

**К НОВОЙ ОФИЦИАЛЬНОЙ  
ДЕМОНСТРАЦИОННОЙ  
ВЕРСИИ ЕГЭ**

**14**

ВАРИАНТОВ ЗАДАНИЙ

Е. В. Лукашева, Н. И. Чистякова

# ФИЗИКА

**ТИПОВЫЕ ВАРИАНТЫ  
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ  
ЗАДАНИЙ**

**ЕГЭ**

**2020**

**СОЗДАНО РАЗРАБОТЧИКАМИ ЕГЭ**

14 вариантов заданий  
Инструкция  
Ответы и решения  
Бланки ответов



Издательство  
**ЭКЗАМЕН®**

ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

---

Е. В. Лукашева, Н. И. Чистякова

# ФИЗИКА

100balnik.com  
**ТИПОВЫЕ ВАРИАНТЫ  
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ЗАДАНИЙ**  
Делаем невозможное возможным

**14 вариантов заданий**

**Инструкция**

**Ответы и решения**

**Бланки ответов**

**Лукашева Е. В.**

ЕГЭ 2020. Физика. 14 вариантов. Типовые варианты экзаменационных заданий от разработчиков ЕГЭ / Е. В. Лукашева, Н. И. Чистякова. — М. : Издательство «Экзамен», 2020. — 167, [1] с. (Серия «ЕГЭ. Тесты от разработчиков»)

Авторский коллектив — члены федеральной предметной комиссии ЕГЭ по физике.

Типовые экзаменационные задания по физике содержат 14 вариантов комплектов заданий, составленных с учетом всех особенностей и требований Единого государственного экзамена в 2020 году. Назначение пособия — предоставить читателям информацию о структуре и содержании контрольных измерительных материалов 2020 г. по физике, а также о степени трудности заданий.

В сборнике даны ответы на все варианты тестов, приводятся решения всех заданий одного из вариантов, а также решения наиболее сложных задач во всех 14 вариантах. Кроме того, приведены образцы бланков, используемых на ЕГЭ.

Пособие адресовано учителям для подготовки учащихся к экзамену по физике, а учащимся-старшеклассникам — для самоподготовки и самоконтроля.

Приказом № 699 Министерства образования и науки Российской Федерации учебные пособия издательства «Экзамен» допущены к использованию в общеобразовательных организациях.

100balnik.com  
100БАЛНИКОВ  
Делаем невозможное возможным

# СОДЕРЖАНИЕ

ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ.....	4
ВАРИАНТ 1	
Часть 1.....	9
Часть 2.....	15
ВАРИАНТ 2	
Часть 1.....	17
Часть 2.....	23
ВАРИАНТ 3	
Часть 1.....	25
Часть 2.....	32
ВАРИАНТ 4	
Часть 1.....	34
Часть 2.....	40
ВАРИАНТ 5	
Часть 1.....	42
Часть 2.....	48
ВАРИАНТ 6	
Часть 1.....	50
Часть 2.....	56
ВАРИАНТ 7	
Часть 1.....	58
Часть 2.....	64
ВАРИАНТ 8	
Часть 1.....	66
Часть 2.....	72
ВАРИАНТ 9	
Часть 1.....	74
Часть 2.....	80
ВАРИАНТ 10	
Часть 1.....	82
Часть 2.....	88
ВАРИАНТ 11	
Часть 1.....	90
Часть 2.....	96
ВАРИАНТ 12	
Часть 1.....	98
Часть 2.....	104
ВАРИАНТ 13	
Часть 1.....	106
Часть 2.....	112
ВАРИАНТ 14	
Часть 1.....	114
Часть 2.....	120
РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА 4.....	122
ОТВЕТЫ.....	136



## ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Для выполнения репетиционной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из 2 частей, включающих в себя 32 задания.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведенному ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

Ответ: - 2, 5 см. В бланке: 

3	-	2	,	5															
---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 и 24 является последовательность двух цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведенному ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

Ответ: 

А	В
4	1

 В бланке: 

7	4	1																	
---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответом к заданию 13 является слово. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведенному ниже образцу в бланк ответов № 1.

Ответ: ВПРАВО. В бланке: 

1	3	В	П	Р	А	В	О												
---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответом к заданию 19 и 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведенному ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

Ответ: 

ЗАРЯД ЯДРА Z	МАССОВОЕ ЧИСЛО ЯДРА A
38	94

 В бланке: 

1	9	3	8	9	4														
---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н. В бланке: 

2	2	1	,	4	0	,	2												
---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответ к заданиям 25–32 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими черными чернилами. Допускается использование гелевой или капиллярной ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.

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 $\pi$	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} / \text{К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м} / \text{с}$
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 электрический 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	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
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	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} \approx 150 \text{ 000 000 км}$
1 световой год	$1 \text{ св. год} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$
1 парсек	$1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св. года}$

#### 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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

<b>Плотность</b>		подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>	железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 кг/м <sup>3</sup>	ртути	13 600 кг/м <sup>3</sup>

<b>Удельная теплоемкость</b>			
воды	$4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)	алюминия	900 Дж/(кг · К)
льда	$2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)	меди	380 Дж/(кг · К)
железа	460 Дж/(кг · К)	чугуна	500 Дж/(кг · К)
свинца	130 Дж/(кг · К)		

<b>Удельная теплота</b>		
парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг	
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг	
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг	

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

<b>Молярная масса</b>			
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

<b>Астрономические величины</b>	
средний радиус Земли	$R_{\oplus} = 6370$ км
радиус Солнца	$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8$ м
температура поверхности Солнца	$T = 6000$ К



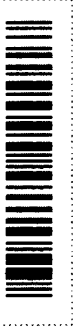
Единый государственный экзамен - 2020

# Бланк ответов № 1

Код региона   Код предмета   Название предмета

Служба по проведению  
Единого государственного экзамена  
Подпись участника ЕГЭ строго внутри окошка

Резерв - 4



Заполнять гелевой или капиллярной ручкой ЧЕРНЫМИ чернилами ЗАГЛАВНЫМИ ПЕЧАТНЫМИ БУКВАМИ и ЦИФРАМИ по следующим образцам:

А Б В Г Д Е Ё Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я  
А В С D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z , -  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 А А А О О Е Е Е Е Е И И Ю Ю Б С

**ВНИМАНИЕ!** Все бланки и контрольные измерительные материалы рассматриваются в комплекте

Результаты выполнения заданий с КРАТКИМ ОТВЕТОМ

1	<input type="text"/>	21	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	22	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	23	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	24	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	25	<input type="text"/>
6	<input type="text"/>	26	<input type="text"/>
7	<input type="text"/>	27	<input type="text"/>
8	<input type="text"/>	28	<input type="text"/>
9	<input type="text"/>	29	<input type="text"/>
10	<input type="text"/>	30	<input type="text"/>
11	<input type="text"/>	31	<input type="text"/>
12	<input type="text"/>	32	<input type="text"/>
13	<input type="text"/>	33	<input type="text"/>
14	<input type="text"/>	34	<input type="text"/>
15	<input type="text"/>	35	<input type="text"/>
16	<input type="text"/>	36	<input type="text"/>
17	<input type="text"/>	37	<input type="text"/>
18	<input type="text"/>	38	<input type="text"/>
19	<input type="text"/>	39	<input type="text"/>
20	<input type="text"/>	40	<input type="text"/>

Замена ошибочных ответов на задания с КРАТКИМ ОТВЕТОМ

<input type="text"/>	-	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	-	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	-	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Заполняется ответственным организатором в аудитории:

Количество заполненных полей  
«Замена ошибочных ответов»

Подпись ответственного организатора строго внутри окошка



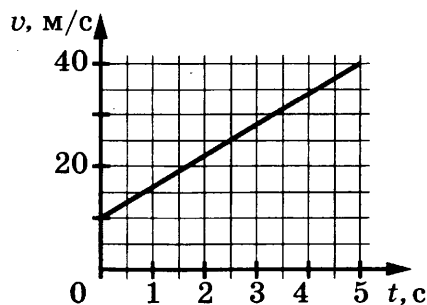


# ВАРИАНТ 1

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На графике приведена зависимость скорости тела от времени при прямолинейном движении. Определите ускорение тела.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

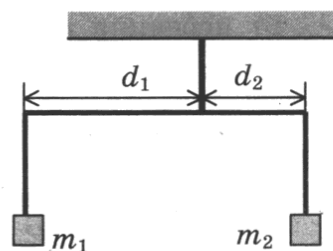
2. Деревянный брусок массой  $m = 0,2$  кг, площади граней которого связаны отношением  $S_1 : S_2 : S_3 = 1 : 2 : 3$ , скользит равномерно и прямолинейно под действием горизонтальной силы  $F = 0,3$  Н по горизонтальной шероховатой опоре, соприкасаясь с ней гранью площадью  $S_3$ . Каков коэффициент трения бруска об опору, если  $S_1 = 15$  см<sup>2</sup>?

Ответ: \_\_\_\_\_.

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

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

4. Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два тела (см. рисунок), находится в равновесии. При этом плечи коромысла равны  $d_1 = 10$  см,  $d_2 = 5$  см. Массу первого тела уменьшили в 2 раза. Какой длины нужно сделать плечо  $d_2$ , чтобы равновесие сохранилось? (Коромысло и нити считать невесомыми, масса второго тела не меняется.)



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

5. Из начала декартовой системы координат в момент времени  $t = 0$  тело (материальная точка) брошено под углом к горизонту. В таблице приведены результаты измерения координат  $x$  и  $y$  от времени наблюдения. Выберите **два** верных утверждения на основании данных, приведенных в таблице.

Время, с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Координата $x$ , м	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
Координата $y$ , м	0,35	0,6	0,75	0,8	0,75	0,6	0,35	0

- 1) Тело бросили со скоростью 5 м/с.
- 2) Тело поднялось на максимальную высоту, равную 1,2 м.
- 3) В момент времени  $t = 0,3$  с тело удалилось от начала системы координат на расстояние, большее 2 м.
- 4) Проекция скорости  $v_y$  в момент времени  $t = 0,2$  с равна 2 м/с.
- 5) Тело бросили под углом  $45^\circ$ .

Ответ: 

--	--

6. В результате перехода спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменятся в результате этого перехода скорость движения спутника по орбите и период обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Скорость движения спутника по орбите	Период обращения спутника вокруг Земли

7. Один конец легкой пружины жесткостью  $k$  прикреплен к бруску, а другой закреплен неподвижно. Брусок скользит по горизонтальной направляющей так, что его координата изменяется со временем по закону  $x(t) = A \sin \omega t$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их изменения во времени.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) потенциальная энергия пружины  $E_{п}(t)$   
 Б) проекция  $F_x(t)$  равнодействующей силы на ось  $x$

**ФОРМУЛЫ**

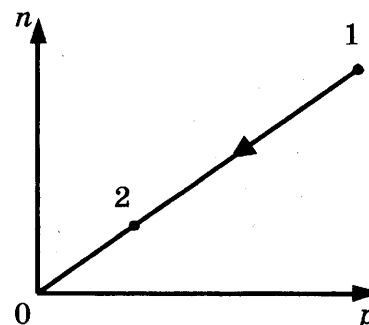
- 1)  $-kA \sin \omega t$
- 2)  $-kA^2 \sin^2 \omega t$
- 3)  $kA^2 \sin \omega t$
- 4)  $\frac{kA^2}{2} \sin^2 \omega t$

Ответ: 

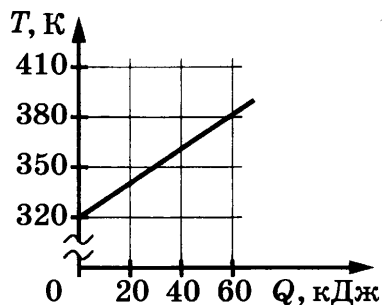
А	Б

8. При переводе постоянной массы идеального газа из состояния 1 в состояние 2 концентрация молекул  $n$  пропорциональна давлению  $p$  (см. рисунок). Чему равна температура газа в состоянии 2, если начальная температура равна 600 К, а  $\frac{p_2}{p_1} = 3$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

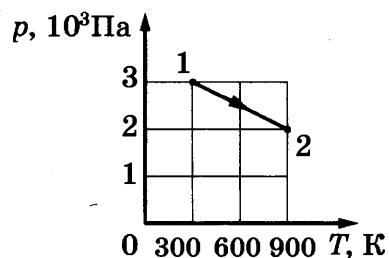


9. На рисунке изображен график зависимости температуры тела от подводимого к нему количества теплоты. Удельная теплоемкость вещества этого тела равна  $500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ . Чему равна масса тела?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

10. На рисунке показан график зависимости давления одноатомного идеального газа от температуры при постоянной массе. В состоянии 1 внутренняя энергия газа равна  $1,5 \text{ кДж}$ . Чему равна внутренняя энергия газа в состоянии 2?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

11. Твердое вещество медленно нагревалось в плавильной печи с постоянной мощностью. В таблице приведены результаты измерений температуры вещества с течением времени.

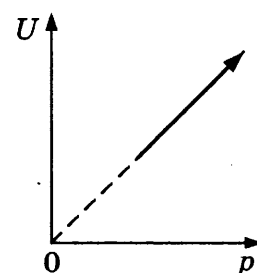
Время, мин	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °C	305	314	323	327	327	327	329	334

Выберите из предложенного перечня *два* утверждения, которые соответствуют результатам проведенного экспериментального исследования, и укажите их номера.

- 1) Температура плавления вещества в данных условиях равна  $329 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- 2) Через 18 мин после начала измерений вещество находилось и в жидком и в твердом состоянии.
- 3) Теплоемкость вещества в жидком и твердом состояниях одинакова.
- 4) Через 30 мин после начала измерений вещество находилось только в твердом состоянии.
- 5) Процесс плавления вещества продолжался менее 25 минут.

Ответ:

12. На рисунке показан процесс изменения состояния одного моля одноатомного идеального газа ( $U$  — внутренняя энергия газа;  $p$  — его давление). Как изменятся в ходе этого процесса объем и теплоемкость газа? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



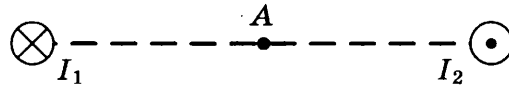
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Объем газа	Теплоемкость газа

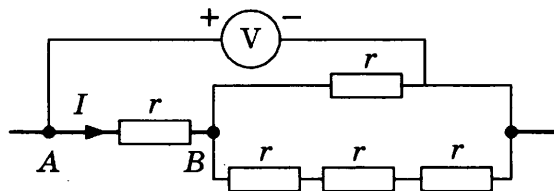


13. Магнитное поле создано в точке  $A$  двумя параллельными длинными проводниками с токами  $I_1$  и  $I_2$ , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа. Как направлен (вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя) вектор индукции магнитного поля  $\vec{B}$  в точке  $A$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_ .

14. Пять одинаковых резисторов с сопротивлением  $r = 0,5$  Ом соединены в электрическую цепь, схема которой представлена на рисунке. По участку  $AB$  идет ток  $I = 2$  А. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?

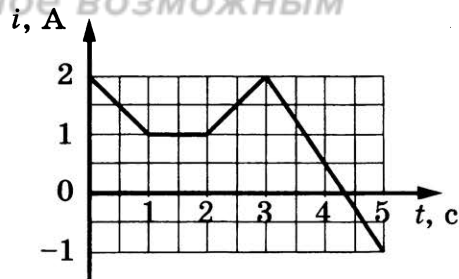
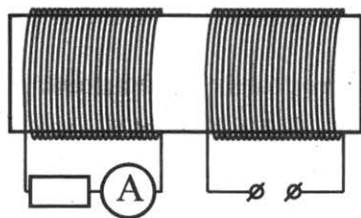


Ответ: \_\_\_\_\_ В.

15. Определите энергию магнитного поля катушки индуктивностью  $2 \cdot 10^{-4}$  Гн при силе тока в ней 3 А.

Ответ: \_\_\_\_\_ мДж.

16. На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведенному графику. На основании этого графика выберите **два** верных утверждения. Явлением самоиндукции пренебречь.



- 1) В промежутке между 1 с и 2 с показания амперметра были равны 0.
- 2) В промежутках 0–1 с и 2–3 с направления тока в левой катушке были одинаковы.
- 3) В промежутке между 1 с и 2 с индукция магнитного поля в сердечнике была равна 0.
- 4) Все время измерений сила тока через амперметр была отлична от 0.
- 5) В промежутках 0–1 с и 2–3 с сила тока в левой катушке была одинаковой.

Ответ:

17. Стеклолинзу (показатель преломления стекла  $n_{\text{стекла}} = 1,54$ ), показанную на рисунке, перенесли из воздуха ( $n_{\text{воздуха}} = 1$ ) в воду ( $n_{\text{воды}} = 1,33$ ). Как изменились при этом фокусное расстояние и оптическая сила линзы?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

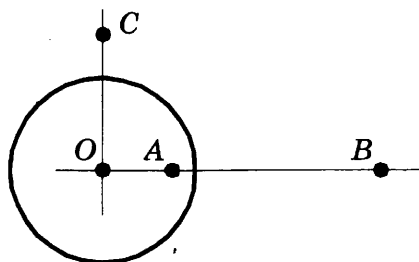
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась



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

Фокусное расстояние	Оптическая сила

18. На неподвижном проводящем уединенном шарике радиусом  $R$  находится заряд  $Q$ . Точка  $O$  — центр шарика,  $OA = \frac{3R}{4}$ ,  $OB = 3R$ ,  $OC = \frac{3R}{2}$ . Модуль напряженности электростатического поля заряда  $Q$  в точке  $C$  равен  $E_C$ . Чему равен модуль напряженности электростатического поля заряда  $Q$  в точке  $A$  и точке  $B$ ?



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) модуль напряженности электростатического поля заряда  $Q$  в точке  $A$   
 Б) модуль напряженности электростатического поля заряда  $Q$  в точке  $B$

**ИХ ЗНАЧЕНИЯ**

- 1) 0  
 2)  $4E_C$   
 3)  $\frac{E_C}{2}$   
 4)  $\frac{E_C}{4}$

Ответ:

А	Б

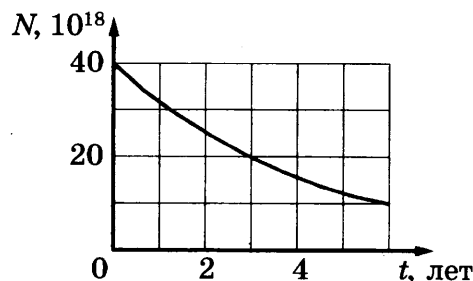
19. Какое количество нейтронов и электронов содержит нейтральный атом  ${}^{60}_{27}\text{Co}$ ?

Ответ:

Число нейтронов	Число электронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер натрия  ${}^{22}_{11}\text{Na}$  от времени. Чему равен период полураспада этого изотопа натрия?



Ответ: \_\_\_\_\_ лет (года).

21. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\nu$  — частота фотона,  $h$  — постоянная Планка,  $p$  — импульс фотона). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) длина волны фотона  
Б) энергия фотона

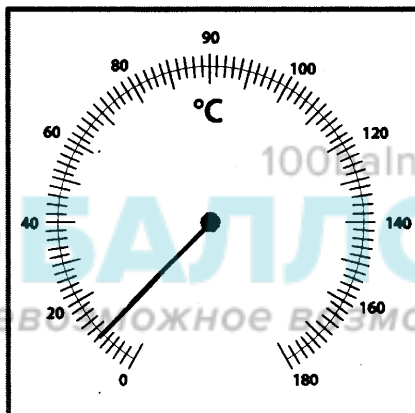
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{p}{h}$   
2)  $\frac{h}{p}$   
3)  $h\nu$   
4)  $\frac{\nu}{h}$

Ответ:

А	Б

22. Чему равна температура на улице, если погрешность измерения температуры равна цене деления термометра?



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) °С.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Для проведения лабораторной работы по обнаружению зависимости сопротивления проводника от его диаметра ученику выдали 5 разных проводников, характеристики которых приведены в таблице. Какие **два** проводника ученик должен выбрать для проведения этой лабораторной работы?

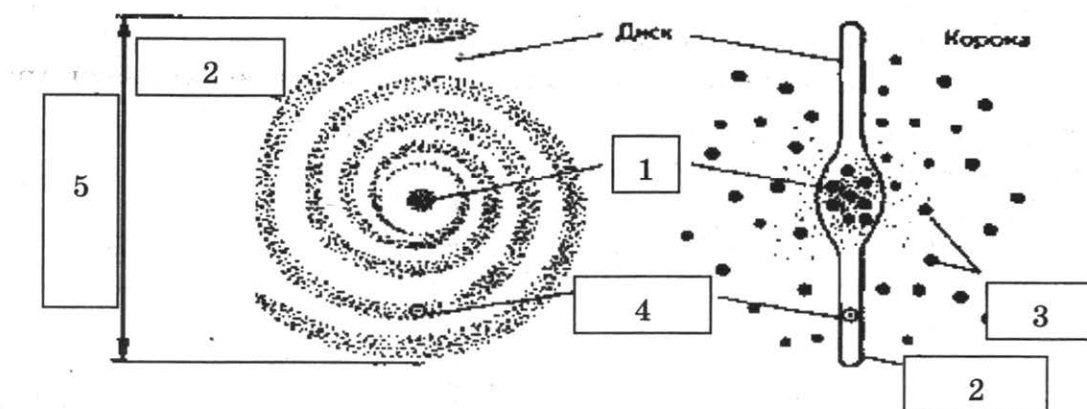
№ проводника	Длина проводника	Диаметр проводника	Материал
1	5 м	1,0 мм	Сталь
2	1 м	0,5 мм	Сталь
3	2 м	1,0 мм	Медь
4	1 м	1,0 мм	Сталь
5	1 м	0,5 мм	Алюминий

Запишите в ответ номера выбранных проводников.

Ответ: 

--	--

24. Рассмотрите схему строения спиральной Галактики (виды плашмя и с ребра).



Выберите *все верные* утверждения, которые соответствуют элементам, обозначенным цифрами 1–5.

- 1) Цифра 1 — ядро Галактики.
- 2) Цифра 2 — скопления белых карликов на краю Галактики.
- 3) Цифра 3 — шаровые скопления.
- 4) Цифра 4 — положение созвездия Телец в спиральном рукаве.
- 5) Цифра 5 — диаметр Галактики примерно 10 000 световых лет.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

## Часть 2

100balnik.com

Для записи ответов на задания 25–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

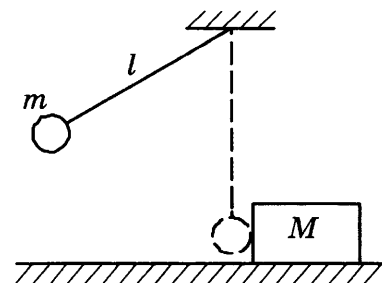
25. В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают выдвигать из сосуда, при этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно содержать 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.

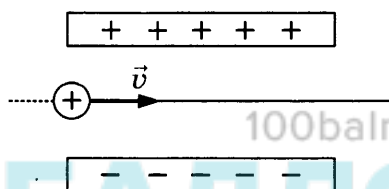
26. Смещение груза пружинного маятника меняется с течением времени по закону  $x = A \sin \frac{2\pi}{T} t$ , где период  $T = 1$  с. Через какое минимальное время, начиная с момента  $t = 0$ , потенциальная энергия маятника достигнет половины своего максимума?
27. В двух идеальных колебательных контурах с одинаковой индуктивностью происходят свободные электромагнитные колебания, причем период колебаний в первом контуре  $9 \cdot 10^{-8}$  с, во втором  $3 \cdot 10^{-8}$  с. Во сколько раз амплитудное значение силы тока во втором контуре больше, чем в первом, если максимальный заряд конденсаторов в обоих случаях одинаков?
28. Когда на металлическую пластину падает электромагнитное излучение с длиной волны  $\lambda$ , максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 4,5 эВ. Если длина волны падающего излучения равна  $2\lambda$ , то максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 1 эВ. Чему равна работа выхода электронов из металла?



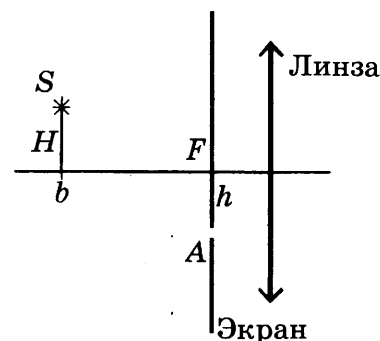
29. Маленький шарик массой  $m = 0,3$  кг подвешен на легкой нерастяжимой нити длиной  $l = 0,9$  м, которая разрывается при силе натяжения  $T_0 = 6$  Н. Шарик отведен от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит положение равновесия, нить обрывается, и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском массой  $M = 1,5$  кг, лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Какова скорость  $u$  бруска после удара? Считать, что брусок после удара движется поступательно.



30. Сосуд объемом 10 л содержит смесь водорода и гелия общей массой 2 г при температуре  $27^\circ\text{C}$  и давлении 200 кПа. Каково отношение массы водорода к массе гелия в смеси?
31. Протон влетает в электрическое поле конденсатора параллельно его пластинам в точке, находящейся посередине между его пластинами (см. рисунок). Минимальная скорость  $v$ , с которой протон должен влететь в конденсатор, чтобы затем вылететь из него, равна 350 км/с. Длина пластин конденсатора 5 см, напряженность электрического поля конденсатора 5200 В/м. Каково расстояние между пластинами конденсатора? Поле внутри конденсатора считать однородным, силой тяжести пренебречь.



32. Главная оптическая ось тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 20$  см и точечный источник света  $S$  находятся в плоскости рисунка. Точка  $S$  находится на расстоянии  $b = 70$  см от плоскости линзы и на расстоянии  $H = 5$  см от ее главной оптической оси. В левой фокальной плоскости линзы лежит тонкий непрозрачный экран с малым отверстием  $A$ , находящимся в плоскости рисунка на расстоянии  $h = 4$  см от главной оптической оси линзы. На каком расстоянии  $x$  от плоскости линзы луч  $SA$  от точечного источника, пройдя через отверстие в экране и линзу, пересечет ее главную оптическую ось? Дифракцией света пренебречь. Постройте рисунок, показывающий ход луча через линзу.

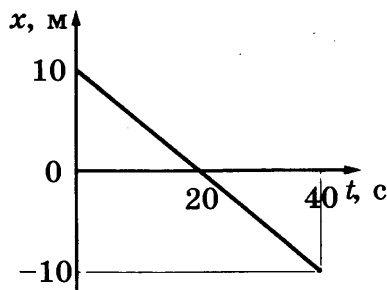


## ВАРИАНТ 2

### Часть 1

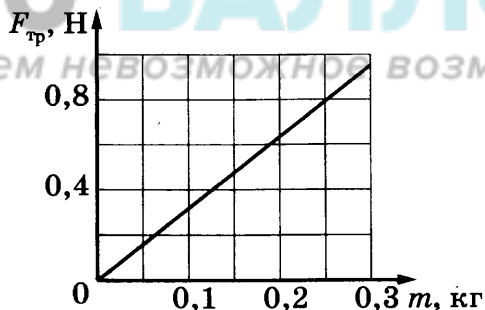
Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости координаты тела от времени при прямолинейном движении тела по оси  $Ox$ . Чему равна  $v_x$  проекция скорости тела на ось  $Ox$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

2. При исследовании зависимости силы трения скольжения  $F_{\text{тр}}$  деревянного бруска по горизонтальной поверхности стола от массы  $m$  бруска получен график, представленный на рисунке. Чему равен коэффициент трения в этом исследовании?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

3. Шарик на длинной легкой нерастяжимой нити совершает колебания. Максимальная потенциальная энергия шарика в поле тяжести, если считать ее равной нулю в положении равновесия, равна 0,8 Дж. Максимальная скорость шарика в процессе колебаний равна 2 м/с. Какова масса шарика? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

4. Пружинный маятник совершает незатухающие колебания с периодом 0,5 с. В момент времени  $t = 0$  отклонение груза маятника от положения равновесия максимально. Сколько раз кинетическая энергия маятника достигнет своего максимального значения к моменту времени 2 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ раз (раза).

5. Небольшой свинцовый брусок массой  $m_1 = 100$  г покоится на гладкой горизонтальной поверхности. На него налетает пластилиновый шарик массой  $m_2 = 200$  г, скользящий по поверхности со скоростью 3 м/с. В результате тела слипаются и движутся как единое целое. Выберите **два** верных утверждения о результатах этого опыта.

- 1) Скорость тел после соударения равна 2 м/с.
- 2) Кинетическая энергия свинцового бруска после соударения равна 0,1 Дж.
- 3) Общая кинетическая энергия системы тел «брусок+шарик» не изменилась.
- 4) В результате соударения выделилось количество теплоты, равное 0,3 Дж.
- 5) Импульс налетающего шарика изменился на 0,5 кг · м/с.

Ответ:

6. На поверхности воды плавает деревянный брусок. Как изменятся масса вытесненной воды и действующая на брусок сила Архимеда, если его заменить бруском той же плотности и той же массы, но меньшей высоты?

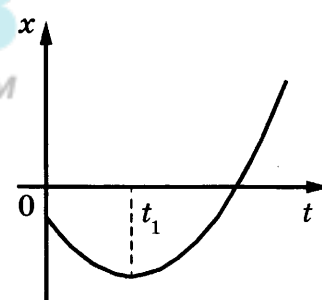
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

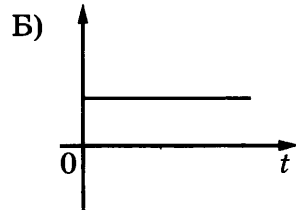
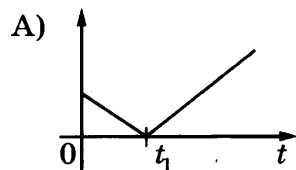
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Масса вытесненной воды	Сила Архимеда
	100balnik.com

7. На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$  (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени  $t$ . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



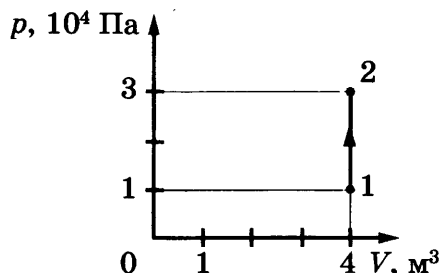
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция импульса тела на ось  $Ox$
- 2) модуль скорости тела
- 3) проекция ускорения тела на ось  $Ox$
- 4) кинетическая энергия тела

Ответ: 

А	Б
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. На рисунке изображено изменение состояния постоянной массы разреженного аргона. Температура газа в состоянии 1 равна  $27^\circ\text{C}$ . Какая температура соответствует состоянию 2?

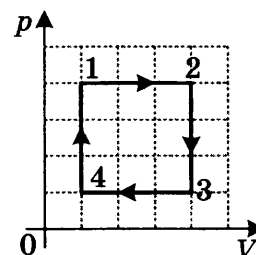


Ответ: \_\_\_\_\_ К.

9. Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна  $30\%$ . Какой будет относительная влажность, если перемещением поршня объем сосуда при неизменной температуре уменьшить в 3 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

10. Чему равна работа, совершенная 2 моль идеального газа в процессе 1–2–3–4, показанном на рисунке, если в состоянии 1 давление равно  $80\text{ кПа}$ , а объем  $1\text{ л}$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

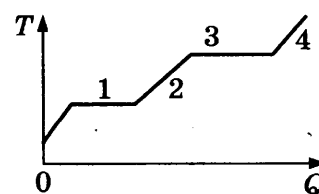
11. При изучении процессов, происходящих с газом, ученик занес в таблицу результаты измерения температуры и давления одного и того же количества газа в различных равновесных состояниях. Какие **два** из утверждений, приведенных ниже, соответствуют результатам этих опытов? Газ считать идеальным.

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7
$p$ , кПа	100	90	75	50	55	75	100
$t$ , $^\circ\text{C}$	27	27	27	27	57	177	327

- 1) Объем газа в состоянии 4 в 1,5 раза больше объема газа в состоянии 3.
- 2) В опытах 1 и 7 объем газа одинаковый.
- 3) Внутренняя энергия газа в опыте 2 равна внутренней энергии газа в опыте 1.
- 4) При переходе от состояния 6 к состоянию 7 газ отдавал тепло.
- 5) При переходе от состояния 4 к состоянию 5 внешние силы совершали работу по сжатию газа.

Ответ:

12. В цилиндре под поршнем находится твердое вещество. Цилиндр поместили в раскаленную печь. На рисунке показан график изменения температуры  $T$  вещества по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Какие участки графика соответствуют нагреванию вещества в газообразном состоянии и кипению жидкости? Установите соответствие между тепловыми процессами и участками графика.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

УЧАСТКИ ГРАФИКА

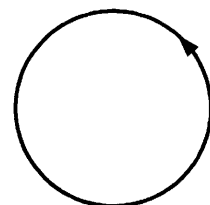
- А) нагревание вещества в газообразном состоянии
- Б) кипение жидкости

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

Ответ: 

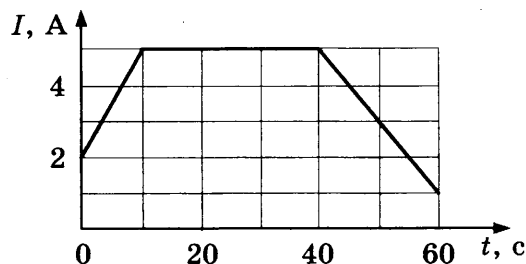
А	Б

13. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в плоскости чертежа. Как направлен (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) в центре витка вектор индукции магнитного поля, созданного током, протекающим по витку? Ответ запишите словом (словами).



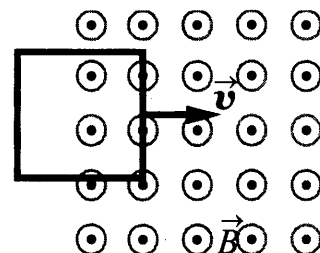
Ответ: \_\_\_\_\_ .

14. На графике показана зависимость силы тока в проводнике от времени. Определите заряд, прошедший через проводник за  $\Delta t = 60$  с с момента начала отсчета времени.



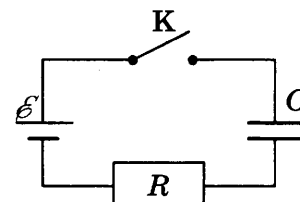
Ответ: \_\_\_\_\_ Кл.

15. В некоторой области пространства создано однородное магнитное поле (см. рисунок). Квадратная металлическая рамка движется через границу этой области с постоянной скоростью  $\vec{v}$ , направленной вдоль плоскости рамки и перпендикулярно вектору магнитной индукции  $\vec{B}$ . ЭДС индукции, генерируемая при этом в рамке, равна  $\mathcal{E} = 6$  мВ. Какой станет ЭДС, если рамка будет двигаться со скоростью  $\frac{\vec{v}}{4}$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ мВ.

16. Конденсатор подключен к источнику тока последовательно с резистором  $R = 30$  кОм (см. рис.). В момент времени  $t = 0$  ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью  $\pm 1$  мкА, представлены в таблице. Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.



$t, \text{с}$	0	1	2	3	4	5	6
$I, \text{мкА}$	200	80	20	10	3	1	0

Выберите *два* верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

- 1) Ток через резистор в процессе наблюдения увеличивается.
- 2) Через 6 с после замыкания ключа конденсатор полностью зарядился.
- 3) Напряжение на конденсаторе в момент времени 6 с равно 6 В.
- 4) В момент времени  $t = 4$  с напряжение на резисторе равно 0,3 В.
- 5) В момент времени  $t = 3$  с напряжение на конденсаторе равно 4,2 В.

Ответ: 

--	--

17. Участок цепи состоит из двух последовательно соединенных цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно  $R$ , а второго  $2R$ . Как изменится общее сопротивление этого участка и тепловая мощность, выделяемая на первом проводнике, если удельное сопротивление и площадь поперечного сечения первого проводника увеличить вдвое, а длину первого проводника и напряжение на концах участка оставить без изменения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Общее сопротивление участка цепи	Тепловая мощность на первом проводнике

18. Медный проводник с сопротивлением  $R$  согнули так, что получился замкнутый контур, имеющий форму квадрата площадью  $S$ . Контур поместили в магнитное поле, вектор магнитной индукции которого направлен перпендикулярно плоскости контура. Магнитное поле равномерно убывает от величины  $B_0$  до 0 за время  $t$ . Чему равны ЭДС индукции, возникающей при этом в контуре, и протекший через него заряд?

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) ЭДС индукции
- Б) заряд, протекший через контур

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{2B_0 S}{R}$
- 2)  $\frac{B_0 S}{R}$
- 3)  $\frac{B_0 S}{R} t$
- 4)  $\frac{B_0 S}{t}$

Ответ:

А	Б

19. Чему равны массовое число и число протонов ядра  $X$  в реакции  ${}_{95}^{241}\text{Am} + {}_2^4\text{He} \rightarrow X + 2{}_0^1n$ ?

Ответ:

Массовое число	Число протонов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Период полураспада некоторого радиоактивного изотопа йода составляет 8 суток. Определите промежуток времени, в течение которого изначально большое число ядер этого изотопа уменьшится в 16 раз.

Ответ: за \_\_\_\_\_ сут.

21. В опытах по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода 3,0 эВ и стали освещать ее светом частотой  $9 \cdot 10^{14}$  Гц. Затем интенсивность падающей на пластину световой волны увеличили в 2 раза, оставив неизменной ее частоту. Как изменятся при этом максимальная скорость фотоэлектронов и их количество?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Максимальная скорость фотоэлектронов	Количество фотоэлектронов

22. Чему равно напряжение, которое показывает вольтметр, если погрешность измерения напряжения равна половине цены деления вольтметра?



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) В.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить оптическую силу линзы. Для этого школьник взял линзу и небольшую лампочку. Какие **два** предмета из приведенного ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) призма
- 2) экран
- 3) секундомер
- 4) линейка
- 5) дифракционная решетка

В ответ запишите номера выбранных предметов.

Ответ:

24. Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых спутников планет Солнечной системы.

Название спутника	Радиус спутника, км	Радиус орбиты, тыс. км	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	Вторая космическая скорость, м/с	Планета
Луна	1737	384,4	3,35	2038	Земля
Фобос	~12	9,38	2,20	11	Марс
Ио	1815	422,6	3,57	2560	Юпитер
Европа	1569	670,9	2,97	2040	Юпитер
Каллисто	2400	1883	1,86	2420	Юпитер
Титан	2575	1221,9	1,88	2640	Сатурн
Оберон	761	587,0	1,50	770	Уран
Тритон	1350	355,0	2,08	1450	Нептун

Выберите *все верные* утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

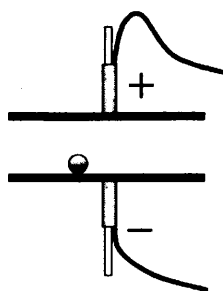
- 1) Масса Луны больше массы Ио.
- 2) Ускорение свободного падения на Тритоне примерно равно  $0,79 \text{ м/с}^2$ .
- 3) Сила притяжения Ио к Юпитеру больше, чем сила притяжения Европы.
- 4) Первая космическая скорость для Фобоса составляет примерно  $0,08 \text{ км/с}$ .
- 5) Период обращения Каллисто больше периода обращения Европы вокруг Юпитера.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

## Часть 2

Для записи ответов на задания 25–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

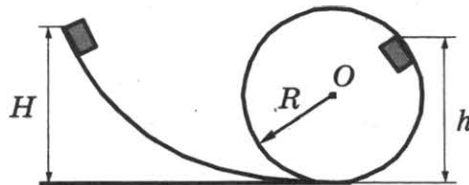
25. На одну из двух близко расположенных горизонтальных металлических пластин, укрепленных на изолирующих подставках, положили металлический шарик (см. рисунок). Когда пластины подсоединили к клеммам высоковольтного выпрямителя, подав на них заряды разных знаков, шарик пришел в движение. Опираясь на законы электростатики и механики, опишите и объясните движение шарика.



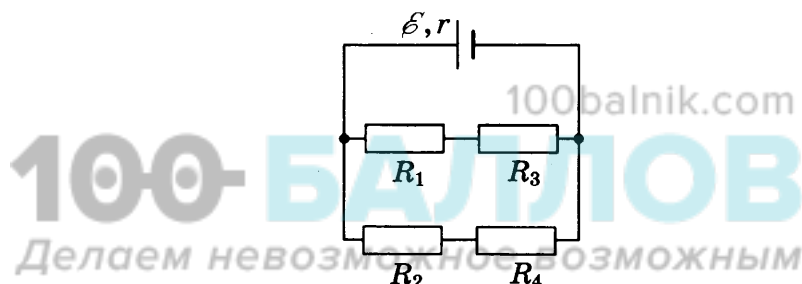
Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

26. Мяч брошен вертикально вверх с начальной скоростью  $20 \text{ м/с}$ . Чему равно перемещение мяча за  $3 \text{ с}$ , считая от момента броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.
27. В калориметре находятся в тепловом равновесии  $50 \text{ г}$  воды и  $5 \text{ г}$  льда. Какой должна быть минимальная масса болта, имеющего удельную теплоемкость  $500 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$  и температуру  $339 \text{ К}$ , чтобы после опускания его в калориметр весь лед растаял? Тепловыми потерями пренебречь.

28. Предмет находится на расстоянии  $d = 5$  см от тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 4$  см. Определите увеличение предмета, даваемое линзой.
29. Небольшой кубик массой  $m = 1$  кг начинает соскальзывать с высоты  $H = 3$  м по гладкой горке, переходящей в мертвую петлю (см. рисунок). Определите радиус петли  $R$ , если на высоте  $h = 2,5$  м от нижней точки петли кубик давит на ее стенку с силой  $F = 2,5$  Н. Сделайте рисунок с указанием сил, поясняющий решение.



30. Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является  $\nu$  моль идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В изохорном процессе температура газа понижается на  $\Delta T$ , а КПД тепловой машины равен  $\eta$ . Определите работу, совершенную газом в изотермическом процессе.
31. В схеме, изображенной на рисунке, сопротивления резисторов  $R_1 = 4$  Ом,  $R_2 = 6$  Ом,  $R_3 = 6$  Ом,  $R_4 = 9$  Ом, ЭДС батареи  $\mathcal{E} = 20$  В, ее внутреннее сопротивление  $r = 2$  Ом. Определите мощность, выделяемую на резисторе  $R_3$ .



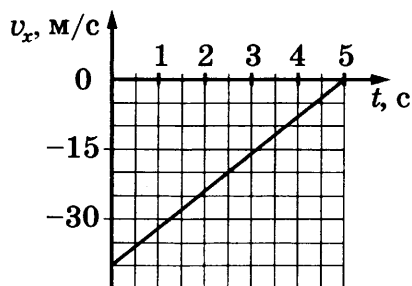
32. В открытый контейнер объемом 80 мл поместили изотоп полония-210  ${}^{210}_{84}\text{Po}$ . Затем контейнер герметично закрыли. Изотоп полония радиоактивен и претерпевает альфа-распад с периодом полураспада примерно 140 дней, превращаясь в стабильный изотоп свинца. Через 5 недель давление внутри контейнера составило  $1,3 \cdot 10^5$  Па. Какую массу полония первоначально поместили в контейнер? Температура внутри контейнера поддерживается постоянной и равна  $45^\circ\text{C}$ , атмосферное давление равно  $10^5$  Па.

# ВАРИАНТ 3

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На графике приведена зависимость проекции скорости тела от времени при прямолинейном движении по оси  $x$ . Определите проекцию ускорения тела на эту ось.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

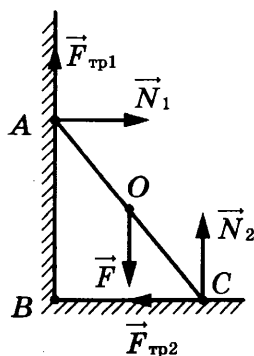
2. Во сколько раз масса Юпитера больше массы Земли, если сила притяжения Юпитера к Солнцу в 11,8 раза больше, чем сила притяжения Земли к Солнцу, а расстояние между Юпитером и Солнцем в 5,2 раза больше, чем расстояние между Солнцем и Землей? Считать, что обе планеты движутся вокруг Солнца по окружности. Ответ округлить до целых.

Ответ: больше в \_\_\_\_\_ раз (раза).

3. Снаряд вылетает из ствола пушки, закрепленной на железнодорожной платформе, вдоль рельсов под углом  $60^\circ$  к горизонту. Каким будет отношение  $\frac{v_c}{v_n}$  скоростей снаряда и платформы, с которыми они станут двигаться после выстрела, если отношение масс платформы с пушкой и снаряда равно  $\frac{m_n}{m_c} = 1000$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

4. На рисунке изображены силы, действующие на однородную доску, прислоненную к стене. Чему равен момент силы тяжести  $\vec{F}$  относительно оси, проходящей через точку  $B$  перпендикулярно плоскости рисунка? Масса доски 10 кг,  $BC = 1,2$  м,  $AC = 1,6$  м.



Ответ: \_\_\_\_\_ Н · м.



5. Небольшой груз, покоящийся на гладком горизонтальном столе, соединен пружиной со стенкой. Груз немного смещают от положения равновесия вдоль оси пружины и отпускают без начальной скорости, после чего он начинает колебаться, двигаясь вдоль оси пружины. В таблице приведены значения координаты груза  $x$  в различные моменты времени  $t$ . Выберите *два* верных утверждения о результатах этого опыта на основании данных, содержащихся в таблице. Погрешность измерения координаты равна 0,1 см, времени 0,1 с.

$t$ , с	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$x$ , см	2,0	1,4	0,0	-1,4	-2,0	-1,4	0,0

- 1) Период колебаний груза равен 2 с.
- 2) Частота колебаний груза равна 0,25 Гц.
- 3) В момент времени 1,0 с кинетическая энергия груза максимальна.
- 4) В момент времени 3,0 с ускорение груза максимально.
- 5) Модуль силы, с которой пружина действует на груз в момент времени 2,0 с, меньше, чем в момент времени 0,5 с.

