружающей среде количество теплоты, равное 55 Дж

A12 В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Как изменится объем газа, если он перейдет из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?



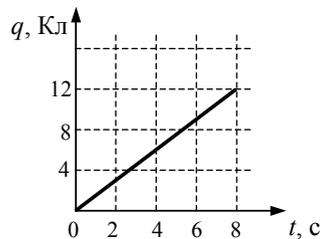
- 1) $V_2 = \frac{8}{3}V_1$
- 2) $V_2 = \frac{3}{8}V_1$
- 3) $V_2 = \frac{4}{3}V_1$
- 4) $V_2 = \frac{3}{4}V_1$

A13 Два одинаковых легких шарика подвешены на шелковых нитях. Шарик А зарядили одинаковыми одноименными зарядами. На каком(-их) рисунке(-ах) изображены эти шарик(-и)?



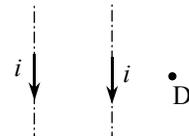
- 1) только Б
- 2) только В
- 3) А и Б
- 4) Б и В

A14 По проводнику течет постоянный электрический ток. Величина заряда, проходящего через проводник, растет с течением времени согласно графику, представленному на рисунке. Сила тока в проводнике равна



- 1) 96 А
- 2) 48 А
- 3) 1,5 А
- 4) 0,67 А

A15 По двум тонким прямым проводникам, параллельным друг другу, текут одинаковые токи i (см. рисунок), направление которых указано стрелками. Как направлен вектор индукции создаваемого ими магнитного поля в точке D?



- 1) вверх \uparrow
- 2) к нам \odot
- 3) от нас \otimes
- 4) вниз \downarrow

A16 Колебательный контур состоит из конденсатора электроемкостью C и катушки индуктивностью L . Если емкость конденсатора уменьшить в 2 раза, а индуктивность катушки в 2 раза увеличить, то период свободных электромагнитных колебаний в этом контуре

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

A17 Луч света падает на плоское зеркало. Угол отражения равен 25° . Угол между падающим и отраженным лучами равен

- 1) 40°
- 2) 50°
- 3) 75°
- 4) 115°

A18 Интерференцию световых волн, создаваемых двумя лампами накаливания, нельзя наблюдать, так как световые волны, излучаемые ими,

- 1) неполяризованы
- 2) некогерентны
- 3) слишком малой интенсивности
- 4) слишком большой интенсивности

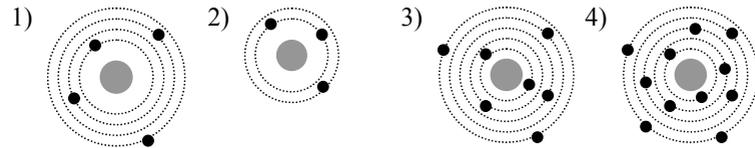
A19 Две частицы с отношением зарядов $\frac{q_2}{q_1} = 2$ влетели в однородные магнитные поля, векторы магнитной индукции которых перпендикулярны их скоростям: первая – в поле с индукцией \vec{B}_1 , вторая – в поле с индукцией \vec{B}_2 . Найдите отношение модулей импульсов частиц $\frac{p_2}{p_1}$, если радиусы их траекторий одинаковы, а отношение модулей индукции $\frac{B_2}{B_1} = 2$.

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 8
- 4) 4

A20 Как изменится энергия фотонов в пучке света при увеличении длины световой волны в вакууме в 2 раза?

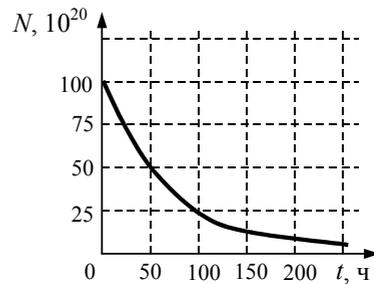
- 1) увеличится в 2 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 4 раза
- 4) уменьшится в 4 раза

A21 На рисунке изображены схемы четырех атомов, соответствующие модели атома Резерфорда. Черными точками обозначены электроны. Атому ${}^7_4\text{Be}$ соответствует схема



A22 Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер эрбия ${}^{172}_{68}\text{Er}$ от времени. Каков период полураспада этого изотопа?