Ответ:

6. Мальчик бросил стальной шарик вверх под углом к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, как меняются по мере приближения к Земле модуль ускорения шарика и модуль вертикальной составляющей его скорости?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Модуль ускорения шарика	Модуль вертикальной составляющей скорости шарика

7. Установите соответствие между зависимостью проекции скорости тела от времени (все величины выражены в СИ) и зависимостью координаты этого тела от времени.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

СКОРОСТЬ

- А)  $v_x = 3$
- Б)  $v_x = -2 + t$

КОординАТА

- 1)  $x = 5 - 3t$
- 2)  $x = 1 - 2t + 0,5t^2$
- 3)  $x = 2 + 3t$
- 4)  $x = 2t + t^2$

Ответ: 

А	Б

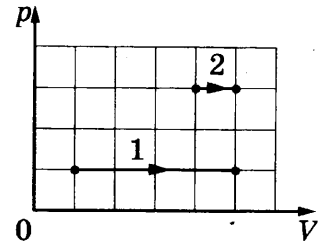
8. В результате охлаждения разреженного одноатомного газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул уменьшилась в 4 раза. Во сколько раз уменьшилась при этом абсолютная температура газа?

Ответ: уменьшилась в \_\_\_\_\_ раз (раза).

9. Относительная влажность воздуха в помещении равна 60%, температура воздуха 18 °С. Чему равно парциальное давление водяного пара в помещении, если давление насыщенных водяных паров при этой температуре равно 2 кПа?

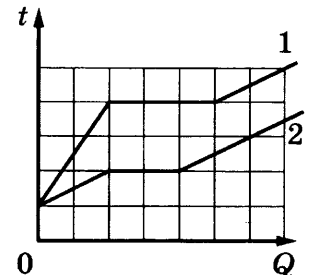
Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

10. На  $p$ - $V$ -диаграмме показаны два процесса, проведенные с одним и тем же количеством газообразного неона. Чему равно отношение работ  $\frac{A_2}{A_1}$ , совершенных газом в этих процессах?



Ответ: \_\_\_\_\_.

11. На рисунке представлены графики зависимости температуры  $t$  двух тел одинаковой массы от сообщенного им количества теплоты  $Q$ . Первоначально тела находились в твердом агрегатном состоянии. Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения и укажите их номера.



- 1) Оба тела имеют одинаковую удельную теплоту плавления.
- 2) Температура плавления первого тела в 1,5 раза больше, чем второго.
- 3) Тела имеют одинаковую удельную теплоемкость в твердом агрегатном состоянии.
- 4) Тела имеют одинаковую удельную теплоемкость в жидком агрегатном состоянии.
- 5) Удельная теплоемкость второго тела в твердом агрегатном состоянии в 3 раза больше, чем первого.

Ответ:

12. При исследовании изопроецессов использовался закрытый сосуд переменного объема, заполненный аргоном и соединенный с манометром. Объем сосуда медленно уменьшают, сохраняя температуру аргона в нем неизменной. Как изменятся при этом внутренняя энергия аргона в сосуде и концентрация его молекул?

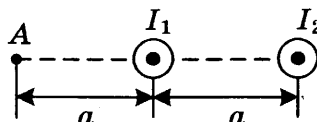
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

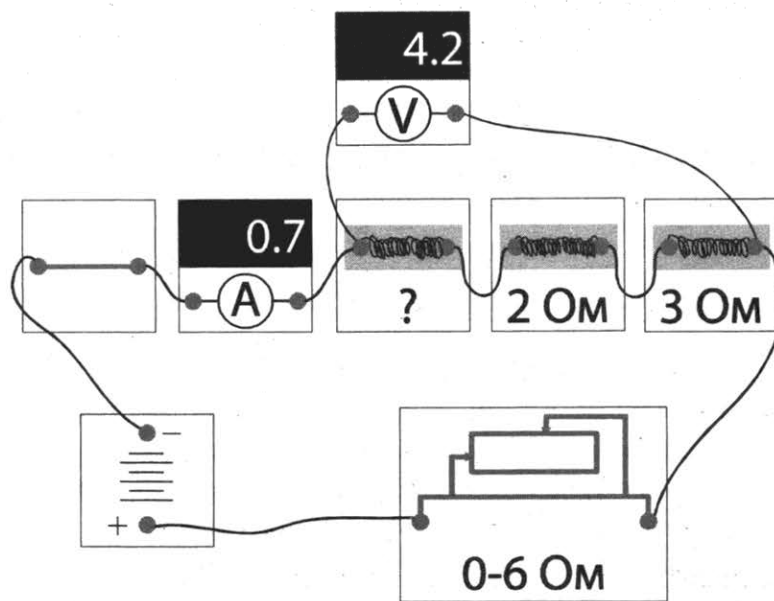
Внутренняя энергия аргона	Концентрация молекул аргона

13. Два параллельных длинных проводника с токами  $I_1$  и  $I_2 > I_1$  расположены перпендикулярно плоскости чертежа (см. рисунок). Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор  $\vec{B}$  индукции магнитного поля, создаваемого этими проводниками в точке  $A$ ? Ответ запишите словом (словами).



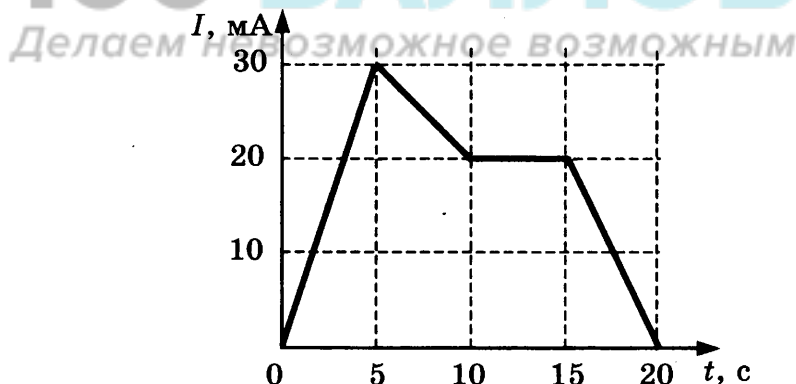
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. На рисунке представлена электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах, амперметра — в амперах. Чему равно сопротивление неизвестного резистора? Вольтметр и амперметр считать идеальными.



Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

15. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в электрической цепи, индуктивность которой 1 Гн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в интервале времени от 15 до 20 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ мВ.

16. Стекло́нную линзу (показатель преломления стекла  $n_{\text{стекла}} = 1,54$ ), показанную на рисунке, перенесли из воздуха ( $n_{\text{воздуха}} = 1$ ) в воду ( $n_{\text{воды}} = 1,33$ ). Выберите **два** верных утверждения о характере изменений, произошедших с линзой.

- 1) Линза из рассеивающей превратилась в собирающую.
- 2) Фокусное расстояние уменьшилось, оптическая сила увеличилась.
- 3) Линза из собирающей превратилась в рассеивающую.
- 4) Фокусное расстояние увеличилось, оптическая сила уменьшилась.
- 5) Линза осталась собирающей.

Ответ:

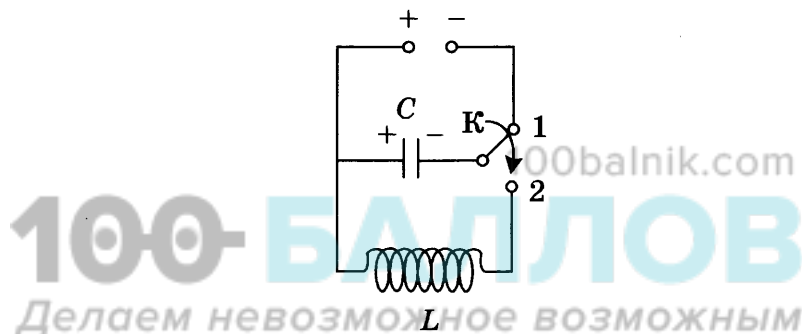
17. Плоский конденсатор с диэлектриком между пластинами подключен к аккумулятору. Не отключая конденсатор от аккумулятора, диэлектрик удалили из конденсатора. Как изменятся при этом емкость конденсатора и величина заряда на его обкладках? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Емкость конденсатора	Величина заряда на обкладках конденсатора

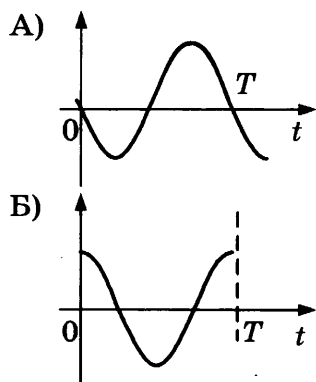
18. Конденсатор колебательного контура длительное время подключен к источнику постоянного напряжения (см. рис.). В момент времени  $t = 0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Приведенные ниже графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого ( $T$  — период электромагнитных колебаний в контуре).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) сила тока в катушке
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд на левой обкладке конденсатора

Ответ:

А	Б

19. В результате реакции синтеза  ${}^Y_Z X + {}^9_4\text{Be} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$  образуются ядро бора и нейтрон. Сколько протонов и нейтронов содержит неизвестное ядро  ${}^Y_Z X$ ?

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Образец радиоактивного радия находится в закрытом сосуде, из которого откачан воздух. Ядра радия испытывают  $\alpha$ -распад с периодом полураспада 11,4 суток. Определите число моль гелия в сосуде через 22,8 суток, если образец в момент помещения в сосуд содержал  $2,4 \cdot 10^{23}$  атомов радия.

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

21. При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй — только зеленый. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли запирающее напряжение. Как изменятся запирающее напряжение и работа выхода при переходе от первой серии опытов ко второй?

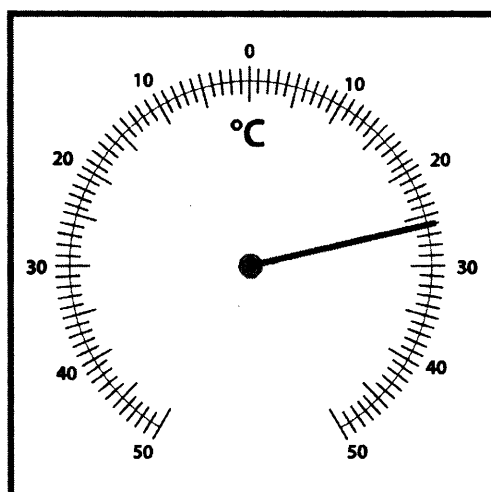
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Запирающее напряжение	Работа выхода

22. Чему равна температура в комнате согласно показаниям термометра? Погрешность измерения температуры равна цене деления термометра?



Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) °C.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Ученик изучает свойства пружинных маятников. В его распоряжении имеются маятники, параметры которых приведены в таблице.

Какие из маятников нужно использовать для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость периода колебаний маятника от жесткости пружины?

№ маятника	Жесткость пружины.	Объем сплошного груза	Материал, из которого сделан груз
1	10 Н/м	10 см <sup>3</sup>	Сталь
2	20 Н/м	50 см <sup>3</sup>	Сталь
3	10 Н/м	50 см <sup>3</sup>	Алюминий
4	40 Н/м	10 см <sup>3</sup>	Сталь
5	50 Н/м	80 см <sup>3</sup>	Дерево

В ответе запишите номера выбранных маятников.

Ответ:

24. Используя таблицу, содержащую сведения о ярких звездах, выполните задание.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Созвездие, в котором находится звезда
Капелла	5200	3	2,5	Возничий
Менкалинан (β Возничего А)	9350	2,7	2,4	Возничий
Денеб	8550	21	210	Лебедь
Садр	6500	12	255	Лебедь
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион
Ригель	11 200	40	138	Орион
Альдебаран	3500	5	45	Телец
Эльнат	14 000	5	4,2	Телец

Выберите *все верные* утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд.

- 1) Звезда Альдебаран является гигантом.
- 2) Звезды Альдебаран и Эльнат имеют одинаковую массу, значит, они относятся к одному и тому же спектральному классу.
- 3) Звезда Бетельгейзе относится к красным звездам спектрального класса М.
- 4) Звезды Альдебаран и Эльнат относятся к одному созвездию, значит, находятся на одинаковом расстоянии от Солнца.
- 5) Температура на поверхности Солнца больше, чем температура на поверхности звезды Капелла.

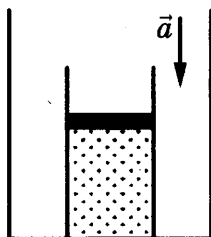
Ответ: \_\_\_\_\_ .



## Часть 2

Для записи ответов на задания 25–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

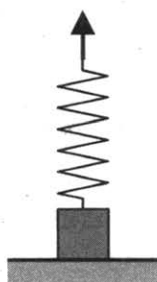
25. На полу неподвижного лифта стоит теплоизолированный сосуд, открытый сверху. В сосуде под тяжелым подвижным поршнем находится одноатомный идеальный газ. Поршень находится в равновесии. Лифт начинает равноускоренно опускаться вниз. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, объясните, куда сдвинется поршень относительно сосуда после начала движения лифта и как при этом изменится температура газа в сосуде. Трением между поршнем и стенками сосуда, а также утечкой газа из сосуда пренебречь.



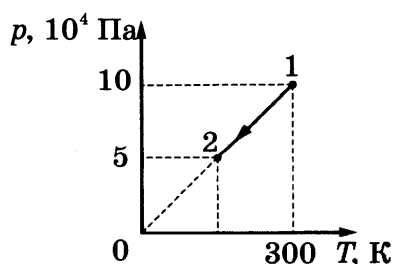
Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

100balnik.com

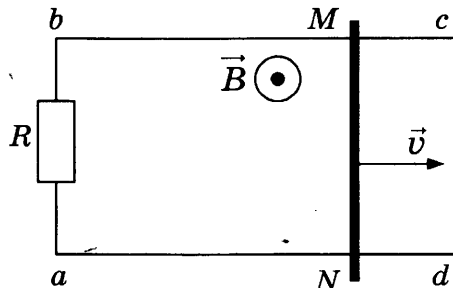
26. К бруску массой 0,4 кг, лежащему на горизонтальной поверхности стола, прикреплена пружина. Свободный конец пружины тянут медленно в вертикальном направлении (см. рисунок). Определите величину потенциальной энергии, запасенной в пружине к моменту отрыва бруска от поверхности стола, если пружина при этом растягивается на 2 см. Массой пружины пренебречь.



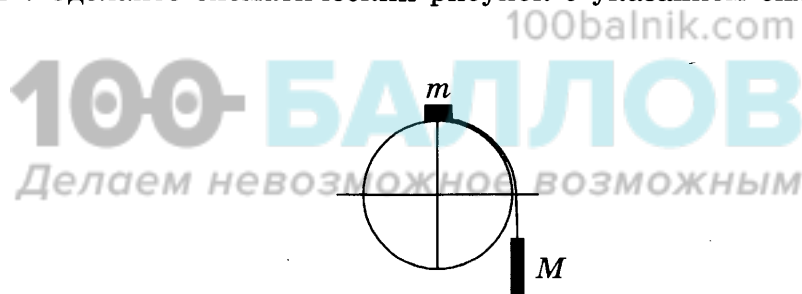
27. На рисунке изображен график изменения состояния одноатомного идеального газа в количестве 20 моль. Какая температура соответствует состоянию 2?



28. По параллельным проводникам  $bc$  и  $ad$ , находящимся в магнитном поле с индукцией  $B = 0,4$  Тл, скользит проводящий стержень  $MN$ , который находится в контакте с проводниками (см. рисунок). Расстояние между проводниками  $l = 20$  см. Слева проводники замкнуты резистором с сопротивлением  $R = 2$  Ом. Сопротивление стержня и проводников пренебрежимо мало. При движении стержня через резистор  $R$  протекает ток  $I = 40$  мА. С какой скоростью движется проводник? Считать, что вектор  $\vec{B}$  перпендикулярен плоскости рисунка.



29. Система из грузов  $m$  и  $M$  и связывающей их легкой нерастяжимой нити в начальный момент покоится в вертикальной плоскости, проходящей через центр закрепленной сферы. Груз  $m$  находится на вершине сферы (см. рисунок). В ходе возникшего движения груз  $m$  отрывается от поверхности сферы, пройдя по ней дугу  $30^\circ$ . Найдите массу  $M$ , если  $m = 100$  г. Размеры груза  $m$  ничтожно малы по сравнению с радиусом сферы. Трением пренебречь. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на грузы.



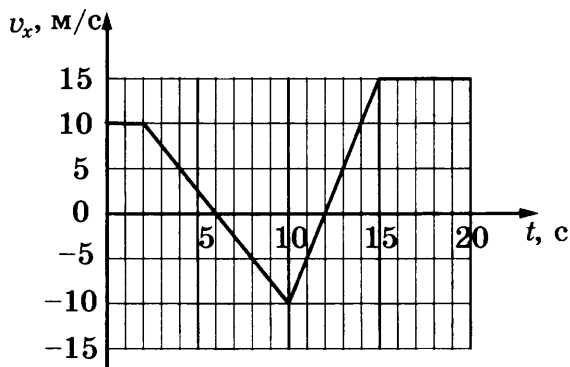
30. Давление влажного воздуха в сосуде под поршнем при температуре  $t = 100$  °С равно  $p_1 = 1,8 \cdot 10^5$  Па. Объем под поршнем изотермически уменьшили в  $k = 4$  раза. При этом давление в сосуде увеличилось в  $n = 3$  раза. Найдите относительную влажность  $\phi$  воздуха в первоначальном состоянии. Утечкой вещества из сосуда пренебречь.
31. Электрическая цепь состоит из источника тока и реостата. ЭДС источника  $\mathcal{E} = 6$  В. Максимальная мощность тока  $P_{\max}$ , выделяемая на реостате, достигается при промежуточном значении его сопротивления и равна 4,5 Вт. Чему равно внутреннее сопротивление источника?
32. Излучением лазера с длиной волны  $3,3 \cdot 10^{-7}$  м за время  $1,25 \cdot 10^4$  с был расплавлен лед массой 1 кг, взятый при температуре 0 °С, и полученная вода была нагрета на 100 °С. Сколько фотонов излучает лазер за 1 с? Считать, что 50% излучения поглощаются веществом.

# ВАРИАНТ 4

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени. Чему равна проекция ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 10 до 15 с?

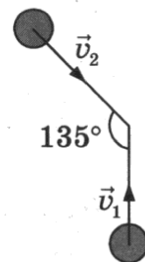


Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. У поверхности Земли на космонавта действует гравитационная сила 900 Н. Какая гравитационная сила действует со стороны Земли на того же космонавта в космическом корабле, который движется по круговой орбите на расстоянии двух радиусов Земли от земной поверхности?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

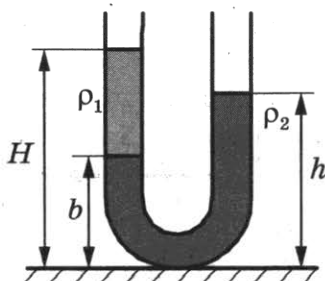
3. Одинаковые шары массой 0,4 кг каждый движутся со скоростями, показанными на рисунке, и при столкновении слипаются. Чему будет равен суммарный импульс шаров после столкновения, если  $v_1 = 4$  м/с,  $v_2 = \sqrt{2}v_1$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг · м/с.

4. В широкую U-образную трубку, расположенную вертикально, налиты жидкости плотностью  $\rho_1$  и  $\rho_2$  (см. рисунок). Жидкости не смешиваются. На рисунке  $b = 15$  см,  $h = 30$  см,

$H = 35$  см. Чему равно отношение плотностей  $\frac{\rho_1}{\rho_2}$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ .

5. Четыре тела одинаковой массы 100 г двигались вдоль оси  $Ox$ . В таблице представлены зависимости их координат от времени.

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5
$x_1, \text{ м}$	0	4	8	18	32	50
$x_2, \text{ м}$	2	2	2	2	2	2
$x_3, \text{ м}$	0	2	4	6	8	10
$x_4, \text{ м}$	0	2	0	-2	0	2

Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Первое тело двигалось равномерно.
- 2) Сумма сил, действующих на второе тело, равна нулю.
- 3) Скорость третьего тела равна 2 м/с.
- 4) Период колебаний четвертого тела равен 2 с.
- 5) В момент времени 3 с кинетическая энергия третьего тела была равна 0,4 Дж.

Ответ:

6. Шарик, брошенный от поверхности земли вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0$ , поднялся на высоту  $H$ , а затем упал обратно на землю. Что произойдет с ускорением шарика и его максимальной потенциальной энергией относительно земной поверхности, если уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь.

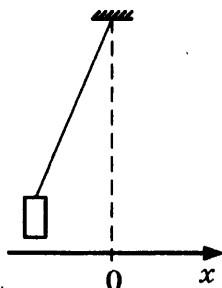
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

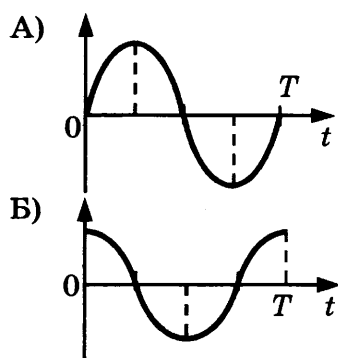
Ускорение шарика	Максимальная потенциальная энергия относительно земной поверхности

7. Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



Ответ:

А	Б

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) кинетическая энергия  $E_k$
- 2) координата  $x$
- 3) проекция импульса  $p_x$
- 4) проекция ускорения  $a_x$

8. Объем 1 моль водорода в сосуде при температуре  $T$  и давлении  $p$  равен 3 л. Чему равен объем 3 моль водорода при том же давлении и температуре  $2T$ ? (Водород считать идеальным газом.)

Ответ: \_\_\_\_\_ л.

9. Кусок металла с удельной теплоемкостью  $450 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$  нагрели от  $20^\circ\text{C}$  до  $60^\circ\text{C}$ , затратив количество теплоты, равное  $36 \text{ кДж}$ . Чему равна масса этого куска металла?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

10. Газ в цилиндре расширился, совершив работу  $150 \text{ Дж}$ . Внутренняя энергия газа при этом уменьшилась на  $30 \text{ Дж}$ . Какое количество теплоты газ получил от окружающих тел?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

11. В жестком закрытом сосуде находится влажный воздух при температуре  $16^\circ\text{C}$ . Плотность водяных паров в сосуде равна  $1,155 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$ . Воздух в сосуде нагревают до  $25^\circ\text{C}$ . Пользуясь таблицей зависимости плотности насыщенных паров воды от температуры, выберите **два** верных утверждения о результатах этого опыта.

$t, ^\circ\text{C}$	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\rho_{\text{нп}}, 10^{-2} \text{ кг/м}^3$	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

- 1) При температуре  $16^\circ\text{C}$  на стенках сосуда есть капельки росы.
- 2) Относительная влажность воздуха в сосуде при  $18^\circ\text{C}$  равна  $75\%$ .
- 3) При увеличении температуры относительная влажность воздуха в сосуде уменьшается.
- 4) Давление в сосуде остается постоянным.
- 5) Плотность водяного пара в сосуде при нагревании увеличивается.

Ответ: 

--	--

12. В ходе адиабатного процесса внутренняя энергия 1 моль разреженного гелия увеличивается. Как изменяются при этом температура гелия и его давление?

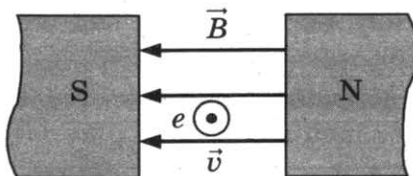
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Температура гелия	Давление гелия

13. Электрон  $e$  влетает в зазор между полюсами электромагнита со скоростью  $\vec{v}$ , направленной к наблюдателю перпендикулярно плоскости рисунка (см. рисунок, где кружок с точкой показывает направление движения электрона). Как направлена (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) действующая на него сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_ .

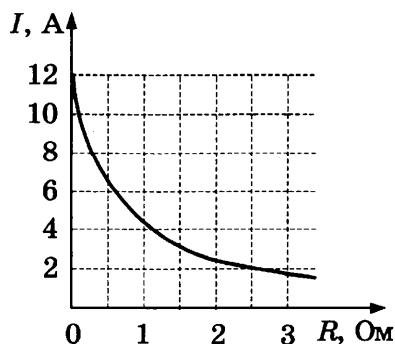
14. Заряженная пылинка массой  $m$  с зарядом  $q$  движется с ускорением  $a = 20 \text{ м/с}^2$  в однородном электрическом поле напряженностью  $\vec{E}$ . Каково ускорение пылинки массой  $2m$  с зарядом  $3q$  в том же поле? (Силой тяжести, действующей на пылинку, пренебречь.)

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

15. Индуктивность одного витка проволоки равна  $4 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$ . При какой силе тока магнитный поток через поперечное сечение катушки, сделанной из 5 витков, равен 20 мВб?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

16. К аккумулятору подключили реостат. На рисунке показан график изменения силы тока в реостате в зависимости от его сопротивления. Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.

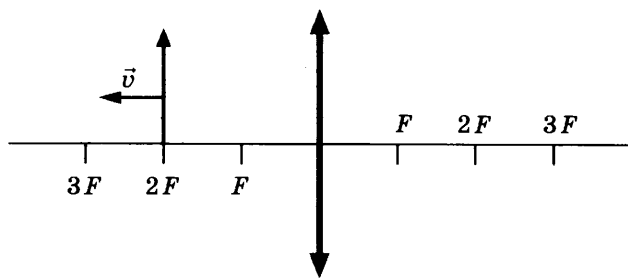


- 1) Внутреннее сопротивление аккумулятора равно 0,5 Ом.
- 2) ЭДС аккумулятора равна 12 В.
- 3) Мощность, выделяемая в реостате увеличивается при увеличении его сопротивления от 1 до 2 Ом.
- 4) Напряжение на реостате при силе тока 2 А равно 5 В.
- 5) Напряжение на источнике не зависит от силы тока через реостат.

Ответ:



17. Предмет, расположенный на двойном фокусном расстоянии от тонкой собирающей линзы, передвигают к тройному фокусу (см. рисунок). Как изменятся при этом расстояние от линзы до изображения предмета и размер изображения?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Расстояние от линзы до изображения	Размер изображения

18. Участок цепи постоянного тока содержит резистор. Установите соответствие между формулами для вычисления физических величин и названиями этих величин.

В формулах использованы обозначения:  $I$  — сила тока на участке цепи;  $U$  — напряжение на участке цепи,  $t$  — время протекания тока.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

ФОРМУЛЫ

- А)  $IU$
- Б)  $It$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) заряд, протекший через резистор
- 2) напряжение на резисторе
- 3) мощность тока, выделяющаяся на резисторе
- 4) сила тока через резистор

Ответ:

А	Б

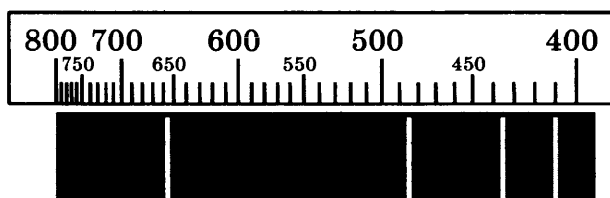
19. Ядро магния  ${}_{12}^{24}\text{Mg}$  захватило электрон. Определите число протонов и нейтронов в ядре, образовавшемся в результате такой реакции.

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. На рисунке представлен фрагмент спектра излучения атомарных паров водорода. Цифры на числовой оси — длины волн в нанометрах. Чему равна минимальная энергия фотонов на данном участке спектра? Ответ округлить до целого значения.



Ответ: \_\_\_\_\_  $\cdot 10^{-19}$  Дж.

21. В ядерном реакторе цепочка ядерных реакций начинается с захвата ядром быстрого нейтрона. Как изменятся при захвате нейтрона следующие характеристики ядра: заряд ядра и число нуклонов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Заряд ядра	Число нуклонов в ядре

22. С помощью амперметра проводились измерения силы тока на участке цепи. Шкала амперметра проградуирована в А. Погрешность измерений силы тока равна половине цены деления шкалы амперметра.



Запишите в ответ величину силы тока в цепи с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) А.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить ускорение тела, соскальзывающего с наклонной плоскости. Для этого школьник взял брусок и наклонную плоскость. Какие **два** предмета из приведенного ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) динамометр
- 2) пружина
- 3) секундомер
- 4) линейка
- 5) весы

В ответ запишите номера выбранных предметов.

Ответ:

24. Рассмотрите таблицу, содержащую некоторые характеристики планет Солнечной системы. Размеры и параметры орбит даны в сравнении с планетой Земля.

Имя	Диаметр	Масса	Орбитальный радиус (а.е.)	Период обращения (земных лет)	Период вращения (земных суток)
Меркурий	0,38	0,06	0,39	0,24	58,6
Венера	0,95	0,82	0,72	0,62	243
Земля	1	1	1	1	1
Марс	0,53	0,11	1,5	1/9	1
Юпитер	11,2	318	5,2	11,9	0,41
Сатурн	9,5	95,2	9,5	29,5	0,43
Уран	4	14,6	19,2	84	0,72
Нептун	3,9	17,2	30,1	165	0,67

Выберите *все верные* утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Средняя плотность Венеры меньше средней плотности Земли.
- 2) Центростремительное ускорение Юпитера при его вращении вокруг Солнца больше центростремительного ускорения Марса.
- 3) Первая космическая скорость для Нептуна меньше, чем для Урана.
- 4) Ускорение свободного падения на Меркурии составляет примерно  $4 \text{ м/с}^2$ .
- 5) Сила притяжения Сатурна к Солнцу больше, чем у Юпитера.

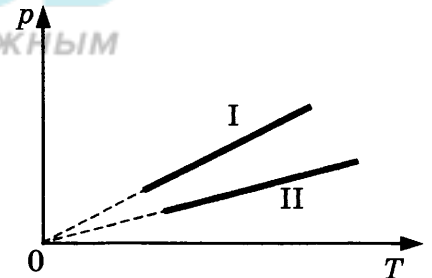
Ответ: \_\_\_\_\_.

## Часть 2

100balnik.com

Для записи ответов на задания 25–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

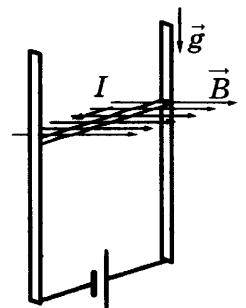
25. Две порции одного и того же идеального газа нагреваются в сосудах одинакового объема. Графики процессов представлены на рисунке. Почему изохора I лежит выше изохоры II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно содержать 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.

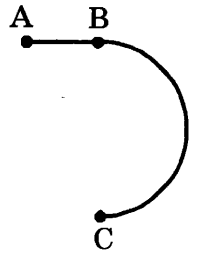
26. Снаряд, летящий со скоростью  $100 \text{ м/с}$ , разрывается на два осколка. Один из осколков летит под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению, а второй — под углом  $60^\circ$ . Какова масса снаряда до разрыва, если второй осколок массой  $1 \text{ кг}$  имеет скорость  $400 \text{ м/с}$ ? Массой взрывчатого вещества пренебречь.

27. В однородном магнитном поле по вертикальным направляющим без трения скользит прямой горизонтальный проводник массой  $0,2 \text{ кг}$ , по которому течет ток  $2 \text{ А}$ . Вектор магнитной индукции направлен горизонтально перпендикулярно проводнику (см. рисунок),  $B = 2 \text{ Тл}$ . Чему равна длина проводника, если известно, что ускорение проводника направлено вниз и равно  $2 \text{ м/с}^2$ ?



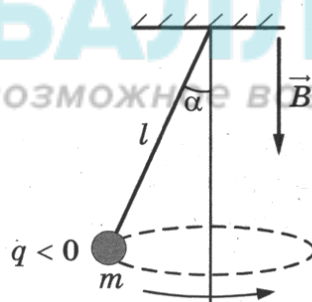
28. Предмет расположен на горизонтальной главной оптической оси тонкой собирающей линзы. Оптическая сила линзы  $D = 5$  дптр. Изображение предмета действительное, увеличение (отношение высоты изображения предмета к высоте самого предмета)  $k = 2$ . Найдите расстояние от изображения предмета до линзы.

29. Стартуя из точки А (см. рисунок), спортсмен движется равноускоренно до точки В, после которой модуль скорости спортсмена остается постоянным вплоть до точки С. Во сколько раз время, затраченное спортсменом на участок ВС, больше, чем на участок АВ, если модуль ускорения на обоих участках одинаков? Траектория ВС — полуокружность.



30. Два одинаковых теплоизолированных сосуда соединены короткой трубкой с краном. Объем каждого сосуда  $V = 1$  м<sup>3</sup>. В первом сосуде находится  $\nu_1 = 1$  моль гелия при температуре  $T_1 = 400$  К; во втором  $\nu_2 = 3$  моль аргона при температуре  $T_2$ . Кран открывают. После установления равновесного состояния давление в сосудах  $p = 5,4$  кПа. Определите первоначальную температуру аргона  $T_2$ .

31. В однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ , направленной вертикально вниз, равномерно вращается по окружности в горизонтальной плоскости против часовой стрелки отрицательно заряженный шарик массой  $m$ , подвешенный на нити длиной  $l$  (конический маятник). Угол отклонения нити от вертикали равен  $\alpha$ , скорость вращения шарика равна  $v$ . Найдите заряд шарика  $q$ . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шарик.



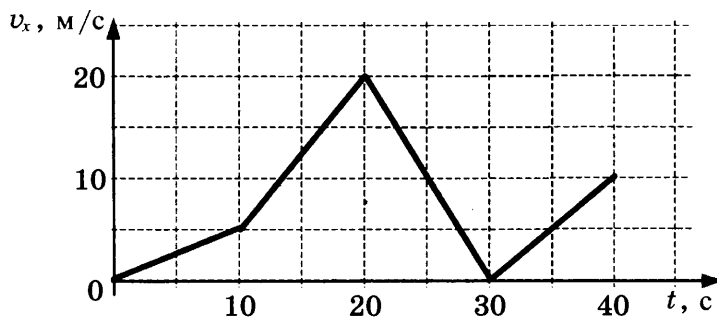
32. Фотокатод с работой выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж освещается монохроматическим светом. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $4 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружностям. Максимальный радиус такой окружности 10 мм. Какова частота  $\nu$  падающего света?

# ВАРИАНТ 5

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость его скорости от времени. Чему равен модуль ускорения автомобиля в промежуток времени от 10 с до 20 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. В инерциальной системе отсчета сила  $\vec{F}$  сообщает телу массой  $m$  ускорение, равное по модулю  $2 \text{ м/с}^2$ . Чему равен модуль ускорения тела массой  $\frac{m}{2}$  под действием силы  $2\vec{F}$  в этой системе отсчета?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

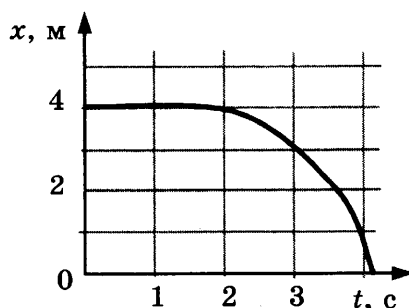
3. Охотник, стоящий на гладком льду, стреляет из ружья в горизонтальном направлении. Масса заряда  $0,04 \text{ кг}$ . Скорость дробинок при выстреле  $300 \text{ м/с}$ . Какова масса охотника, если его скорость после выстрела равна  $0,2 \text{ м/с}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

4. Бутылку с подсолнечным маслом, закрытую пробкой, перевернули. Определите силу, с которой действует масло на пробку площадью  $5 \text{ см}^2$ , если расстояние от уровня масла в сосуде до пробки равно  $20 \text{ см}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

5. Шарик катится по прямому желобу. Изменение координаты шарика с течением времени в инерциальной системе отсчета показано на графике. На основании этого графика выберите **два** верных утверждения о движении шарика.



- 1) Первые 2 с шарик покоился, а затем двигался с возрастающей скоростью.
- 2) На шарик действовала все увеличивающаяся сила.
- 3) Первые 2 с скорость шарика не менялась, а затем ее модуль постепенно уменьшался.
- 4) Путь, пройденный шариком за первые 3 с, равен 1 м.
- 5) Скорость шарика постоянно уменьшалась.

Ответ: 

--	--

6. В школьной лаборатории изучают свободные вертикальные колебания пружинного маятника при различных значениях массы маятника. Как изменятся период колебаний маятника и период изменения его потенциальной энергии, если увеличить массу маятника, не изменяя жесткость пружины? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Период колебаний	Период изменения потенциальной энергии

7. Шайба съезжает из состояния покоя с горки высотой  $H$ . Ускорение свободного падения равно  $g$ . У подножия горки кинетическая энергия шайбы равна  $E_k$ . Трение шайбы о горку пренебрежимо мало. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА**

- А) масса шайбы
- Б) модуль импульса шайбы у подножия горки

**ФОРМУЛА**

- 1)  $E_k \sqrt{\frac{2}{gH}}$
- 2)  $\frac{\sqrt{2E_k}}{gH}$
- 3)  $\sqrt{\frac{2E_k}{gH}}$
- 4)  $\frac{E_k}{gH}$

Ответ: 

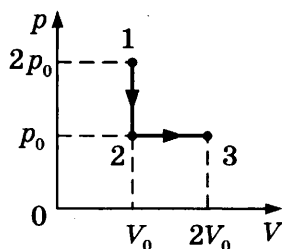
А	Б

8. При проведении опыта в сосуд закачивали воздух, одновременно охлаждая его. При этом температура воздуха в сосуде понизилась в 2 раза, а давление воздуха возросло в три раза. Во сколько раз увеличилась масса воздуха в сосуде?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз.



9. Газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на  $p$ - $V$ -диаграмме. Чему равна работа, совершенная газом в процессе 1-2-3, если  $p_0 = 80$  кПа,  $V_0 = 2$  л?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде с поршнем равна 40%. Какой станет относительная влажность, если объем сосуда за счет движения поршня при неизменной температуре уменьшить в 3 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

11. Горячая жидкость медленно охлаждалась в стакане. В таблице приведены результаты измерений ее температуры с течением времени.

Время, мин	0	2	4	6	8	10	12	14
Температура, °С	95	88	81	80	80	80	77	72

Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенного экспериментального исследования, и укажите их номера.

- 1) Температура кристаллизации жидкости в данных условиях равна 80 °С.
- 2) Через 7 мин после начала измерений в стакане находилось вещество только в твердом состоянии.
- 3) Через 4 мин после начала измерений в стакане находилось вещество как в жидком, так и в твердом состоянии.
- 4) Через 12 мин после начала измерений в стакане находилось вещество только в жидком состоянии.
- 5) Через 14 мин после начала измерений в стакане находилось вещество только в твердом состоянии.

Ответ:

12. Температуру холодильника теплового двигателя, работающего по циклу Карно, увеличили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД теплового двигателя и количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику?

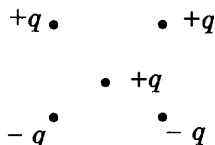
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

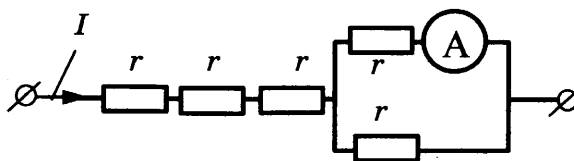
КПД теплового двигателя	Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл работы

13. Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) сила Кулона  $\vec{F}$ , действующая на положительный точечный заряд  $+q$ , помещенный в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды:  $+q, +q, -q, -q$  (см. рисунок)? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_ .

14. Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток  $I = 6$  А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.

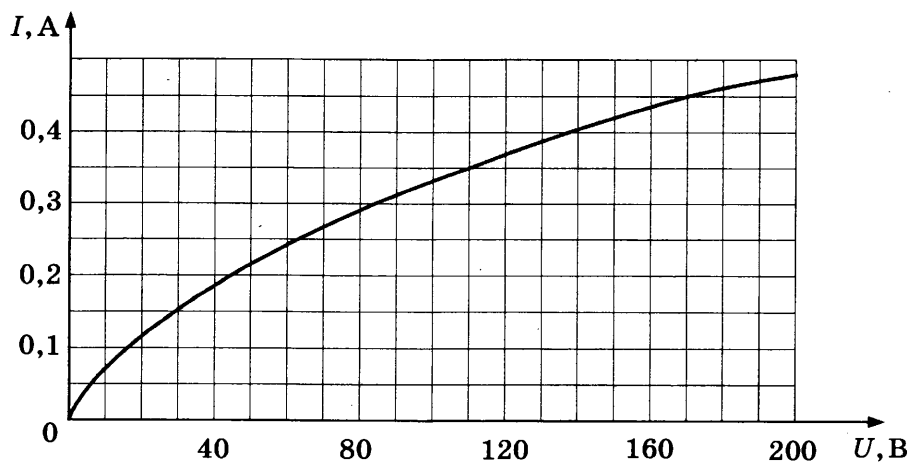


Ответ: \_\_\_\_\_ А.

15. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отраженным лучами равен  $60^\circ$ . Определите угол между отраженным лучом и зеркалом.

Ответ: \_\_\_\_\_  $^\circ$ .

16. На рисунке изображена зависимость силы тока через лампу накаливания от приложенного к ней напряжения. Выберите *два* верных утверждения, которые можно сделать, анализируя этот график.



- 1) Сопротивление лампы не зависит от приложенного напряжения.
- 2) Мощность, выделяемая в лампе при напряжении 110 В, равна 38,5 Вт.
- 3) Мощность, выделяемая в лампе при напряжении 170 В, равна 40 Вт.
- 4) Сопротивление лампы при силе тока в ней 0,15 А равно 200 Ом.
- 5) Сопротивление лампы при напряжении 100 В равно 400 Ом.

Ответ:

17. В прозрачном сосуде, заполненном водой, находится дифракционная решетка. Решетка освещается параллельным пучком монохроматического света, падающим перпендикулярно ее поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменится частота световой волны, падающей на решетку, и угол между падающим лучом и первым дифракционным максимумом при замене воды в сосуде прозрачной жидкостью с большим показателем преломления?

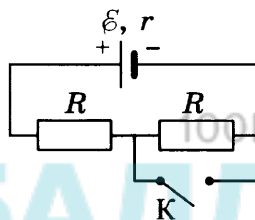
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота волны света, достигающего решетки	Угол между нормалью к решетке и первым дифракционным максимумом

18. На рисунке показана цепь постоянного тока. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\mathcal{E}$  — ЭДС источника напряжения;  $r$  — внутреннее сопротивление источника;  $R$  — сопротивление резистора).



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) напряжение на источнике при замкнутом ключе К
- Б) сила тока через источник при разомкнутом ключе К

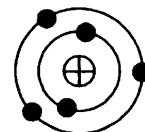
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{\mathcal{E}R}{R+r}$
- 2)  $\frac{2\mathcal{E}r}{2R+r}$
- 3)  $\frac{\mathcal{E}}{2R+r}$
- 4)  $\frac{\mathcal{E}}{R+r}$

Ответ:

А	Б

19. На рисунке изображена модель нейтрального атома. Масса атома равна 11 а.е.м. Сколько протонов и нейтронов содержит ядро данного атома?



Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Период полураспада изотопа натрия  $^{22}_{11}\text{Na}$  равен 2,6 года. Изначально было 208 г этого изотопа. Сколько его будет через 5,2 года?

Ответ: \_\_\_\_\_ г.

21. Для некоторых атомов характерной особенностью является возможность захвата атомным ядром одного из ближайших к нему электронов. Как изменяются при этом массовое число и заряд ядра?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Массовое число ядра	Заряд ядра

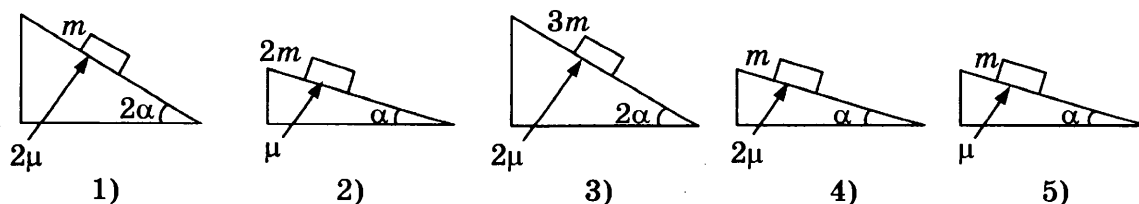
22. Для проведения опыта ученик налил воду в мензурку. Шкала мензурки проградуирована в миллилитрах (мл). Погрешность измерений объема равна цене деления шкалы мензурки. Чему равен объем налитой учеником воды?



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) мл.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Необходимо экспериментально изучить зависимость ускорения тела, скользящего по шероховатой наклонной плоскости, от коэффициента трения груза о плоскость. Какие *две* установки из изображенных ниже следует выбрать, чтобы провести такое исследование?



В ответ запишите номера выбранных установок.

Ответ:

24. Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых спутников планет Солнечной системы.

Название спутника	Радиус спутника, км	Радиус орбиты, тыс. км	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	Вторая космическая скорость, м/с	Планета
Луна	1737	384,4	3,35	2038	Земля
Фобос	~12	9,38	2,20	11	Марс
Ио	1815	422,6	3,57	2560	Юпитер
Европа	1569	670,9	2,97	2040	Юпитер
Каллисто	2400	1883	1,86	2420	Юпитер
Титан	2575	1221,9	1,88	2640	Сатурн
Оберон	761	587,0	1,50	770	Уран
Тритон	1350	355,0	2,08	1450	Нептун

Выберите *все верные* утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Ио находится дальше от поверхности Юпитера, чем Каллисто.
- 2) Объем Тритона почти в 2 раза меньше объема Титана.
- 3) Масса Титана больше массы Каллисто.
- 4) Ускорение свободного падения на Ио составляет примерно  $1,82 \text{ м/с}^2$ .
- 5) Первая космическая скорость для Европы примерно равна  $1,64 \text{ км/с}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

## Часть 2

100balnik.com

Для записи ответов на задания 25–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

Делаем невозможное возможным

25. Тонкая линза Л дает четкое действительное изображение предмета АВ на экране Э (рис. 1). Что произойдет с изображением предмета на экране, если верхнюю половину линзы закрыть куском черного картона К (рис. 2)? Постройте изображение предмета в обоих случаях. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

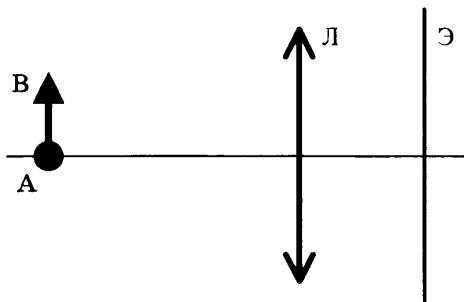


Рис. 1

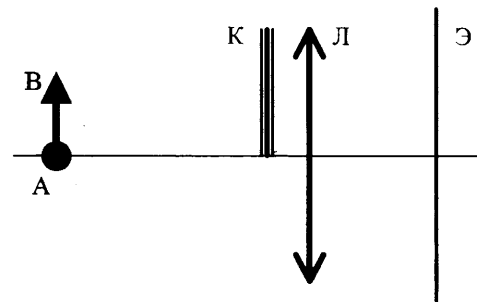


Рис. 2

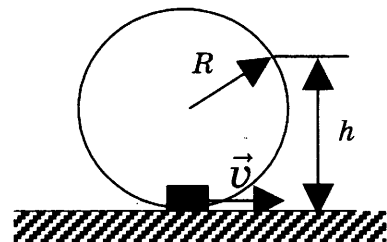
Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

26. Мальчик на санках скатился без трения с ледяной горки высотой 10 м и проехал по горизонтали до остановки 50 м. Сила трения при его движении по горизонтальной поверхности равна 80 Н. Чему равна общая масса мальчика с санками?