- 1) 25 часов
- 2) 50 часов
- 3) 75 часов
- 4) 100 часов



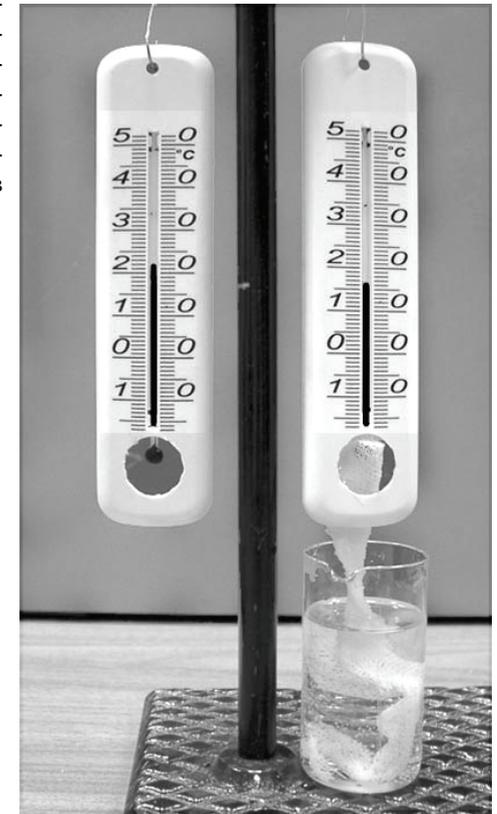
A23 Один из способов измерения постоянной Планка основан на определении максимальной кинетической энергии фотоэлектронов с помощью измерения напряжения, задерживающего их. В таблице представлены результаты одного из первых таких опытов.

Задерживающее напряжение U , В	0,4	0,9
Частота света ν , 10^{14} Гц	5,5	6,9

Постоянная Планка по результатам этого эксперимента равна

- 1) $6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
- 2) $5,7 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
- 3) $6,3 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
- 4) $6,0 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

A24 На фотографии представлены два термометра, используемые для определения относительной влажности воздуха с помощью психрометрической таблицы, в которой влажность указана в процентах.



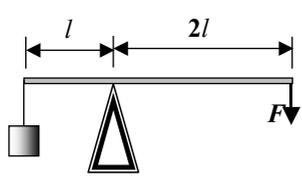
Психрометрическая таблица

$t_{\text{сух. терм}}$ °C	Разность показаний сухого и влажного термометров								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44

Каковы будут показания правого термометра при той же температуре воздуха и относительной влажности 68%?

- 1) 26°C
- 2) 22°C
- 3) 18°C
- 4) 16°C

A25



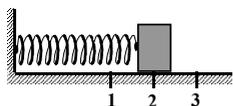
Ученику предложили определить, какая сила \vec{F} , приложенная к свободному концу изображенного на рисунке рычага, уравновесит груз массой 0,5 кг. На основании теоретических расчетов ученик пришел к выводу, что $F = 2,5$ Н. Далее он провел эксперимент: положил на подставку тяжелый металлический стержень длиной 30 см, к короткому его концу подвесил груз массой 0,5 кг, а вдвое более длинный конец стержня стал тянуть вниз с помощью динамометра. При равновесии рычага динамометр показал значение силы, равное 0,8 Н. Погрешности измерения длин, массы груза и силы равнялись соответственно 1 мм, 1 г и 0,1 Н. Какой вывод можно сделать из эксперимента?

- 1) Погрешности измерений силы и длины оказались слишком большими, чтобы проверить верность расчетов.
- 2) Экспериментальная установка не соответствует теоретической модели, используемой при расчете.
- 3) При расчете была допущена математическая ошибка.
- 4) С учетом погрешностей измерения силы и длины эксперимент подтвердил теоретические расчеты.

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и других символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1



Груз изображенного на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняются кинетическая энергия груза маятника, скорость груза и жесткость пружины

при движении груза маятника от точки 1 к точке 2? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия груза маятника	Скорость груза	Жесткость пружины

В2

Пучок света переходит из воздуха в воду. Частота световой волны – ν , скорость света в воздухе – c , показатель преломления воды относительно воздуха – n . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблице выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ ФОРМУЛЫ

- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| А) длина волны света в воздухе | 1) $\frac{c}{\nu}$ |
| Б) длина волны света в воде | 2) $\frac{c}{n \cdot \nu}$ |
| | 3) $\frac{n \cdot c}{\nu}$ |
| | 4) $\frac{c \cdot \nu}{n}$ |

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, 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.