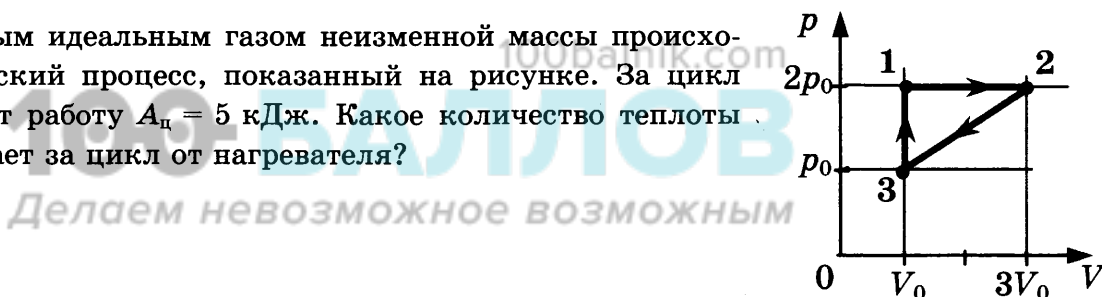
27. Цилиндрический сосуд разделен неподвижной теплоизолирующей перегородкой. В одной части сосуда находится кислород, в другой — водород, концентрации газов одинаковы. Давление кислорода в 4 раза меньше давления водорода. Чему равно отношение средней кинетической энергии молекул кислорода к средней кинетической энергии молекул водорода?

28. Чему равна сила Ампера, действующая на стальной прямой проводник с током длиной 10 см и площадью поперечного сечения  $2 \cdot 10^{-2} \text{ мм}^2$ , если напряжение на нем 3,6 В, а модуль вектора магнитной индукции 1 Тл? Вектор магнитной индукции перпендикулярен проводнику. Удельное сопротивление стали  $0,12 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .

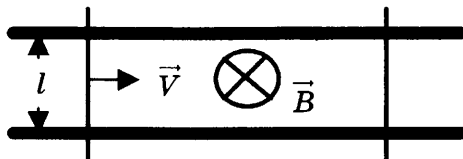
29. Небольшая шайба после толчка приобретает скорость  $v = 2 \text{ м/с}$  и скользит по внутренней поверхности гладкого закрепленного кольца радиусом  $R = 0,14 \text{ м}$ . На какой высоте  $h$  шайба отрывается от кольца и начинает свободно падать?



30. С одноатомным идеальным газом неизменной массы происходит циклический процесс, показанный на рисунке. За цикл газ совершает работу  $A_{\text{ц}} = 5 \text{ кДж}$ . Какое количество теплоты  $Q_{\text{н}}$  газ получает за цикл от нагревателя?



31. Два параллельных друг другу рельса, лежащих в горизонтальной плоскости, находятся в однородном магнитном поле, индукция  $\vec{B}$  которого направлена вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху). На рельсах находятся два одинаковых проводника. Левый проводник движется вправо со скоростью  $\vec{V}$ , а правый — покоится. С какой скоростью  $\vec{v}$  надо перемещать правый проводник направо, чтобы в три раза уменьшить силу Ампера, действующую на левый проводник? (Сопротивлением рельсов пренебречь.)



32. Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой  $E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ эВ}$ , где  $n = 1, 2, 3, \dots$ . При переходе атома из состояния  $E_2$  в состояние  $E_1$  атом испускает фотон. Попадая на поверхность фотокатода, фотон выбивает фотоэлектрон. Частота света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода,  $\nu_{\text{кр}} = 6 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ . Чему равна максимально возможная скорость фотоэлектрона?

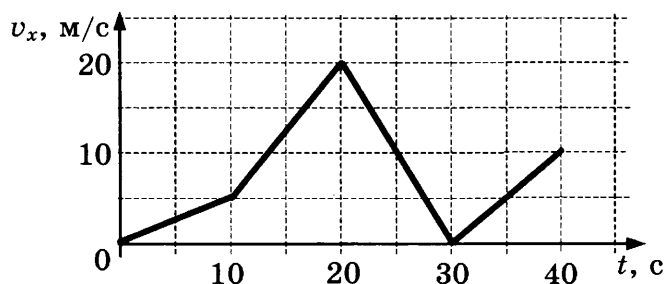


# ВАРИАНТ 6

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость его скорости от времени. Чему равен модуль ускорения автомобиля в момент времени от 20 с до 30 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. В инерциальной системе отсчета сила  $\vec{F}$  сообщает телу массой  $m$  ускорение, равное по модулю  $8 \text{ м/с}^2$ . Чему равен модуль ускорения тела массой  $2m$  под действием силы  $\frac{\vec{F}}{2}$  в этой системе отсчета?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

3. Охотник массой 60 кг, стоящий на гладком льду, стреляет из ружья в горизонтальном направлении. Масса заряда 0,03 кг. Скорость дробинок при выстреле 300 м/с. Определите скорость охотника после выстрела.

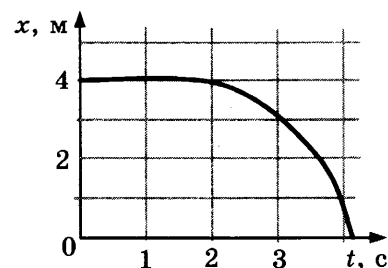
Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

4. Бутылку с подсолнечным маслом, закрытую пробкой, перевернули. Каково расстояние от уровня масла в сосуде до пробки, если сила, с которой действует масло на пробку площадью  $10 \text{ см}^2$ , равна  $3,6 \text{ Н}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

5. Шарик катится по прямому желобу. Изменение координаты шарика с течением времени в инерциальной системе отсчета показано на графике. На основании этого графика выберите **два** верных утверждения о движении шарика.

- 1) Первые 2 с скорость шарика не менялась, а затем ее модуль постепенно уменьшался.
- 2) Скорость шарика все время увеличивалась.
- 3) Первые 2 с сумма сил, действовавших на шарик, была равна 0.
- 4) За первые 3 с шарик переместился на 1 м.
- 5) Скорость шарика постоянно уменьшалась.



Ответ:

6. В школьной лаборатории изучают свободные вертикальные колебания пружинного маятника при различных значениях жесткости пружины маятника. Как изменятся период колебаний маятника и период изменения его кинетической энергии, если увеличить жесткость пружины, не изменяя массу маятника? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Период колебаний	Период изменения кинетической энергии

7. Шайба массой  $m$  съезжает с горки из состояния покоя. Ускорение свободного падения равно  $g$ . У подножия горки кинетическая энергия шайбы равна  $E_k$ . Трение шайбы о горку пренебрежимо мало. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА**

- А) высота горки
- Б) модуль импульса шайбы у подножия горки

**ФОРМУЛА**

- 1)  $E_k \sqrt{\frac{2m}{g}}$
- 2)  $\sqrt{2mE_k}$
- 3)  $\sqrt{\frac{2E_k}{gm}}$
- 4)  $\frac{E_k}{gm}$

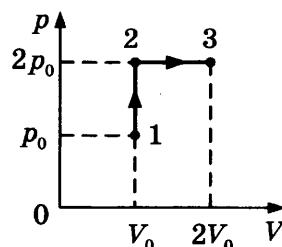
Ответ:

А	Б

8. При проведении опыта в сосуд закачивали воздух, одновременно нагревая его. При этом температура воздуха в сосуде повысилась в два раза, а давление воздуха возросло в три раза. Во сколько раз увеличилась масса воздуха в сосуде?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

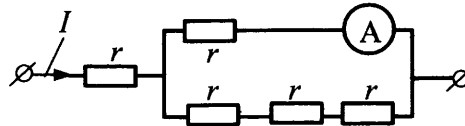
9. Газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на  $p$ - $V$ -диаграмме. Чему равна работа, совершенная газом в процессе 1-2-3, если  $p_0 = 50$  кПа,  $V_0 = 2$  л?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.



14. Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток  $I = 10$  А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.

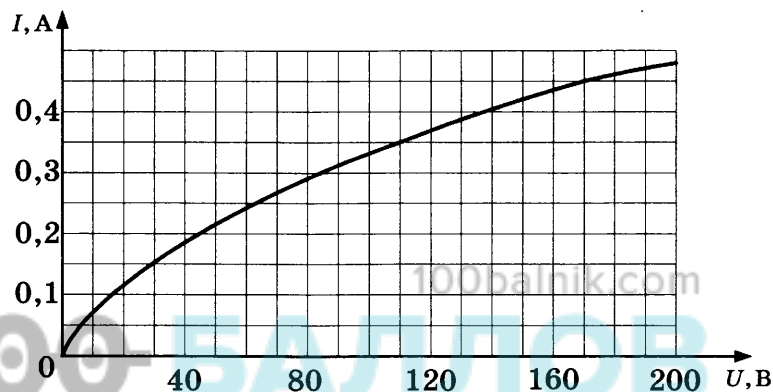


Ответ: \_\_\_\_\_ А.

15. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим лучом и зеркалом равен  $30^\circ$ . Определите угол между падающим и отраженным лучами.

Ответ: \_\_\_\_\_  $^\circ$ .

16. На рисунке изображена зависимость силы тока через лампу накаливания от приложенного к ней напряжения. Выберите **два** верных утверждения, которые можно сделать, анализируя этот график.



- 1) Сопротивление лампы уменьшается при увеличении силы тока, текущего через нее.
- 2) Мощность, выделяемая в лампе при напряжении 110 В, равна 50 Вт.
- 3) Мощность, выделяемая в лампе при напряжении 170 В, равна 76,5 Вт.
- 4) Сопротивление лампы при силе тока в ней 0,35А равно 200 Ом.
- 5) Мощность, выделяемая в лампе, увеличивается при увеличении силы тока.

Ответ:

17. В прозрачном сосуде, заполненном водой, находится дифракционная решетка. Решетка освещается параллельным пучком монохроматического света, падающим перпендикулярно ее поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменятся длина волны, падающей на решетку, и угол между падающим лучом и вторым дифракционным максимумом при замене воды в сосуде прозрачной жидкостью с большим показателем преломления?

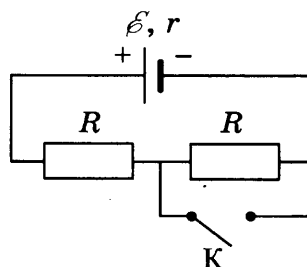
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны света, достигающего решетки	Угол между нормалью к решетке и вторым дифракционным максимумом

18. На рисунке показана цепь постоянного тока. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\mathcal{E}$  — ЭДС источника напряжения;  $r$  — внутреннее сопротивление источника;  $R$  — сопротивление резистора).



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) напряжение на источнике при разомкнутом ключе К  
 Б) сила тока через первый резистор при замкнутом ключе К

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{\mathcal{E}R}{R+r}$   
 2)  $\frac{2\mathcal{E}R}{2R+r}$   
 3)  $\frac{\mathcal{E}}{2R+r}$   
 4)  $\frac{\mathcal{E}}{R+r}$

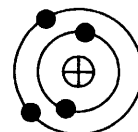
Ответ:

А	Б

19. На рисунке изображена модель нейтрального атома. Масса атома равна 11 а.е.м. Сколько протонов и нейтронов содержит ядро данного атома?

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов



В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Период полураспада изотопа натрия  ${}_{11}^{22}\text{Na}$  равен 2,6 года. Изначально было 208 г этого изотопа. Сколько его будет через 7,8 лет?

Ответ: \_\_\_\_\_ г.

21. Для некоторых атомов характерной особенностью является возможность испускания атомным ядром электронов. Как изменяются при этом массовое число и заряд ядра? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается  
 2) уменьшается  
 3) не изменяется

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

Массовое число ядра	Заряд ядра

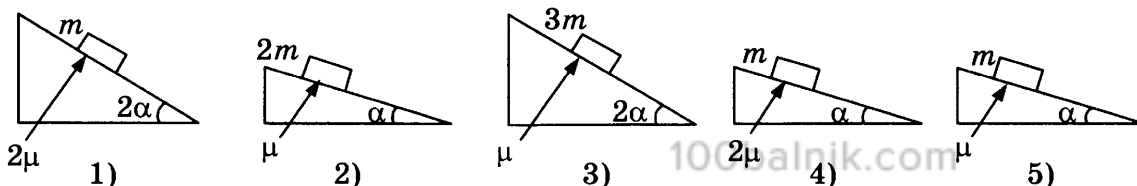
22. Для проведения опыта ученик налил воду в мензурку. Шкала мензурки проградуирована в миллилитрах (мл). Погрешность измерений объема равна половине цены деления шкалы мензурки. Чему равен объем налитой учеником воды?



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) мл.

В бланк ответов №1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Необходимо экспериментально изучить зависимость ускорения тела, скользящего по шероховатой наклонной плоскости, от массы груза. Какие **две** установки из изображенных ниже следует выбрать, чтобы провести такое исследование?



В ответ запишите номера выбранных установок.

Ответ:

24. Используя таблицу, содержащую сведения о ярких звездах, выполните задание.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Созвездие, в котором находится звезда
Капелла	5200	3	2,5	Возничий
Менкалинан (β Возничего А)	9350	2,7	2,4	Возничий
Денеб	8550	21	210	Лебедь
Садр	6500	12	255	Лебедь
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион
Ригель	11 200	40	138	Орион
Альдебаран	3500	5	45	Телец
Эльнат	14 000	5	4,2	Телец

Выберите **все верные** утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд.

- 1) Звезда Капелла является звездой Главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга—Рессела.
- 2) Звезда Ригель является сверхгигантом.
- 3) Температура на поверхности Солнца в 2, раза ниже, чем на поверхности Альдебарана.
- 4) Звезда Ригель относится к красным звездам спектрального класса М.
- 5) Звезды Садр и Ригель относятся к различным спектральным классам.

Ответ: \_\_\_\_\_ .



## Часть 2

Для записи ответов на задания 25–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. Тонкая линза Л дает четкое действительное изображение предмета АВ на экране Э (рис. 1). Что произойдет с изображением предмета на экране, если нижнюю половину линзы закрыть куском черного картона К (рис. 2)? Постройте изображение предмета в обоих случаях. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

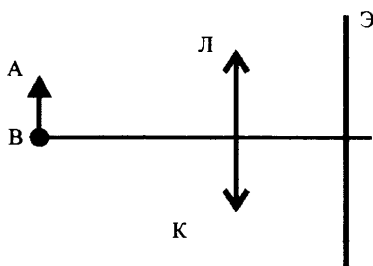


Рис. 1

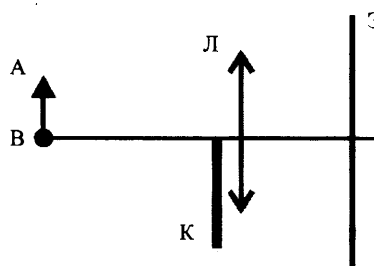
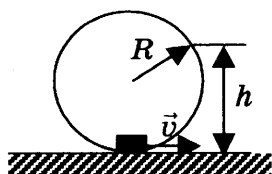


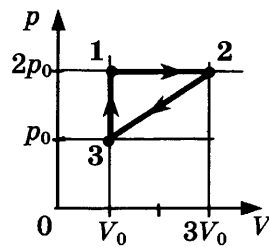
Рис. 2

Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

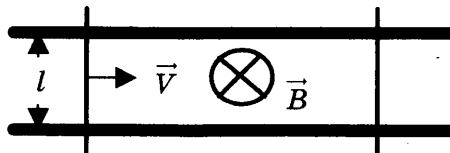
26. Мальчик на санках скатился без трения с ледяной горки, а затем проехал до остановки по горизонтальной поверхности 30 м. Коэффициент трения при его движении по горизонтальной поверхности равен 0,2. Чему равна высота горки? Масса мальчика вместе с санями равна 50 кг.
27. Цилиндрический сосуд разделен неподвижной теплоизолирующей перегородкой. В одной части сосуда находится кислород, в другой — азот. И концентрация, и давление кислорода в 2 раза больше концентрации и давления азота. Чему равно отношение средней кинетической энергии молекул кислорода к средней кинетической энергии молекул азота?
28. При помещении в магнитное поле на стальной прямой проводник с током длиной 10 см и площадью поперечного сечения  $3 \cdot 10^{-2} \text{ мм}^2$  действует сила Ампера, равная 0,6 Н. Чему равен модуль вектора магнитной индукции, если напряжение на проводнике равно 2,4 В? Вектор магнитной индукции перпендикулярен проводнику. Удельное сопротивление стали  $0,12 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .
29. Небольшая шайба массой  $m = 0,2 \text{ кг}$  после толчка приобретает скорость  $v = 3 \text{ м/с}$  и скользит по внутренней поверхности гладкого закрепленного кольца радиусом  $R = 0,14 \text{ м}$ . С какой силой  $F$  шайба давит на поверхность кольца в тот момент, когда она находится на высоте  $h = 0,2 \text{ м}$  от нижней точки кольца?



30. С одноатомным идеальным газом неизменной массы происходит циклический процесс, показанный на рисунке. За цикл газ получает от нагревателя количество теплоты  $Q_H = 2300$  Дж. Какую работу газ совершает за цикл?



31. Два параллельных друг другу рельса, лежащих в горизонтальной плоскости, находятся в однородном магнитном поле, индукция  $\vec{B}$  которого направлена вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху). На рельсах находятся два одинаковых проводника. Левый проводник движется вправо со скоростью  $\vec{V}$ , а правый — покоится. С какой скоростью  $\vec{v}$  надо перемещать правый проводник направо, чтобы в два раза увеличить силу Ампера, действующую на левый проводник? (Сопротивлением рельсов пренебречь.)



100balnik.com

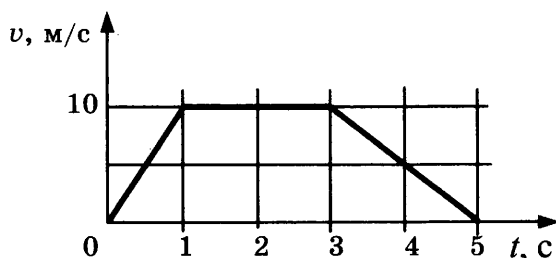
32. Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$  эВ, где  $n = 1, 2, 3, \dots$ . При переходе атома из состояния  $E_3$  в состояние  $E_1$  атом испускает фотон. Попав на поверхность фотокатода, фотон выбивает фотоэлектрон. Частота света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода,  $\nu_{кр} = 6 \cdot 10^{14}$  Гц. Чему равен максимально возможный импульс фотоэлектрона?

# ВАРИАНТ 7

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке представлен график зависимости модуля скорости  $v$  автомобиля от времени  $t$ . Определите путь, пройденный автомобилем за первую секунду движения.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

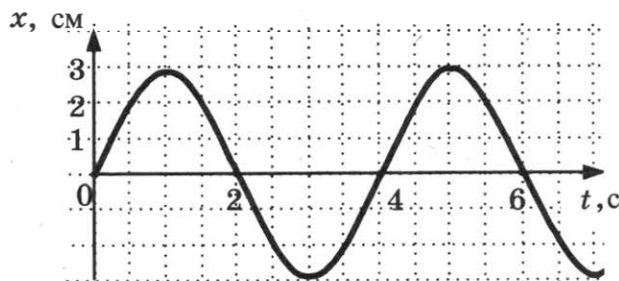
2. Пружина жесткости  $k = 10^4$  Н/м одним концом прикреплена к неподвижной опоре, а к другому ее концу приложили силу  $F = 1000$  Н. Определите растяжение пружины.

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

3. Отец везет сына на санках по горизонтальной заснеженной дороге с постоянной скоростью. Отец совершил механическую работу, равную 2000 Дж, проделав путь 50 м. Определите модуль силы трения, действовавшей на санки во время движения.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

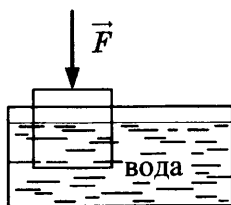
4. На рисунке приведен график зависимости координаты колеблющегося тела от времени. Чему равна частота колебаний тела?



Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

5. Деревянный кубик с ребром 10 см плавает частично погруженный в воду. Его начинают медленно погружать, действуя силой, направленной вертикально вниз. В таблице приведены значения модуля силы, под действием которой кубик находится в равновесии час-

точно или полностью погруженный в воду. Погрешность измерения силы составила 0,1 Н. Выберите *два* верных утверждения на основании данных, приведенных в таблице.



№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
Модуль силы $F$ , Н	0,2	0,8	1,8	3,0	4,0	5,0	5,0	5,0

- 1) В опыте № 6 сила Архимеда, действующая на кубик, меньше, чем в опыте № 2.
- 2) В опыте № 7 кубик погружен в воду полностью.
- 3) Масса кубика равна 0,5 кг.
- 4) В опыте № 4 кубик погружен в воду на половину своего объема.
- 5) Плотность кубика равна  $400 \text{ кг/м}^3$ .

Ответ: 

--	--

6. В результате перехода спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода потенциальная энергия спутника в поле тяжести Земли и скорость его движения по орбите?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Потенциальная энергия	Скорость движения по орбите

7. Тело брошено с горизонтальной поверхности со скоростью  $v$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение тела, и формулами, выражающими их в рассматриваемой задаче.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) длительность полета тела  $t$
- Б) расстояние  $S$  от точки броска до точки падения

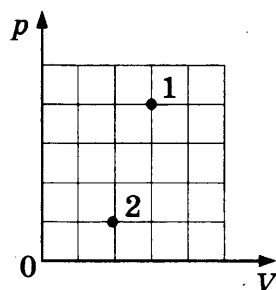
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{2v \sin \alpha}{g}$
- 2)  $\frac{v^2 \cos^2 \alpha}{g}$
- 3)  $\frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$
- 4)  $\frac{v \sin \alpha}{g}$

Ответ: 

А	Б

8. В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Определите отношение температур газа  $\frac{T_1}{T_2}$  в состояниях 1 и 2 (см. рисунок).



Ответ: \_\_\_\_\_ .

9. Какое количество теплоты передано газу, если его внутренняя энергия увеличилась на 200 Дж, а газ совершил работу, равную 500 Дж?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10. Воспользовавшись таблицами, приведенными на стр. 5–6, определите, каково должно быть примерное отношение масс  $\frac{m_{\text{Fe}}}{m_{\text{Al}}}$  железного и алюминиевого тел, чтобы при получении одного и того же количества теплоты они нагрелись на одно и то же число градусов. Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

11. В сосуде неизменного объема при комнатной температуре находилась смесь водорода и гелия, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль водорода. Считая газы идеальными, а их температуру постоянной, выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных исследований, и укажите их номера.

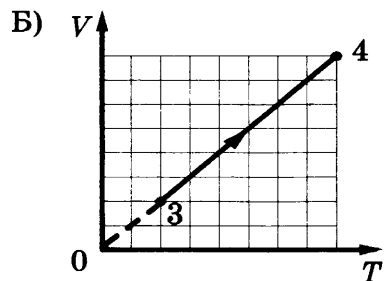
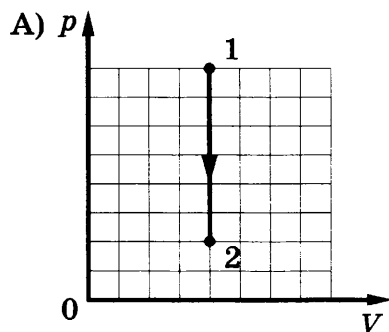
- 1) Парциальное давление водорода уменьшилось.
- 2) Давление смеси газов в сосуде не изменилось.
- 3) Концентрация гелия увеличилась.
- 4) В начале опыта концентрации газов были одинаковые.
- 5) В начале опыта массы газов были одинаковые.

Ответ:

12. На рисунках А и Б приведены графики двух процессов 1–2 и 3–4, каждый из которых совершается одним молем аргона. Графики построены в координатах  $p$ – $V$  и  $V$ – $T$ , где  $p$  — давление,  $V$  — объем и  $T$  — абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображенные на графиках процессы.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



Ответ:

А	Б

УТВЕРЖДЕНИЯ

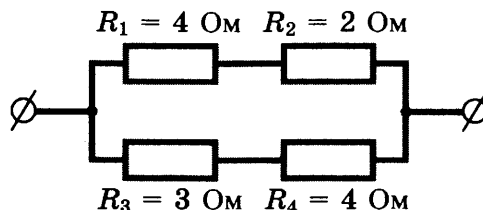
- 1) Внутренняя энергия газа уменьшается, при этом газ отдает теплоту.
- 2) Над газом совершают работу, при этом газ отдает теплоту.
- 3) Газ получает теплоту, но не совершает работы.
- 4) Газ получает теплоту и совершает работу.

13. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в плоскости чертежа. Куда направлен (вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю) вектор индукции магнитного поля тока в центре витка? Ответ запишите словом (словами).



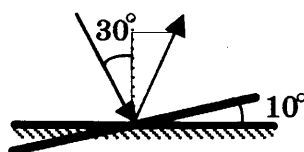
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. На рисунке представлен участок электрической цепи. Каково отношение количеств теплоты  $Q_1/Q_2$ , выделившихся на резисторах  $R_1$  и  $R_2$  за одно и то же время?



Ответ: \_\_\_\_\_.

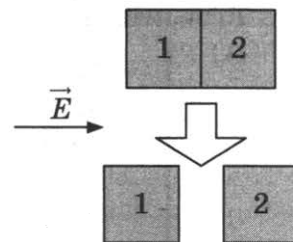
15. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен  $30^\circ$ . Каким станет угол отражения света, если повернуть зеркало на  $10^\circ$  так, как показано на рисунке?



Ответ: \_\_\_\_\_ °.



16. Два незаряженных стеклянных кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в электрическое поле, напряженность которого направлена горизонтально вправо, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули и уже потом убрали электрическое поле (нижняя часть рисунка). Выберите из предложенного перечня *два* утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных исследований, и укажите их номера.



- 1) После того как кубики раздвинули, заряд первого кубика оказался отрицателен, заряд второго — положителен.
- 2) После помещения в электрическое поле электроны из первого кубика стали переходить во второй.
- 3) После того как кубики раздвинули, заряды обоих кубиков остались равными нулю.
- 4) До разделения кубиков в электрическом поле левая поверхность 1-го кубика была заряжена отрицательно.
- 5) До разделения кубиков в электрическом поле правая поверхность 2-го кубика была заряжена отрицательно.

Ответ: 

--	--

17. Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиуса  $R$  со скоростью  $v$ . Что произойдет с радиусом орбиты и кинетической энергией частицы при увеличении скорости ее движения?

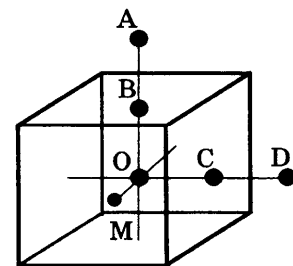
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Радиус орбиты	Кинетическая энергия частицы

18. Заряд неподвижного металлического уединенного кубика равен  $q$ . Точка  $O$  — центр кубика, точки  $B$  и  $C$  — центры его граней,  $AB = OB$ ,  $CD = OC$ ,  $OM = \frac{OB}{2}$ . Модуль напряженности электростатического поля заряда  $Q$  в точке  $A$  равен  $E_A$ .



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА**

- А) модуль напряженности электростатического поля кубика в точке  $D$
- Б) модуль напряженности электростатического поля кубика в точке  $M$

**ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ**

- 1) 0
- 2)  $E_A$
- 3)  $4E_A$
- 4)  $16E_A$

Ответ: 

А	Б

19. В результате серии радиоактивных распадов уран  $^{238}_{92}\text{U}$  превращается в свинец  $^{206}_{82}\text{Pb}$ . Какое количество  $\alpha$ -распадов и  $\beta$ -распадов он испытывает при этом?

Ответ:

Число $\alpha$ -распадов	Число $\beta$ -распадов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Период полураспада ядер радиоактивного изотопа висмута 19 мин. За какой промежуток времени распадется 75% ядер висмута в исследуемом образце?

Ответ: за \_\_\_\_\_ мин.

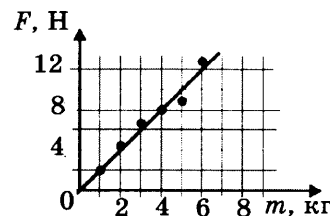
21. В опытах по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода  $3,4 \cdot 10^{-19}$  Дж и стали освещать ее светом частоты  $6 \cdot 10^{14}$  Гц. Как изменится работа выхода фотоэлектронов из металла и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов  $E_{\text{max}}$ , вылетающих с поверхности металла, если увеличить интенсивность падающего света, не изменяя его частоту? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Работа выхода фотоэлектронов из металла $A_{\text{вых}}$	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов $E_{\text{max}}$

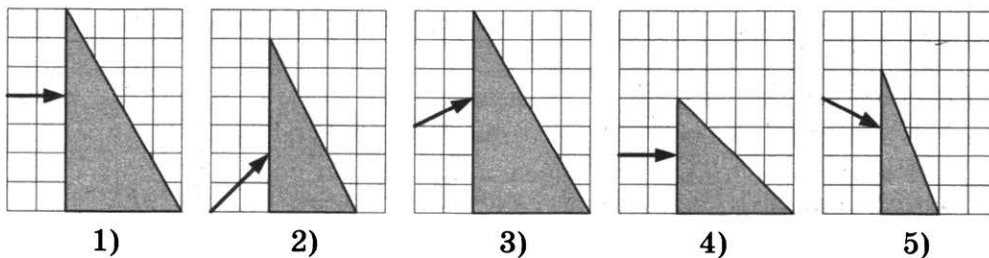
22. Ученики исследовали зависимость силы трения скольжения от массы груза. Результаты измерений представлены в виде графика на рисунке. Погрешность измерения массы равна 0,1 кг, силы — 1 Н. Чему равна с учетом погрешности измерений сила трения, действующая на груз массы 1 кг?



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) Н.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

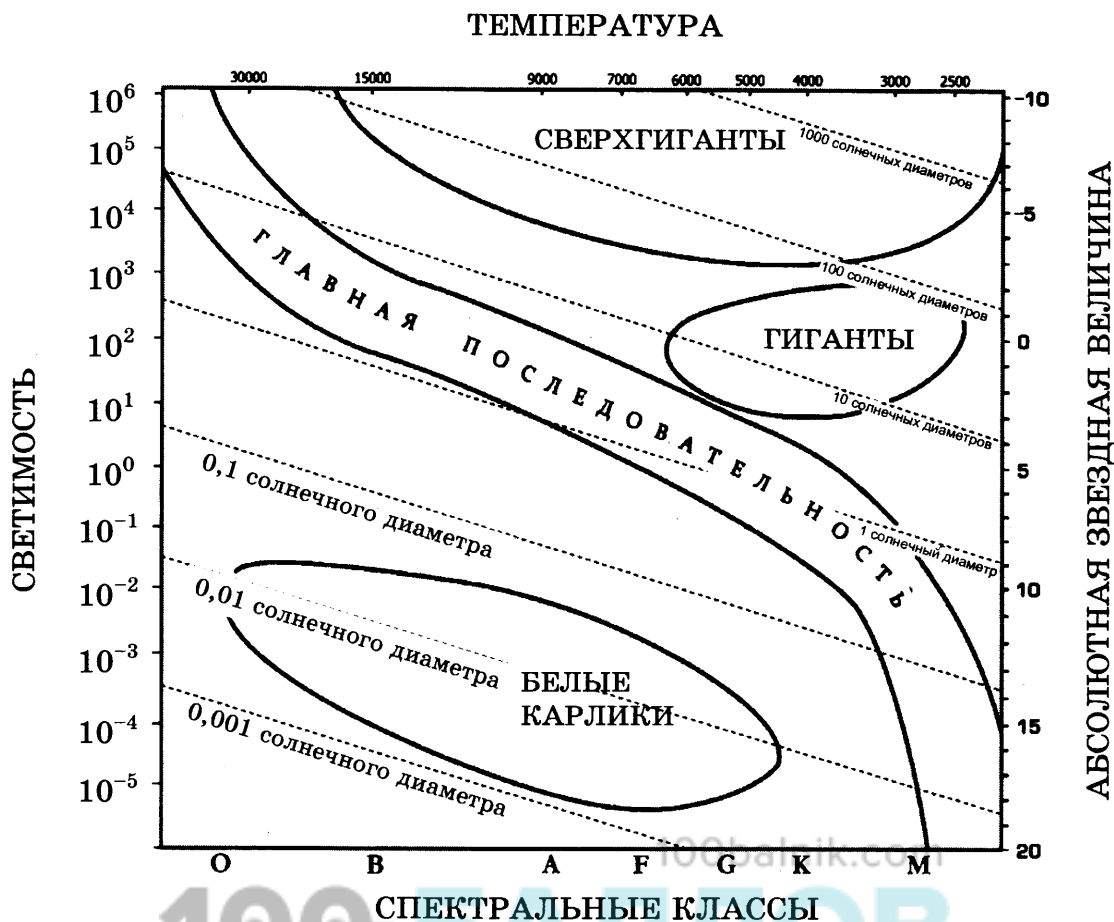
23. Пучок белого света, пройдя через призму, разлагается в спектр. Была выдвинута гипотеза, что ширина спектра, получаемого на стоящем за призмой экране, зависит от угла падения пучка на грань призмы. Необходимо экспериментально проверить эту гипотезу. Какие два опыта нужно провести для такого исследования?



В ответ запишите номера выбранных опытов.

Ответ:

24. На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга—Рессела.



Выберите *все верные* утверждения о звездах, которые соответствуют диаграмме.

- 1) Плотность белых карликов существенно меньше средней плотности гигантов.
- 2) Звезда Канопус относится к сверхгигантам, поскольку ее радиус почти в 65 раз превышает радиус Солнца.
- 3) Температура звезд спектрального класса G в 3 раза выше температуры звезд спектрального класса A.
- 4) Солнце относится к спектральному классу B.
- 5) Звезда Альтаир имеет температуру поверхности 8000 К и относится к звездам спектрального класса A.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

## Часть 2

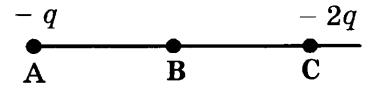
Для записи ответов на задания 25–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают вдвигать в сосуд. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, опираясь на законы молекулярной физики.

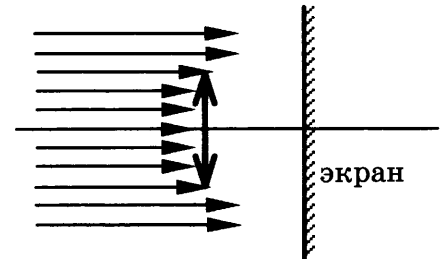
Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

26. Скорость брошенного мяча непосредственно перед ударом о стену была вдвое больше его скорости сразу после удара. Какое количество теплоты выделилось при ударе, если перед ударом кинетическая энергия мяча была равна 20 Дж?

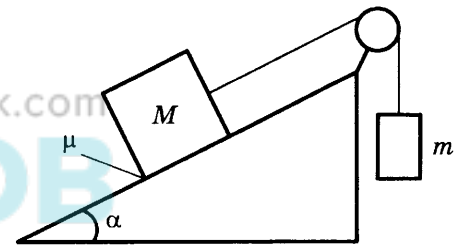
27. Точка В находится в середине отрезка АС. Неподвижные точечные заряды  $-q$  и  $-2q$  ( $q = 1$  нКл) расположены в точках А и С соответственно (см. рисунок). Какой положительный заряд надо поместить в точку С взамен заряда  $-2q$ , чтобы модуль напряженности электрического поля в точке В увеличился в 2 раза?



28. Пучок параллельных световых лучей падает нормально на тонкую собирающую линзу диаметром 6 см с оптической силой 5 дптр (см. рисунок). Экран расположен за линзой на расстоянии 10 см. Рассчитайте внешний диаметр светлого пятна, созданного линзой на экране.

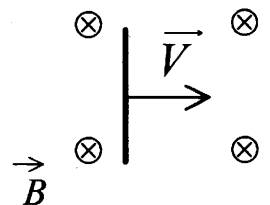


29. Грузы массами  $M = 1$  кг и  $m$  связаны легкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок, по которому нить может скользить без трения (см. рисунок). Груз массой  $M$  находится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha = 30^\circ$ , коэффициент трения  $\mu = 0,3$ ). Чему равно максимальное значение массы  $m$ , при котором система грузов еще не выходит из первоначального состояния покоя?



30. Воздушный шар объемом  $V = 2500$  м<sup>3</sup> с массой оболочки  $m_{об} = 400$  кг имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. До какой минимальной температуры  $t_1$  нужно нагреть воздух в шаре, чтобы шар взлетел вместе с грузом (корзиной и воздухоплателем) массой  $m_r = 200$  кг? Температура окружающего воздуха  $t = 7$  °С, его плотность  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>. Оболочку шара считать нерастяжимой.

31. Горизонтально расположенный проводник длиной 1 м движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого равна 0,5 Тл. Скорость проводника направлена горизонтально, перпендикулярно проводнику (см. рисунок). Начальная скорость проводника равна нулю, а его ускорение  $8$  м/с<sup>2</sup>. Какова ЭДС индукции на концах проводника в тот момент, когда он переместился на 1 м?



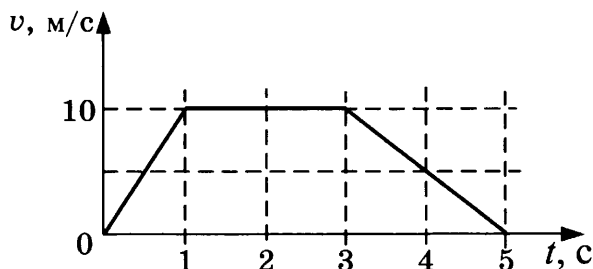
32. Фотокатод облучают светом с длиной волны  $\lambda = 300$  нм. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 450$  нм. Какое запирающее напряжение  $U$  нужно создать между анодом и катодом, чтобы фототок прекратился?

# ВАРИАНТ 8

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке представлен график зависимости модуля скорости  $v$  автомобиля от времени  $t$ . Чему равен путь автомобиля за промежуток времени от 3 с до 5 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

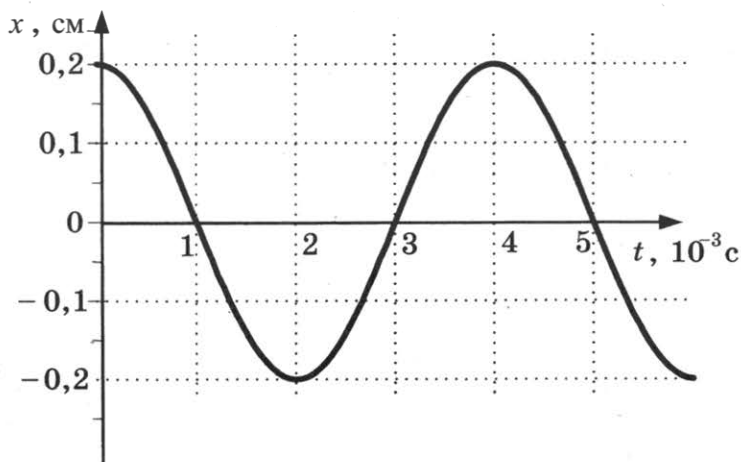
2. Пружина одним концом прикреплена к неподвижной опоре, а к другому ее концу приложили силу  $F = 10$  Н, при этом пружина растянулась на  $\Delta l = 2$  см. Определите жесткость пружины  $k$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

3. Отец везет сына на санках с постоянной скоростью по горизонтальной заснеженной дороге. Модуль силы трения санок о снег равен 30 Н. Отец совершил механическую работу, равную 3000 Дж. Определите пройденный путь.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

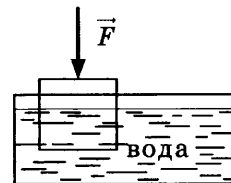
4. На рисунке показан график колебаний одной из точек струны. Чему равен период этих колебаний?



Ответ: \_\_\_\_\_ мс.



5. Деревянный кубик с ребром 10 см плавает частично погруженный в воду. Его начинают медленно погружать, действуя силой, направленной вертикально вниз. В таблице приведены значения модуля силы, под действием которой кубик находится в равновесии частично или полностью погруженный в воду. Погрешность измерения силы составила 0,1 Н. Выберите *два* верных утверждения на основании данных, приведенных в таблице.



№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
Модуль силы $F$ , Н	0,2	0,8	1,8	3,0	4,0	5,0	6,0	6,0

- 1) В опыте № 8 сила Архимеда, действующая на кубик, больше, чем в опыте № 7.
- 2) В опыте № 5 кубик погружен в воду полностью.
- 3) Масса кубика равна 0,5 кг.
- 4) При выполнении опытов № 1—№ 5 сила Архимеда, действующая на тело, увеличилась.
- 5) Плотность кубика равна  $400 \text{ кг/м}^3$ .

Ответ:

6. В результате перехода спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода кинетическая энергия спутника и период обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Кинетическая энергия	Период обращения вокруг Земли

7. Тело брошено с поверхности земли со скоростью  $v$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение тела, и формулами, по которым их можно определить.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) время подъема  $t$  на максимальную высоту
- Б) максимальная высота  $h$  над горизонтом

#### ФОРМУЛЫ

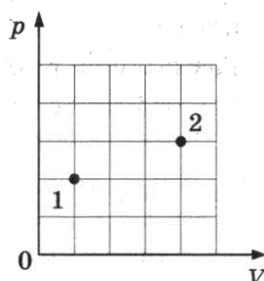
- 1)  $\frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$
- 2)  $\frac{v \cos^2 \alpha}{g}$
- 3)  $\frac{v^2 \sin 2\alpha}{2g}$
- 4)  $\frac{v \sin \alpha}{g}$

Ответ:

А	Б



8. В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Определите  $\frac{T_2}{T_1}$  — отношение температур газа в состояниях 2 и 1 (см. рисунок).



Ответ: \_\_\_\_\_.

9. Какое количество теплоты газ отдал окружающим телам, если его внутренняя энергия увеличилась на 200 Дж, а внешние силы совершили над газом работу, равную 500 Дж?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10. Воспользовавшись таблицами, приведенными на стр. 5–6, определите, каково должно быть примерное отношение масс  $\frac{m_{Pb}}{m_{Cu}}$  свинцового и медного тел, чтобы при получении одного и того же количества теплоты они нагрелись на одно и то же число градусов. Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_.

11. В сосуде неизменного объема при комнатной температуре находилась смесь водорода и гелия, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль гелия. Считая газы идеальными, а их температуру постоянной, выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных исследований, и укажите их номера.

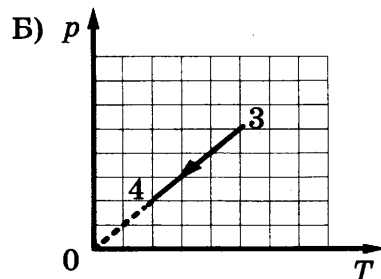
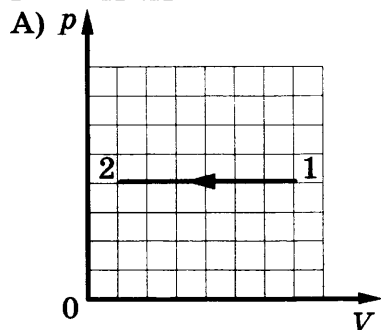
- 1) Парциальное давление водорода уменьшилось.
- 2) Давление смеси газов в сосуде уменьшилось.
- 3) Концентрация водорода увеличилась.
- 4) В начале опыта концентрации водорода была больше, чем концентрация гелия.
- 5) В начале опыта масса гелия была больше, чем масса водорода.

Ответ:

12. На рисунках А и Б приведены графики двух процессов 1–2 и 3–4, каждый из которых совершается одним молем аргона. Графики построены в координатах  $p-V$  и  $p-T$ , где  $p$  — давление,  $V$  — объем и  $T$  — абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображенные на графиках процессы.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



Ответ:

А	Б

УТВЕРЖДЕНИЯ

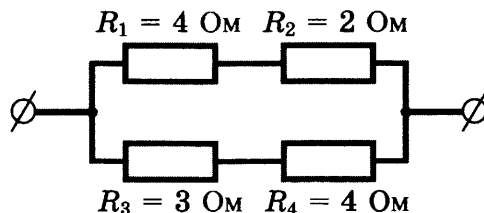
- 1) Внутренняя энергия газа уменьшается, при этом газ совершает работу.
- 2) Над газом совершают работу, при этом газ отдает теплоту.
- 3) Газ получает теплоту, но не совершает работы.
- 4) Газ отдает теплоту, но не совершает работы.

13. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в плоскости чертежа. Куда направлен (вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю) вектор индукции магнитного поля тока в центре витка? Ответ запишите словом (словами).



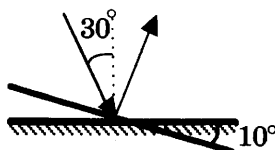
Ответ: \_\_\_\_\_ .

14. На рисунке представлен участок электрической цепи. Каково отношение количеств теплоты  $Q_3/Q_4$ , выделившихся на резисторах  $R_3$  и  $R_4$  за одно и то же время?



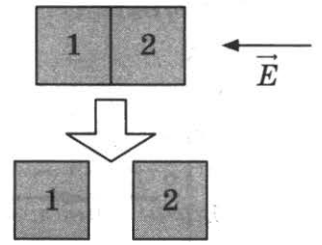
Ответ: \_\_\_\_\_ .

15. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен  $30^\circ$ . Каким будет угол отражения света, если повернуть зеркало на  $10^\circ$  так, как показано на рисунке?



Ответ: \_\_\_\_\_ °.

16. Два незаряженных стеклянных кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в электрическое поле, напряженность которого направлена горизонтально влево, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули (нижняя часть рисунка). Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных исследований, и укажите их номера.



- 1) После того как кубики раздвинули, заряд первого кубика оказался положителен, заряд второго — отрицателен.
- 2) После помещения в электрическое поле электроны из первого кубика стали переходить во второй.
- 3) После того как кубики раздвинули, заряды обоих кубиков остались равными нулю.
- 4) До разделения кубиков в электрическом поле левая поверхность 1-го кубика была заряжена отрицательно.
- 5) После того как кубики раздвинули, правые поверхности обоих кубиков оказались заряжены отрицательно.

Ответ:

17. Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиуса  $R$  со скоростью  $v$ . Что произойдет с периодом обращения и радиусом орбиты частицы при уменьшении скорости ее движения?

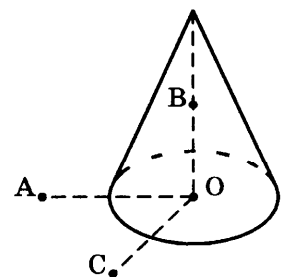
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Период обращения	Радиус орбиты

18. Заряд металлического уединенного конуса высотой  $H$  и радиусом основания  $R = \frac{H}{2}$  равен  $q$ . Точка  $O$  — центр основания конуса,  $OA = OC = 2R$ ,  $OB = R$ , угол  $AOC$  прямой, отрезки  $OA$  и  $OC$  лежат в плоскости основания конуса. Модуль напряженности электростатического поля заряда  $Q$  в точке  $C$  равен  $E_C$ .



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) модуль напряженности электростатического поля конуса в точке А
- Б) модуль напряженности электростатического поля конуса в точке В

**ИХ ЗНАЧЕНИЯ**

- 1) 0
- 2)  $E_C$
- 3)  $2 E_C$
- 4)  $4 E_C$

Ответ: 

А	Б

19. В результате серии радиоактивных распадов торий  ${}^{232}_{90}\text{Th}$  превращается в радий  ${}^{224}_{88}\text{Ra}$ . Какое количество  $\alpha$ -распадов и  $\beta$ -распадов он испытывает при этом?

Ответ:

Число $\alpha$ -распадов	Число $\beta$ -распадов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Период полураспада изотопа радона  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$  3,8 дня. Через какое время масса радона уменьшится в 32 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ дней.

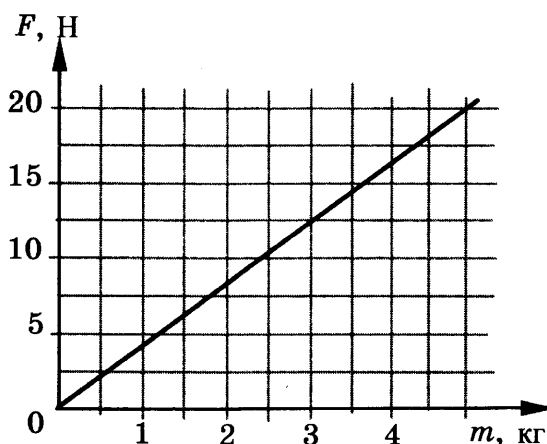
21. В опытах по фотоэффекту пластину из металла с работой выхода  $3,4 \cdot 10^{-19}$  Дж освещают светом частоты  $6 \cdot 10^{14}$  Гц. Как изменится работа выхода фотоэлектронов из металла  $A_{\text{вых}}$  и максимальная кинетическая энергия электронов  $E_{\text{max}}$ , вылетающих с поверхности металла, если увеличить частоту падающего света, не меняя его интенсивности? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Работа выхода фотоэлектронов из металла $A_{\text{вых}}$	Максимальная кинетическая энергия электронов $E_{\text{max}}$

22. Космонавты исследовали зависимость силы тяжести от массы тела на открытой ими планете. Результаты измерений представлены в виде графика на рисунке.

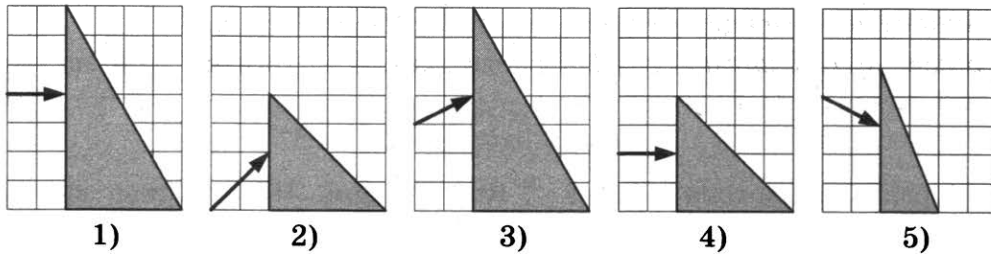


Погрешность измерения массы равна 0,1 кг, силы — 1,5 Н. Чему равна с учетом погрешности измерений масса тела, на которое действует сила тяжести, равная 12,5 Н?

Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) кг.

В бланк ответов №1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Пучок белого света, пройдя через призму, разлагается в спектр. Была выдвинута гипотеза, что ширина спектра, получаемого на стоящем за призмой экране, зависит от геометрических размеров призмы. Необходимо экспериментально проверить эту гипотезу. Какие **два** опыта нужно провести для такого исследования?



В ответ запишите номера выбранных опытов.

Ответ:

24. Рассмотрите таблицу, содержащую некоторые характеристики планет Солнечной системы. Размеры и параметры орбит даны в сравнении с планетой Земля.

Имя	Диаметр	Масса	Орбитальный радиус (а.е.)	Период обращения (земных лет)	Период вращения (земных суток)
Меркурий	0,38	0,06	0,39	0,24	58,6
Венера	0,95	0,82	0,72	0,62	243
Земля	1	1	1	1	1
Марс	0,53	0,11	1,5	1,9	1
Юпитер	11,2	318	5,2	11,9	0,41
Сатурн	9,5	95,2	9,5	29,5	0,43
Уран	4	14,6	19,2	84	0,72
Нептун	3,9	17,2	30,1	165	0,67

Выберите **все верные** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Линейная скорость вращения по орбите у Сатурна больше, чем у Урана.
- 2) Ускорение свободного падения на Венере составляет примерно  $3,1 \text{ м/с}^2$ .
- 3) Угловая скорость вращения Марса относительно собственной оси вращения больше, чем у Земли.
- 4) Средняя плотность Венеры почти в 10 раз меньше средней плотности Сатурна.
- 5) Вторая космическая скорость для Нептуна больше, чем для Урана.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

## Часть 2

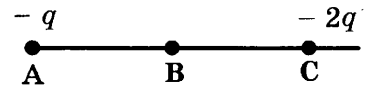
Для записи ответов на задания 25–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво..

25. В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают выдвигать из сосуда. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, опираясь на законы молекулярной физики.

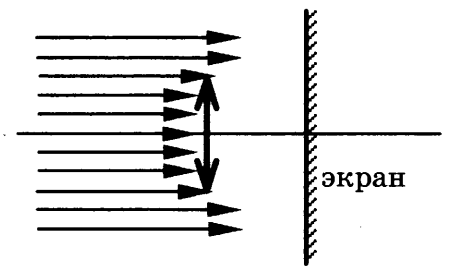
Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

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

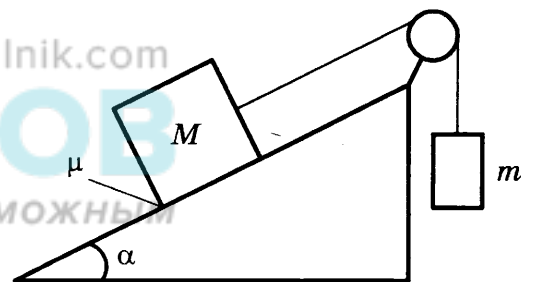
27. Точка В находится в середине отрезка АС. Неподвижные точечные заряды  $-q$  и  $-2q$  ( $q = 2$  нКл) расположены в точках А и С соответственно (см. рисунок). Какой положительный заряд надо поместить в точку С вместо заряда  $-2q$ , чтобы модуль напряженности электрического поля в точке В увеличился в 4 раза?



28. Пучок параллельных световых лучей падает нормально на тонкую собирающую линзу диаметром 6 см и оптической силой 5 дптр (см. рисунок). Экран освещен неравномерно. Выделяется более освещенная часть экрана (в форме кольца). Рассчитайте внешний диаметр светлого кольца, создаваемого на экране. Экран находится на расстоянии 50 см от линзы.

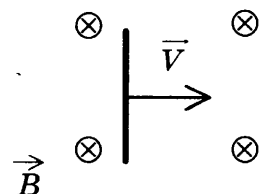


29. Грузы массами  $M = 1$  кг и  $m$  связаны легкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок, по которому нить может скользить без трения (см. рисунок). Груз массой  $M$  находится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha = 30^\circ$ , коэффициент трения  $\mu = 0,3$ ). Чему равно минимальное значение массы  $m$ , при котором система грузов еще не выходит из первоначального состояния покоя?



30. Воздушный шар объемом  $V = 2500$  м<sup>3</sup> с массой оболочки  $m_{об} = 400$  кг имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. Какова максимальная масса груза  $m_r$ , который может поднять шар, если воздух в нем нагреть до температуры  $t_1 = 77$  °С? Температура окружающего воздуха  $t = 7$  °С, его плотность  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>. Оболочку шара считать нерастяжимой.

31. Горизонтально расположенный проводник длиной 1 м движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле. Скорость проводника направлена горизонтально и перпендикулярно проводнику (см. рисунок). При начальной скорости проводника, равной нулю, и ускорении  $8$  м/с<sup>2</sup> он переместился на 1 м. Какова индукция магнитного поля, в котором двигался проводник, если ЭДС индукции на концах проводника в конце движения равна 2 В?



32. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 450$  нм. Если облучать катод светом с длиной волны  $\lambda$ , то фототок прекращается при запирающем напряжении между анодом и катодом  $U = 1,4$  В. Определите длину волны  $\lambda$ .

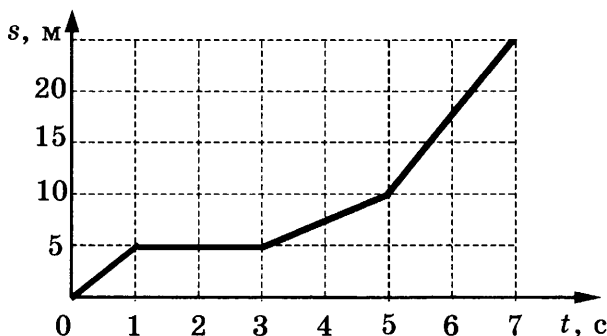


# ВАРИАНТ 9

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке представлен график зависимости пути  $s$  велосипедиста от времени  $t$ . Определите скорость велосипедиста в промежуток времени от 3 с до 5 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

2. Масса Марса в 10 раз меньше массы Земли, а расположен он в 1,5 раза дальше от Солнца, чем Земля. Во сколько раз сила притяжения Земли к Солнцу больше силы притяжения Марса к Солнцу? (Считать, что обе планеты движутся вокруг Солнца по окружностям.)

Ответ: \_\_\_\_\_ .

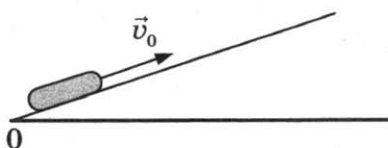
3. Легковой автомобиль и грузовик движутся со скоростями  $v_1 = 108$  км/ч и  $v_2 = 54$  км/ч. Масса автомобиля  $m = 1000$  кг. Какова масса грузовика, если отношение импульса грузовика к импульсу легкового автомобиля равно 1,5?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

4. Какова частота колебаний звуковых волн в среде, если скорость звука в этой среде  $v = 500$  м/с, а длина волны  $\lambda = 2$  м?

Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

5. После удара шайба начала скользить вверх по шероховатой наклонной плоскости с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ , как показано на рисунке, и после остановки соскользнула обратно. Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.



- 1) Время движения шайбы вверх равно времени движения вниз.
- 2) Модуль максимальной скорости шайбы при движении вниз меньше  $u_0$ .
- 3) При движении вверх и вниз работа силы трения шайбы о плоскость одинакова.
- 4) Изменение потенциальной энергии шайбы при движении до верхней точки равно кинетической энергии шайбы сразу после удара.
- 5) Модуль ускорения шайбы при движении вверх меньше, чем модуль ускорения при движении вниз.

Ответ: 

--	--

6. В первой серии опытов исследовались малые свободные колебания груза на нити некоторой длины. Затем этот же груз закрепили на нити большей длины. Максимальные углы отклонения нити от вертикали в опытах одинаковые.

Как при переходе от первой серии опытов ко второй изменятся период и амплитуда (максимальное смещение от положения равновесия) свободных колебаний груза?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Период колебаний	Амплитуда колебаний

7. Брусок массой  $m$  соскальзывает из состояния покоя по наклонной плоскости высотой  $h$  и длиной  $S$ . Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен  $\mu$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) сила трения, действующая на брусок  
 Б) время движения бруска

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\sqrt{2g(h - \mu\sqrt{S^2 - h^2})}$
- 2)  $\frac{mg}{S}(h - \mu\sqrt{S^2 - h^2})$
- 3)  $\sqrt{\frac{2S^2}{g(h - \mu\sqrt{S^2 - h^2})}}$
- 4)  $\frac{\mu mg}{S}\sqrt{S^2 - h^2}$

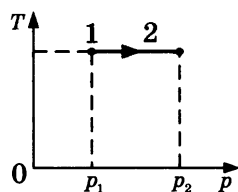
Ответ: 

А	Б

8. Давление идеального газа в закрытом сосуде было равно 40 кПа. При неизменной температуре концентрацию молекул газа увеличили в 3 раза. Определите давление газа в конечном состоянии.

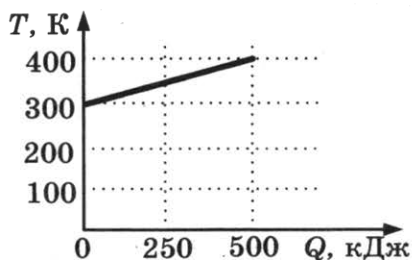
Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

9. На  $T$ - $p$ -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ отдал 50 кДж теплоты. Масса газа не меняется. Определите работу внешних сил над газом в этом процессе, если  $p_2 = 2 p_1$ .



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10. На рисунке приведена зависимость температуры твердого тела от полученного им количества теплоты. Масса тела 2 кг. Какова удельная теплоемкость вещества этого тела?



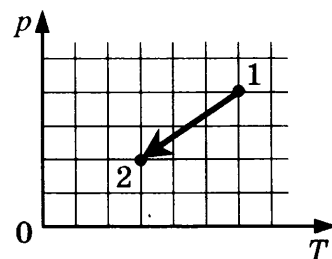
Ответ: \_\_\_\_\_ кДж/(кг·К).

11. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде с поршнем равна 40%. Объем сосуда за счет движения поршня медленно уменьшают при постоянной температуре. В конечном состоянии объем сосуда в 3 раза меньше начального. Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.

- 1) При уменьшении объема сосуда в 2,5 раза на стенках появляется роса.
- 2) Давление пара в сосуде все время увеличивается.
- 3) В конечном и начальном состоянии масса пара в сосуде одинакова.
- 4) При уменьшении объема в 2 раза относительная влажность воздуха в сосуде стала равна 80%.
- 5) В конечном состоянии весь пар в сосуде сконденсировался.

Ответ:

12. Идеальный одноатомный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Масса газа не меняется. Как изменяются объем газа  $V$  и средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул  $E_k$  в ходе указанного процесса?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Объем газа $V$	Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул $E_k$

13. На рисунке представлено расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов:  $+q$  и  $-q$  ( $q > 0$ ). Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор напряженности суммарного электрического поля этих зарядов в точке А? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_ .

14. Участок цепи состоит из трех последовательно соединенных резисторов, сопротивления которых равны 10 Ом, 20 Ом и 30 Ом. Каким должно быть сопротивление четвертого резистора, добавленного в этот участок последовательно к первым трем, чтобы суммарное сопротивление участка увеличилось в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

15. Расстояние между предметом и плоским зеркалом равно 6 см. Каким будет расстояние между предметом и его изображением, если расстояние от предмета до зеркала увеличить в два раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

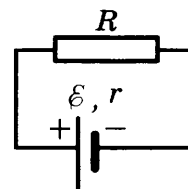
16. На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведенному графику. На основании этого графика выберите *два* верных утверждения. Явлением самоиндукции пренебречь.



- 1) В промежутке между 1 с и 2 с показания амперметра были равны 0.
- 2) В промежутках 0–1 с и 2–3 с направления тока в левой катушке были одинаковы.
- 3) В промежутке между 1 с и 2 с индукция магнитного поля в сердечнике была равна 0.
- 4) Все время измерений сила тока через амперметр была отлична от 0.
- 5) В промежутках 0–1 с и 2–3 с сила тока в левой катушке была одинаковой.

Ответ:

17. Источник тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  сначала был замкнут на внешнее сопротивление  $R$ . Затем внешнее сопротивление увеличили. Как при этом изменятся сила тока в цепи и напряжение на внешнем сопротивлении?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Сила тока в цепи	Напряжение на внешнем сопротивлении

18. Пучок света переходит из воды в воздух. Частота световой волны —  $\nu$ , длина световой волны в воде —  $\lambda$ , 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 таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) скорость света в воздухе  
Б) скорость света в воде

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\lambda\nu$   
2)  $\frac{\lambda}{\nu}$   
3)  $\lambda\nu n$   
4)  $\frac{\lambda}{\nu} n$

Ответ:

А	Б

19. На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Под названием элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов, нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространенность изотопа в природе. Определите число протонов и число нейтронов в ядре самого распространенного стабильного изотопа меди.

2	II	Li 3 литий 7 <sub>93</sub> 6 <sub>7,4</sub>	Be 4 бериллий 9 <sub>100</sub>	5 B бор 11 <sub>80</sub> 10 <sub>20</sub>
3	III	Na 11 натрий 23 <sub>100</sub>	Mg 12 магний 24 <sub>79</sub> 26 <sub>11</sub> 25 <sub>10</sub>	13 Al алюминий 27 <sub>100</sub>
4	IV	K 19 калий 39 <sub>93</sub> 41 <sub>6,7</sub>	Ca 20 кальций 40 <sub>97</sub> 44 <sub>2,1</sub>	Sc 21 скандий 45 <sub>100</sub>
	V	29 Cu медь 63 <sub>69</sub> 65 <sub>31</sub>	30 Zn цинк 64 <sub>49</sub> 66 <sub>28</sub> 68 <sub>19</sub>	31 Ga галлий 69 <sub>60</sub> 71 <sub>40</sub>

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Модуль импульса фотона в первом пучке света в 2 раза больше, чем во втором пучке. Чему равно отношение частоты света в первом пучке к частоте света во втором пучке?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

21. В опыте по изучению фотоэффекта металлическая пластина облучалась светом с частотой  $\nu$ . Работа выхода электронов из металла равна  $A_{\text{вых}}$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $h$  — постоянная Планка,  $c$  — скорость света в вакууме,  $m_e$  — масса электрона). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) красная граница фотоэффекта  $\lambda_{\text{кр}}$   
Б) максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{hc}{A_{\text{вых}}}$   
2)  $\frac{h\nu}{A_{\text{вых}}}$   
3)  $\frac{2}{m_e} \sqrt{h\nu - A_{\text{вых}}}$   
4)  $h\nu - A_{\text{вых}}$

Ответ:

А	Б



22. При определении массы масла плотностью  $0,8 \text{ г/см}^3$  ученик измерил объем масла с использованием мерного цилиндра:  $V = (15,0 \pm 0,5) \text{ см}^3$ . Запишите в ответ массу масла с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) г.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Ученик изучает свойства силы трения скольжения. В его распоряжении имеются установки, состоящие из горизонтальной опоры и сплошного тела. Параметры установок приведены в таблице.

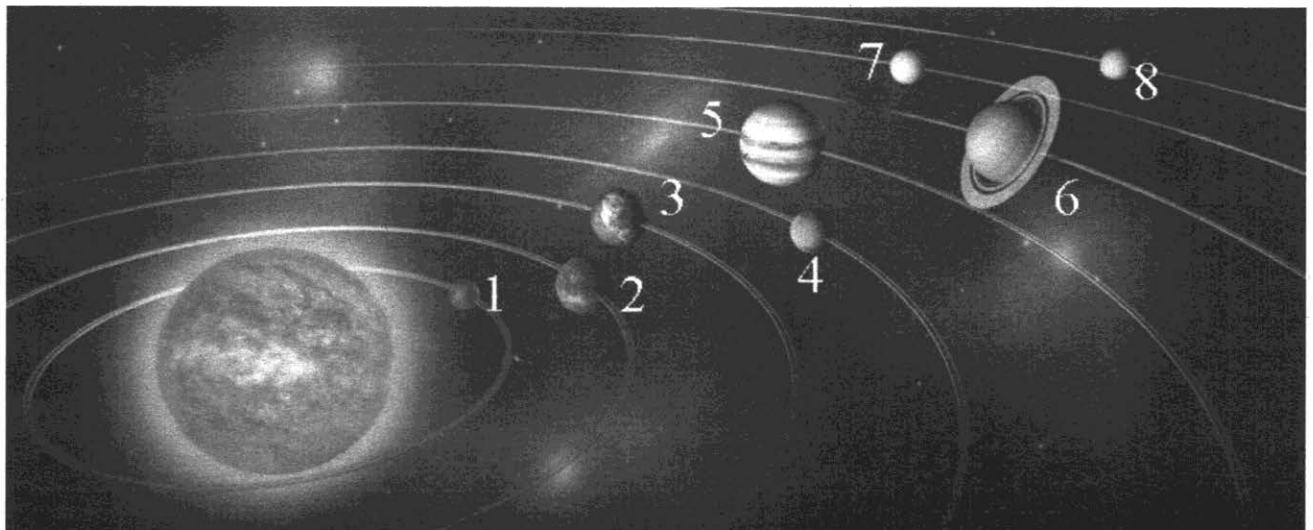
Какие из установок нужно использовать для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость коэффициента трения от массы тела?

№ установки	Материал опоры	Объем сплошного тела	Материал, из которого сделано тело
1	сталь	$25 \text{ см}^3$	сталь
2	сталь	$50 \text{ см}^3$	сталь
3	сталь	$25 \text{ см}^3$	алюминий
4	чугун	$25 \text{ см}^3$	сталь
5	чугун	$50 \text{ см}^3$	медь

В ответе запишите номера выбранных установок.

Ответ:

24. На рисунке приведено схематическое изображение солнечной системы. Планеты на этом рисунке обозначены цифрами. Выберите из приведенных ниже утверждений *все верные*, и укажите их номера.



- 1) Планетой 2 является Венера.
- 2) Планета 5 относится к планетам земной группы.
- 3) Планета 3 имеет 1 спутник.
- 4) Планета 5 не имеет спутников.
- 5) Атмосфера планеты 1 состоит, в основном, из углекислого газа.

Ответ: \_\_\_\_\_ .



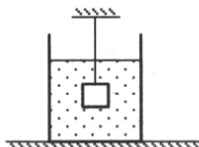
## Часть 2

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещен над горизонтальной металлической пластиной, равномерно заряженной положительным зарядом. Размеры пластины во много раз превышают длину нити. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как изменится частота малых свободных колебаний шарика, если ему сообщить отрицательный заряд.

Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

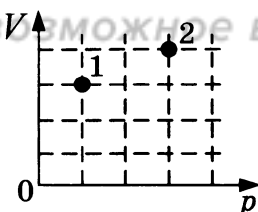
26. Груз массой  $m = 2,0$  кг, подвешенный на тонкой нити, целиком погружен в воду и не касается дна сосуда (см. рисунок). Модуль силы натяжения нити  $T = 13$  Н. Найдите объем груза.



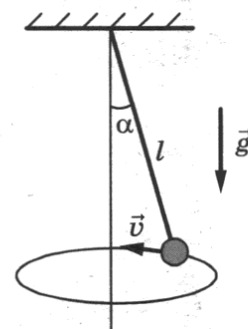
100balnik.com

27. В сосуде находится 1 моль идеального одноатомного газа. В состоянии 1 температура газа равна 100 К. Определите внутреннюю энергию газа в состоянии 2 (см. рисунок).

Делаем невозможное возможным



28. Две частицы с одинаковыми зарядами и отношением масс  $\frac{m_2}{m_1} = 2$  влетели в однородные магнитные поля, векторы магнитной индукции которых перпендикулярны скорости частиц: первая — в поле с индукцией  $B_1$ , вторая — в поле с индукцией  $B_2$ . Найдите отношение кинетических энергий частиц  $\frac{W_2}{W_1}$ , если радиусы их траекторий одинаковы, отношение модулей магнитных индукций  $\frac{B_2}{B_1} = 2$ .



29. Небольшой груз, прикрепленный к нити длиной  $l = 15$  см, вращается вокруг вертикальной оси так, что нить отклоняется от вертикали на угол  $\alpha = 60^\circ$ . С какой скоростью движется груз?

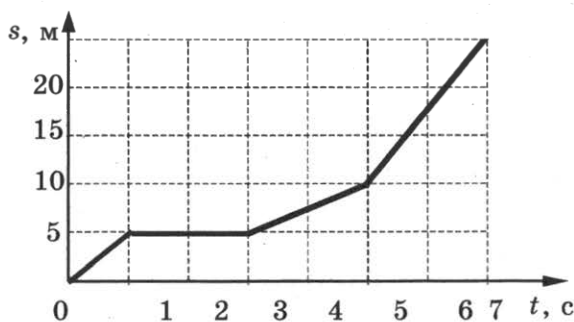
30. В сосуде под поршнем находился воздух с относительной влажностью  $\varphi = 40\%$ . Объем воздуха изотермически уменьшили в 5 раз. Какая часть  $\alpha$  водяных паров сконденсировалась после сжатия?
31. Колебательный контур радиоприемника настроен на длину волны  $\lambda = 500$  м. Индуктивность катушки контура  $L = 3$  мкГн. В контуре используется плоский воздушный конденсатор, расстояние между пластинами которого  $d = 1$  мм. Максимальная напряженность электрического поля конденсатора в ходе колебаний  $E_{\max} = 3$  В/м. Каков максимальный ток в катушке индуктивности?
32. Определите коэффициент полезного действия атомной электростанции, расходующей за неделю уран-235 ( ${}_{92}^{235}\text{U}$ ) массой 1,4 кг, если ее мощность равна 38 МВт. При делении одного ядра урана-235 выделяется энергия 200 МэВ.

# ВАРИАНТ 10

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке представлен график зависимости пути  $s$  велосипедиста от времени  $t$ . Определите скорость велосипедиста в промежуток времени от 1 с до 3 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

2. Во сколько раз уменьшится сила притяжения спутника к Земле, если и массу спутника, и расстояние от него до центра Земли увеличить в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_.

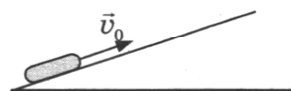
3. Легковой автомобиль и грузовик массами  $m = 1000$  кг и  $M = 5000$  кг движутся с постоянными скоростями. Отношение импульса грузовика к импульсу автомобиля равно 2, скорость автомобиля равна  $v_1 = 110$  км/ч. Какова скорость грузовика?

Ответ: \_\_\_\_\_ км/ч.

4. Какова длина звуковой волны в среде, если скорость звука в этой среде  $v = 600$  м/с, а частота колебаний  $\nu = 200$  Гц?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

5. После удара шайба начала скользить вверх по шероховатой наклонной плоскости с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ , как показано на рисунке, и после остановки соскользнула обратно. Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.



- 1) Время движения шайбы вверх меньше, чем время ее движения вниз.
- 2) Модуль максимальной скорости шайбы при движении вниз равен  $v_0$ .
- 3) При движении вверх и вниз модуль работы силы тяжести, действующей на шайбу, одинаков.
- 4) Изменение потенциальной энергии шайбы при движении от точки удара до верхней точки больше кинетической энергии шайбы сразу после удара.
- 5) Модуль ускорения шайбы при движении вверх равен модулю ускорения при движении вниз.

Ответ:

6. В первой серии опытов исследовались малые свободные колебания груза на нити некоторой длины. Затем этот же груз закрепили на нити меньшей длины. Максимальные углы отклонения нити от вертикали в опытах одинаковые.

Как при переходе от первой серии опытов ко второй изменятся частота и амплитуда (максимальное смещение от положения равновесия) свободных колебаний груза?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Частота колебаний	Амплитуда колебаний

7. Брусок массой  $m$  соскальзывает из состояния покоя по наклонной плоскости высотой  $h$  и длиной  $S$ . Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен  $\mu$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) модуль силы нормального давления бруска на плоскость
- Б) модуль ускорения бруска

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{mg}{S} \sqrt{S^2 - h^2}$
- 2)  $\frac{mg}{S} (h - \mu \sqrt{S^2 - h^2})$
- 3)  $\frac{g}{S} (h - \mu \sqrt{S^2 - h^2})$
- 4)  $\frac{\mu mg}{S} \sqrt{S^2 - h^2}$

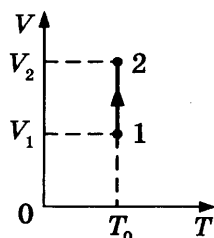
Ответ:

А	Б

8. Давление идеального газа в закрытом сосуде было равно 40 кПа. Концентрацию молекул газа уменьшили в 2 раза, одновременно увеличив его температуру в 3 раза. Определите давление газа в конечном состоянии.

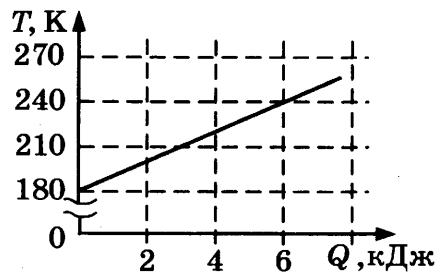
Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

9. На  $V$ - $T$ -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ получил 40 кДж теплоты. Масса газа не меняется. Определите работу газа в этом процессе, если  $V_2 = 2V_1$ .



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10. На графике представлена зависимость температуры тела от подводимого к нему количества теплоты. Масса тела 0,2 кг. Чему равна удельная теплоемкость вещества в этом процессе?



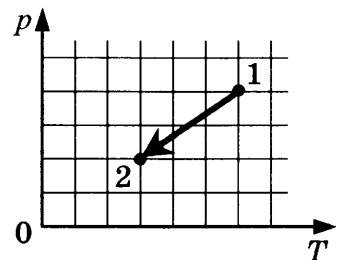
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/(кг·К).

11. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде с поршнем равна 50%. Объем сосуда за счет движения поршня медленно уменьшают при постоянной температуре. В конечном состоянии объем сосуда в 4 раза меньше начального. Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.

- 1) Плотность пара в сосуде все время увеличивается.
- 2) Давление пара сначала увеличивается, а затем остается постоянным.
- 3) В конечном состоянии весь пар в сосуде сконденсировался.
- 4) После уменьшения объема в 3 раза относительная влажность воздуха в сосуде равна 150%.
- 5) В конечном состоянии масса пара в сосуде в 2 раза меньше начальной массы пара.

Ответ:

12. Идеальный одноатомный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму). Масса газа не меняется. Как изменяются плотность газа  $\rho$  и его внутренняя энергия  $U$  в ходе указанного на диаграмме процесса?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Плотность газа	Внутренняя энергия

13. На рисунке представлено расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов  $+q$  и  $-2q$  ( $q > 0$ ). Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор напряженности суммарного электрического поля этих зарядов в точке А? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_ .

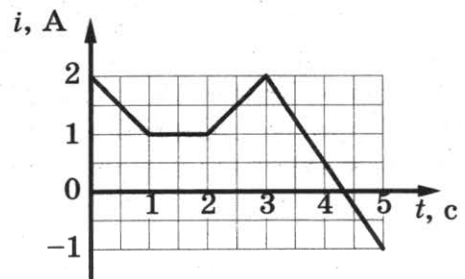
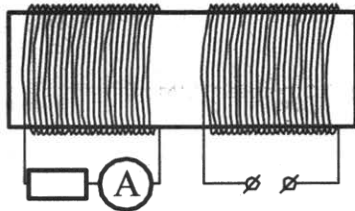
14. Участок цепи состоит из четырех последовательно соединенных резисторов, сопротивления которых равны 1 Ом, 2 Ом, 3 Ом и 4 Ом. Каким должно быть сопротивление пятого резистора, добавленного в этот участок последовательно к первым четырем, чтобы суммарное сопротивление участка увеличилось в 3 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

15. Расстояние между предметом и его изображением в плоском зеркале равно 10 см. Каким будет расстояние между предметом и его изображением, если расстояние от предмета до зеркала увеличить на 2 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

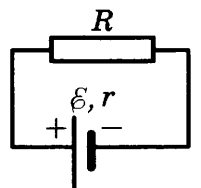
16. На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведенному графику. На основании этого графика выберите *два* верных утверждения. Явлением самоиндукции пренебречь.



- 1) В промежутке между 1 с и 2 с ЭДС индукции в левой катушке равна 0.
- 2) В промежутках 0–1 с и 3–5 с направления тока в левой катушке были одинаковы.
- 3) В промежутке между 1 с и 2 с индукция магнитного поля в сердечнике была равна 0.
- 4) Сила тока через амперметр была отлична от 0 только в промежутках 0–1 с и 3–5 с.
- 5) Сила тока в левой катушке в промежутке 0–1 с была больше, чем в промежутке 2–3 с.

Ответ:

17. Источник тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  сначала был замкнут на внешнее сопротивление  $R$ . Затем внешнее сопротивление уменьшили. Как при этом изменятся сила тока в цепи и напряжение на источнике?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Сила тока в цепи	Напряжение на источнике

18. Пучок света переходит из воды в воздух. Частота световой волны —  $\nu$ , длина световой волны в воздухе —  $\lambda$ , 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 таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) длина волны в воде  
 Б) скорость света в воде

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\lambda\nu$   
 2)  $\frac{\lambda}{n}$   
 3)  $\lambda\nu n$   
 4)  $\frac{\lambda\nu}{n}$

Ответ:

А	Б

19. На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Под названием элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов, нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространенность изотопа в природе. Определите число протонов и число нейтронов в ядре самого распространенного стабильного изотопа кальция.

2	II	Li 3 литий 7 <sub>93</sub> 6 <sub>7,4</sub>	Be 4 бериллий 9 <sub>100</sub>	5 B бор 11 <sub>80</sub> 10 <sub>20</sub>
3	III	Na 11 натрий 23 <sub>100</sub>	Mg 12 магний 24 <sub>79</sub> 26 <sub>11</sub> 25 <sub>10</sub>	13 Al алюминий 27 <sub>100</sub>
4	IV	K 19 калий 39 <sub>93</sub> 41 <sub>6,7</sub>	Ca 20 кальций 40 <sub>97</sub> 44 <sub>2,1</sub>	Sc 21 скандий 45 <sub>100</sub>
	V	29 Cu медь 63 <sub>69</sub> 65 <sub>31</sub>	30 Zn цинк 64 <sub>49</sub> 66 <sub>28</sub> 68 <sub>19</sub>	31 Ga галлий 69 <sub>60</sub> 71 <sub>40</sub>

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Модуль импульса фотона в первом пучке света в 2 раза больше, чем во втором пучке. Чему равно отношение периода колебаний электрического поля в первом пучке света к периоду колебаний этого поля во втором пучке?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

21. В опыте по изучению фотоэффекта металлическая пластина облучалась светом с частотой  $\nu$ . Работа выхода электронов из металла равна  $A_{\text{вых}}$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $h$  — постоянная Планка,  $c$  — скорость света в вакууме,  $m_e$  — масса электрона,  $e$  — модуль заряда электрона). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$   
 Б) максимальная скорость фотоэлектронов

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{hc}{eA_{\text{вых}}}$   
 2)  $\frac{h\nu}{A_{\text{вых}}}$   
 3)  $\sqrt{\frac{2}{m_e}(h\nu - A_{\text{вых}})}$   
 4)  $\frac{h\nu - A_{\text{вых}}}{e}$

Ответ:

А	Б

22. При определении скорости  $v$  равномерно прямолинейно движущейся тележки ученик измерил время движения по очень точному электронному секундомеру:  $t = 10,00$  с. Пройденный тележкой за это время путь был измерен с помощью рулетки:  $s = 150 \pm 1$  см. Запишите в ответ модуль скорости тележки с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) см/с.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Ученик изучает свойства силы трения скольжения. В его распоряжении имеются установки, состоящие из горизонтальной опоры и сплошного тела. Параметры установок приведены в таблице.

Какие из установок нужно использовать для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость коэффициента трения от материала опоры?

№ установки	Материал опоры	Объем сплошного тела	Материал, из которого сделано тело
1	сталь	25 см <sup>3</sup>	сталь
2	сталь	50 см <sup>3</sup>	сталь
3	сталь	25 см <sup>3</sup>	алюминий
4	чугун	25 см <sup>3</sup>	сталь
5	чугун	50 см <sup>3</sup>	медь

В ответе запишите номера выбранных установок.

Ответ:

24. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Расстояние до звезды (св. год)
Альдебаран	3500	5	45	68
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Бетельгейзе	3100	20	900	650
Вега	10 600	3	3	27
Капелла	5200	3	2,5	45
Кастор	10 400	3	2,5	45
Процион	6900	1,5	2	11
Спика	16 800	15	7	160

Выберите **все верные** утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд.

- 1) Звезда Спика относится к звездам спектрального класса В.
- 2) Плотность вещества звезды Вега составляет 1 г/см<sup>3</sup>.
- 3) Звезды Кастор и Капелла находятся на одинаковом расстоянии от Солнца.
- 4) Звезды Вега и Кастор имеют примерно одинаковую температуру и массу, следовательно, будет одинаковой и их видимая звездная величина.
- 5) Температура поверхности и радиус Альдебарана говорят о том, что эта звезда относится к гигантам.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

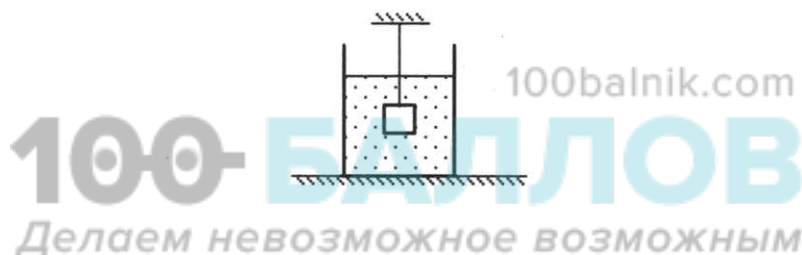
## Часть 2

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

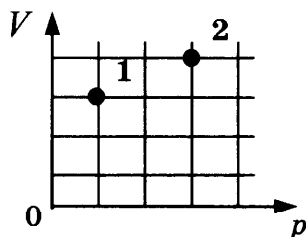
25. Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещен над горизонтальной металлической пластиной, равномерно заряженной отрицательным зарядом. Размеры пластины во много раз превышают длину нити. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как изменится период малых свободных колебаний шарика, если ему сообщить положительный заряд.

Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

26. Груз объемом  $V = 1$  л, подвешенный на тонкой нити, целиком погружен в воду и не касается дна сосуда (см. рисунок). Модуль силы натяжения нити  $T = 15$  Н. Найдите массу груза.

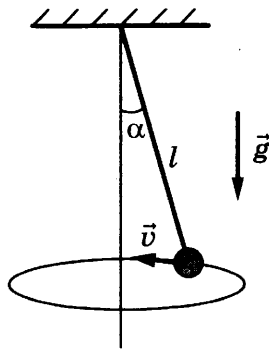


27. В сосуде находится 1 моль одноатомного идеального газа. В состоянии 2 температура газа равна 600 К. Определите внутреннюю энергию газа в состоянии 1 (см. рисунок).



28. Две частицы с одинаковыми зарядами и отношением масс  $\frac{m_2}{m_1} = 4$  влетели в однородные магнитные поля, векторы магнитной индукции которых перпендикулярны скоростям частиц: первая — в поле с индукцией  $B_1$ , вторая — в поле с индукцией  $B_2$ . Найдите отношение времен  $\frac{T_2}{T_1}$ , затраченных частицами на один оборот, если радиусы их траекторий одинаковы, а отношение модулей магнитных индукций  $\frac{B_2}{B_1} = 2$ .

29. Небольшой груз, прикрепленный к нити длиной  $l = 20$  см, вращается вокруг вертикальной оси так, что нить отклоняется от вертикали на угол  $\alpha = 30^\circ$ . Определите период  $\tau$  вращения груза.



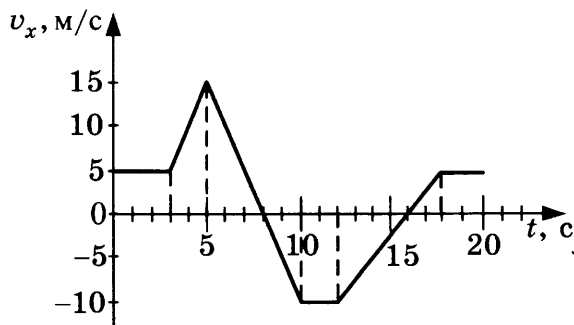
30. В сосуде под поршнем находился воздух с относительной влажностью  $\varphi = 80\%$ . Объем воздуха изотермически уменьшили в 3 раза. Какая масса  $m_0$  водяных паров была в сосуде, если после сжатия в нем осталось  $m_1 = 10$  г водяных паров?
31. Колебательный контур радиоприемника настроен на частоту  $\nu = 10^7$  Гц. Емкость плоского воздушного конденсатора контура  $C = 0,2$  мкФ, расстояние между его пластинами  $d = 1$  мм. Какова максимальная напряженность электрического поля конденсатора  $E_{\max}$  в ходе колебаний, если максимальный ток в катушке индуктивности равен  $I_{\max} = 1$  А?
32. Коэффициент полезного действия атомной электростанции, расходующей уран-235 ( ${}_{92}^{235}\text{U}$ ), равен  $\eta = 25\%$ , а ее мощность равна 38 МВт. При делении одного ядра урана-235 выделяется энергия 200 МэВ. Какая масса урана-235 необходима для работы электростанции в течение недели?

# ВАРИАНТ 11

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела на ось  $X$  от времени. Определите проекцию ускорения тела на ось  $X$  в промежуток времени от 12 с до 16 с.



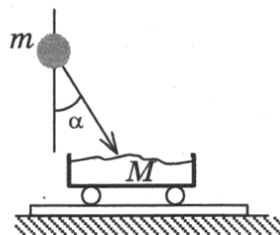
Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. Камень массой 100 г брошен вертикально вверх с начальной скоростью  $v = 20$  м/с. Определите модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

3. Камень массой  $m = 4$  кг падает под углом  $\alpha = 30^\circ$  к вертикали со скоростью 10 м/с в тележку с песком общей массой  $M = 16$  кг, покоящуюся на горизонтальных рельсах. Определите скорость тележки с камнем после падения в нее камня.

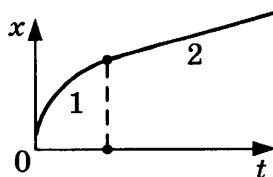
Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.



4. Пружинный маятник совершает гармонические колебания с периодом 0,5 с. В момент времени  $t = 0$  отклонение груза маятника от положения равновесия максимально. Сколько раз кинетическая энергия маятника достигнет своего максимального значения к моменту времени  $t = 2$  с?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

5. Бусинка скользит по неподвижной горизонтальной спице. На графике изображена зависимость координаты бусинки от времени. Ось  $Ox$  параллельна спице. На основании графика выберите **два** верных утверждения о движении бусинки.

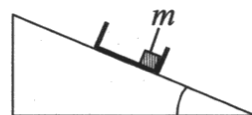


- 1) На участке 1 модуль скорости уменьшается, а на участке 2 — увеличивается.
- 2) На участке 1 модуль скорости увеличивается, а на участке 2 — уменьшается.
- 3) На участке 2 проекция ускорения  $a_x$  бусинки положительна.
- 4) На участке 1 модуль скорости уменьшается, а на участке 2 — остается неизменным.
- 5) Направление движения бусинки не изменялось.

Ответ: 

--	--

6. С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением легкая коробочка, в которой находится груз массой  $m$  (см. рисунок). Как изменятся время движения по наклонной плоскости и модуль работы силы тяжести, если с той же наклонной плоскости будет скользить та же коробочка с грузом массой  $2m$ ? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

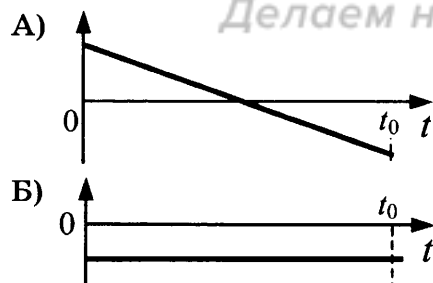
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время движения	Модуль работы силы тяжести

7. В момент времени  $t = 0$  шарик бросили вертикально вверх с начальной скоростью  $\vec{v}$  (см. рисунок). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять ( $t_0$  — время полета). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) координата шарика  $y$
- 2) проекция скорости шарика  $v_y$
- 3) проекция ускорения шарика  $a_y$
- 4) модуль силы тяжести, действующей на шарик

Ответ: 

А	Б

8. Давление идеального газа в сосуде с жесткими стенками при температуре  $t = 27^\circ\text{C}$  равно  $p = 90$  кПа. Каким будет давление в сосуде, если газ нагреть до температуры  $127^\circ\text{C}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

9. Температура нагревателя  $500$  К, температура холодильника на  $200$  К меньше, чем нагревателя. Чему равен максимально возможный КПД теплового двигателя, работающего с этими нагревателем и холодильником?

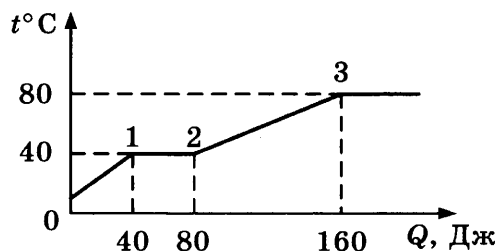
Ответ: \_\_\_\_\_ %.

10. Какое количество теплоты нужно сообщить  $1,5$  кг воды, нагретым до температуры  $100^\circ\text{C}$ , чтобы она полностью выкипела?

Ответ: \_\_\_\_\_ МДж.



11. В цилиндре под поршнем находится твердое вещество. Цилиндр поместили в раскаленную печь. На рисунке показан график изменения температуры  $t$  вещества по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Выберите из предложенного перечня *два* утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.