В3

Автомобиль совершает поворот на горизонтальной дороге по дуге окружности. Каков минимальный радиус окружности траектории автомобиля при его скорости 36 м/с и коэффициенте трения автомобильных шин о дорогу 0,4?

В4

В баллоне объемом 1,66 м³ находятся 2 кг газа при давлении 10⁵ Па и температуре 47°С. Какова молярная масса газа? Ответ выразите в г/моль и округлите до целых.

В5

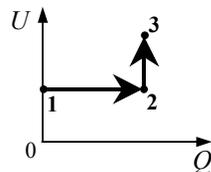
При подключении электрической лампы к выводам гальванической батареи с внутренним сопротивлением 1 Ом сила тока в цепи 0,1 А, а напряжение на лампе 8,9 В. Найдите ЭДС гальванической батареи.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания C1–C6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (C1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

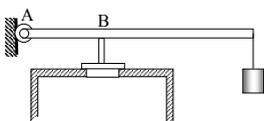
C1 В цилиндре, закрытом подвижным поршнем, находится идеальный газ. На рисунке показана диаграмма, иллюстрирующая изменение внутренней энергии U газа и передаваемое ему количество теплоты Q . Опишите изменение объема газа при его переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Свой ответ обоснуйте, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



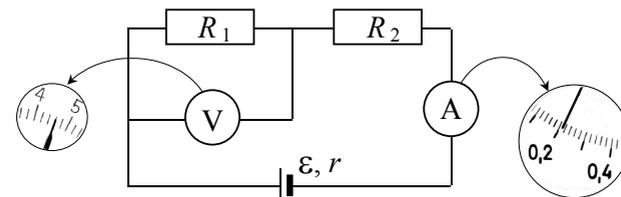
Полное правильное решение каждой из задач C2–C6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

C2 Если во время полета между двумя городами дует попутный ветер со скоростью 20 м/с, то самолет затрачивает на перелет между ними 6 ч. На сколько минут больше полетного времени затратит самолет, если будет дуть такой же боковой ветер перпендикулярно линии полета? Скорость самолета относительно воздуха постоянна и равна 328 км/ч.

C3 В цилиндр объемом $0,5 \text{ м}^3$ насосом закачивается воздух со скоростью $0,002 \text{ кг/с}$. В верхнем торце цилиндра есть отверстие, закрытое предохранительным клапаном. Клапан удерживается в закрытом состоянии стержнем, который может свободно поворачиваться вокруг оси в точке А (см. рисунок). К свободному концу стержня подвешен груз массой 2 кг . Клапан открывается через 580 с работы насоса, если в начальный момент времени давление воздуха в цилиндре было равно атмосферному. Площадь закрытого клапаном отверстия $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, расстояние АВ равно $0,1 \text{ м}$. Температура воздуха в цилиндре и снаружи не меняется и равна 300 К . Определите длину стержня, если его считать невесомым.



C4 При проведении лабораторной работы ученик собрал электрическую цепь по схеме на рисунке. Сопротивления R_1 и R_2 равны 20 Ом и 150 Ом соответственно. Сопротивление вольтметра равно 10 кОм , а амперметра – $0,4 \text{ Ом}$. ЭДС источника равна 36 В , а его внутреннее сопротивление – 1 Ом .



На рисунке показаны шкалы приборов с показаниями, которые получил ученик. Исправны ли приборы или же какой-то из них даёт неверные показания?

C5 Период электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, равен $6,3 \text{ мкс}$. Амплитуда колебаний заряда $q_m = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$. В момент времени t сила тока в катушке равна 3 мА . Найдите заряд конденсатора в этот момент.

C6 На рисунке представлены энергетические уровни электронной оболочки атома и указаны частоты света, излучаемого и поглощаемого при переходах между ними. Какова частота ν_{13} , если $\nu_{24} = 4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$, $\nu_{32} = 3 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$, а при переходе с уровня E_4 на уровень E_1 излучается свет длиной волны $\lambda = 360 \text{ нм}$?