- 1) Температура плавления вещества равна  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- 2) В состоянии 2 вещество полностью расплавилось.
- 3) Теплоемкость вещества в жидком состоянии меньше, чем в твердом.
- 4) Для того, чтобы полностью расплавить вещество, уже находящееся при температуре плавления, ему надо передать  $40\text{ Дж}$  теплоты.
- 5) На участке 2–3 происходит переход вещества в газообразное состояние.

Ответ:

12. В сосуде находится идеальный одноатомный газ, концентрация которого равна  $n$ . Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа равна  $E$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $k$  — постоянная Больцмана).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) давление газа  $p$
- Б) температура  $T$

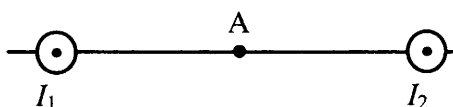
ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{2}{3} nE$
- 2)  $\frac{2E}{3k}$
- 3)  $\frac{3E}{2k}$
- 4)  $\frac{2}{3} nkE$

Ответ:

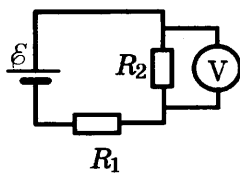
А	Б

13. Магнитное поле  $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$  создано в точке А двумя параллельными длинными проводниками с токами  $I_1$  и  $I_2 > I_1$ , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа. Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор индукции магнитного поля в точке А? Точка А расположена на середине отрезка, соединяющего провод. Ответ запишите словом (словами).



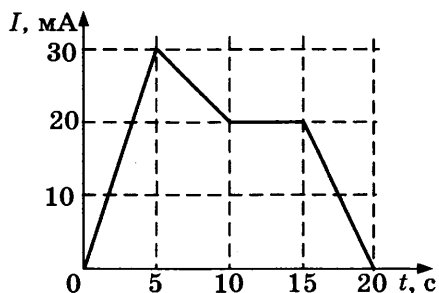
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. В схеме, изображенной на рисунке, ЭДС источника тока равна 6 В, его внутреннее сопротивление пренебрежимо мало, а сопротивления резисторов  $R_1 = R_2 = 2$  Ом. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

15. На рисунке приведен график зависимости силы тока  $I$  от времени  $t$  в электрической цепи, индуктивность которой 1 мГн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в интервале времени от 10 с до 15 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

16. В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялся заряд одной из обкладок конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

$t, 10^{-6}$ с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9}$ Кл	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

Выберите *два* верных утверждения о процессе, происходящем в контуре.

- 1) Период колебаний равен  $8 \cdot 10^{-6}$  с.
- 2) В момент  $t = 4 \cdot 10^{-6}$  с энергия конденсатора минимальна.
- 3) В момент  $t = 2 \cdot 10^{-6}$  с сила тока в контуре максимальна.
- 4) В момент  $t = 6 \cdot 10^{-6}$  с сила тока в контуре равна 0.
- 5) Частота колебаний равна 25 кГц.

Ответ:

17. К концам длинного однородного проводника приложено напряжение  $U$ . Провод укоротили вдвое и приложили к нему прежнее напряжение  $U$ . Как изменятся при этом сила тока и сопротивление проводника? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Сила тока	Сопротивление проводника

18. В опыте нить накала лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием  $F$  перпендикулярно этой оси. Расстояние от линзы до нити равно  $2F$ . Сначала в опыте использовали рассеивающую линзу, а затем собирающую. Установите соответствие между видом линзы, использовавшейся в опыте, и свойствами изображения. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВИД ЛИНЗЫ

- А) линза рассеивающая  
Б) линза собирающая

СВОЙСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ

- 1) действительное, перевернутое, равное по размерам  
2) мнимое, прямое, уменьшенное  
3) действительное, увеличенное, перевернутое  
4) мнимое, увеличенное, перевернутое

Ответ:

А	Б

19. Определите число протонов и число нейтронов в ядре, которое образовалось из ядра радиоактивного полония  ${}_{84}^{218}\text{Po}$  после одного  $\alpha$ -распада и двух электронных  $\beta$ -распадов.

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

100-БАЛЛОВ

20. В образце имеется  $2 \cdot 10^{10}$  ядер радиоактивного изотопа цезия  ${}_{55}^{137}\text{Cs}$ , имеющего период полураспада 26 лет. Через сколько лет останутся нераспавшимися  $0,25 \cdot 10^{10}$  ядер данного изотопа?

Ответ: \_\_\_\_\_ лет.

21. При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только фиолетовый свет, а во второй — только желтый.

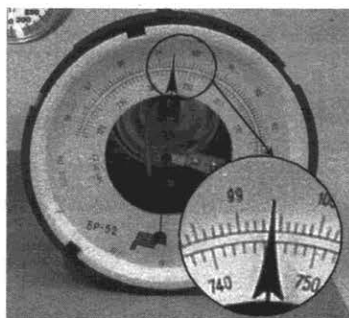
Как изменяются длина световой волны и запирающее напряжение при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

- 1) увеличивается  
2) уменьшается  
3) не изменяется

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

Длина световой волны, падающей на фотоэлемент	Запирающее напряжение

22. С помощью барометра проводились измерения атмосферного давления. Верхняя шкала барометра проградуирована в кПа, а нижняя шкала в мм рт. ст. Погрешность измерений давления равна цене деления шкалы барометра.

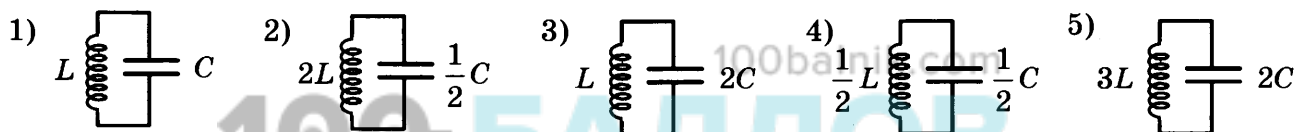


Запишите в ответ величину атмосферного давления, выраженного в кПа, с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) кПа.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

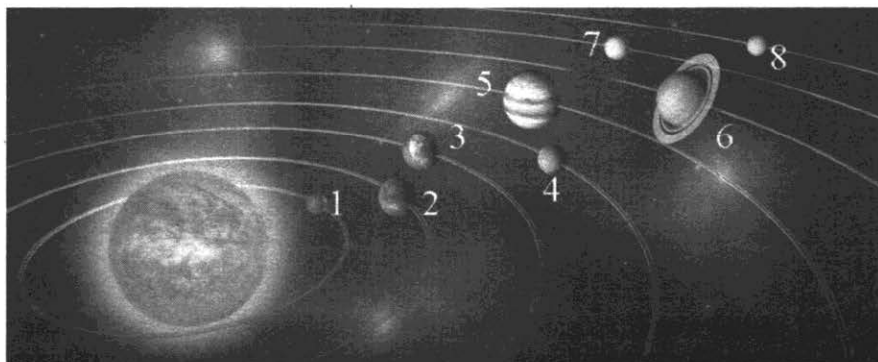
23. Ученик изучает зависимость периода электромагнитных колебаний в контуре от емкости конденсатора. Какие *два* контура он должен выбрать для этого исследования?



В ответе запишите номера выбранных контуров.

Ответ:

24. На рисунке приведено схематическое изображение солнечной системы. Планеты на этом рисунке обозначены цифрами. Выберите из приведенных ниже утверждений *все верные*, и укажите их номера.



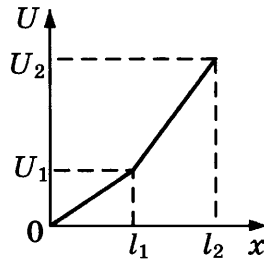
- 1) Сатурн на рисунке обозначен цифрой 4.
- 2) Атмосфера планеты 2 состоит, в основном, из углекислого газа.
- 3) Период обращения вокруг Солнца планет 3 и 4 практически одинаковы.
- 4) Планета 5 имеет большое количество спутников.
- 5) Планета 4 относится к планетам-гигантам.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

## Часть 2

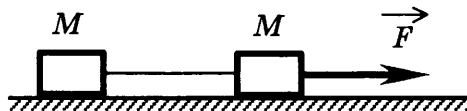
Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. Цилиндрический проводник постоянного поперечного сечения и длиной  $l = l_2$  включен в цепь постоянного тока. К нему подключают вольтметр таким образом, что одна из клемм вольтметра все время подключена к началу проводника, а вторая может перемещаться вдоль проводника. На рисунке приведена зависимость показаний вольтметра  $U$  от расстояния  $x$  до начала проводника. Как зависит от  $x$  удельное сопротивление проводника? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали.



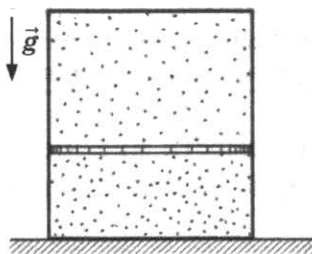
Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

26. Два груза одинаковой массы  $M$ , связанные нерастяжимой и невесомой нитью, движутся прямолинейно по гладкой горизонтальной поверхности под действием горизонтальной силы  $\vec{F}$ , приложенной к одному из грузов (см. рисунок). Минимальная сила  $F$ , при которой нить обрывается, равна 12 Н. При какой силе натяжения обрывается нить?



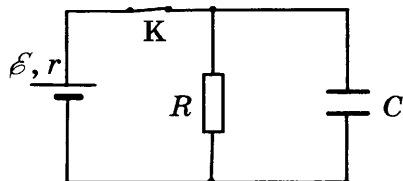
27. Для охлаждения лимонада массой 200 г в него бросают кубики льда при  $0^\circ\text{C}$ . Масса каждого кубика 8 г. Первоначальная температура лимонада  $30^\circ\text{C}$ . Сколько целых кубиков надо бросить в лимонад, чтобы установилась температура  $15^\circ\text{C}$ ? Тепловыми потерями пренебречь. Удельная теплоемкость лимонада такая же, как у воды.
28. Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны  $\lambda_{\text{кр}} = 600$  нм. Какова длина волны света, выбивающего из него фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 3 раза меньше энергии падающих фотонов?
29. Маленький шарик падает сверху на наклонную плоскость и упруго отражается от нее. Угол наклона плоскости к горизонту равен  $30^\circ$ . На какое расстояние по горизонтали перемещается шарик между первым и вторым ударами о плоскость? Скорость шарика в момент первого удара направлена вертикально вниз и равна 1 м/с.

30. Вертикально расположенный замкнутый цилиндрический сосуд высотой 50 см разделен подвижным поршнем массой 11 кг на две части, в каждой из которых содержится одинаковое количество идеального газа при температуре 361 К. Сколько молей газа находится в каждой части цилиндра, если поршень находится на высоте 20 см от дна сосуда? Толщиной поршня пренебречь.



31. Условимся считать изображение на пленке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на пленке получается изображение пятна диаметром не более некоторого предельного значения. Поэтому, если объектив находится на фокусном расстоянии от пленки, то резкими считаются не только бесконечно удаленные предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния  $d$ . Оцените предельный размер пятна, если при фокусном расстоянии объектива  $F = 50$  мм и диаметре входного отверстия  $D = 5$  мм резкими оказались все предметы, находившиеся на расстояниях более  $d = 5$  м от объектива. Сделайте рисунок, поясняющий образование пятна.

32. В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ  $K$  замкнут. Заряд конденсатора  $q = 2$  мкКл, ЭДС батарейки  $\mathcal{E} = 24$  В, ее внутреннее сопротивление  $r = 5$  Ом, сопротивление резистора  $R = 25$  Ом. Найдите количество теплоты, которое выделяется на резисторе после размыкания ключа  $K$  в результате разряда конденсатора. Потерями на излучение пренебречь.



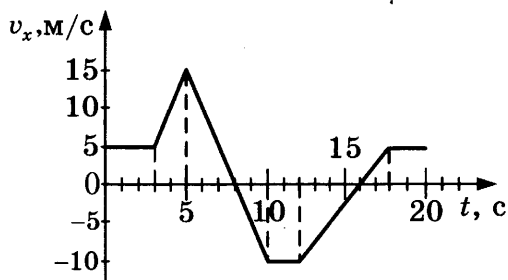


# ВАРИАНТ 12

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела на ось  $X$  от времени. Чему равна проекция ускорения тела на ось  $X$  в промежуток времени от 5 с до 10 с?

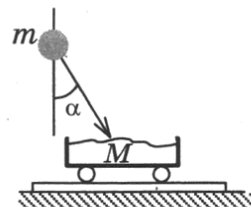


Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. Камень массой 100 г брошен под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $v = 10$  м/с. Чему равен модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

3. Камень падает под углом  $\alpha = 30^\circ$  к вертикали со скоростью  $v = 10$  м/с в тележку с песком общей массой  $M = 18$  кг, покоящуюся на горизонтальных рельсах. Скорость тележки с камнем после падения в нее камня равна 0,5 м/с. Определите массу камня.

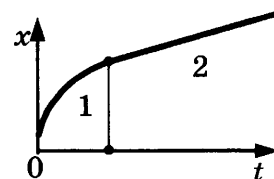


Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

4. Математический маятник совершает гармонические колебания с периодом 2 с. В момент времени  $t = 0$  груз маятника проходит положение равновесия. Сколько раз потенциальная энергия маятника достигнет своего максимального значения к моменту времени  $t = 4$  с?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

5. Бусинка скользит по неподвижной горизонтальной спице. На графике изображена зависимость координаты бусинки от времени. Ось  $Ox$  параллельна спице. На основании графика выберите **два** верных утверждения о движении бусинки.

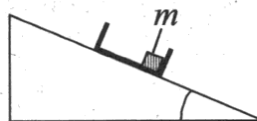


- 1) На участке 1 проекция ускорения  $a_x$  бусинки отрицательна.
- 2) На участке 1 модуль скорости остается неизменным, а на участке 2 — уменьшается.
- 3) На участке 1 модуль скорости увеличивается, а на участке 2 — уменьшается.
- 4) На участке 1 модуль скорости уменьшается, а на участке 2 — остается неизменным.
- 5) В процессе движения вектор скорости бусинки менял направление на противоположное.

Ответ:

6. С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением легкая коробочка, в которой находится груз массой  $m$  (см. рисунок). Как изменятся ускорение коробочки и модуль работы силы трения, если с той же наклонной плоскости будет скользить та же коробочка с грузом массой  $\frac{m}{2}$ ? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится



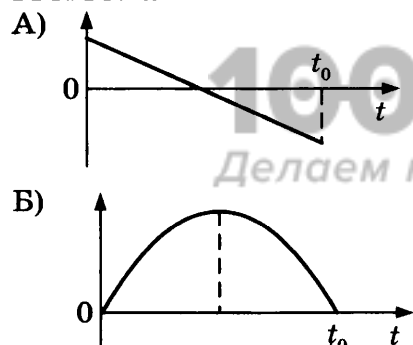
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение	Модуль работы силы трения

7. В момент  $t = 0$  шарик бросили вертикально вверх с начальной скоростью  $\vec{v}$  (см. рисунок). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять ( $t_0$  — время полета). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) координата шарика  $y$
- 2) проекция скорости шарика  $v_y$
- 3) проекция ускорения шарика  $a_y$
- 4) проекция  $F_y$  силы тяжести, действующей на шарик

Ответ:

А	Б

8. Давление идеального газа в сосуде объемом  $V = 1$  л равно  $p = 90$  кПа. Каким будет давление в сосуде, если объем сосуда изотермически увеличить в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

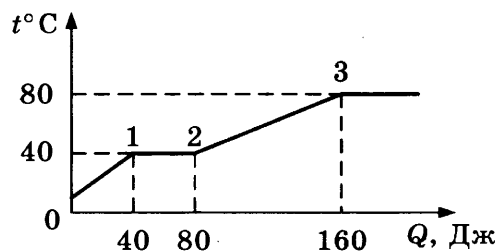
9. Температура нагревателя теплового двигателя, работающего по циклу Карно,  $327$  °С, температура холодильника  $27$  °С. Чему равен КПД теплового двигателя?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

10. Какое количество теплоты нужно  $100$  г льда, имеющему температуру  $0$ °С, чтобы он полностью растаял?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

11. В цилиндре под поршнем находится твердое вещество. Цилиндр поместили в раскаленную печь. На рисунке показан график изменения температуры  $t$  вещества по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Выберите из предложенного перечня *два* утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.



- 1) Температура кипения вещества равна  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- 2) В состоянии 1 вещество полностью расплавилось.
- 3) Теплоемкость вещества в жидком состоянии больше, чем в твердом.
- 4) Для того, чтобы полностью расплавить вещество, уже находящееся при температуре плавления, ему надо передать  $80\text{ Дж}$  теплоты.
- 5) На участке 2–3 происходит переход вещества в жидкое состояние.

Ответ: 

--	--

12. В сосуде при температуре  $T$  находится идеальный одноатомный газ, концентрация которого равна  $n$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $k$  — постоянная Больцмана).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа  $E$   
 Б) давление газа  $p$

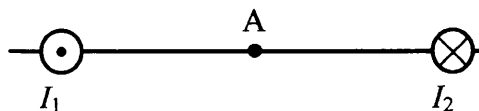
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{3}{2}kT$
- 2)  $\frac{3}{2}nkT$
- 3)  $nkT$
- 4)  $\frac{kT}{n}$

Ответ: 

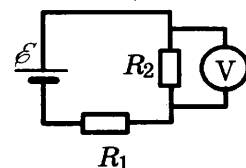
А	Б

13. Магнитное поле  $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$  создано в точке А двумя параллельными длинными проводниками с токами  $I_1$  и  $I_2 > I_1$ , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа. Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор индукции магнитного поля в точке А? Точка А расположена на середине отрезка, соединяющего провод. Ответ запишите словом (словами).



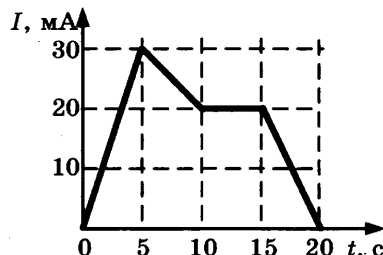
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. В схеме, изображенной на рисунке, ЭДС источника тока равна  $\mathcal{E} = 10\text{ В}$ , его внутреннее сопротивление  $r = 1\text{ Ом}$ , а сопротивления резисторов  $R_1 = R_2 = 2\text{ Ом}$ . Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

15. На рисунке приведен график зависимости силы тока  $I$  от времени  $t$  в электрической цепи, индуктивность которой 1 Гн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в интервале времени от 5 с до 10 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ мВ.

16. В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

$t, 10^{-6}$ с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9}$ Кл	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

Выберите **два** верных утверждения о процессе, происходящем в контуре:

- 1) Период колебаний равен  $4 \cdot 10^{-6}$  с.
- 2) В момент  $t = 2 \cdot 10^{-6}$  с энергия катушки максимальна.
- 3) В момент  $t = 4 \cdot 10^{-6}$  с энергия конденсатора минимальна.
- 4) В момент  $t = 2 \cdot 10^{-6}$  с сила тока в контуре равна 0.
- 5) Частота колебаний равна 125 кГц.

Ответ:

17. К концам длинного однородного проводника приложено напряжение  $U$ . Провод укоротили вдвое и приложили к нему прежнее напряжение  $U$ . Как изменятся при этом мощность тока и удельное сопротивление проводника? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Мощность тока	Удельное сопротивление проводника

18. В опыте нить накала лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием  $F$  перпендикулярно этой оси. Расстояние от линзы до нити равно  $1,5F$ . Сначала в опыте использовали рассеивающую линзу, а затем собирающую. Установите соответствие между видом линзы, использовавшейся в опыте, и свойствами изображения. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВИД ЛИНЗЫ

- А) линза рассеивающая
- Б) линза собирающая

СВОЙСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ

- 1) действительное, перевернутое, равное по размерам
- 2) мнимое, прямое, уменьшенное
- 3) действительное, увеличенное, перевернутое
- 4) мнимое, увеличенное, перевернутое

Ответ: 

А	Б

19. Определите число протонов и число нейтронов в ядре, которое образовалось из ядра радиоактивного изотопа натрия полония  ${}_{11}^{24}\text{Na}$  в результате  $\beta$ -распада.

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. В образце имеется  $4 \cdot 10^{10}$  ядер радиоактивного изотопа цезия  ${}_{55}^{137}\text{Cs}$ , имеющего период полураспада 26 лет. Через сколько лет распадется  $3 \cdot 10^{10}$  ядер данного изотопа?

Ответ: \_\_\_\_\_ лет.

21. При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только красный свет, а во второй — только зеленый.

Как изменяются частота световой волны и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй?

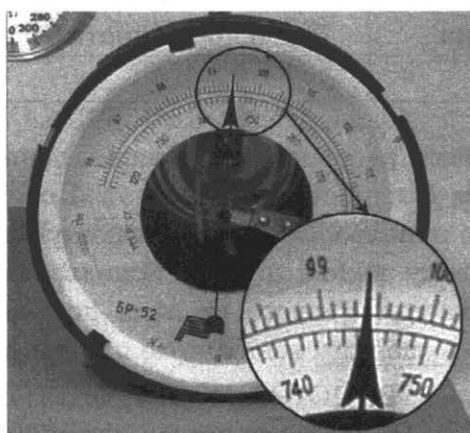
Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

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

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

Частота световой волны, падающей на фотоэлемент	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

22. С помощью барометра проводились измерения атмосферного давления. Верхняя шкала барометра проградуирована в кПа, а нижняя шкала — в мм рт. ст. Погрешность измерений давления равна цене деления шкалы барометра.

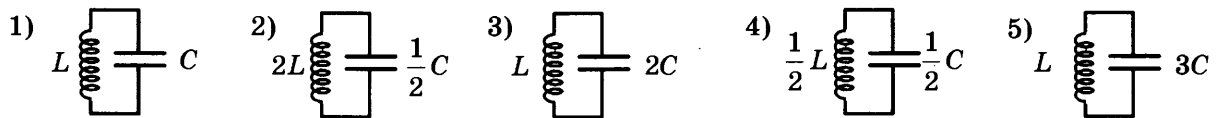


Запишите в ответ величину атмосферного давления, выраженного в мм рт. ст., с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) мм рт. ст.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

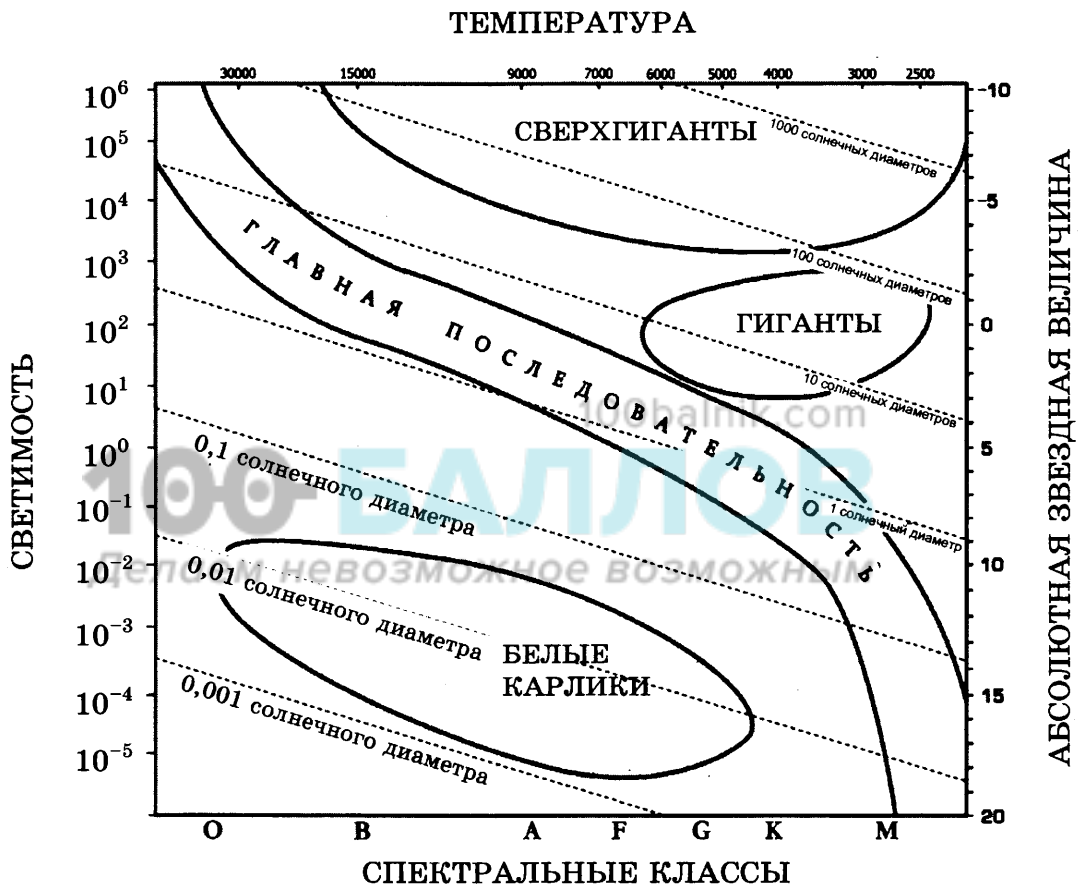
23. Ученик изучает зависимость периода электромагнитных колебаний в контуре от индуктивности катушки. Какие *два* контура он должен выбрать для этого исследования?



В ответе запишите номера выбранных контуров.

Ответ:

24. На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга—Рессела.



Выберите *все верные* утверждения о звездах, которые соответствуют диаграмме.

- 1) Наиболее многочисленными звездами являются гиганты.
- 2) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса К главной последовательности более длинный, чем звезды спектрального класса В главной последовательности.
- 3) Звезды-сверхгиганты имеют очень маленькую среднюю плотность.
- 4) Солнце относится к спектральному классу G.
- 5) Звезда 40 Эрида В относится к гигантам, поскольку ее масса составляет 0,5 массы Солнца.

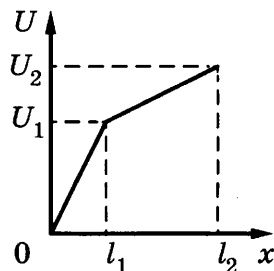
Ответ: \_\_\_\_\_ .



## Часть 2

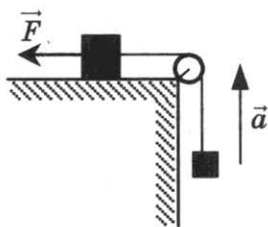
Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. Нихромовый проводник длиной  $l = l_2$  включен в цепь постоянного тока. К нему подключают вольтметр таким образом, что одна из клемм вольтметра все время подключена к началу проводника, а вторая может перемещаться вдоль проводника. На рисунке приведена зависимость показаний вольтметра  $U$  от расстояния  $x$  до начала проводника. Как зависит от  $x$  площадь поперечного сечения проводника? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали.



Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

26. Груз, лежащий на столе, связан легкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с грузом массой 0,25 кг. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила  $F$ , равная 9 Н (см. рисунок). Второй груз движется с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ , направленным вверх. Трением между грузом и поверхностью стола пренебречь. Какова масса первого груза?



27. В теплоизолированный сосуд с большим количеством льда при температуре  $t_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  заливают  $m = 1 \text{ кг}$  воды с температурой  $t_2 = 44 \text{ }^\circ\text{C}$ . Какая масса льда  $\Delta m$  расплавится при установлении теплового равновесия в сосуде? Ответ выразите в граммах.
28. Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны  $\lambda_{\text{кр}} = 600 \text{ нм}$ . Какова длина волны света, выбивающего из него фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 2 раза меньше работы выхода?
29. Маленький шарик падает сверху на наклонную плоскость и упруго отражается от нее. Угол наклона плоскости к горизонту равен  $45^\circ$ . На какое расстояние по вертикали перемещается шарик между первым и вторым ударами о плоскость? Скорость шарика в момент первого удара направлена вертикально вниз и равна  $2 \text{ м/с}$ .

30. В горизонтально расположенной трубке постоянного сечения, запаянной с одного конца, помещен столбик ртути длиной  $d = 15$  см, который отделяет воздух в трубке от атмосферы. Трубку расположили вертикально запаянным концом вниз и нагрели на  $\Delta T = 60$  К. При этом объем, занимаемый воздухом, не изменился. Атмосферное давление  $p_0 = 750$  мм рт. ст. Определите температуру воздуха  $T_0$  в лаборатории.
31. Условимся считать изображение на пленке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на пленке получается изображение пятна диаметром не более некоторого предельного значения. Поэтому, если объектив находится на фокусном расстоянии от пленки, то резкими считаются не только бесконечно удаленные предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния  $d$ . Оцените диаметр входного отверстия объектива  $D$ , если при фокусном расстоянии  $F = 80$  мм резкими оказались все предметы, находившиеся на расстояниях более  $d = 4$  м от объектива. Предельный размер пятна равен  $\delta = 0,2$  мм. Сделайте рисунок, поясняющий образование пятна.
32. В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна  $\mathcal{E} = 12$  В; емкость конденсатора  $C = 2$  мФ; индуктивность катушки  $L = 5$  мГн, сопротивление лампы  $r = 5$  Ом и сопротивление резистора  $R = 3$  Ом. В начальный момент времени ключ  $K$  замкнут. Какое количество теплоты  $Q$  выделится в лампе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника тока, катушки и проводов пренебречь.

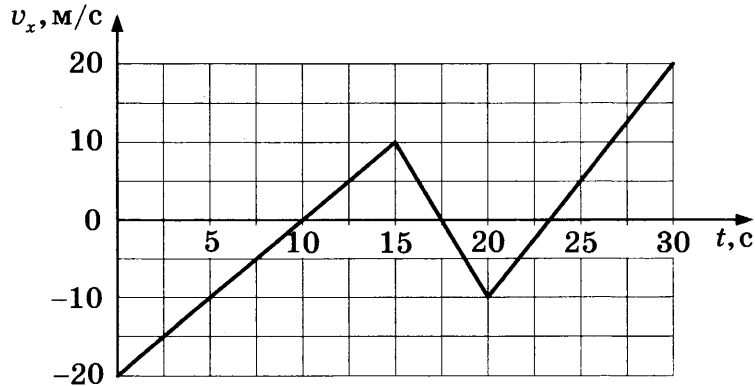


# ВАРИАНТ 13

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени. Определите путь, пройденный телом за промежуток времени от 10 с до 15 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

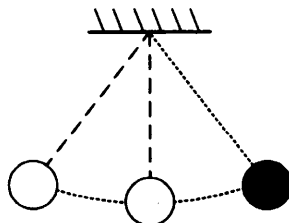
2. В инерциальной системе отсчета сила  $\vec{F}$  сообщает телу массой  $m = 2$  кг ускорение  $\vec{a}$ . Чему равна масса тела, которое под действием силы  $\frac{1}{2}\vec{F}$  в этой системе отсчета имеет ускорение  $\frac{1}{4}\vec{a}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

3. Равномерно поднимая веревку, человек достал ведро с водой из колодца глубиной 10 м. Масса ведра 1,5 кг, масса воды в ведре 10 кг. Какую работу он при этом совершил? Массой веревки пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

4. Математический маятник с периодом колебаний 4 с отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). Через какое время после этого потенциальная энергия маятника в первый раз достигнет минимального значения? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Ответ: \_\_\_\_\_ с.

5. В лаборатории исследовали прямолинейное движение тела массой  $m = 500$  г. В таблице приведена экспериментально полученная зависимость пути, пройденного телом, от времени. Какие **два** вывода из приведенных ниже соответствуют результатам эксперимента?

$L, \text{ м}$	0	1	4	9	16	25	36	49
$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7

- 1) В течение всего эксперимента тело двигалось с постоянным ускорением.
- 2) Скорость тела в момент времени 3 с равнялась 6 м/с.
- 3) Сила, действующая на тело в момент времени 6 с, равна 2 Н.
- 4) Кинетическая энергия тела сначала увеличивалась, а потом оставалась постоянной.
- 5) За первые 2 с действующая на тело сила совершила работу 10 Дж.

Ответ:

6. Брусok скользит без трения вниз по наклонной плоскости. Как меняются при этом движении его потенциальная энергия и сила реакции наклонной плоскости? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Потенциальная энергия бруска	Сила реакции наклонной плоскости
<input type="text"/>	<input type="text"/>

7. Подвешенный на пружине груз совершает вынужденные гармонические колебания под действием силы, меняющейся с частотой  $\nu$ . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими этот процесс, и частотой их изменения.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) кинетическая энергия груза
- Б) скорость груза

**ЧАСТОТА ИЗМЕНЕНИЯ**

- 1)  $\frac{\nu}{2}$
- 2)  $\nu$
- 3)  $2\nu$
- 4)  $\frac{\nu}{4}$

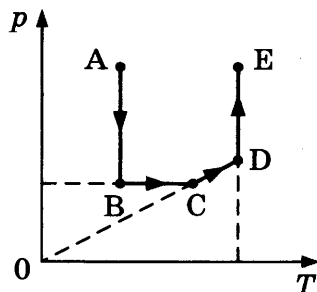
Ответ: 

А	Б
<input type="text"/>	<input type="text"/>

8. Масса воздуха в цилиндре при нагревании изменилась, так как крышка, закрывавшая цилиндр, была негерметична. Найдите отношение масс воздуха в цилиндре в конечном и начальном состояниях  $\frac{m_2}{m_1}$ , если при увеличении температуры воздуха в 2 раза давление увеличилось в 1,5 раза.

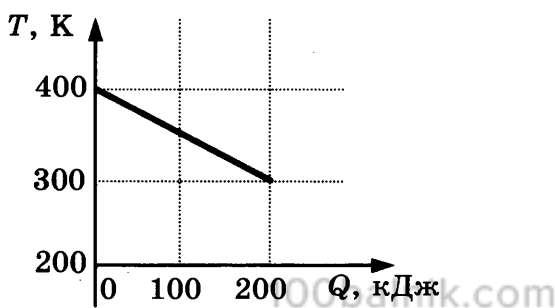
Ответ: \_\_\_\_\_ .

9. Чему равна работа газа в процессе CD (см. рисунок), если он получил в этом процессе 20 кДж теплоты?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

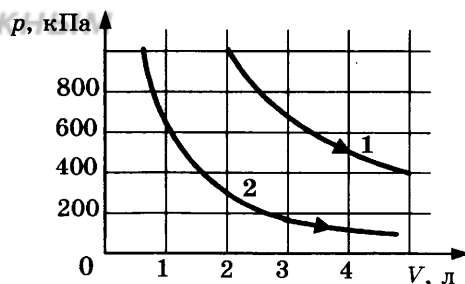
10. На рисунке приведен график зависимости температуры твердого тела от отданного им количества теплоты. Масса тела 4 кг. Какова удельная теплоемкость вещества этого тела?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/(кг · К).

11. На рисунке приведены графики двух изотермических процессов, проводимых с одной и той же массой газа. На основании графиков выберите *два* верных утверждения о процессах, происходящих с газом.

- 1) Оба процесса идут при одной и той же температуре.
- 2) В процессе 1 внутренняя энергия газа увеличивается.
- 3) Процесс 1 идет при более высокой температуре.
- 4) Процесс 2 идет при более высокой температуре.
- 5) В процессе 1 объем увеличивается.



Ответ:

12. В ходе адиабатического процесса внутренняя энергия одного моля разреженного гелия увеличивается. Как изменяются при этом температура гелия и его объем?

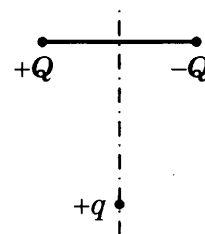
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Температура гелия	Объем гелия

13. Заряд  $+q > 0$  находится на равном расстоянии от неподвижных точечных зарядов  $+Q > 0$  и  $-Q$ , расположенных на концах тонкой стеклянной палочки (см. рисунок). Куда направлено (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) ускорение заряда  $+q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? Ответ запишите словом (словами).

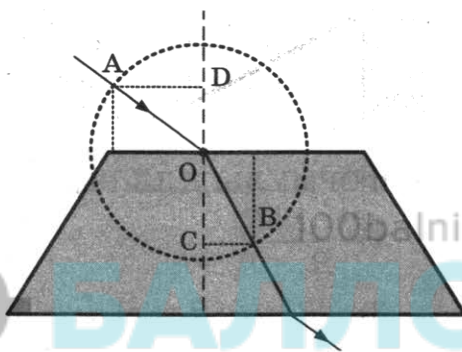


Ответ: \_\_\_\_\_ .

14. Участок цепи состоит из двух последовательно соединенных цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно 2 Ом, а второго — 4 Ом. Каким станет общее сопротивление этого участка, если и длину, и площадь поперечного сечения первого проводника уменьшить в 2 раза?

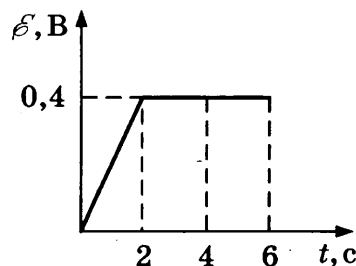
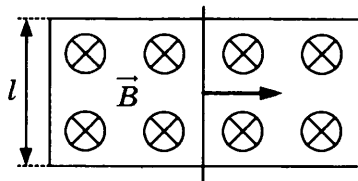
Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

15. На рисунке показан ход светового луча через стеклянную пластину, находящуюся в воздухе. Точка  $O$  — центр окружности.  $AD = OC = 7$  см,  $BC = OD = 5$  см. Чему равен показатель преломления стекла  $n$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_

16. По П-образному проводнику, находящемуся в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости проводника, скользит проводящая перемычка (см. рисунок). На графике приведена зависимость ЭДС индукции, возникающей в перемычке при ее движении в магнитном поле. Пренебрегая сопротивлением проводника, выберите *два* верных утверждения о результатах этого опыта. Известно, что модуль индукции магнитного поля равен  $B = 0,4$  Тл, длина проводника  $l = 0,1$  м.



- 1) Проводник все время двигался с одинаковой скоростью.
- 2) Через 2 с проводник остановился.
- 3) В момент времени 4 с скорость проводника была равна 10 м/с.
- 4) Первые 2 с сила тока в проводнике увеличивалась.
- 5) Через 2 с проводник начал двигаться в противоположную сторону.

Ответ:



17. Плоский конденсатор подключен к батарее. Как изменятся емкость конденсатора и величина заряда на его обкладках, если увеличить зазор между обкладками конденсатора? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
- 1) увеличится
  - 2) уменьшится
  - 3) не изменится

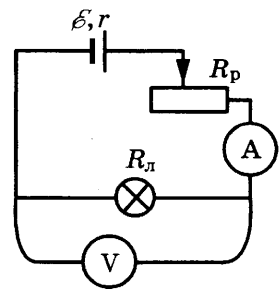
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Емкость конденсатора	Величина заряда на обкладках конденсатора

18. Ученик собрал электрическую цепь по схеме, представленной на рисунке.

Определите формулы, которые можно использовать для расчетов показаний амперметра и вольтметра в этой схеме. Измерительные приборы считать идеальными.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ**

- А) показания амперметра
- Б) показания вольтметра

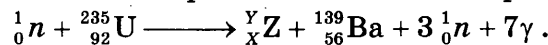
**ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРОВ**

- 1)  $\frac{\varepsilon R_l}{R_l + R_p + r}$
- 2)  $\varepsilon R_l - \varepsilon (R_p + r)$
- 3)  $\varepsilon (R_l + R_p + r)$
- 4)  $\frac{\varepsilon}{R_l + R_p + r}$

Ответ:

А	Б

19. Деление ядра урана тепловыми нейтронами описывается реакцией



При этом образовалось ядро химического элемента  ${}_X^Y\text{Z}$ . Определите число протонов и нейтронов в этом ядре.

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Энергия фотона в рентгеновском дефектоскопе в 2 раза больше энергии фотона в рентгеновском медицинском аппарате. Определите отношение частоты электромагнитных колебаний рентгеновских лучей в дефектоскопе к частоте электромагнитных колебаний рентгеновских лучей в медицинском аппарате.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

21. Большое число  $N$  радиоактивных ядер  ${}^{203}_{80}\text{Hg}$  распадается, образуя стабильные дочерние ядра  ${}^{203}_{81}\text{Tl}$ . Период полураспада равен 46,6 суток. Какое количество исходных ядер останется через 139,8 суток, а дочерних появится за 93,2 суток после начала наблюдений? Установите соответствие между величинами и их значениями.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВЕЛИЧИНЫ

А) количество ядер  ${}^{203}_{80}\text{Hg}$  через 139,8 суток

Б) количество ядер  ${}^{203}_{81}\text{Tl}$  через 93,2 суток

ИХ ЗНАЧЕНИЕ

1)  $\frac{N}{8}$

2)  $\frac{N}{4}$

3)  $\frac{3N}{4}$

4)  $\frac{7N}{8}$

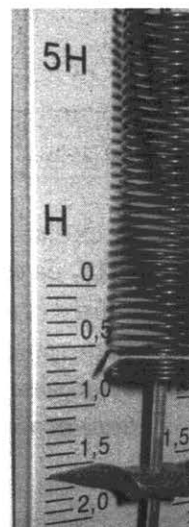
Ответ:

А	Б

22. Ученик измерял силу тяжести, действующую на груз. Показания динамометра приведены на фотографии. Погрешность измерения равна цене деления динамометра. Запишите в ответ величину силы тяжести, действующей на груз, с учетом погрешности измерений.

Ответ: (      ±      ) Н.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.



23. Нужно провести лабораторную работу по обнаружению зависимости сопротивления проводника от его диаметра. Какие *два* проводника из перечисленных в таблице необходимо выбрать, чтобы провести такое исследование?

№ проводника	Длина проводника	Диаметр проводника	Материал
1	5 м	1,0 мм	медь
2	10 м	0,5 мм	медь
3	20 м	1,0 мм	медь
4	10 м	0,5 мм	алюминий
5	10 м	1,0 мм	медь

В ответе запишите номера выбранных проводников.

Ответ: 

--	--

24. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Расстояние до звезды (св. год)
Альдебаран	3500	5	45	68
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Бетельгейзе	3100	20	900	650
Вега	10 600	3	3	27
Капелла	5200	3	2,5	45
Кастор	10 400	3	2,5	45
Процион	6900	1,5	2	11
Спика	16 800	15	7	160

Выберите *все верные* утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд.

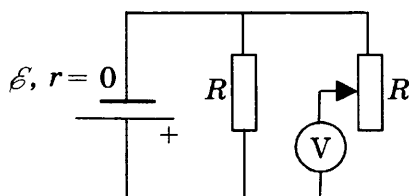
- 1) Звезда Процион относится к звездам главной последовательности.
- 2) Расстояние до Альтаира в 8 раз больше расстояния до Капеллы.
- 3) Звезды Кастор и Капелла принадлежат к одному спектральному классу.
- 4) Звезда Капелла является звездой типа Солнце.
- 5) Плотность звезды Альдебаран близка к плотности Солнца.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

## Часть 2

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

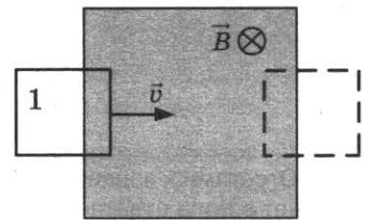
25. В схеме на рисунке сопротивление резистора и полное сопротивление реостата равны  $R$ , ЭДС батарейки равна  $\mathcal{E}$ , ее внутреннее сопротивление ничтожно мало ( $r = 0$ ). Как ведут себя (увеличиваются, уменьшаются, остаются постоянными) показания идеального вольтметра при перемещении движка реостата из крайнего верхнего в крайнее нижнее положение? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



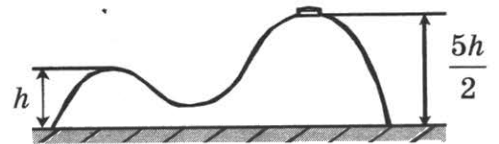
Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

26. Снаряд, летящий со скоростью  $v = 100$  м/с, разрывается на два равных осколка. Один из осколков летит под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению. Под каким углом к этому направлению полетит второй осколок, если его скорость  $v_2 = 400$  м/с?
27. Идеальный газ изобарно нагревают так, что его температура изменяется на  $\Delta T = 240$  К, а объем увеличивается в 1,8 раза. Масса газа постоянна. Найдите конечную температуру газа по шкале Кельвина.

28. В заштрихованной области на рисунке действует однородное магнитное поле, направленное перпендикулярно плоскости рисунка,  $B = 0,1$  Тл. Проволочную квадратную рамку сопротивлением  $R = 10$  Ом и стороной  $l = 10$  см перемещают в плоскости рисунка поступательно со скоростью  $v = 1$  м/с. Чему равен индукционный ток в рамке в состоянии 1?



29. На гладкой горизонтальной поверхности стола покоится горка с двумя вершинами, высоты которых  $h$  и  $\frac{5}{2}h$  (см. рисунок). На правой вершине горки находится шайба. От незначительного толчка шайба и горка приходят в движение, причем шайба движется влево, не отрываясь от гладкой поверхности горки, а поступательно движущаяся горка не отрывается от стола. Скорость шайбы на левой вершине горки оказалась равной  $v$ . Найдите отношение масс шайбы и горки.



30. В калориметре находился лед при температуре  $t_1 = -5$  °С. Какой была масса  $m_1$  льда, если после добавления в калориметр  $m_2 = 4$  кг воды, имеющей температуру  $t_2 = 20$  °С, и установления теплового равновесия температура содержимого калориметра оказалась равной  $t = 0$  °С, причем в калориметре была только вода?

31. На рисунке 1 изображена зависимость силы тока через светодиод  $D$  от приложенного к нему напряжения, а на рисунке 2 — схема его включения. Напряжение на светодиоде практически не зависит от силы тока через него в интервале значений  $0,05 \text{ А} < I < 0,2 \text{ А}$ . Чему равно  $R$  сопротивление резистора, включенного последовательно с диодом, если ЭДС источника  $\mathcal{E} = 6$  В? Сила тока в цепи равна  $0,15$  А. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.

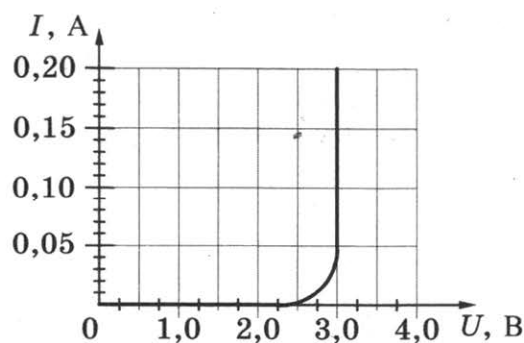


Рис. 1

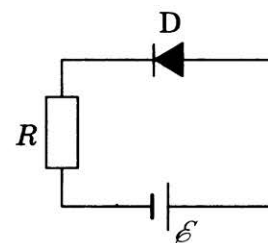
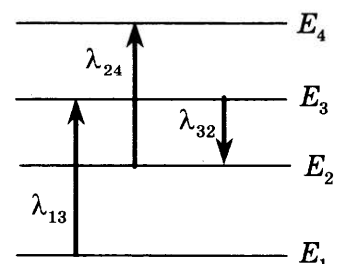


Рис. 2

32. На рисунке изображены энергетические уровни атома и указаны длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Экспериментально установлено, что минимальная длина волны для фотонов, излучаемых при переходах между этими уровнями, равна  $\lambda_0 = 250$  нм. Какова величина  $\lambda_{13}$ , если  $\lambda_{32} = 545$  нм,  $\lambda_{24} = 400$  нм?

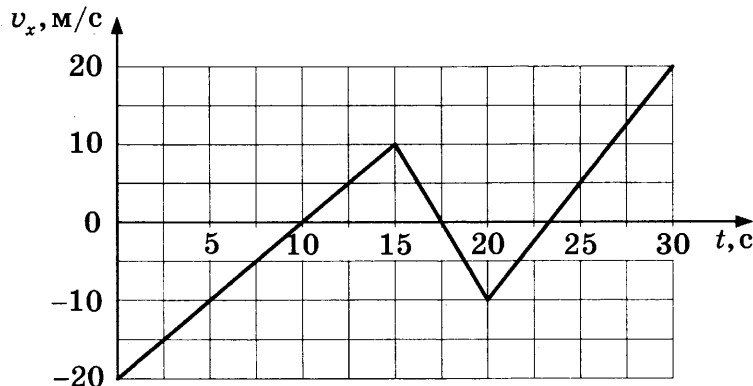


# ВАРИАНТ 14

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени. Определите путь, пройденный телом за промежуток времени от 0 с до 10 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

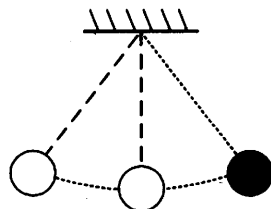
2. В инерциальной системе отсчета сила  $\vec{F}$  сообщает телу массой  $m$  ускорение  $\vec{a}$ . Модуль силы равен  $F = 4$  Н. Определите модуль силы, которая сообщает телу массой  $4m$  ускорение  $\frac{1}{2}\vec{a}$  в этой системе отсчета.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

3. Равномерно поднимая веревку, человек достал ведро с водой из колодца глубиной 10 м, совершив при этом работу, равную 1400 Дж. Масса ведра 2 кг. Определите массу воды в ведре. Массой веревки пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

4. Математический маятник с периодом колебаний 6 с отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). Через какое время после этого кинетическая энергия маятника в первый раз достигнет максимального значения? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Ответ: \_\_\_\_\_ с.



5. В лаборатории исследовали прямолинейное движение тела массой  $m = 500$  г. В таблице приведена экспериментально полученная зависимость пути, пройденного телом, от времени. Какие **два** вывода из приведенных ниже соответствуют результатам эксперимента?

$L, \text{ м}$	0	1	4	9	16	25	36	49
$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7

- 1) Первые 3 с тело двигалось равномерно, а затем тело двигалось с постоянным ускорением.
- 2) Скорость тела в момент времени 4 с равнялась 8 м/с.
- 3) Кинетическая энергия тела в момент времени 3 с равна 12 Дж.
- 4) Сила, действующая на тело, все время возрастала.
- 5) За первые 3 с действующая на тело сила совершила работу 9 Дж.

Ответ:

6. Брусок скользит без трения вниз по наклонной плоскости. Как меняются при этом движении его ускорение и кинетическая энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Ускорение бруска	Кинетическая энергия бруска
100-БАЛЛОВ	

7. Подвешенный на пружине груз совершает вынужденные гармонические колебания под действием силы, меняющейся с частотой  $\nu$ .

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими этот процесс, и частотой их изменения.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) потенциальная энергия пружины
- Б) смещение груза от положения равновесия

**ЧАСТОТА ИЗМЕНЕНИЯ**

- 1)  $\frac{\nu}{2}$
- 2)  $\nu$
- 3)  $2\nu$
- 4)  $\frac{\nu}{4}$

Ответ: 

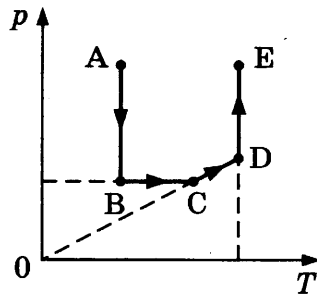
А	Б
<input type="text"/>	<input type="text"/>

8. Масса воздуха в цилиндре при охлаждении изменилась, так как крышка, закрывавшая цилиндр, была негерметична. Найдите отношение масс воздуха в цилиндре в конечном и начальном состояниях  $\frac{m_2}{m_1}$ , если при уменьшении температуры воздуха в 3 раза давление уменьшилось в 1,5 раза.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

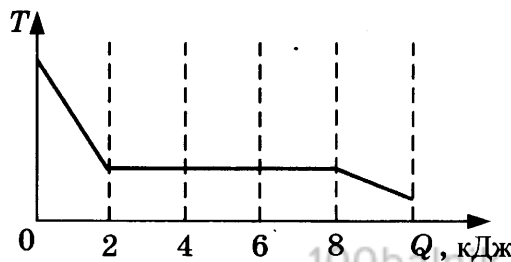


9. Чему равна работа газа в процессе АВ (см. рисунок), если он получил в этом процессе 20 кДж теплоты?



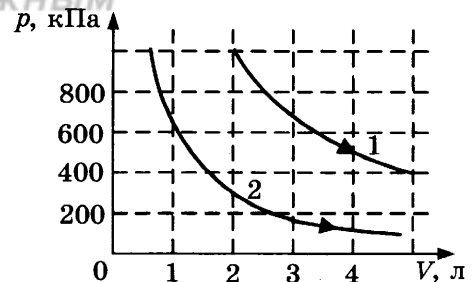
Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10. Зависимость температуры 0,2 кг первоначально газообразного вещества от количества выделенной им теплоты при остывании представлена на рисунке. Какова удельная теплота парообразования этого вещества?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж/кг.

11. На рисунке приведены графики двух изотермических процессов, проводимых с одной и той же массой газа. На основании графиков выберите **два** верных утверждения о процессах, происходящих с газом.



- 1) Оба процесса идут при одной и той же температуре.
- 2) В процессе 2 внутренняя энергия газа уменьшалась.
- 3) Процесс 1 идет при более низкой температуре.
- 4) Процесс 2 идет при более низкой температуре.
- 5) В процессе 1 давление уменьшается.

Ответ:

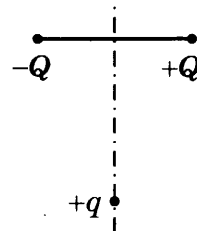
12. В ходе адиабатического процесса внутренняя энергия одного моля разреженного гелия уменьшается. Как изменяются при этом давление гелия и его температура? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Температура гелия	Давление гелия

13. Заряд  $+q > 0$  находится на равном расстоянии от неподвижных точечных зарядов  $+Q > 0$  и  $-Q$ , расположенных на концах тонкой стеклянной палочки (см. рисунок). Куда направлено (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) ускорение заряда  $+q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? Ответ запишите словом (словами).

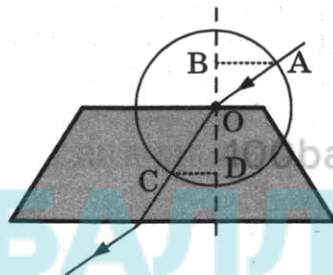


Ответ: \_\_\_\_\_ .

14. Участок цепи состоит из двух последовательно соединенных цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно 2 Ом, а второго — 5 Ом. Каким станет общее сопротивление этого участка, если удельное сопротивление и площадь поперечного сечения первого проводника увеличить вдвое?

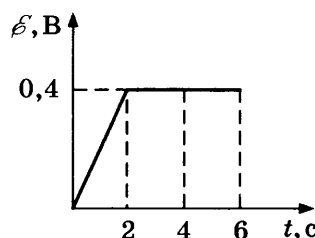
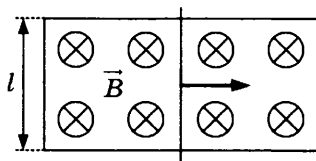
Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

15. На рисунке показан ход луча света через стеклянную призму, находящуюся в воздухе. Точка  $O$  — центр окружности.  $AB = OD = 15$  см,  $OB = CD = 10$  см. Чему равен показатель преломления стекла  $n$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ *Делаем невозможное возможным*

16. По П-образному проводнику, находящемуся в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости проводника, скользит проводящая перемычка (см. рисунок). На графике приведена зависимость ЭДС индукции, возникающей в перемычке при ее движении в магнитном поле. Пренебрегая сопротивлением проводника, выберите *два* верных утверждения о результатах этого опыта. Известно, что модуль индукции магнитного поля равен  $B = 0,2$  Тл, длина проводника  $l = 0,15$  м.



- 1) Проводник сначала двигался равноускоренно, а затем равномерно.
- 2) Через 2 с скорость проводника была равна 10 м/с.
- 3) В момент времени 4 с сила Ампера на проводник не действовала.
- 4) В промежуток времени от 2 с до 6 с сила тока в проводнике не изменялась.
- 5) Через 6 с проводник остановился.

Ответ:

17. Плоский конденсатор подключен к батарее. Расстояние между обкладками конденсатора уменьшают. Как изменятся при этом емкость конденсатора и разность потенциалов между его обкладками?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

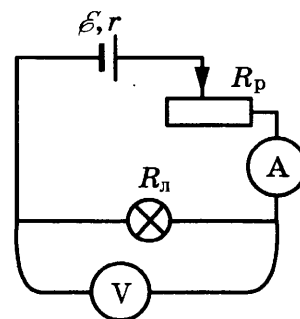
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Емкость конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора

18. Ученик собрал электрическую цепь по схеме, представленной на рисунке.

Определите формулы, которые можно использовать для расчетов показаний амперметра и напряжения на источнике тока. Измерительные приборы считать идеальными. Вольтметр показывает напряжение  $U$ .

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ

- А) показания амперметра
- Б) напряжение на источнике тока

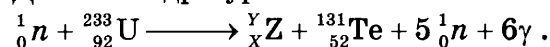
ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРОВ

- 1)  $\frac{U}{R_{\text{л}}}$
- 2)  $\frac{U}{R_{\text{л}} + r}$
- 3)  $\frac{\mathcal{E}R_{\text{л}} - Ur}{R_{\text{л}}}$
- 4)  $\frac{\mathcal{E}R_{\text{л}} + Ur}{R_{\text{л}}}$

Ответ:

А	Б

19. Деление ядра урана тепловыми нейтронами описывается реакцией



При этом образовалось ядро химического элемента  ${}^Y_X\text{Z}$ . Определите число протонов и нейтронов в этом ядре.

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Длина волны рентгеновского излучения равна  $10^{-10}$  м. Во сколько раз энергия одного фотона этого излучения превосходит энергию фотона видимого света длиной волны  $4 \cdot 10^{-7}$  м?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

21. Большое число  $N$  радиоактивных ядер  ${}^{203}_{80}\text{Hg}$  распадается, образуя стабильные дочерние ядра  ${}^{203}_{81}\text{Tl}$ . Период полураспада равен 46,6 суток. Какое количество исходных ядер останется через 93,2 суток, а дочерних появится за 139,8 суток после начала наблюдений?

Установите соответствие между величинами и их значениями.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВЕЛИЧИНЫ

А) количество ядер  ${}^{203}_{80}\text{Hg}$  через 93,2 суток

Б) количество ядер  ${}^{203}_{81}\text{Tl}$  через 139,8 суток

ИХ ЗНАЧЕНИЕ

1)  $\frac{N}{8}$

2)  $\frac{N}{4}$

3)  $\frac{3N}{4}$

4)  $\frac{7N}{8}$

Ответ:

А	Б

22. Ученик измерял силу тяжести, действующую на груз. Показания динамометра приведены на фотографии. Погрешность измерения равна цене деления динамометра. Запишите в ответ величину силы тяжести, действующей на груз, с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) Н.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.



23. Нужно провести лабораторную работу по обнаружению зависимости сопротивления проводника от его длины. Какие **два** проводника из перечисленных в таблице необходимо выбрать, чтобы провести такое исследование?

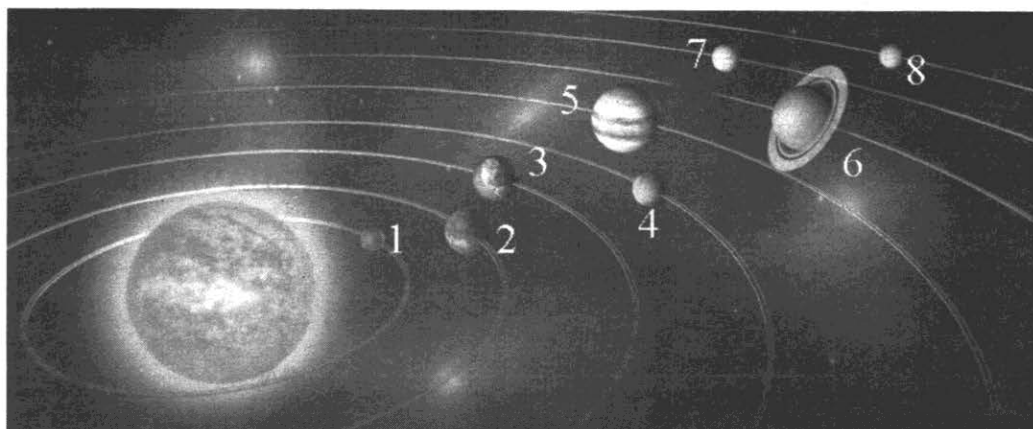
№ проводника	Длина проводника	Диаметр проводника	Материал
1	5 м	1,0 мм	медь
2	10 м	0,5 мм	медь
3	20 м	1,0 мм	медь
4	10 м	0,5 мм	алюминий
5	10 м	1,5 мм	медь

В ответе запишите номера выбранных проводников.

Ответ: 

--	--

24. На рисунке приведено схематическое изображение солнечной системы. Планеты на этом рисунке обозначены цифрами. Выберите из приведенных ниже утверждений *все верные* и укажите их номера.



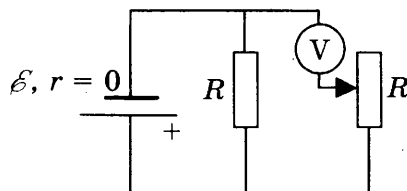
- 1) Планета 5 состоит, в основном, из твердых веществ.
- 2) Температура на планете 4 колеблется от  $-70^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$ .
- 3) Планета 2 не имеет спутников.
- 4) Плотность планеты 7 близка к плотности Земли.
- 5) Планета 6 не имеет атмосферы.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

## Часть 2 100balnik.com

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. В схеме на рисунке сопротивление резистора и полное сопротивление реостата равны  $R$ , ЭДС батарейки равна  $\mathcal{E}$ , ее внутреннее сопротивление ничтожно ( $r = 0$ ). Как ведут себя (увеличиваются, уменьшаются, остаются постоянными) показания идеального вольтметра при перемещении движка реостата из крайнего верхнего в крайнее нижнее положение? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

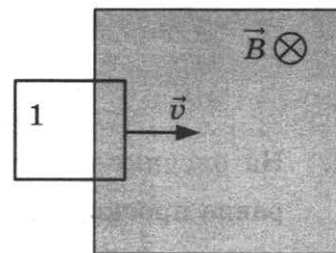


Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

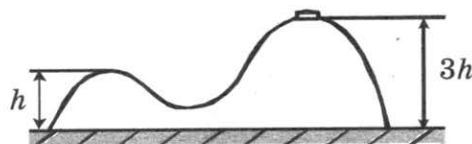
26. Снаряд массой 2 кг, летящий со скоростью  $v = 100$  м/с, разбивается на два осколка. Один из осколков летит под углом  $90^{\circ}$  к первоначальному направлению, а второй — под углом  $60^{\circ}$ . Какова масса второго осколка, если его скорость равна  $v_2 = 400$  м/с?
27. Идеальный газ изохорно нагревают так, что его температура изменяется на  $\Delta T = 240$  К, а давление увеличивается в 1,8 раза. Масса газа постоянна. Найдите начальную температуру газа по шкале Кельвина.



28. В заштрихованной области на рисунке действует однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости рисунка, с индукцией  $B = 0,1$  Тл. Квадратную проволочную рамку, сопротивление которой 10 Ом и длина стороны 10 см, перемещают в этом поле в плоскости рисунка поступательно равномерно с некоторой скоростью  $v$ . При попадании рамки в магнитное поле в положении 1 в ней возникает индукционный ток, равный 1 мА. Какова скорость движения рамки?



29. Горка с двумя вершинами, высоты которых  $h$  и  $3h$ , покоится на гладкой горизонтальной поверхности стола (см. рисунок). На правой вершине горки находится шайба, масса которой в 12 раз меньше массы горки. От незначительного толчка шайба и горка приходят в движение, причем шайба движется влево, не отрываясь от гладкой поверхности горки, а поступательно движущаяся горка не отрывается от стола. Найдите скорость горки  $u$  в тот момент, когда шайба окажется на левой вершине горки.



30. В калориметре находился  $m_1 = 1$  кг льда. Какой была температура льда  $t_1$ , если после добавления в калориметр  $m_2 = 15$  г воды, имеющей температуру  $t_2 = 20$  °С, в калориметре установилось тепловое равновесие при  $t = -2$  °С? Теплообменом с окружающей средой и теплоемкостью калориметра пренебречь.

31. На рисунке 1 изображена зависимость силы тока через светодиод  $D$  от приложенного к нему напряжения, а на рисунке 2 — схема его включения. Напряжение на светодиоде практически не зависит от силы тока через него в интервале значений  $0,05 \text{ A} \leq I \leq 0,2 \text{ A}$ . Этот светодиод соединен последовательно с резистором  $R$  и подключен к источнику с ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 6$  В. При этом сила тока в цепи равна 0,1 А. Какова сила тока, текущего через светодиод, при замене источника на другой с ЭДС  $\mathcal{E}_2 = 4,5$  В? Внутренним сопротивлением источников пренебречь.

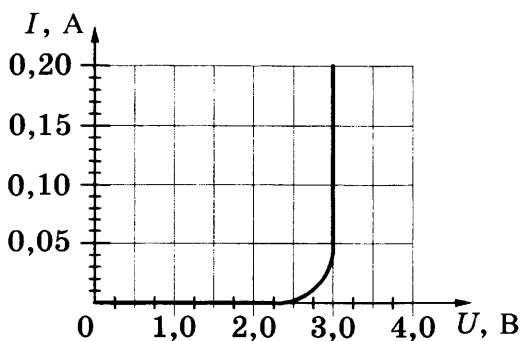


Рис. 1

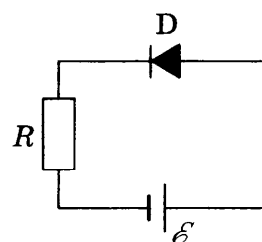
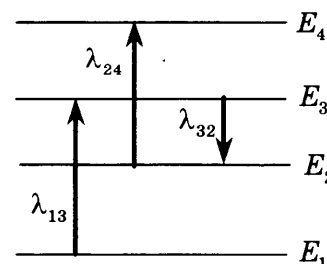


Рис. 2

32. На рисунке изображены энергетические уровни атома и указаны длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Экспериментально установлено, что минимальная длина волны для фотонов, излучаемых при переходах между этими уровнями, равна  $\lambda_0 = 200$  нм. Какова величина  $\lambda_{24}$ , если  $\lambda_{32} = 500$  нм,  $\lambda_{13} = 250$  нм?

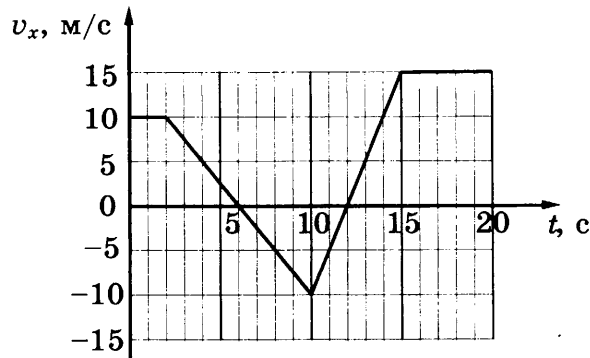




# РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА 4

## Часть 1

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени. Чему равна проекция ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 10 до 15 с?



*Решение:*

Проекцию ускорения тела на выделенную ось можно найти как отношение разности проекций скоростей тела на эту ось в конце и начале заданного промежутка времени к длительности промежутка:  $a_x = \frac{15 - (-10)}{5} = 5 \text{ м/с}^2$ .

*Ответ:* 5 м/с<sup>2</sup>.

2. У поверхности Земли на космонавта действует гравитационная сила 900 Н. Какая гравитационная сила действует со стороны Земли на того же космонавта в космическом корабле, который движется по круговой орбите на расстоянии двух радиусов Земли от земной поверхности?

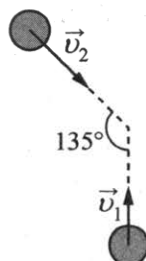
*Решение:*

Согласно закону всемирного тяготения, сила, с которой Земля действует на космонавта, равна  $F = G \frac{Mm}{r^2}$ , где  $M$  — масса Земли,  $m$  — масса космонавта,  $G$  — гравитационная постоянная,  $r$  — расстояние от центра Земли до космонавта. Тогда у поверхности эта сила равна  $F_1 = G \frac{Mm}{R^2}$ , а на расстоянии двух радиусов от поверхности

$$F_2 = G \frac{Mm}{(3R)^2} = \frac{F_1}{9} = 100 \text{ Н.}$$

*Ответ:* 100 Н.

3. Одинаковые шары массой 0,4 кг каждый движутся со скоростями, показанными на рисунке, и при столкновении слипаются. Чему будет равен суммарный импульс шаров после столкновения, если  $v_1 = 4 \text{ м/с}$ ,  $v_2 = \sqrt{2}v_1$ ?



**Решение:**

При столкновении шаров выполняется закон сохранения импульса:  $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = \vec{p}$ , где  $\vec{p}$  — импульс шаров после столкновения. Спроецируем это векторное равенство на вертикальную  $Oy$  и горизонтальную  $Ox$  ось:

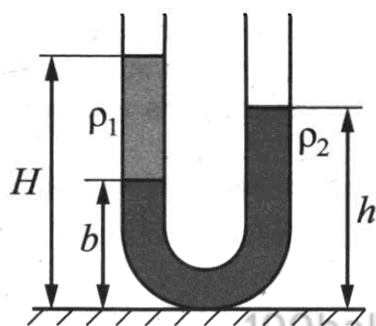
$$mv_1 - mv_2 \cos 45^\circ = p_y; \quad mv_2 \sin 45^\circ = p_x.$$

Учитывая связь между  $v_1$  и  $v_2$ , получим, что  $p_y = 0$ .

$$\text{Тогда } p = p_x = mv_2 \frac{\sqrt{2}}{2} = mv_1 = 1,6 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

**Ответ:** 1,6 кг · м/с.

4. В широкую U-образную трубку, расположенную вертикально, налиты жидкости плотностью  $\rho_1$  и  $\rho_2$  (см. рисунок). Жидкости не смешиваются. На рисунке  $b = 15$  см,  $h = 30$  см,  $H = 35$  см. Чему равно отношение плотностей  $\frac{\rho_1}{\rho_2}$ ?



**Решение:**

На одном уровне в сообщающихся сосудах давление одинаково. На расстоянии  $b$  от пола давление в левом колене создает только жидкость плотностью  $\rho_1$ , а в правом — жидкость плотностью  $\rho_2$  (так как оба колена открыты, атмосферное давление можно не учитывать).

$$\text{Тогда: } \rho_1 g(H - b) = \rho_2 g(h - b). \text{ Получаем } \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h - b}{H - b} = \frac{15}{20} = 0,75.$$

**Ответ:** 0,75.

5. Четыре тела одинаковой массы 100 г двигались вдоль оси  $Ox$ . В таблице представлена зависимость их координат от времени.

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5
$x_1, \text{ м}$	0	4	8	18	32	50
$x_2, \text{ м}$	2	2	2	2	2	2
$x_3, \text{ м}$	0	2	4	6	8	10
$x_4, \text{ м}$	0	2	0	-2	0	2

Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Первое тело двигалось равномерно.
- 2) Сумма сил, действующих на второе тело, равна нулю.
- 3) Скорость третьего тела равна 2 м/с.
- 4) Период колебаний четвертого тела равен 2 с.
- 5) В момент времени 3 с кинетическая энергия третьего тела была равна 0,4 Дж.

*Решение:*

При равномерном движении за любые равные промежутки времени перемещение тела одинаковое, что не выполняется для первого тела — ответ 1 неверен.

Второе тело покоится, значит, сумма действующих на него сил равна нулю (согласно 2-му закону Ньютона) — это утверждение верное.

Тело 3 движется равномерно, и его скорость равна  $v = \frac{x(1) - x(0)}{1 - 0} = 2 \text{ м/с}$  — верный от-

вет. Кинетическая энергия этого тела постоянна и равна  $E = \frac{mv^2}{2} = \frac{0,1 \cdot 4}{2} = 0,2 \text{ Дж}$  — ответ 5 неверен.

Тело 4 действительно колеблется, но движение полностью повторяется через 4 с, т. е.  $T = 4 \text{ с}$ .

*Ответ:* 23 (или 32).

6. Шарик, брошенный от поверхности земли вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0$ , поднялся на высоту  $H$ , а затем упал обратно на землю. Что произойдет с ускорением шарика и его максимальной потенциальной энергией относительно земной поверхности, если уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

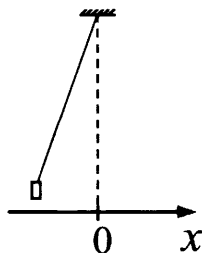
Ускорение шарика	Максимальная потенциальная энергия относительно земной поверхности

*Решение:*

Движение шарика в этом опыте является свободным падением и происходит с ускорением  $\vec{g}$ , которое постоянно вблизи поверхности земли и от скорости тела не зависит. При уменьшении начальной скорости шарик поднимется на высоту  $H_1 < H$ . Так как потенциальная энергия шарика определяется его высотой  $h$  относительно земной поверхности и равна  $mgh$ , то она уменьшится.

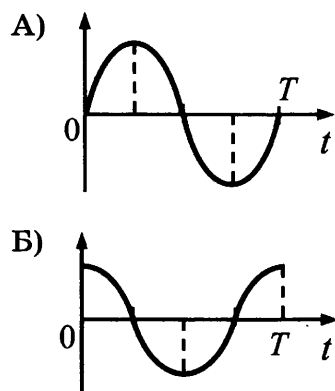
*Ответ:* 32.

7. Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) кинетическая энергия  $E_k$
- 2) координата  $x$
- 3) проекция импульса  $p_x$
- 4) проекция ускорения  $a_x$

*Решение:*

Движение груза является гармоническим колебанием, при котором его координата, проекция скорости и ускорения на ось  $x$  меняются по законам  $\sin$  или  $\cos$ . Согласно рисунку, тело движется из положения, в котором его координата минимальна, значит, закон движения имеет вид:

$$x(t) = -A \cos(\omega t),$$

где  $A$  — амплитуда колебаний,  $\omega$  — циклическая частота. Оба представленных графика не соответствуют этому закону.

Проекцию скорости и ускорения на ось  $x$  можно найти следующим образом:

$$v_x(t) = x'(t) = A\omega \sin(\omega t)$$

$$a_x(t) = v_x'(t) = A\omega^2 \cos(\omega t).$$

Таким образом, график А соответствует зависимости от времени проекции скорости или импульса  $p_x = mv_x$ , а график Б — проекции ускорения  $a_x$ .

*Ответ:* 34.

8. Объем 1 моль водорода в сосуде при температуре  $T$  и давлении  $p$  равен 3 л. Чему равен объем 3 моль водорода при том же давлении и температуре  $2T$ ? (Водород считать идеальным газом.)

*Решение:*

Запишем уравнение Менделеева–Клапейрона для 1 моль водорода и для 3 моль водорода:

$$pV = RT; pV_1 = 3R \cdot 2T.$$

Поделив уравнения друг на друга, получим  $V_1 = 6V = 18$  л.

*Ответ:* 18 л.

9. Кусок металла с удельной теплоемкостью 450 Дж / (кг · К) нагрели от 20 °С до 60 °С, затратив количество теплоты, равное 36 кДж. Чему равна масса этого куска металла?

*Решение:*

Количество теплоты, необходимое для нагревания вещества массой  $m$ , равно  $Q = cm\Delta t$ , где  $c$  — удельная теплоемкость вещества,  $\Delta t$  — изменение его температуры. Получим:

$$m = \frac{Q}{c\Delta t} = \frac{36000}{450 \cdot 40} = 2 \text{ кг.}$$

*Ответ:* 2 кг.

10. Газ в цилиндре расширился, совершив работу 150 Дж. Внутренняя энергия газа при этом уменьшилась на 30 Дж. Какое количество теплоты газ получил от окружающих тел?

*Решение:*

Согласно 1-му закону термодинамики  $Q = \Delta U + A$ , где  $Q$  — количество теплоты, полученное газом,  $\Delta U$  — изменение внутренней энергии газа,  $A$  — его работа. Подставляя числовые данные, получим  $Q = -30 + 150 = 120$  Дж.

*Ответ:* 120 Дж.

11. В жестком закрытом сосуде находится влажный воздух при температуре 16 °С. Плотность водяных паров в сосуде равна  $1,155 \cdot 10^{-2}$  кг/м<sup>3</sup>. Воздух в сосуде нагревают до 25 °С. Пользуясь таблицей зависимости плотности насыщенных паров воды от температуры, выберите **два** верных утверждения о результатах этого опыта.

$t, ^\circ\text{C}$	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\rho_{\text{нп}}, 10^{-2}$ кг/м <sup>3</sup>	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

- 1) При температуре 16 °С на стенках сосуда есть капельки росы.
- 2) Относительная влажность воздуха в сосуде при 18 °С равна 75%.
- 3) При увеличении температуры относительная влажность воздуха в сосуде уменьшается.
- 4) Давление в сосуде остается постоянным.
- 5) Плотность водяного пара в сосуде при нагревании увеличивается.

*Решение:*

Капли росы могут быть на стенках сосуда, только если пар насыщенный, так как при температуре 16 °С плотность пара меньше плотности насыщенного пара при этой температуре, значит, пар не насыщенный и росы нет.

По определению относительной влажности  $\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нп}}} \cdot 100\% = \frac{1,155}{1,54} \cdot 100\% = 75\%$  — ответ 2 верный.

При увеличении температуры плотность паров в сосуде не изменяется ( $m$  и  $V$  постоянны), а плотность насыщенных паров увеличивается — относительная влажность уменьшается, ответ 3 верный.

При увеличении температуры в сосуде неизменного объема давление увеличивается — ответ неверен.

*Ответ:* 23 (или 32).

12. В ходе адиабатного процесса внутренняя энергия 1 моль разреженного гелия увеличивается. Как изменятся при этом температура гелия и его давление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Температура гелия	Давление гелия

*Решение:*

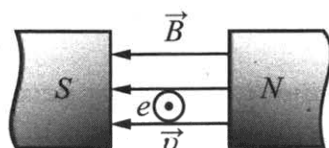
Для одного моль идеального одноатомного газа внутренняя энергия равна  $U = \frac{3}{2} RT$ ,

т. е. при увеличении внутренней энергии температура газа увеличивается.

При адиабатном процессе газ не обменивается теплом с окружающей средой. Тогда согласно 1-му закону термодинамики  $0 = \Delta U + A$ , где  $\Delta U$  — изменение внутренней энергии газа,  $A$  — его работа.  $\Delta U > 0$ , значит,  $A < 0$  и объем газа уменьшается, а давление увеличивается.

Ответ: 11.

13. Электрон  $e$  влетает в зазор между полюсами электромагнита со скоростью  $\vec{v}$ , направленной к наблюдателю перпендикулярно плоскости рисунка (см. рисунок, где кружок с точкой показывает направление движения электрона). Как направлена (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) действующая на него сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словом (словами).



Решение:

Используя правило левой руки и учитывая, что заряд электрона отрицательный, получим направление силы Лоренца — вверх.

Ответ: вверх.

14. Заряженная пылинка массой  $m$  с зарядом  $q$  движется с ускорением  $a = 20 \text{ м/с}^2$  в однородном электрическом поле напряженностью  $\vec{E}$ . Каково ускорение пылинки массой  $2m$  с зарядом  $3q$  в том же поле? (Силой тяжести, действующей на пылинку, пренебречь.)

Решение:

На пылинку в электрическом поле действует сила  $F = qE$ . Найдем ее ускорение, используя 2-й закон Ньютона  $a = \frac{qE}{m}$ . Для второй пылинки  $a_1 = \frac{3qE}{2m} = \frac{3}{2}a = 30 \text{ м/с}^2$ .

Ответ:  $30 \text{ м/с}^2$ .

15. Индуктивность одного витка проволоки равна  $4 \cdot 10^{-3}$  Гн. При какой силе тока магнитный поток через поперечное сечение катушки, сделанной из 5 витков, равен 20 мВб?

Решение:

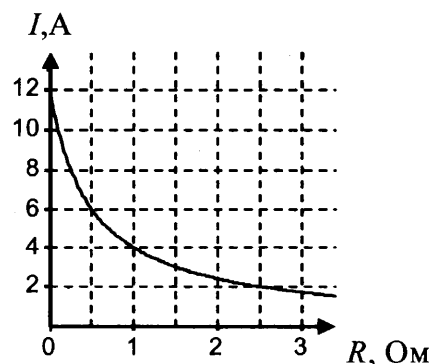
Магнитный поток через 1 виток равен  $\Phi = LI$ , через катушку из  $N$  витков  $\Phi_0 = NLI$ .

Тогда  $I = \frac{\Phi_0}{NL} = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 1 \text{ А}$ .

Ответ: 1 А.

16. К аккумулятору подключили реостат. На рисунке показан график изменения силы тока в реостате в зависимости от его сопротивления. Выберите из предложенных утверждений *два*, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Внутреннее сопротивление аккумулятора равно 0,5 Ом.
- 2) ЭДС аккумулятора равна 12 В.
- 3) Мощность, выделяемая в реостате, увеличивается при увеличении его сопротивления от 1 Ом до 2 Ом.
- 4) Напряжение на реостате при силе тока 2 А равно 5 В.
- 5) Напряжение на источнике не зависит от силы тока через реостат.





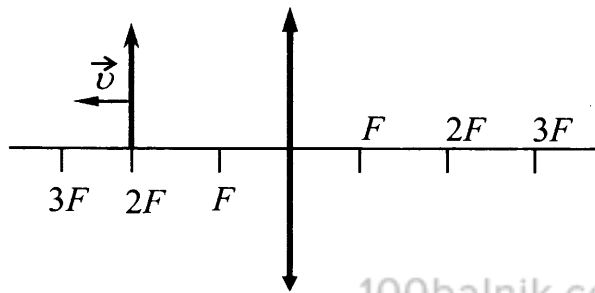
*Решение:*

По закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ , где  $\mathcal{E}$  — ЭДС источника,  $R$  — сопротивление внешней цепи (реостата),  $r$  — внутреннее сопротивление источника. Запишем этот закон для двух значений силы тока 4 А и 2 А (сопротивления реостата при этом равны 1 Ом и 2,5 Ом):  $4 \cdot 1 + 4r = \mathcal{E}$ ;  $2 \cdot 2,5 + 2r = \mathcal{E}$ . Из этих уравнений получаем  $r = 0,5$  Ом,  $\mathcal{E} = 6$  В. Ответ 1 верен, 2 — неверен.

Напряжение на реостате равно  $U = IR$ , при силе тока 2 А  $U = 5$  В. Ответ 4 — верный. Мощность, выделяемая в реостате, равна  $I^2R$  и уменьшается при увеличении его сопротивления от 1 Ом до 2 Ом. Напряжение на источнике равно напряжению на реостате и зависит от его сопротивления.

*Ответ:* 14 (или 41).

17. Предмет, расположенный на двойном фокусном расстоянии от тонкой собирающей линзы, передвигают к тройному фокусу (см. рисунок). Как изменятся при этом расстояние от линзы до изображения предмета и размер изображения?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Расстояние от линзы до изображения	Размер изображения

*Решение:*

Запишем формулу линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ ,  $F$  — фокусное расстояние линзы,  $d$  — расстояние от предмета до линзы,  $f$  — расстояние от линзы до изображения. Записав ее для  $d_1 = 2F$  и  $d_2 = 3F$ , получим  $f_1 = 2F$ ,  $f_2 = 1,5 F$ . Расстояние от линзы до изображения уменьшилось. Размер изображения относится к размеру предмета так же, как  $f/d$ . Значит, размер изображения также уменьшился.

*Ответ:* 22.

18. Участок цепи постоянного тока содержит резистор. Установите соответствие между формулами для вычисления физических величин и названиями этих величин. В формулах использованы обозначения:  $I$  — сила тока на участке цепи;  $U$  — напряжение на участке цепи,  $t$  — время протекания тока. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

**ФОРМУЛЫ**

- A)  $IU$
- B)  $It$

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) заряд, протекший через резистор
- 2) напряжение на резисторе
- 3) мощность тока, выделяющаяся на резисторе
- 4) сила тока через резистор

*Решение:*

Согласно определению силы тока, заряд, протекший через резистор за время  $t$ , равен  $q = It$ , согласно закону Ома для участка цепи, напряжение на этом участке равно  $U = IR$ , согласно закону Джоуля—Ленца, мощность тока, выделяющаяся на резисторе, равна  $I^2R = \frac{U^2}{R} = IU$ . Верные ответы 3 и 1.

*Ответ:* 31.

19. Ядро магния  ${}^{24}_{12}\text{Mg}$  захватило электрон. Определите число протонов и нейтронов в ядре, образовавшемся в результате такой реакции.

Число протонов	Число нейтронов
11	13

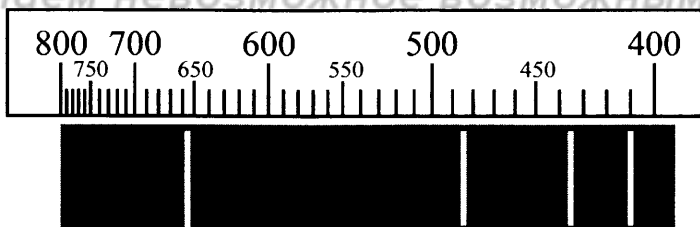
*Решение:*

Запишем описанную в условии ядерную реакцию, используя законы сохранения массового и зарядового числа:  ${}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^0_{-1}e \rightarrow {}^{24}_{11}\text{X}$ .

Получившееся ядро содержит 11 протонов и  $24 - 11 = 13$  нейтронов.

*Ответ:* 1113.

20. На рисунке представлен фрагмент спектра излучения атомарных паров водорода. Цифры на числовой оси — длины волн в нанометрах. Чему равна минимальная энергия фотонов на данном участке спектра? Ответ округлить до целого значения.



*Решение:*

Энергия фотонов равна  $E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$ , где  $h$  — постоянная Планка,  $c$  — скорость света в вакууме,  $\lambda$  — длина волны. Энергия фотона минимальна для максимальной длины волны из рассматриваемого участка — 660 нм.

$$E = 6,6 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{660 \cdot 10^{-9}} = 3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

*Ответ:*  $3 \cdot 10^{-19}$  Дж.

21. В ядерном реакторе цепочка ядерных реакций начинается с захвата ядром быстрого нейтрона. Как изменятся при захвате нейтрона следующие характеристики ядра: заряд ядра и число нуклонов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Заряд ядра	Число нуклонов в ядре

*Решение:*

Запишем описанную в условии ядерную реакцию, используя законы сохранения массового и зарядового числа:  ${}^A_ZX + {}^1_0n \rightarrow {}^{A+1}_ZY$ . Получившееся ядро  $Y$  имеет такой же заряд, что и ядро  $X$ , значит, количество протонов не изменилось. Массовое число увеличилось, количество нуклонов в ядре увеличилось.

*Ответ:* 31.

22. С помощью амперметра проводились измерения силы тока на участке цепи. Шкала амперметра проградуирована в А. Погрешность измерений силы тока равна половине цены деления шкалы амперметра.

Запишите в ответ величину силы тока в цепи с учетом погрешности измерений.



*Решение:*

Цена деления амперметра равна 0,2 А. Его показания равны  $(1,4 \pm 0,1)$  А.

*Ответ:* 1,40,1.

23. Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить ускорение тела, соскальзывающего с наклонной плоскости. Для этого школьник взял брусок и наклонную плоскость. Какие два предмета из приведенного ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) динамометр
- 2) пружина
- 3) секундомер
- 4) линейка
- 5) весы

В ответ запишите номера выбранных предметов.

*Решение:*

Согласно законам кинематики для определения ускорения тела, движущегося из состояния покоя, надо знать расстояние, которое оно прошло и время движения  $a = \frac{2S}{t^2}$ . Для определения этих величин нужны линейка и секундомер.

*Ответ:* 34 (или 43).

24. Рассмотрите таблицу, содержащую некоторые характеристики планет Солнечной системы. Размеры и параметры орбит даны в сравнении с планетой Земля.

Имя	Диаметр	Масса	Орбитальный радиус (а.е.)	Период обращения (земных лет)	Период вращения (земных суток)
Меркурий	0,38	0,06	0,39	0,24	58,6
Венера	0,95	0,82	0,72	0,62	243
Земля	1	1	1	1	1
Марс	0,53	0,11	1,5	1/9	1
Юпитер	11,2	318	5,2	11,9	0,41
Сатурн	9,5	95,2	9,5	29,5	0,43
Уран	4	14,6	19,2	84	0,72
Нептун	3,9	17,2	30,1	165	0,67

Выберите **все верные** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Средняя плотность Венеры меньше средней плотности Земли.
- 2) Центростремительное ускорение Юпитера при его вращении вокруг Солнца больше центростремительного ускорения Марса.
- 3) Первая космическая скорость для Нептуна меньше, чем для Урана.
- 4) Ускорение свободного падения на Меркурии составляет примерно  $1 \text{ м/с}^2$ .
- 5) Сила притяжения Сатурна к Солнцу больше, чем у Юпитера.

Решение:

1) Средняя плотность равна  $\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi r^3}$ . Отношение средних плотностей Венеры и Земли равно  $\frac{\rho_V}{\rho_Z} = \frac{M_V}{r_V^3} \cdot \frac{r_Z^3}{M_Z} = \frac{M_V}{M_Z} \cdot \frac{d_Z^3}{d_V^3} = \frac{0,82}{0,95^3} \cdot \frac{1}{1^3} \approx 0,956$ .

Следовательно, плотность Венеры меньше. Утверждение верное.

2) Центростремительное ускорение определяется из закона всемирного тяготения:

$Ma_{\text{ц}} = G \frac{MM_{\text{с}}}{R^2}$ , где  $M_{\text{с}}$  — масса Солнца. Отношение центростремительного ускорения

Юпитера к центростремительному ускорению Марса равно:  $\frac{a_{\text{цЮ}}}{a_{\text{цМ}}} = \frac{R_{\text{М}}^2}{R_{\text{Ю}}^2} = \frac{1,5^2}{5,2^2} \approx 0,083$ .

Таким образом, ускорение Юпитера меньше. Утверждение неверное.

3) Первая космическая скорость равна  $v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$ . Сравнивая скорости для Нептуна и

Урана, получим:  $\frac{v_{\text{Н}}}{v_{\text{У}}} = \sqrt{\frac{M_{\text{Н}}}{r_{\text{Н}}}} \cdot \sqrt{\frac{r_{\text{У}}}{M_{\text{У}}}} = \sqrt{\frac{17,2 \cdot 4}{14,6 \cdot 3,9}} \approx 1,1$ . Первая космическая скорость для

Нептуна чуть больше, чем для Урана. Утверждение неверное.

4) Ускорение свободного падения равно  $g = G \frac{M}{r^2}$ . Тогда ускорение свободного падения

на Меркурии определяется как

$g_{\text{М}} = g_{\text{З}} \frac{M_{\text{М}}}{r_{\text{М}}^2} \cdot \frac{r_{\text{З}}^2}{M_{\text{З}}} = g_{\text{З}} \frac{M_{\text{М}}}{d_{\text{М}}^2} \cdot \frac{d_{\text{З}}^2}{M_{\text{З}}} = 10 \cdot \frac{0,06}{0,38^2} \approx 4 \text{ м/с}^2$ . Утверждение верное.

5) Сила притяжения планеты к Солнцу определяется, согласно закону всемирного тяго-

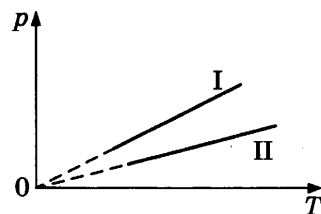
тения, как  $F = G \frac{M_{\text{с}}M}{R^2}$ . Тогда  $\frac{F_{\text{с}}}{F_{\text{Ю}}} = \frac{M_{\text{с}}}{R_{\text{с}}^2} \cdot \frac{R_{\text{Ю}}^2}{M_{\text{Ю}}} = \frac{M_{\text{с}}}{d_{\text{с}}^2} \cdot \frac{d_{\text{Ю}}^2}{M_{\text{Ю}}} = \frac{95,2 \cdot (11,2)^2}{318 \cdot (9,5)^2} \approx 0,42$ . Это оз-

начает, что сила притяжения Сатурна к Солнцу меньше, чем у Юпитера. Утверждение неверное.

Ответ: 14.

## Часть 2

25. Две порции одного и того же идеального газа нагреваются в сосудах одинакового объема. Графики процессов представлены на рисунке. Почему изохора I лежит выше изохоры II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



### Возможное решение

Количество вещества в первой порции газа больше, чем во второй.

Для описания изохорного нагревания идеального газа используем уравнение Менделеева—Клапейрона:  $p = \frac{\nu RT}{V}$ , где  $\nu$  — число молей газа.

Отсюда следует, что при одинаковых температуре и объеме  $\frac{p_1}{p_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2}$ .

Как следует из рисунка,  $p_1 > p_2$  (при одинаковых температуре и объеме).

Поэтому  $\nu_1 > \nu_2$ .

26. Снаряд, летящий со скоростью 100 м/с, разрывается на два осколка. Один из осколков летит под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению, а второй — под углом  $60^\circ$ . Какова масса снаряда до разрыва, если второй осколок массой 1 кг имеет скорость 400 м/с? Массой взрывчатого вещества пренебречь.

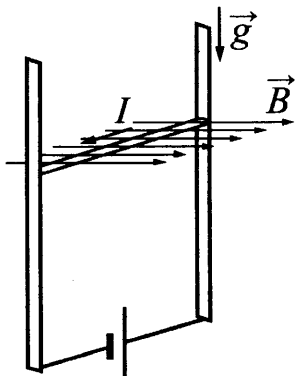
Решение:

Согласно закону сохранения импульса, импульс двух осколков в проекции на первоначальное направление снаряда должен сохраниться. Следовательно,  $m v_0 = m_2 v_2 \cos \alpha$ , где  $v_0 = 100$  м/с,  $v_2 = 400$  м/с,  $m_2 = 1$  кг.

Отсюда искомая масса снаряда равна:  $m = \frac{m_2 v_2 \cos \alpha}{v_0} = \frac{1 \cdot 400}{100 \cdot 2} = 2$  кг.

Ответ: 2 кг.

27. В однородном магнитном поле по вертикальным направляющим без трения скользит прямой горизонтальный проводник массой 0,2 кг, по которому течет ток 2 А. Вектор магнитной индукции направлен горизонтально перпендикулярно проводнику (см. рисунок),  $B = 2$  Тл. Чему равна длина проводника, если известно, что ускорение проводника направлено вниз и равно  $2 \text{ м/с}^2$ ?



*Решение:*

На проводник с током действуют сила тяжести, направленная вниз, и сила Ампера, направленная вверх и равная  $F_A = IBl$ .

Уравнение движения проводника имеет следующий вид:

$$ma = mg - F_A = mg - IBl.$$

Отсюда искомая длина проводника равна:  $l = \frac{m(g - a)}{IB} = \frac{0,2 \cdot 8}{2 \cdot 2} = 0,4$  м.

*Ответ:* 0,4 м.

28. Предмет расположен на горизонтальной главной оптической оси тонкой собирающей линзы. Оптическая сила линзы  $D = 5$  дптр. Изображение предмета действительное, увеличение (отношение высоты изображения предмета к высоте самого предмета)  $\Gamma = 2$ . Найдите расстояние от изображения предмета до линзы.

*Решение:*

Увеличение, даваемое тонкой собирающей линзой, равно:

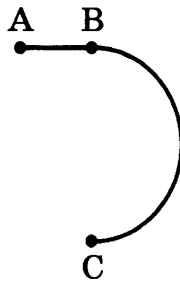
$\Gamma = \frac{f}{d}$ , где  $d$  — расстояние от предмета до линзы,  $f$  — расстояние от изображения до линзы.

Согласно формуле тонкой линзы:  $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D$ .

Отсюда получим:  $f = \frac{\Gamma + 1}{D} = \frac{3}{5} = 0,6$  м = 60 см.

*Ответ:* 60 см.

29. Стартуя из точки А (см. рисунок), спортсмен движется равноускоренно до точки В, после которой модуль скорости спортсмена остается постоянным вплоть до точки С. Во сколько раз время, затраченное спортсменом на участок ВС, больше, чем на участок АВ, если модуль ускорения на обоих участках одинаков? Траектория ВС — полуокружность.



*Возможное решение*

Ускорение на прямолинейном участке определяется по формуле  $a_1 = \frac{v}{t_1}$ , где  $v$  — скорость в точке В, а  $t_1$  — время движения по прямолинейному участку.

Ускорение при движении по дуге окружности есть центростремительное ускорение и определяется по формуле  $a_2 = \frac{v^2}{R}$ , где  $R$  — радиус полуокружности.

С учетом того что  $v = \frac{\pi R}{t_2}$ , получим  $a_2 = \frac{v\pi}{t_2}$ .



Приравнивая выражения для ускорений, получим  $\frac{v}{t_1} = \frac{v\pi}{t_2}$ ,

откуда для искомого отношения имеем  $\frac{t_2}{t_1} = \pi$ .

Ответ:  $\frac{t_2}{t_1} = \pi$ .

30. Два одинаковых теплоизолированных сосуда соединены короткой трубкой с краном. Объем каждого сосуда  $V = 1 \text{ м}^3$ . В первом сосуде находится  $\nu_1 = 1$  моль гелия при температуре  $T_1 = 400 \text{ К}$ ; во втором —  $\nu_2 = 3$  моль аргона при температуре  $T_2$ . Кран открывают. После установления равновесного состояния давление в сосудах  $p = 5,4 \text{ кПа}$ . Определите первоначальную температуру аргона  $T_2$ .

#### Возможное решение

Поскольку в указанном процессе газ не совершает работы и система является теплоизолированной, то в соответствии с первым законом термодинамики суммарная внутренняя энергия газов сохраняется:

$$\frac{3}{2} \nu_1 RT_1 + \frac{3}{2} \nu_2 RT_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) RT,$$

где  $T$  — температура в объединенном сосуде в равновесном состоянии после открытия крана.

В соответствии с уравнением Клапейрона—Менделеева для конечного состояния можно записать:

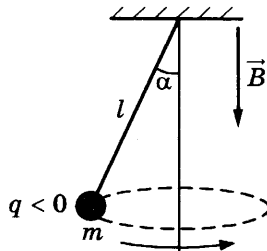
$$p(2V) = (\nu_1 + \nu_2) RT.$$

Исключая из двух записанных уравнений конечную температуру  $T$ , получаем искомое выражение для начальной температуры аргона:

$$T_2 = \frac{2Vp}{\nu_2 R} - \frac{\nu_1}{\nu_2} T_1 = \frac{2 \cdot 1 \cdot 5,4 \cdot 10^3}{3 \cdot 8,31} - \frac{1}{3} \cdot 400 \approx 300 \text{ К}.$$

Ответ:  $T_2 \approx 300 \text{ К}$ .

31. В однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ , направленной вертикально вниз, равномерно вращается по окружности в горизонтальной плоскости против часовой стрелки отрицательно заряженный шарик массой  $m$ , подвешенный на нити длиной  $l$  (конический маятник). Угол отклонения нити от вертикали равен  $\alpha$ , скорость вращения шарика равна  $v$ . Найдите заряд шарика  $q$ . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шарик.



#### Возможное решение

На шарик действуют три силы: сила тяжести, сила натяжения нити и сила Лоренца (см. рисунок). Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси координат инерциальной системы отсчета, связанной с Землей:

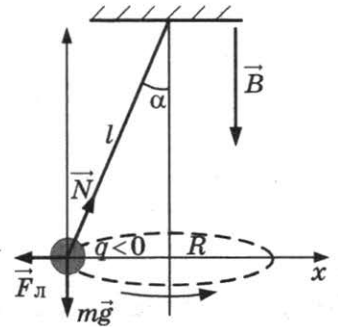
$$\begin{cases} N \sin \alpha - qvB = \frac{mv^2}{R} \\ N \cos \alpha - mg = 0 \end{cases}$$

Выражая  $N$ , получим:  $mg \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{mv^2}{R} + qvB$ .

Так как  $R = l \sin \alpha$ , получим ответ:

$$q = \frac{m}{B} \left( \frac{g}{v} \operatorname{tg} \alpha - \frac{v}{l \sin \alpha} \right).$$

Ответ:  $q = \frac{m}{B} \left( \frac{g}{v} \operatorname{tg} \alpha - \frac{v}{l \sin \alpha} \right)$ .



32. Фотокатод с работой выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж освещается монохроматическим светом. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $4 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружностям. Максимальный радиус такой окружности 10 мм. Какова частота  $\nu$  падающего света?

*Возможное решение*

Электрон в магнитном поле движется по окружности радиусом  $R$  со скоростью  $v$  и центростремительным ускорением  $a = \frac{v^2}{R}$ .

Ускорение вызывается силой Лоренца ( $F = evB$ ) в соответствии со вторым законом Ньютона:  $ma = F$ , или  $m \frac{v^2}{R} = evB \Rightarrow v = \frac{eBR}{m}$ .

Для определения максимальной скорости движения электрона воспользуемся уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:  $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$

Подставляя в это уравнение скорость электрона, получим выражение для частоты света:

$$\nu = \frac{A}{h} + \frac{(eBR)^2}{2mh} = \frac{4,42 \cdot 10^{-19}}{6,6 \cdot 10^{-34}} + \frac{(1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-2})^2}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}} \approx 10^{15} \text{ Гц.}$$

Ответ:  $\nu \approx 1 \cdot 10^{15}$  Гц.

# ОТВЕТЫ

## Система оценивания экзаменационной работы по физике

### Часть 1

За правильный ответ на каждое из заданий 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22 и 23 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово.

Каждое из заданий 5–7, 11, 12, 16–18 и 21 оценивается в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, — 0 баллов. Задание 24 оценивается в 2 балла, если указаны все верные ответы; в 1 балл, если допущена одна ошибка или к дополнительно к верным ответам указан один неверный; в 0 баллов, если указан только один верный ответ или дополнительно к верным указано два неверных ответа.

Ответы на задания с кратким ответом обрабатываются автоматически после сканирования бланков ответов №1.

Решения заданий 25–32 части 2 (с развёрнутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. За выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности ответа выставляется от 0 до 2 баллов за задания 26–28 и от 0 до 3 баллов за задания 25 и 29–32.

№ задания	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6	Вариант 7
1	6	-0,5	8	5	1,5	2	5
2	0,15	0,32	319	100	8	2	10
3	0	0,4	2000	1,6	60	0,15	40
4	2,5	8	60	0,75	0,9	40	0,25
5	14 или 41	14 или 41	23 или 32	23 или 32	14 или 41	34 или 43	23 или 32
6	21	33	31	32	11	22	12
7	41	23	32	34	41	42	13
8	600	900	4	18	6	1,5	6
9	2	90	1,2	2	160	200	700
10	4,5	180	0,75	120	100	80	2
11	25 или 52	13 или 31	45 или 54	23 или 32	15 или 51	34 или 43	24 или 42
12	33	43	31	11	21	22	14
13	вниз	к наблюдателю	вниз	вверх	вниз	вниз	к наблюдателю
14	1,75	245	1	30	3	7,5	2
15	0,9	1,5	4	1	60	120	20
16	15 или 51	23 или 32	45 или 54	14 или 41	24 или 42	35 или 53	34 или 43
17	12	33	22	22	32	22	11
18	14	42	14	31	13	24	21
19	3327	24397	11	1113	56	47	86
20	3	32	0,3	3	52	26	38
21	23	31	23	31	32	31	33
22	102	1905	261	1,40,1	1502	1501	21
23	24 или 42	24 или 42	14 или 41	34 или 43	45 или 54	25 или 52	13 или 31
24	13	235	135	14	34	125	25

№ задания	Вариант 8	Вариант 9	Вариант 10	Вариант 11	Вариант 12	Вариант 13	Вариант 14
1	10	2,5	0	2,5	-5	25	100
2	500	22,5	2	1	1	4	8
3	100	3000	44	1	2	1150	12
4	4	250	3	8	4	1	1,5
5	45 или 54	23 или 32	13 или 31	45 или 54	14 или 41	12 или 21	25 или 52
6	21	11	12	31	32	23	31
7	41	43	13	23	21	32	32
8	6	120	60	120	45	0,75	2
9	300	50	40	40	50	0	20
10	3	2,5	500	3,45	33	500	30
11	15 или 51	14 или 41	25 или 52	24 или 42	13 или 31	35 или 53	45 или 54
12	24	32	32	12	13	12	22
13	от наблюдателя	влево	вправо	вниз	вверх	вправо	влево
14	0,75	60	20	3	4	6	7
15	40	24	14	0	2	1,4	1,5
16	35 или 53	15 или 51	12 или 21	13 или 31	25 или 52	34 или 43	14 или 41
17	32	21	12	12	13	22	13
18	21	31	24	21	23	41	13
19	22	2934	2020	84130	1212	3658	4058
20	19	2	0,5	78	2	4000	2
21	31	14	43	12	11	13	24
22	3,00,1	12,00,4	15,00,1	99,40,1	7461	1,60,1	4,30,1
23	14 или 41	12 или 21	14 или 41	13 или 31	24 или 42	25 или 52	13 или 31
24	15	13	135	24	234	124	23

## Часть 2

### Вариант 1

25. Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным.

При выдвигании поршня происходит изотермическое расширение пара, давление и плотность насыщенного пара в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить испарение жидкости. Значит, масса жидкости в сосуде будет уменьшаться.

Ответ: масса жидкости в сосуде будет уменьшаться.

26.  $E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \sin^2\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$ , где  $k$  — жесткость пружины маятника.

$$E_{\text{п max}} = \frac{kA^2}{2}$$

Согласно условию,  $\frac{kA^2}{4} = \frac{kA^2}{2} \sin^2\left(\frac{2\pi}{T}t_1\right)$ .

Откуда  $\sin^2\left(\frac{2\pi}{T}t_1\right) = \frac{1}{2}$

$$\frac{2\pi}{T}t_1 = \frac{\pi}{4} \Rightarrow t_1 = \frac{T}{8} = \frac{1}{8} = 0,125 \text{ с.}$$

Ответ: 0,125 с.

27. По формуле Томсона  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ , где  $T$  — период колебаний,  $L$  — индуктивность контура,  $C$  — емкость конденсатора.

Согласно закону сохранения энергии,

$$\frac{LI^2_{\max}}{2} = \frac{q^2_{\max}}{2C}, \text{ откуда } I_{\max} = \frac{q_{\max}}{\sqrt{LC}} = \frac{2\pi q_{\max}}{T}.$$

$$\text{Тогда } \frac{I_{\max_2}}{I_{\max_1}} = \frac{2\pi q_{\max_2} \cdot T_1}{T_2 \cdot 2\pi q_{\max_1}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{9 \cdot 10^{-8}}{3 \cdot 10^{-8}} = 3.$$

Ответ: 3.

28.

$$\left. \begin{aligned} h\nu_1 &= h\frac{c}{\lambda} = A_{\text{вых}} + E_{k\max_1} \\ h\nu_2 &= h\frac{c}{2\lambda} = A_{\text{вых}} + E_{k\max_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} \left(1 - \frac{1}{2}\right) = E_{k\max_1} - E_{k\max_2}$$

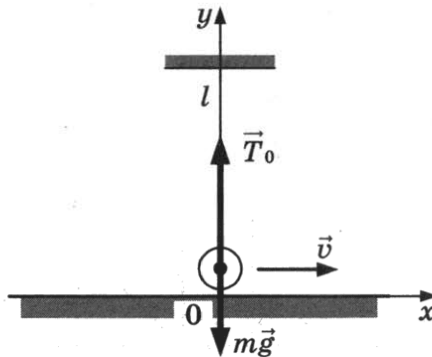
$$\frac{hc}{\lambda} = 2\Delta E_k = 7 \text{ эВ}$$

$$A_{\text{вых}} = \frac{hc}{\lambda} - E_{k\max_1} = 7 \text{ эВ} - 4,5 \text{ эВ} = 2,5 \text{ эВ}.$$

Ответ: 2,5 эВ.

29. Непосредственно перед обрывом нити в момент прохождения положения равновесия шарик движется по окружности радиусом  $l$  со скоростью  $\vec{v}$ . В этот момент действующие на шарик сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила натяжения нити  $\vec{T}_0$  направлены по вертикали и вызывают центростремительное ускорение шарика (см. рисунок). Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось  $Oy$  инерциальной системы отсчета  $Oxy$ , связанной с Землей:

$$\frac{mv^2}{l} = T_0 - mg, \text{ откуда } v = \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l}.$$



При прохождении положения равновесия нить обрывается, и шарик, движущийся горизонтально со скоростью  $\vec{v}$ , абсолютно неупруго сталкивается с покоящимся бруском.

При столкновении сохраняется импульс системы «шарик + брусок».

В проекциях на ось  $Ox$  получаем  $mv = (M + m)u$ ,

где  $u$  — проекция скорости бруска с шариком после удара на эту ось.

$$\text{Отсюда } u = \frac{m}{M + m} v = \frac{m}{M + m} \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l} = \frac{0,3}{1,5 + 0,3} \sqrt{\left(\frac{6}{0,3} - 10\right) \cdot 0,9} = \frac{1}{6} \cdot 3 = 0,5 \text{ м/с}.$$

Ответ:  $u = 0,5$  м/с.

30. Запишем уравнение Менделеева—Клапейрона для водорода и гелия в смеси:

$$p_{\text{H}_2} V = \frac{m_{\text{H}_2}}{\mu_{\text{H}_2}} RT; \quad (1)$$

$$p_{\text{He}} V = \frac{m_{\text{He}}}{\mu_{\text{He}}} RT. \quad (2)$$

Согласно закону Дальтона, давление смеси:

$$p = p_{\text{H}_2} + p_{\text{He}}. \quad (3)$$

Кроме того, масса смеси

$$m = m_{\text{H}_2} + m_{\text{He}}. \quad (4)$$

Решая систему уравнений (1)—(4), получаем:

$$\frac{m_{\text{H}_2}}{m_{\text{He}}} = \frac{\frac{pV}{RT} - \frac{m}{\mu_{\text{He}}}}{\frac{m}{\mu_{\text{H}_2}} - \frac{pV}{RT}} = \frac{\frac{200 \cdot 10^3 \cdot 10^{-2}}{8,31 \cdot 300} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-3}}}{\frac{2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} - \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 10^{-2}}{8,31 \cdot 300}} \approx 1,5.$$

Ответ:  $\frac{m_{\text{H}_2}}{m_{\text{He}}} \approx 1,5.$

31. Сила, действующая на частицу в конденсаторе со стороны поля:  $F_{\text{эл}} = Eq.$

Второй закон Ньютона:  $F_{\text{эл}} = ma$ , или  $Eq = ma.$

Проекция ускорения тела на вертикальную ось  $Oy$ :  $a = \frac{2s}{t^2} = \frac{d}{t^2}$ , где  $d$  — расстояние между пластинами,  $t$  — время пролета частицы через конденсатор.

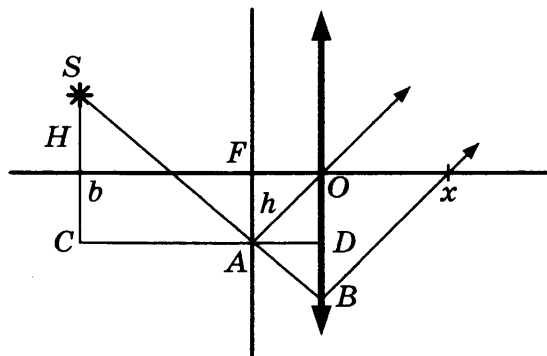
Проекция скорости частицы на горизонтальную ось  $Ox$ :  $v = \frac{l}{t}$ , где  $l$  — длина пластин конденсатора.

Отсюда

$$d = \frac{Eq l^2}{mv^2} = \frac{5200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 25 \cdot 10^{-4}}{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 3,5^2 \cdot 10^{10}} \approx 0,01 \text{ м.}$$

Ответ:  $d \approx 0,01 \text{ м.}$

32. Проведем луч  $SA$  до пересечения с плоскостью линзы (точка  $B$  на расстоянии  $y = OB$  от центра линзы  $O$ ). Проведем через точку  $A$  отрезок  $CD \parallel OF$ .



Из подобия  $\triangle ACS$  и  $\triangle ABD$  следует  $\frac{H+h}{b-F} = \frac{y-h}{F}$ ,

откуда  $y = h + F \frac{H+h}{b-F} = \frac{hb + FH}{b-F} = \frac{4 \cdot 70 + 20 \cdot 5}{50} = 7,6 \text{ см.}$



Из точки  $A$  проведем луч  $AO$ , который проходит линзу, не преломляясь. Точка  $A$  является побочным фокусом линзы, поэтому лучи  $AO$  и  $AB$ , пройдя линзу, идут параллельно друг другу.

Из подобия  $\triangle AFO$  и  $\triangle BOx$  следует:

$$\frac{h}{F} = \frac{y}{x}, \text{ откуда: } x = y \frac{F}{h} = \frac{F}{h} \cdot \frac{hb + FH}{b - F} = \frac{20}{4} \cdot \frac{4 \cdot 70 + 20 \cdot 5}{70 - 20} = 38 \text{ см.}$$

Ответ:  $x = 38$  см.

### Вариант 2

25. Вследствие электризации шарик приобретет тот же заряд, что и пластина, на которой он лежит, — отрицательный.

Отрицательно заряженный шарик будет отталкиваться от нижней и притягиваться к верхней пластине. Согласно второму закону Ньютона шарик приобретет ускорение, направленное вверх. Он поднимется к положительно заряженной пластине и, коснувшись ее, поменяет знак заряда.

В результате он начнет отталкиваться от верхней пластины и притягиваться к нижней: шарик вернется к первой пластине и вновь поменяет знак своего заряда на отрицательный. Такое движение вверх-вниз будет повторяться.

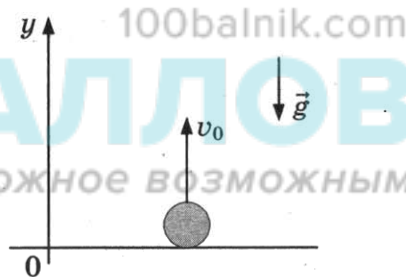
Ответ: Шарик начнет двигаться вверх, а затем он будет колебаться между верхней и нижней пластинами.

26.  $y = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$ .

Перемещение  $\Delta l = y - y_0 = y$

$$\Delta l = 20 \cdot 3 - \frac{10 \cdot 9}{2} = 15 \text{ м.}$$

Ответ: 15 м.



27. При минимальной массе болта весь лед растает, но температура в сосуде останется равной  $0^\circ\text{C}$  (лед с водой находились в равновесии).

$\lambda m_{\text{л}} = c_6 \cdot m_6 \Delta t$ , где  $\lambda$  — удельная теплота плавления льда,

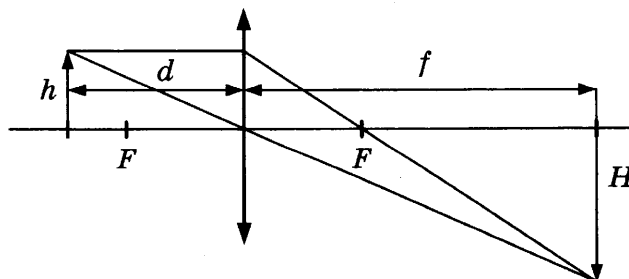
$m_{\text{л}}$  — масса льда,

$m_6$  — масса болта.

$$\text{Тогда } m_6 = \frac{\lambda m_{\text{л}}}{c_6 \Delta t} = \frac{3,3 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{500 \cdot (339 - 273)} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ кг} = 50 \text{ г.}$$

Ответ: 50 г.

- 28.



Увеличение равно  $\frac{H}{h}$ . Из геометрии видно, что  $\frac{H}{h} = \frac{f}{d}$ .

Формула тонкой линзы  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ , откуда

$$f = \frac{dF}{d-F} = \frac{5 \cdot 4}{1} = 20 \text{ см.}$$

$$\frac{H}{h} = \frac{20}{5} = 4$$

Ответ: 4.

29. Пусть скорость кубика на высоте  $h$  равна  $v$ , а в нижней точке петли потенциальная энергия кубика равна нулю. Тогда по закону сохранения механической энергии

$$mgH = \frac{mv^2}{2} + mgh, \text{ откуда } v^2 = 2g(H - h).$$

Когда кубик находится на высоте  $h$ , на него действуют две силы: сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила реакции опоры  $\vec{N}$ . Запишем второй закон Ньютона в проекциях на радиальное направление ( $Ox$  на рисунке):  $mg \cos \alpha + N = \frac{mv^2}{R}$ , где  $\frac{v^2}{R} = a_n$  — центростремительное ускорение кубика в этой точке.

По третьему закону Ньютона  $N = F$ .

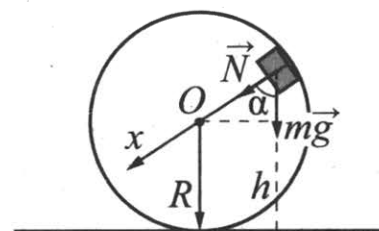
Из рисунка видно, что  $\cos \alpha = \frac{h-R}{R}$ .

$$\text{Получим } R = \frac{m(gh - v^2)}{mg - F}.$$

Подставив полученное значение  $v^2$ , найдем:

$$R = \frac{mg(3h - 2H)}{mg - F} = \frac{1 \cdot 10 \cdot (3 \cdot 2,5 - 2 \cdot 3)}{1 \cdot 10 - 2,5} = 2,0 \text{ м.}$$

Ответ:  $R = 2,0$  м.



30. Коэффициент полезного действия тепловой машины

$$\eta = \frac{A_{ц}}{Q^+} = 1 - \frac{|Q^-|}{Q^+},$$

где  $A_{ц}$  — работа, совершенная за цикл;  $Q^+$  — количество теплоты, полученное за цикл рабочим веществом тепловой машины от нагревателя;  $|Q^-|$  — количество теплоты, отданное за цикл холодильнику.

В рассматриваемом цикле газ получает количество теплоты в изотермическом процессе и отдает в изохорном.

В изотермическом процессе внутренняя энергия идеального газа не изменяется, следовательно, в соответствии с первым законом термодинамики количество теплоты, полученное газом, равно работе газа:  $Q^+ = A$ .

Поскольку в изохорном процессе газ работу не совершает, количество теплоты, отданное газом, равно изменению его внутренней энергии:

$$|Q^-| = \frac{3}{2} \nu R |\Delta T|.$$

Подставляя второе и третье соотношения в первое, получаем искомую работу, совершенную газом в изотермическом процессе.

$$\text{Ответ: } A = \frac{3\nu R |\Delta T|}{2(1 - \eta)}.$$

31. Резисторы  $R_1$  и  $R_3$ ,  $R_2$  и  $R_4$  соединены друг с другом последовательно, а пары соединены между собой параллельно. В связи с этим общее сопротивление внешней цепи

$$R_0 = \frac{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{(4 + 6)(6 + 9)}{4 + 6 + 6 + 9} = 6 \text{ Ом.}$$

Согласно закону Ома для полной цепи, общий ток, протекающий во внешней цепи,

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + r} = \frac{20}{6 + 2} = 2,5 \text{ А.}$$

Напряжение на внешней цепи  $U = IR_0 = 2,5 \cdot 6 = 15 \text{ В.}$

Токи в ветвях рассчитываются по закону Ома для участка цепи, в частности:

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + R_3} = \frac{15}{4 + 6} = 1,5 \text{ А.}$$

Мощность, выделяемая на резисторе  $R_3$ ,

$$P_3 = I_1^2 R_3 = 1,5^2 \cdot 6 = 13,5 \text{ Вт.}$$

Ответ:  $P_3 = 13,5 \text{ Вт.}$

32. В герметично закрытом контейнере первоначально находятся полоний и атмосферный воздух. В процессе радиоактивного распада полония в контейнере будут образовываться атомы свинца и гелия, в результате чего искомое давление в контейнере будет складываться из парциальных давлений воздуха  $p_0$  и гелия  $p_1$ , т. е.  $p = p_0 + p_1$ .

Парциальное давление гелия можно определить с помощью уравнения Менделеева—

Клапейрона:  $p_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT_0$ , где  $V$  — объем контейнера;  $T_0$  — абсолютная температура в

нем;  $m_1$  и  $\mu_1$  — соответственно, масса и молярная масса гелия.

К определенному моменту времени  $t$  число атомов гелия  $N_1$  равно числу распавшихся атомов полония и может быть определено с помощью закона радиоактивного распада:

$$N_1 = N_0 - N \text{ и } N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}, \text{ где } N_0 = \frac{m}{\mu} N_A \text{ — начальное число атомов полония; } m \text{ и } \mu \text{ —}$$

соответственно, начальная масса полония и его молярная масса (0,210 кг/моль);  $N$  — оставшееся к моменту времени  $t$  число атомов полония;  $T$  — период полураспада полония.

Число молей получившегося в результате распада гелия равно числу молей распавшегося полония:

$$\frac{m_1}{\mu_1} = \frac{m}{\mu} = \frac{N_1}{N_A}; \text{ следовательно, } \frac{m_1}{\mu_1} = \frac{N_0}{N_A} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = \frac{m}{\mu} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right).$$

В результате математических преобразований (в решении они должны быть представлены) получаем:

$$m = \frac{(p - p_0) V \mu}{RT_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)} = \frac{(1,3 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 80 \cdot 10^{-6} \cdot 0,21}{8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{7,5}{140}}\right)} =$$

$$= \frac{(1,3 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 80 \cdot 10^{-6} \cdot 0,21}{8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{1}{4}}\right)} \approx 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \approx 1,2 \text{ г.}$$

Ответ:  $m \approx 1,2 \text{ г.}$

### Вариант 3

25. Поршень сдвинется вверх. Температура газа в сосуде понизится. Пусть масса поршня  $M$ , а площадь его основания  $S$ . Атмосферное давление над поршнем равно  $p_{\text{атм}}$ , первоначальное давление газа в сосуде равно  $p_1$ . Поскольку поршень первоначально находится в равновесии,  $p_1 = p_{\text{атм}} + \frac{Mg}{S}$ .

При движении лифта с ускорением  $\vec{a}$ , направленным вниз, поршень сдвинется и займет относительно сосуда новое положение равновесия, в котором давление газа в сосуде станет равным  $p_2 = p_{\text{атм}} + \frac{M(g-a)}{S} < p_1$ . Поскольку сосуд теплоизолирован и изменения числа частиц нет, уменьшение давления возможно только за счет расширения газа. При этом газ совершает работу  $A > 0$ .

Поскольку сосуд теплоизолированный, газ, находящийся под поршнем, участвует в адиабатическом процессе. В этом случае, по первому закону термодинамики, газ совершает работу за счет уменьшения внутренней энергии.

Уменьшение внутренней энергии газа повлечет за собой понижение его температуры ( $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ ).

*Ответ:* Поршень сдвинется вверх. Температура газа в сосуде понизится.

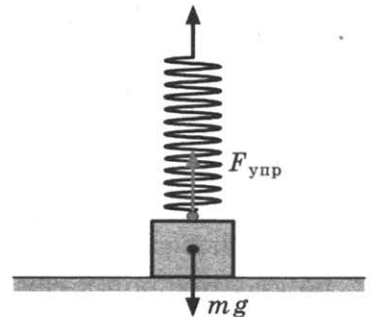
26. В момент отрыва от стола  $F_{\text{упр}} = mg$ .

По закону Гука  $F_{\text{упр}} = k \Delta l$ , где  $k$  — жесткость пружины,  $\Delta l$  — ее удлинение.

Потенциальная энергия упруго деформированной пружины равна

$$E_{\text{п}} = \frac{k \Delta l^2}{2} = \frac{F_{\text{упр}} \cdot \Delta l}{2} = \frac{mg \cdot \Delta l}{2} = \frac{0,4 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{2} = 4 \cdot 10^{-2} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 40 \text{ мДж.}$$

*Ответ:* 40 мДж.



27.  $V_1 = V_2$ , так как  $\frac{p}{T} = \text{const}$  и процесс изохорный.

$$\text{Тогда } \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}, \text{ т. е. } T_2 = T_1 \frac{p_2}{p_1} = 300 \frac{5 \cdot 10^4}{10 \cdot 10^4} = 150 \text{ К.}$$

*Ответ:* 150 К.

28. В проводнике, движущемся в магнитном поле, возникает ЭДС индукции, равная  $\mathcal{E}_i = Bvl$ , где  $v$  — скорость движения проводника. По закону Ома для полной цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{Bvl}{R}.$$

$$\text{Тогда } v = \frac{IR}{Bl} = \frac{40 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{0,4 \cdot 0,2} = 1 \text{ м/с.}$$

*Ответ:* 1 м/с.

29. Будем считать систему отсчета, связанную с Землей, инерциальной.

На рисунке показан момент, когда груз  $m$  еще скользит по сфере. Из числа сил, действующих на грузы, силы тяжести  $m\vec{g}$  и  $M\vec{g}$  потенциальны, а силы натяжения нити  $\vec{T}_1$  и  $\vec{T}_2$ , а также сила реакции опоры  $\vec{N}$  — непотенциальны. Поскольку нить легкая и трения нет,  $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$ . Сила  $\vec{T}_1$  направлена по скорости  $\vec{v}_1$  груза  $m$ , а сила  $\vec{T}_2$  — противоположно скорости  $\vec{v}_2$  груза  $M$ . Модули скоростей грузов в один и тот же момент времени одинаковы, поскольку нить нерастяжима. По этим причинам суммарная работа сил  $\vec{T}_1$  и  $\vec{T}_2$  при переходе в данное состояние из начального равна нулю. Работа силы  $\vec{N}$  также равна нулю, так как  $\vec{N} \perp \vec{v}_1$ .

Таким образом, сумма работ всех непотенциальных сил, действующих на грузы  $m$  и  $M$ , равна нулю. Поэтому в инерциальной системе отсчета, связанной с Землей, механическая энергия системы этих грузов сохраняется.

Найдем модуль скорости груза  $m$  в точке его отрыва от поверхности сферы. Для этого приравняем друг к другу значения механической энергии системы грузов в начальном состоянии и в состоянии, когда груз  $m$  находится в точке отрыва (потенциальную энергию грузов в поле тяжести отсчитываем от уровня центра сферы, в начальном состоянии груз  $M$  находится ниже центра сферы на величину  $h_0$ ):

$$mgR - Mgh_0 = \frac{mv^2}{2} + mgR \cos \alpha + \frac{Mv^2}{2} + Mg(-h),$$

где  $R$  — радиус трубы,  $h - h_0 = R \frac{\pi}{6}$ .

$$\text{Отсюда } v = \sqrt{\frac{2gR \left[ m(1 - \cos \alpha) + M \frac{\pi}{6} \right]}{m + M}}.$$

Груз  $m$  в точке отрыва еще движется по окружности радиусом  $R$ , но уже не давит на сферу. Поэтому его центростремительное ускорение вызвано только силой тяжести, так как сила  $\vec{T}_1$  направлена по касательной к сфере (см. рисунок):

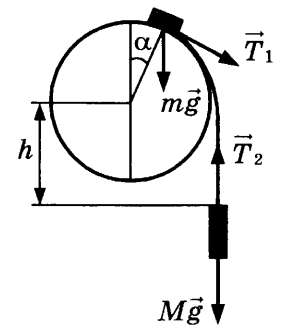
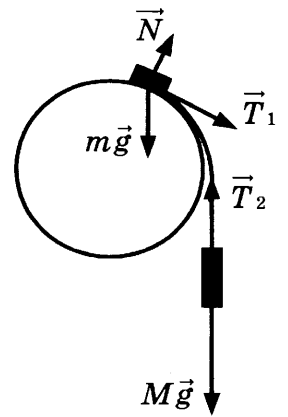
$$m \frac{v^2}{R} = mg \cos \alpha.$$

Подставляя сюда значение  $v$ , получим

$$\frac{2}{m + M} \left[ m(1 - \cos \alpha) + M \frac{\pi}{6} \right] = \cos \alpha.$$

$$\text{Отсюда } M = \frac{m(3 \cos \alpha - 2)}{\frac{\pi}{3} - \cos \alpha} = 100 \text{ г} \cdot \frac{3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 2}{\frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{2}} \approx 330 \text{ г}.$$

$$\text{Ответ: } M = \frac{m(3 \cos \alpha - 2)}{\frac{\pi}{3} - \cos \alpha} \approx 330 \text{ г}.$$



29. При  $t = 100^\circ \text{C}$  давление насыщенного водяного пара равно нормальному атмосферному давлению:  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ .

При изотермическом сжатии произведение  $pV$  для влажного воздуха под поршнем уменьшилось, так как  $n < k$ . Значит, количество вещества влажного воздуха в сосуде уменьшилось за счет конденсации части водяного пара в воду. При этом водяной пар стал насыщенным.

Пусть  $p_2$  — давление влажного воздуха в сосуде в конечном состоянии,  $p_{1 \text{ сух}}$  — давление сухого воздуха в сосуде в начальном состоянии.

Пользуясь законом Дальтона, запишем выражения для давления влажного воздуха в сосуде в начальном и конечном состояниях:

$$\begin{cases} p_1 = p_{1 \text{ сух}} + \Phi p_0, \\ p_2 = n p_1 = k p_{1 \text{ сух}} + p_0. \end{cases}$$

Исключая из этих уравнений величину  $p_1$  сух, получим уравнение  $np_1 = k(p_1 - \varphi p_0) + p_0$ , откуда:

$$\varphi = \frac{(k - n)p_1 + p_0}{kp_0} = \frac{(4 - 3) \cdot 1,8 \cdot 10^5 + 10^5}{4 \cdot 10^5} = \frac{2,8}{4} = 0,7.$$

Ответ:  $\varphi = 70\%$ .

31. Мощность, выделяемая на реостате,  $P = IU = I(\mathcal{E} - Ir)$ .

График  $P(I)$  — парабола ветвями вниз.

Корни уравнения  $I(\mathcal{E} - Ir) = 0$ :  $I_1 = 0$ ;  $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{r}$ .

Поэтому максимум функции  $P(I)$  достигается при  $I = \frac{\mathcal{E}}{2r}$  и равен

$$P_{\max} = \frac{\mathcal{E}^2}{4r} = 4,5 \text{ Вт.}$$

Отсюда:  $r = \frac{\mathcal{E}^2}{4P_{\max}} = 2 \text{ Ом.}$

Ответ:  $r = 2 \text{ Ом.}$

32. Запишем выражение для энергии фотона:  $E_1 = \frac{hc}{\lambda}$ .

Найдем энергию всех фотонов, излучаемых за время  $t$ :

$$E = \frac{hc}{\lambda} \cdot N \cdot \frac{t}{\tau}, \text{ где } N \text{ — число фотонов, излучаемых за } \tau = 1 \text{ с.}$$

Найдем количество теплоты, которое требуется для плавления льда и нагревания воды:

$$Q = mL + cm\Delta t,$$

где  $L$  — удельная теплота плавления льда,  $c$  — удельная теплоемкость воды.

Используем закон сохранения энергии с учетом коэффициента поглощения  $\eta$ :

$$\eta \cdot \frac{hc}{\lambda} \cdot N \cdot \frac{t}{\tau} = mL + cm\Delta t.$$

Отсюда получим ответ:

$$N = \frac{m(L + c\Delta t)\lambda\tau}{\eta hct} = \frac{1 \cdot (3,3 \cdot 10^5 + 4200 \cdot 100) \cdot 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 1}{0,5 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1,25 \cdot 10^4} = 2 \cdot 10^{20}.$$

Ответ:  $N = 2 \cdot 10^{20}$ .

### Вариант 5

25. Все лучи от любой точки предмета после прохождения данной линзы, давая действительное изображение, пересекаются за линзой в одной точке.

Пока картон не мешает, построим изображение в линзе предмета АВ, используя лучи, исходящие из точки В (рис. 1).

Кусок картона К перекрывает верхние лучи, но никак не влияет на ход нижних лучей (рис. 2). Благодаря этим и аналогичным им лучам изображение предмета продолжает существовать на прежнем месте, не меняя формы, но становится темнее, так как часть лучей больше не участвуют в построении изображения.



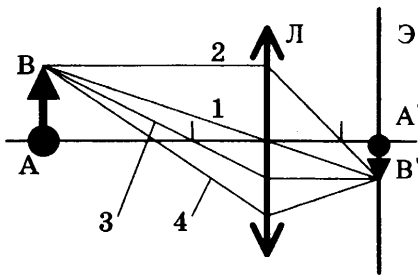


Рис. 1

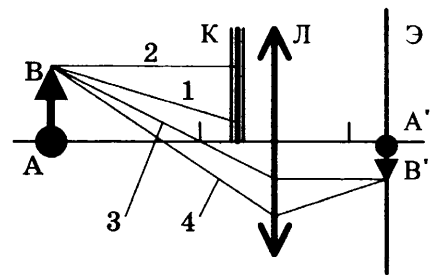


Рис. 2

Ответ: изображение предмета продолжает существовать на прежнем месте, не меняя формы, но становится менее ярким.

26. Согласно закону изменения механической энергии,  $E_2 - E_1 = A_{\text{тр}}$ , где  $E_1$  и  $E_2$  — начальная и конечная механическая энергия мальчика с санями,  $A_{\text{тр}}$  — работа силы трения на горизонтальном участке.

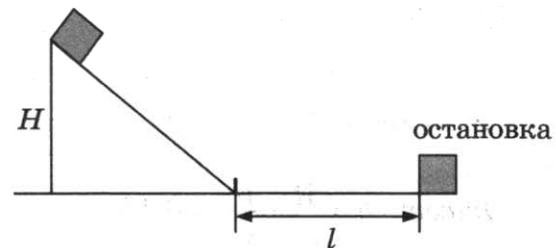
$$E_1 = mgH; E_2 = 0;$$

$$A_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}}l.$$

$$\text{Тогда } mgH = F_{\text{тр}}l$$

$$m = \frac{F_{\text{тр}} \cdot l}{gH} = \frac{80 \cdot 50}{10 \cdot 10} = 40 \text{ кг.}$$

Ответ: 40 кг.



100balnik.com

- 27.

$O_2$	$H_2$
$n, p_1$	$n, p_2$

$$p_1 = nkT_1,$$

$$p_2 = nkT_2;$$

$T_1$  и  $T_2$  — абсолютные температуры газов.

Так как средняя кинетическая энергия молекул  $\bar{E}_k = \alpha T$ , где  $\alpha$  — константа, то

$$\frac{\bar{E}_{k1}}{\bar{E}_{k2}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{4} = 0,25.$$

Ответ: 0,25.

28.  $F_A = BIl \sin \alpha$ , где  $B$  — индукция магнитного поля,  $I$  — сила тока в проводнике,  $l$  — длина проводника,  $\alpha$  — угол между проводником и вектором  $\vec{B}$ .

По закону Ома для участка цепи

$$I = \frac{U}{R} = \frac{US}{\rho l}, \text{ где } R = \rho \frac{l}{S} \text{ — сопротивление проводника}$$

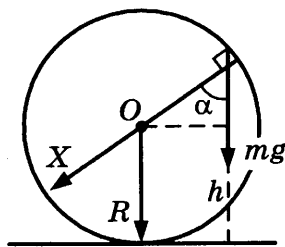
$$F_A = \frac{US}{\rho l} \cdot Bl \sin 90^\circ = \frac{USB}{\rho} = \frac{3,6 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 1}{0,12} = 0,6 \text{ Н.}$$

Ответ: 0,6 Н.

29. Согласно закону сохранения энергии,

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + mgh, \quad (1)$$

где  $u$  — скорость шайбы в момент отрыва от кольца на высоте  $h$ .



В точке отрыва сила нормальной реакции опоры равна 0:  $N = 0$ . Центробежное ускорение шайбы  $a_{цс} = \frac{u^2}{R}$  найдем из второго закона Ньютона (см. рис.):

$$ma_{цс} = mg \cos \alpha. \quad (2)$$

$$\cos \alpha = \frac{h - R}{R}. \quad (3)$$

Объединяя (1), (2) и (3), получим  $h = \frac{R}{3} + \frac{v^2}{3g} \approx 0,18$  м.

Ответ:  $h = \frac{R}{3} + \frac{v^2}{3g} \approx 0,18$  м.

30. За цикл газ получает от нагревателя количество теплоты  $Q_H$ :

$$\begin{aligned} Q_H &= Q_{12} + Q_{31} = (U_2 - U_3) + A_{12} = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_3) + 2p_0 2V_0 = \\ &= \frac{3}{2}(2p_0 3V_0 - p_0 V_0) + 4p_0 V_0 = \frac{23}{2} p_0 V_0. \end{aligned} \quad (1)$$

Работа газа за цикл равна  $A_{ц} = \frac{p_0}{2} \cdot 2V_0 = p_0 V_0$ . (2)

Объединяя (1) и (2), получим  $Q_H = \frac{23}{2} A_{ц} = 57,5$  кДж.

Ответ:  $Q_H = \frac{23}{2} A_{ц} = 57,5$  кДж.

31. Когда правый проводник покоится, на левый действует сила Ампера  $F = IBl$ ,

где  $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$  — индукционный ток,  $R$  — сопротивление цепи,  $l$  — расстояние между рельсами.

ЭДС индукции  $\mathcal{E} = -B \frac{\Delta S}{\Delta t} = -B v_{отн} l$ , где  $v_{отн}$  — относительная скорость движения проводников.

Поскольку силу Ампера надо уменьшить втрое, ЭДС индукции в контуре надо в три раза уменьшить. Отсюда следует, что скорость правого проводника должна быть равна  $v = \frac{2}{3} V$ .

Ответ:  $v = \frac{2}{3} V$ .

32. Согласно постулатам Бора, энергия фотона равна

$$h\nu = E_2 - E_1. \quad (1)$$

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = h\nu_{кр} + \frac{m_e v_{\max}^2}{2}, \quad (2)$$

где учтено, что  $A_{\text{вых}} = h\nu_{\text{кр}}$ .

Объединяя (1) и (2), получим:  $\nu_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{m_e} [(E_2 - E_1) - h\nu_{\text{кр}}]} \approx 1,65 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ .

Ответ:  $\nu_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{m_e} [(E_2 - E_1) - h\nu_{\text{кр}}]} \approx 1,65 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ .

### Вариант 6

25. Все лучи от любой точки предмета после прохождения данной линзы, давая действительное изображение, пересекаются за линзой в одной точке.

Пока картон не мешает построим изображение в линзе предмета АВ, используя лучи, исходящие из точки В (рис. 1).

Кусок картона К перекрывает нижние лучи, но никак не влияет на ход верхних лучей (рис. 2). Благодаря этим и аналогичным им лучам изображение предмета продолжает существовать на прежнем месте, не меняя формы, но становится темнее, так как часть лучей больше не участвуют в построении изображения.

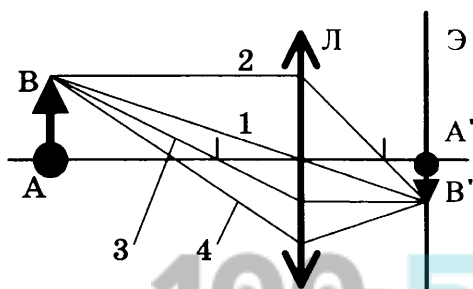


Рис. 1

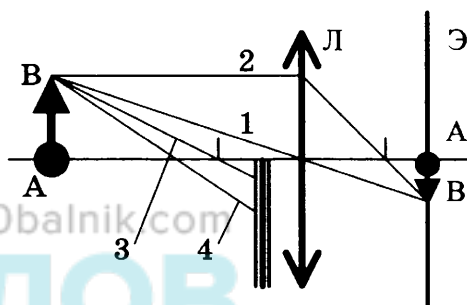


Рис. 2

Ответ: изображение предмета продолжает существовать на прежнем месте, не меняя формы, но становится менее ярким.

26. Согласно закону изменения механической энергии,  $E_2 - E_1 = A_{\text{тр}}$ , где

$E_1 = mgH$  — начальная механическая энергия мальчика с санями,

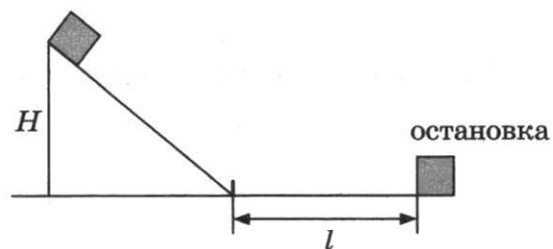
$E_2 = 0$  — их конечная механическая энергия.

$A_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}} \cdot l = -\mu mgl$  — работа силы трения на горизонтальном участке.

Тогда  $mgH = \mu mgl$ ;

$H = \mu l = 0,2 \cdot 30 = 6 \text{ м}$ .

Ответ: 6 м.



- 27.

$O_2$	$N_2$
$n_1, p_1$	$n_2, p_2$

$$p_1 = n_1 k T_1,$$

$$p_2 = n_2 k T_2;$$

$T_1$  и  $T_2$  — абсолютные температуры газов.

Так как средняя кинетическая энергия молекул пропорциональна абсолютной температуре газа, то

$$\frac{\overline{E_{k1}}}{E_{k2}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1 n_2}{n_1 p_2} = \frac{2p_2}{2n_2} \cdot \frac{n_2}{p_2} = 1.$$

Ответ: 1.

28.  $F_A = BIl \sin \alpha$ ,  $B$  — индукция магнитного поля,  $I$  — сила тока в проводнике,  $l$  — длина проводника,  $\alpha$  — угол между проводником и вектором  $\vec{B}$ .

По закону Ома для участка цепи

$$I = \frac{U}{R} = \frac{US}{\rho l}, \text{ где } R = \rho \frac{l}{S} \text{ — сопротивление проводника.}$$

$$F_A = \frac{US}{\rho l} \cdot Bl \cdot \sin 90^\circ = \frac{USB}{\rho}$$

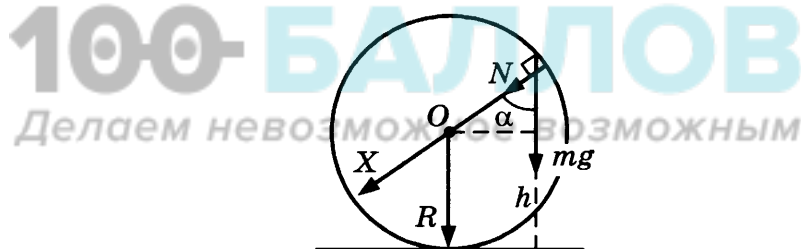
$$\text{Откуда } B = \frac{F_A \cdot \rho}{US} = \frac{0,6 \cdot 0,12}{2,4 \cdot 3 \cdot 10^{-2}} = 1 \text{ Тл.}$$

Ответ: 1 Тл.

29. Согласно закону сохранения энергии,

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + mgh, \quad (1)$$

где  $u$  — скорость шайбы в момент, когда она находится на высоте  $h$  от нижней точки кольца.



Центростремительное ускорение шайбы  $a_{\text{цс}} = \frac{u^2}{R}$  найдем из второго закона Ньютона

(см. рис.):

$$ma_{\text{цс}} = mg \cos \alpha + N, \quad (2)$$

где  $N$  — модуль силы нормальной реакции опоры. По третьему закону Ньютона  $N = F$ .

$$\cos \alpha = \frac{h - R}{R}. \quad (3)$$

Объединяя (1), (2) и (3), получим:

$$F = \frac{m}{R}(v^2 + g(R - 3h)) \approx 6,3 \text{ Н.}$$

$$\text{Ответ: } F = \frac{m}{R}(v^2 + g(R - 3h)) \approx 6,3 \text{ Н.}$$

30. За цикл газ получает от нагревателя количество теплоты  $Q_{\text{н}}$ :

$$\begin{aligned} Q_{\text{н}} &= Q_{12} + Q_{31} = (U_2 - U_3) + A_{12} = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_3) + 2p_0 2V_0 = \\ &= \frac{3}{2}(2p_0 3V_0 - p_0 V_0) + 4p_0 V_0 = \frac{23}{2} p_0 V_0. \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{Работа газа за цикл равна } A_{\text{ц}} = \frac{P_0}{2} \cdot 2V_0 = p_0V_0. \quad (2)$$

Объединяя (1) и (2), получим:

$$A_{\text{ц}} = \frac{2}{23} Q_{\text{н}} = 200 \text{ Дж.}$$

$$\text{Ответ: } A_{\text{ц}} = \frac{2}{23} Q_{\text{н}} = 200 \text{ Дж.}$$

31. Когда правый проводник покоится, на левый действует сила Ампера  $F = IBl$ ,

где  $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$  — индукционный ток,  $R$  — сопротивление цепи,  $l$  — расстояние между рельсами.

ЭДС индукции  $\mathcal{E} = -B \frac{\Delta S}{\Delta t} = -Bv_{\text{отн}}l$ , где  $v_{\text{отн}}$  — относительная скорость движения проводников.

Поскольку силу Ампера надо увеличить в два раза, ЭДС индукции в контуре надо тоже увеличить в два раза. Отсюда следует, что скорость правого проводника должна быть равна  $v = 3V$ .

Ответ:  $v = 3V$ .

32. Согласно постулатам Бора энергия фотона равна

$$h\nu = E_3 - E_1. \quad (1)$$

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = h\nu_{\text{кр}} + \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2}, \text{ где учтено, что } A_{\text{вых}} = h\nu_{\text{кр}}. \quad (2)$$

Учитывая, что максимальный импульс фотоэлектрона равен  $p = m_e v_{\text{max}}$ , и объединяя (1) и

$$(2), \text{ получим: } p = \sqrt{2m_e((E_3 - E_1) - h\nu_{\text{кр}})} \approx 1,7 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м/с.}$$

$$\text{Ответ: } p = \sqrt{2m_e((E_3 - E_1) - h\nu_{\text{кр}})} \approx 1,7 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м/с.}$$

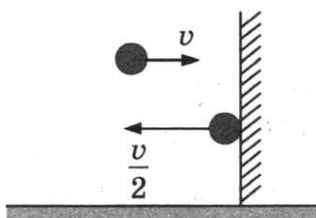
### Вариант 7

25. Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным.

При вдвигании поршня происходит изотермическое сжатие пара, давление и плотность насыщенного пара в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить конденсация жидкости. Значит, масса жидкости в сосуде будет увеличиваться.

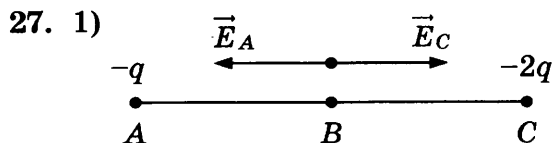
Ответ: масса жидкости в сосуде будет увеличиваться.

26.



$$Q = \frac{mv^2}{2} - \frac{m\left(\frac{v}{2}\right)^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \left(1 - \frac{1}{4}\right) = \frac{3}{4} \cdot \frac{mv^2}{2} = \frac{3}{4} \cdot E_{k_0} = \frac{3}{4} \cdot 20 = 15 \text{ Дж.}$$

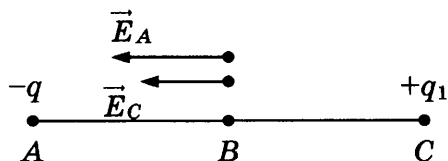
Ответ: 15 Дж.



$$BC = AB = l,$$

$$|\vec{E}_1(B)| = k \frac{(2q)}{l^2} - k \frac{(q)}{l^2} = k \frac{q}{l^2};$$

2)



$$|\vec{E}_2(B)| = k \frac{q}{l^2} + k \frac{q_1}{l^2} = 2 \cdot k \frac{q}{l^2},$$

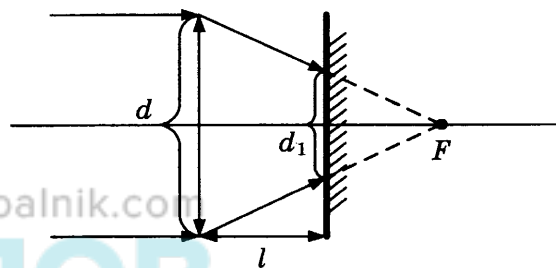
откуда  $q_1 = q = 1$  нКл.

Ответ: 1 нКл.

28. Оптическая сила линзы равна  $D = \frac{1}{F}$ .

$$\text{Тогда } F = \frac{1}{D} = \frac{1}{5} \text{ м} = 0,2 \text{ м} = 20 \text{ см.}$$

Все лучи, параллельные главной оптической оси линзы, проходят через ее фокус. Ход лучей, падающих на края линзы, указан на рисунке.



Из геометрии следует, что  $\frac{d_1}{d} = \frac{F-l}{F} = \frac{20 \cdot 10}{20} = \frac{1}{2}$

$$d_1 = \frac{d}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ см.}$$

Ответ: 3 см.

29. Если масса  $m$  достаточно велика, но грузы еще покоятся, то сила трения покоя, действующая на груз массой  $M$ , направлена вниз вдоль наклонной плоскости.

Запишем второй закон Ньютона для каждого из покоящихся тел в проекциях на оси введенной системы координат: на первое тело действуют сила тяжести, сила нормальной реакции опоры, сила натяжения нити и сила трения:

$$\begin{cases} T_1 - Mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = 0 & (\text{ось направлена вверх вдоль наклонной плоскости}); \\ N - Mg \cos \alpha = 0 & (\text{ось направлена вверх перпендикулярно наклонной плоскости}); \end{cases}$$

на второе тело действуют сила тяжести и сила натяжения нити:

$$mg - T_2 = 0 \quad (\text{ось направлена вертикально вниз}).$$

Учтем, что  $T_1 = T_2 = T$  (нить легкая, между блоком и нитью трения нет),

$$F_{\text{тр}} \leq \mu N \quad (\text{сила трения покоя}).$$

$$\text{Получим } m_{\text{max}} = M(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \approx 0,76 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m_{\text{max}} = M(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \approx 0,76 \text{ кг.}$

30. Шар взлетает, когда сила тяжести, действующая на него, равна силе Архимеда

$$(m_{\text{ос}} + m_r + m)g = \rho g V, \quad (1)$$

где  $m$  — масса воздуха в шаре.

Из уравнения Менделеева—Клапейрона

$$m = \frac{pV\mu}{RT_1}, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}, \quad (2)$$



где  $T = t + 273$ ;  $T_1 = t_1 + 273$ ,  $\mu$  — молярная масса воздуха.

Объединяя (1) и (2), получим:  $T_1 = \frac{\rho V T}{\rho V - m_{\text{об}} - m_r} = 350 \text{ К}$ ,  $t_1 = 77 \text{ }^\circ\text{С}$ .

Ответ:  $T_1 = \frac{\rho V T}{\rho V - m_{\text{об}} - m_r} = 350 \text{ К}$ .

31. ЭДС индукции в проводнике, движущемся в однородном магнитном поле:  $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ .

Изменение магнитного потока за малое время  $\Delta t$ :  $\Delta\Phi = B\Delta S$ ,

где площадь  $\Delta S$  определяется произведением длины проводника  $l$  на его перемещение  $\Delta x$  за время  $\Delta t$ , т.е.  $\Delta\Phi = B l \Delta x$ .

Следовательно,  $|\mathcal{E}| = \frac{B l \Delta x}{\Delta t} = B l v$ , где  $v$  — скорость движения проводника.

В конце пути длиной  $x$  скорость проводника  $v = \sqrt{2ax}$  ( $a$  — ускорение), так что  $|\mathcal{E}| = B l \sqrt{2ax} = 2 \text{ В}$ .

Ответ:  $|\mathcal{E}| = B l \sqrt{2ax} = 2 \text{ В}$ .

32. Чтобы фототок прекратился, должно выполняться условие  $eU = \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2}$ , где  $e$  — модуль заряда электрона,  $m_e$  — масса электрона.

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:  $h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2}$ .

Учитывая, что  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ,  $h\nu_0 = A_{\text{вых}}$ , получим:  $U = \frac{hc}{e} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) \approx 1,4 \text{ В}$ .

Ответ:  $U = \frac{hc}{e} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) \approx 1,4 \text{ В}$ .

### Вариант 8

25. Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным.

При выдвигании поршня происходит изотермическое расширение пара, давление и плотность насыщенного пара в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить испарение жидкости. Значит, масса жидкости в сосуде будет уменьшаться.

Ответ: масса жидкости в сосуде будет уменьшаться.

$$26. Q = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv^2}{2} - \frac{m\left(\frac{v}{2}\right)^2}{2} = \frac{3}{4} \cdot \frac{mv^2}{2}$$

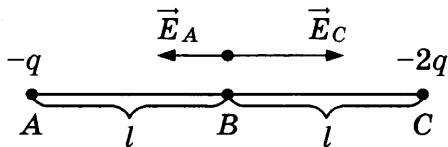
$$\frac{mv^2}{2} = E_k.$$

$$\text{Получаем } Q = \frac{3}{4} E_k$$

$$E_k = \frac{4}{3} Q = \frac{4}{3} \cdot 15 = 20 \text{ Дж.}$$

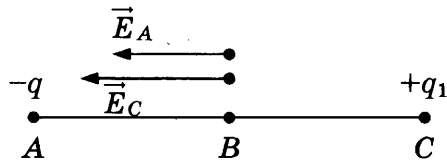
Ответ: 20 Дж.

27. 1)



$$|\vec{E}_1(B)| = k \cdot \frac{2q}{l^2} - k \frac{q}{l^2} = k \frac{q}{l^2};$$

2)



$$|\vec{E}_2(B)| = k \frac{q}{l^2} + k \frac{q_1}{l^2} = 4 \cdot k \frac{q}{l^2},$$

откуда  $q_1 = 3q = 6$  нКл.

Ответ: 6 нКл.

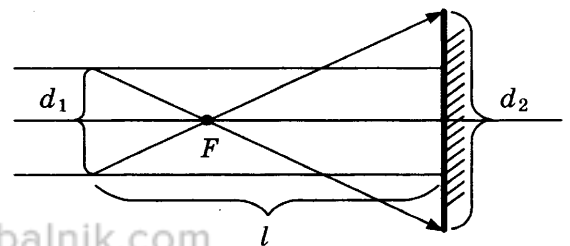
28.  $D = \frac{1}{F} = 5$  дптр, тогда  $F = \frac{1}{5}$  м = 20 см.

Все лучи, параллельные главной оптической оси линзы, проходят через ее фокус. Ход лучей, падающих на края линзы, указан на рисунке.

Из геометрических соображений получаем

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{l - F}{F} = \frac{50 - 20}{20} = \frac{3}{2},$$

$$d_2 = \frac{3}{2} d_1 = \frac{3}{2} \cdot 6 = 9 \text{ см.}$$



Ответ: 9 см. *100-БАЛЛОВ* *100balnik.com* *Делаем невозможное возможным*

29. Если масса  $m$  достаточно мала, но грузы еще покоятся, то сила трения покоя, действующая на груз массой  $M$ , направлена вверх вдоль наклонной плоскости.

Запишем второй закон Ньютона для каждого из покоящихся тел в проекциях на оси введенной системы координат.

На первое тело действуют сила тяжести, сила нормальной реакции опоры, сила натяжения нити и сила трения:

$$\begin{cases} -Mg \sin \alpha + T_1 + F_{\text{тр}} = 0 & (\text{ось направлена вверх вдоль наклонной плоскости}); \\ -Mg \cos \alpha + N = 0 & (\text{ось направлена вверх перпендикулярно наклонной плоскости}); \end{cases}$$

На второе тело действуют сила тяжести и сила натяжения нити:

$$mg - T_2 = 0 \quad (\text{ось направлена вертикально вниз}).$$

Учтем, что  $T_1 = T_2 = T$  (нить легкая, между блоком и нитью трения нет),

$$F_{\text{тр}} \leq \mu N \quad (\text{сила трения покоя}).$$

$$\text{Получим } m_{\min} = M(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \approx 0,24 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m_{\min} = M(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \approx 0,24$  кг.

30. Шар взлетает, когда сила тяжести, действующая на него, равна силе Архимеда

$$(m_{\text{ог}} + m_{\text{г}} + m)g = \rho g V, \quad (1)$$

где  $m$  — масса воздуха в шаре.

Из уравнения Менделеева—Клапейрона

$$m = \frac{pV\mu}{RT_1}, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}, \quad (2)$$

где  $T = t + 273$ ;  $T_1 = t_1 + 273$ ,  $\mu$  — молярная масса воздуха.

Объединяя (1) и (2), получим:  $m_r = \rho V - m_{об} - \frac{\rho VT}{T_1} = 200$  кг.

*Ответ:*  $m_r = \rho V - m_{об} - \frac{\rho VT}{T_1} = 200$  кг.

31. ЭДС индукции в проводнике, движущемся в однородном магнитном поле:  $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ .

Изменение магнитного потока за малое время  $\Delta t$ :  $\Delta\Phi = B\Delta S$ ,

где площадь  $\Delta S$  определяется произведением длины проводника  $l$  на его перемещение  $\Delta x$  за время  $\Delta t$ , т.е.  $\Delta\Phi = B l \Delta x$ .

Следовательно,  $|\mathcal{E}| = \frac{B l \Delta x}{\Delta t} = B l v$ , где  $v$  — скорость движения проводника.

В конце пути длиной  $x$  скорость проводника  $v = \sqrt{2ax}$  ( $a$  — ускорение), так что

$$|\mathcal{E}| = B l \sqrt{2ax}, \quad \text{отсюда } B = \frac{|\mathcal{E}|}{l \sqrt{2ax}} = 0,5 \text{ Тл.}$$

*Ответ:*  $B = \frac{|\mathcal{E}|}{l \sqrt{2ax}} = 0,5$  Тл.

32. Чтобы фототок прекратился, должно выполняться условие  $eU = \frac{m_e v_{\max}^2}{2}$ , где  $e$  — модуль заряда электрона,  $m_e$  — масса электрона.

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:  $h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v_{\max}^2}{2}$ .

Учитывая, что  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ,  $h\nu_0 = A_{\text{вых}}$ , получим  $\lambda = \frac{hc}{eU + hc/\lambda_0} \approx 2,98 \cdot 10^{-7}$  м.

*Ответ:*  $\lambda = \frac{hc}{eU + hc/\lambda_0} \approx 2,98 \cdot 10^{-7}$  м.

### Вариант 9

25. Колеблющийся шарик на нити можно считать математическим маятником. Первоначально, когда шарик не заряжен, частота свободных колебаний зависит только от длины нити  $l$  и ускорения свободного падения  $g$ :

$$\nu_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}.$$

Протяженная равномерно заряженная пластина создает однородное электрическое поле  $\vec{E}$ . Если шарiku сообщить отрицательный заряд, то со стороны электрического поля пластины на него начнет действовать постоянная сила, равная по величине  $|q| \cdot E$  и направленная вертикально вниз.

В этом случае равнодействующая сил тяжести и электрической силы поля пластины сообщит шарiku ускорение, которое больше ускорения свободного падения ( $a > g$ ). Возвращающая сила, действующая на шарик, увеличится, шарик быстрее будет возвращаться к положению равновесия, а значит, частота свободных колебаний маятника

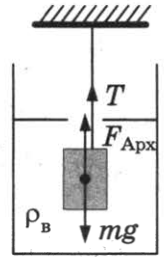
увеличится, так как  $\nu_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{l}}$ .

*Ответ:* частота свободных колебаний маятника увеличится.

26. Силы, действующие на груз, показаны на рисунке. Так как груз находится в равновесии,

$$\left. \begin{aligned} T + F_{\text{Арх}} &= mg \\ F_{\text{Арх}} &= \rho_{\text{в}} g V \end{aligned} \right\} V = \frac{mg - T}{\rho_{\text{в}} g} = \frac{2 \cdot 10 - 13}{1000 \cdot 10} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 = 0,7 \text{ л.}$$

Ответ: 0,7 л.



27. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа в состоянии 2:

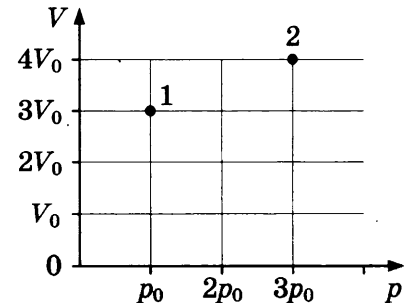
$$U_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2, \text{ где } T_2 \text{ — температура в состоянии 2.}$$

Запишем уравнения Менделеева—Клайперона для состояний 1 и 2:

$$\left. \begin{aligned} p_0 \cdot 3V_0 &= \nu R T_1 \\ 3p_0 \cdot 4V_0 &= \nu R T_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow T_2 = 4T_1;$$

$$U_2 = 6\nu R T_1 = 6 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 100 = 4986 \text{ Дж.}$$

Ответ: 4986 Дж.



28.  $W = \frac{mv^2}{2}$

$$m \frac{v^2}{R} = qvB, \text{ откуда } v = \frac{qBR}{m}.$$

$$\text{Тогда } \frac{W_2}{W_1} = \frac{m_2 \left( \frac{qB_2 R}{m_2} \right)^2}{2} \cdot \frac{2}{m_1 \left( \frac{qB_1 R}{m_1} \right)^2} = \left( \frac{B_2}{B_1} \right)^2 \frac{m_1}{m_2} = 4 \cdot \frac{1}{2} = 2.$$

Ответ: 2.

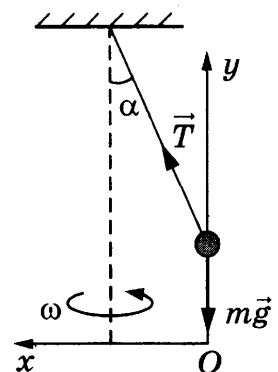
29. На груз действуют сила натяжения нити  $\vec{T}$  и сила тяжести  $m\vec{g}$ , как указано на рисунке.

В инерциальной системе отсчета, связанной с Землей, ускорение тела определяется вторым законом Ньютона:  $ma_x = T \sin \alpha$ ,  $0 = T \cos \alpha - mg$ .

Здесь  $a_x = \frac{v^2}{l \sin \alpha}$  — центростремительное ускорение.

$$\text{Решая полученную систему, получим } v = \sqrt{\frac{gl \sin^2 \alpha}{\cos \alpha}} = 1,5 \text{ м/с.}$$

$$\text{Ответ: } v = \sqrt{\frac{gl \sin^2 \alpha}{\cos \alpha}} = 1,5 \text{ м/с.}$$



30. Относительная влажность равна  $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нп}}} 100\%$ . В начальном состоянии парциальное давление

пара в сосуде было равно  $p_1 = \frac{\varphi}{100\%} p_{\text{нп}} = 0,4 p_{\text{нп}}$ , где  $p_{\text{нп}}$  — давление насыщенного пара.

Согласно уравнению Менделеева—Клапейрона  $p_1 = \frac{m_0}{MV} RT$ , где  $T$  — температура пара,  $V$  — объем сосуда,  $M$  — молярная масса воды,  $m_0$  — начальная масса водяного пара в сосуде.

После сжатия пар стал насыщенным, а его масса уменьшилась до  $m_1$ :

$$p_2 = p_{\text{нп}} = \frac{m_1}{M(V/5)} RT.$$

$$\text{Получаем } \alpha = \frac{m_0 - m_1}{m_0} = 0,5.$$

Ответ:  $\alpha = 0,5$ .

31. Согласно закону сохранения энергии,

$$\frac{CU_{\text{max}}^2}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} \quad (1)$$

( $C$  — емкость конденсатора,  $U_{\text{max}}$  — максимальное напряжение на конденсаторе.)

Согласно формуле Томсона для периода электромагнитных колебаний в контуре

$$T = 2\pi\sqrt{LC}. \quad (2)$$

Длина волны выражается через период колебаний, как

$$\lambda = cT \quad (3)$$

( $c$  — скорость света.)

Максимальная напряженность поля конденсатора равна:

$$E_{\text{max}} = \frac{U_{\text{max}}}{d}. \quad (4)$$

Решив систему уравнений (1)–(4), получим:  $I_{\text{max}} = \frac{\lambda d}{2\pi cL} E_{\text{max}} \approx 0,27$  мА.

Ответ:  $I_{\text{max}} = \frac{\lambda d}{2\pi cL} E_{\text{max}} \approx 0,27$  мА.

32. Коэффициент полезного действия электростанции

$$\eta = \frac{E_1}{E_2}, \quad (1)$$

где  $E_1$  — энергия, вырабатываемая электростанцией,  $E_2$  — энергия, выделяющаяся в результате ядерных реакций деления урана.

$$E_1 = Pt, \quad (2)$$

где  $P$  — мощность электростанции,  $t$  — время ее работы, а  $E_2 = NE_0$ , где  $E_0$  — энергия, выделяющаяся в результате деления одного ядра урана,  $N$  — количество распавшихся ядер урана.

Молярная масса урана-235 равна  $\mu = 0,235$  кг/моль, следовательно, число распавшихся атомов равно  $N = \frac{m}{\mu} N_A$ . (3)

Объединяя (1), (2) и (3), получаем:  $\eta = \frac{Pt\mu}{mN_A E_0} = \frac{38 \cdot 10^6 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,235}{1,4 \cdot 6 \cdot 10^{23} \cdot 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}} \approx 0,2 = 20\%$ .

Ответ:  $\eta = \frac{Pt\mu}{mN_A E_0} = 20\%$ .

Вариант 10

25. Колеблющийся шарик на нити можно считать математическим маятником. Первоначально, когда шарик не заряжен, период свободных колебаний зависит только от длины нити  $l$  и ускорения свободного падения  $g$ :  $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ .

Протяженная равномерно заряженная пластина создает однородное электрическое поле  $\vec{E}$ . Если шарiku сообщить положительный заряд, то со стороны электрического поля пластины на него начнет действовать постоянная сила, равная по величине  $|q| \cdot E$  и направленная вертикально вниз.

В этом случае равнодействующая сил тяжести и электрической силы поля пластины сообщит шарiku ускорение, которое больше ускорения свободного падения ( $a > g$ ). Возвращающая сила, действующая на шарик, увеличится, шарик быстрее будет возвращаться к положению равновесия, а значит, период свободных колебаний маятника уменьшится, так как  $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}}$ .

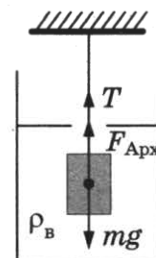
Ответ: период свободных колебаний маятника уменьшится.

26. Силы, действующие на груз, показаны на рисунке. Так как груз находится в равновесии:

$$\left. \begin{aligned} T + F_{\text{Арх}} &= mg \\ F_{\text{Арх}} &= \rho_{\text{в}} g V \end{aligned} \right\},$$

$$m = \frac{T + \rho_{\text{в}} g V}{g} = \frac{15 + 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{10} = 2,5 \text{ кг.}$$

Ответ: 2,5 кг.



27. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа в состоянии 1:

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1, \text{ где } T_1 \text{ — температура газа в состоянии 1.}$$

Запишем уравнения Менделеева—Клапейрона для состояний 1 и 2:

$$\left. \begin{aligned} p_0 \cdot 3V_0 &= \nu R T_1 \\ 3p_0 \cdot 4V_0 &= \nu R T_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow T_1 = \frac{T_2}{4},$$

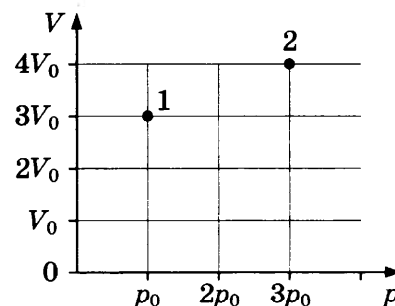
$$U_1 = \frac{3}{8} \nu R T_2 = \frac{3}{8} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 600 \approx 1870 \text{ Дж.}$$

Ответ: 1870 Дж.

28.  $\left. \begin{aligned} \frac{mv^2}{R} &= qvB \\ T &= \frac{2\pi R}{v} \end{aligned} \right\} \text{ откуда } T = \frac{2\pi m}{qB},$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2\pi m_2}{qB_2} \cdot \frac{qB_1}{2\pi m_1} = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{B_1}{B_2} = 4 \cdot \frac{1}{2} = 2.$$

Ответ: 2.



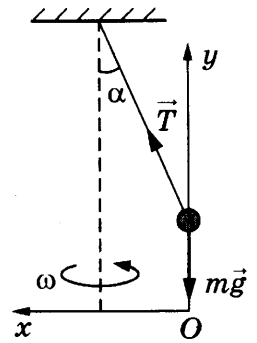


29. На груз действуют сила натяжения нити  $\vec{T}$  и сила тяжести  $m\vec{g}$ , как указано на рисунке. В инерциальной системе отсчета, связанной с Землей, ускорение тела определяется вторым законом Ньютона:  $ma_x = T \sin \alpha$ ,  $0 = T \cos \alpha - mg$ .

Здесь  $a_x = \omega^2 l \sin \alpha$  — центростремительное ускорение, где  $\omega = \frac{2\pi}{\tau}$  — угловая скорость груза.

Решая полученную систему, получим:  $\tau = 2\pi \sqrt{\frac{l \cos \alpha}{g}} \approx 0,83$  с.

Ответ:  $\tau = 2\pi \sqrt{\frac{l \cos \alpha}{g}} \approx 0,83$  с.



30. Относительная влажность равна  $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нп}}} 100\%$ . В начальном состоянии парциальное давление пара в сосуде было равно  $p_1 = \frac{\varphi}{100\%} p_{\text{нп}} = 0,8 p_{\text{нп}}$ , где  $p_{\text{нп}}$  — давление насыщенного пара.

Согласно уравнению Менделеева—Клапейрона  $p_1 = \frac{m_0}{MV} RT$ , где  $T$  — температура пара,  $V$  — объем сосуда,  $M$  — молярная масса воды.

После сжатия пар стал насыщенным, а его масса уменьшилась  $p_2 = p_{\text{нп}} = \frac{m_1}{M(V/3)} RT$ .

Получаем  $m_0 = 2,4 m_1 = 24$  г.

Ответ:  $m_0 = 2,4 m_1 = 24$  г.

31. Согласно закону сохранения энергии,

$$\frac{CU_{\text{max}}^2}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}, \quad (1)$$

где  $C$  — емкость конденсатора,  $U_{\text{max}}$  — максимальное напряжение на конденсаторе.

Согласно формуле Томсона, для периода электромагнитных колебаний в контуре

$$T = 2\pi\sqrt{LC}. \quad v = \frac{1}{T}. \quad (2)$$

Максимальная напряженность поля конденсатора равна

$$E_{\text{max}} = \frac{U_{\text{max}}}{d}. \quad (3)$$

Решив систему уравнений (1)–(3), получим  $E_{\text{max}} = \frac{1}{2\pi vCd} I_{\text{max}} \approx 80$  В/м.

Ответ:  $E_{\text{max}} = \frac{1}{2\pi vCd} I_{\text{max}} \approx 80$  В/м.

32. Коэффициент полезного действия электростанции  $\eta = \frac{E_1}{E_2}$ , где  $E_1$  — энергия, вырабатываемая электростанцией,  $E_2$  — энергия, выделяющаяся в результате ядерных реакций деления урана.

$E_1 = Pt$ , где  $P$  — мощность электростанции,  $t$  — время ее работы,

а  $E_2 = NE_0$ , где  $E_0$  — энергия, выделяющаяся в результате деления одного ядра урана,  $N$  — количество распавшихся ядер урана.

Молярная масса урана-235 равна  $\mu = 0,235$  кг/моль, следовательно, число распавшихся атомов равно  $N = \frac{m}{\mu} N_A$ .

Объединяя вышеизложенное, получаем:  $m = \frac{Pt\mu}{\eta E_0 N_A} = 1,1$  кг.

Ответ:  $m = \frac{Pt\mu}{\eta E_0 N_A} = 1,1$  кг.

### Вариант 11

25. По проводнику течет постоянный ток, поэтому по закону Ома для участка цепи  $U = IR$ .

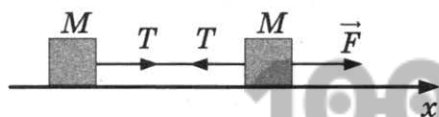
Сопротивление любой части проводника  $R$  определяется соотношением  $R = \rho \frac{x}{S}$ , где  $x$  — длина той части проводника, на которой определяется напряжение;  $\rho$  — удельное сопротивление этой части проводника;  $S$  — площадь поперечного сечения проводника.

При  $0 < x < l_1$  напряжение пропорционально длине участка; значит, удельное сопротивление проводника постоянно.

При  $l_1 < x < l_2$  напряжение также линейно зависит от длины участка; значит, удельное сопротивление проводника на этом участке тоже постоянно. Однако показания вольтметра на этом участке проводника увеличиваются быстрее, чем на первом, поэтому удельное сопротивление проводника на втором участке больше, чем на первом.

Ответ: удельное сопротивление проводника на втором участке больше, чем на первом.

26.



Второй закон Ньютона в проекции на ось  $x$ :

$$Ma = T;$$

$$Ma = F - T,$$

откуда  $F = 2Ma$ ,  $a = \frac{F}{2M}$ .

Тогда  $T = \frac{F}{2} = 6$  Н.

Ответ: 6 Н.

27. Уравнение теплового баланса

$$c_B \cdot m_B (t_0 - t_1) = \lambda \cdot m_L + c_B \cdot m_L (t_1 - 0^\circ\text{C}).$$

Причем  $m_L = N \cdot m_k$ , где  $N$  — число кубиков льда.

Тогда  $N = \frac{c_B m_B (t_0 - t_1)}{(\lambda + c_B (t_1 - 0^\circ\text{C})) m_k} = \frac{4200 \cdot 0,2 \cdot (30 - 15)}{(3,3 \cdot 10^5 + 4200(15 - 0)) \cdot 8 \cdot 10^{-3}} \approx 4$ .

Ответ: 4.

28.  $h\nu_{\text{кр}} = h \frac{c}{\lambda_{\text{кр}}} = A_{\text{вых}}$ ,

$$h\nu = h \frac{c}{\lambda} = A_{\text{вых}} + E_{\text{мах}},$$

$$E_{\text{мах}} = \frac{1}{3} \cdot h \frac{c}{\lambda},$$

Откуда получаем:  $h \frac{c}{\lambda} = h \frac{c}{\lambda_{кр}} + h \frac{c}{3\lambda}$

$$\frac{2}{3\lambda} = \frac{1}{\lambda_{кр}}$$

$$\lambda = \frac{2}{3} \lambda_{кр} = 400 \text{ нм.}$$

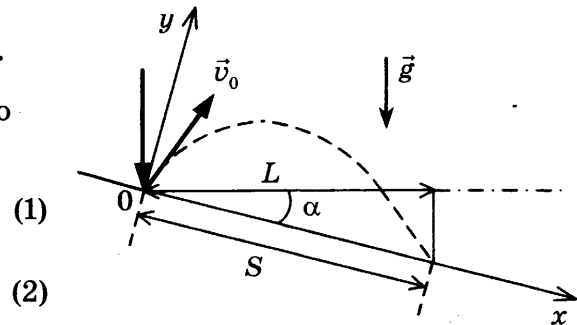
Ответ: 400 нм.

29. Законы движения шарика имеют вид:

$$x = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{g \sin \alpha \cdot t^2}{2}, \quad y = v_0 \cos \alpha \cdot t - \frac{g \cos \alpha \cdot t^2}{2}.$$

В момент второго соударения шарика с плоскостью  $x = S, y = 0$ , следовательно,

$$\begin{cases} S = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{g \sin \alpha \cdot t^2}{2}, \\ 0 = v_0 \cos \alpha \cdot t - \frac{g \cos \alpha \cdot t^2}{2}. \end{cases}$$



Совместное решение (1) и (2) приводит к  $t = \frac{2v_0}{g}$  и  $S = \frac{4v_0^2 \sin \alpha}{g}$ .

Из рисунка видно, что  $L = S \cos \alpha = \frac{2v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \approx 0,173 \text{ м.}$

Ответ:  $L \approx 0,173 \text{ м.}$

30. Запишем уравнения состояния газа для верхней и нижней частей:

$$p_1 V_1 = \nu RT, \quad p_2 V_2 = \nu RT,$$

где  $V_1$  и  $V_2$  — объемы верхней и нижней частей.

$V_1 = S(H - h)$ ,  $V_2 = Sh$ , где  $S$  — сечение поршня,  $H$  — высота сосуда,  $h$  — высота, на которой находится поршень.

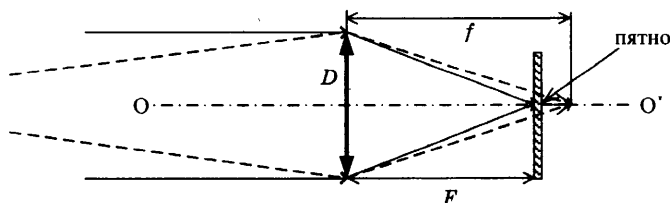
Условие равновесия поршня  $p_1 S + mg - p_2 S = 0$ , где  $m$  — масса поршня.

Получим соотношение для количества молей газа:  $\nu = \frac{mg}{RT \left( \frac{1}{h} - \frac{1}{H-h} \right)} \approx 0,022 \text{ моль.}$

Ответ:  $\nu = \frac{mg}{RT \left( \frac{1}{h} - \frac{1}{H-h} \right)} \approx 0,022 \text{ моль.}$

31. Лучи, идущие от предмета на расстоянии  $d$ , собираются на расстоянии  $f$ , которое больше фокусного расстояния, и поэтому образуют на пленке пятно диаметром  $\delta$ . Из подобия треугольников получаем соотношение:

$$\frac{\delta}{D} = \frac{f - F}{f}. \quad (1)$$



Из формулы тонкой линзы  $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$  находим:  $\frac{f-F}{f} = \frac{F}{d}$ . (2)

Объединяя (1) и (2), получаем окончательно:  $\delta = \frac{FD}{d} = 0,05$  мм.

Ответ:  $\delta = \frac{FD}{d} = 0,05$  мм.

32. Количество теплоты, выделяющееся на резисторе после размыкания ключа,

$$Q = W_c = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}. \quad (1)$$

Напряжение на конденсаторе равно падению напряжения на резисторе.

С учетом закона Ома для полной цепи  $U = IR = \mathcal{E}R/(r + R)$ . (2)

Объединяя (1) и (2), находим:  $Q = \frac{q\mathcal{E}R}{2(R+r)} = 20$  мкДж.

Ответ:  $Q = \frac{q\mathcal{E}R}{2(R+r)} = 20$  мкДж.

### Вариант 12

25. По проводнику течет постоянный ток, поэтому по закону Ома для участка цепи  $U = IR$ .

Сопротивление любой части проводника  $R$  определяется соотношением  $R = \rho \frac{x}{S}$ , где  $x$  —

длина той части проводника, на которой определяется напряжение;  $\rho$  — удельное сопротивление проводника;  $S$  — площадь поперечного сечения этой части проводника.

При  $0 < x < l_1$  напряжение пропорционально длине участка; значит, площадь поперечного сечения проводника постоянна.

При  $l_1 < x < l_2$  напряжение также линейно зависит от длины участка; значит, площадь поперечного сечения проводника на этом участке тоже постоянна. Однако показания вольтметра на этом участке проводника увеличиваются медленнее, чем на первом, поэтому площадь поперечного сечения проводника на втором участке больше, чем на первом.

Ответ: площадь поперечного сечения проводника на втором участке больше, чем на первом.

26. Выберем оси системы координат по движению тел. Тогда:

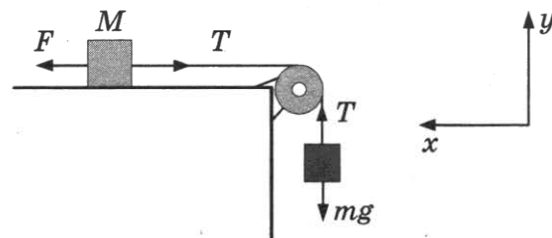
Тогда:

$$F - T = Ma,$$

$$T - mg = ma,$$

$$\text{откуда } M = \frac{F - m(g + a)}{a} = \frac{9 - 0,25 \cdot 12}{2} = 3 \text{ кг.}$$

Ответ: 3 кг.



27. Уравнение теплового баланса:

$$c_b m (t_2 - t_0) = \lambda \Delta m,$$

$$\Delta m = \frac{c_b m (t_2 - t_0)}{\lambda} = \frac{4200 \cdot 1 \cdot 44}{3,3 \cdot 10^5} = 0,56 \text{ кг.}$$

Ответ: 0,56 кг.

$$28. h\nu_{\text{кр}} = h \frac{c}{\lambda_{\text{кр}}} = A_{\text{ВЫХ}},$$

$$E_{\text{max}} = \frac{A_{\text{ВЫХ}}}{2},$$

$$E_{\text{max}} = \frac{1}{3} \cdot h \frac{c}{\lambda},$$

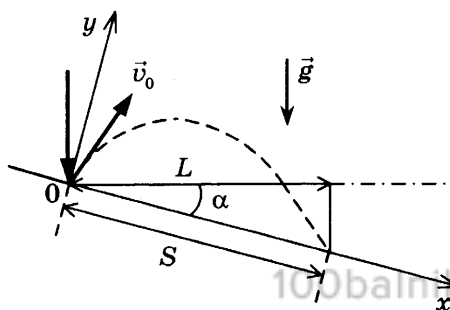
$$\text{Тогда: } h \frac{c}{\lambda} = A_{\text{ВЫХ}} + \frac{A_{\text{ВЫХ}}}{2} = \frac{3}{2} A_{\text{ВЫХ}} = \frac{3}{2} h \frac{c}{\lambda_{\text{кр}}},$$

$$\text{откуда } \lambda = \frac{2}{3} = \lambda_{\text{кр}} = \frac{2 \cdot 600}{3} = 400 \text{ нм.}$$

Ответ: 400 нм.

29. Законы движения шарика имеют вид:

$$x = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{g \sin \alpha \cdot t^2}{2}, \quad y = v_0 \cos \alpha \cdot t - \frac{g \cos \alpha \cdot t^2}{2}.$$



В момент второго соударения шарика с плоскостью  $x = S, y = 0$ , следовательно,

$$\begin{cases} S = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{g \sin \alpha \cdot t^2}{2}, & (1) \\ 0 = v_0 \cos \alpha \cdot t - \frac{g \cos \alpha \cdot t^2}{2}. & (2) \end{cases}$$

Совместное решение (1) и (2) приводит к  $t = \frac{2v_0}{g}$  и  $S = \frac{4v_0^2 \sin \alpha}{g}$ .

Из рисунка видно, что  $H = S \sin \alpha = \frac{4v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = 0,8 \text{ м.}$

Ответ:  $H = \frac{4v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = 0,8 \text{ м.}$

30. Условие равновесия столбика ртути определяет давление воздуха в вертикальной трубке:  $p = p_0 + \rho g d$ , где  $p_0 = \rho g H$  — атмосферное давление. Здесь  $H = 750 \text{ мм}$ ,  $\rho$  — плотность ртути.

Поскольку нагрев воздуха в трубке происходит до температуры  $T = T_0 + \Delta T$  и объем, занимаемый воздухом, не изменился, то, согласно уравнению Менделеева—Клапейрона:

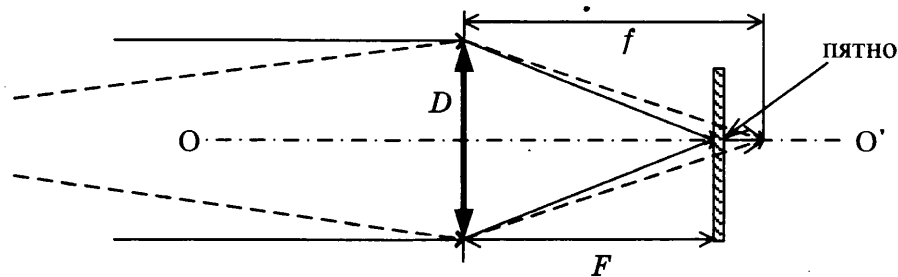
$$\frac{T}{T_0} = \frac{p}{p_0} = 1 + \frac{d}{H}.$$

Окончательно получим:  $T_0 = \Delta T \frac{H}{d} = 300 \text{ К.}$

Ответ:  $T_0 = \Delta T \frac{H}{d} = 300 \text{ К.}$

31. Лучи, идущие от предмета на расстоянии  $d$ , собираются на расстоянии  $f$ , которое больше фокусного расстояния, и поэтому образуют на пленке пятно диаметром  $\delta$ . Из подобия треугольников получаем соотношение:

$$\frac{\delta}{D} = \frac{f - F}{f}. \quad (1)$$



Из формулы тонкой линзы  $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$  находим:

$$\frac{f - F}{f} = \frac{F}{d}. \quad (2)$$

Объединяя (1) и (2), получаем окончательно:  $D = \frac{\delta d}{F} = 1$  см.

Ответ:  $D = \frac{\delta d}{F} = 1$  см.

32. Пока ключ замкнут, через катушку течет ток  $I$ , определяемый сопротивлением резистора:  $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$ , конденсатор заряжен до напряжения:  $U = \mathcal{E}$ .

Энергия магнитного поля катушки равна  $\frac{LI^2}{2}$ , энергия электрического поля конденсатора равна  $\frac{C\mathcal{E}^2}{2}$ .

После размыкания ключа начинаются электромагнитные колебания и вся энергия, запасенная в конденсаторе и катушке, выделится в лампе и резисторе:

$$E = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{\mathcal{E}^2}{2R^2} L.$$

Согласно закону Джоуля—Ленца выделяемая в резисторе мощность пропорциональна его сопротивлению. Следовательно, энергия  $E$  распределится в лампе и резисторе пропорционально их сопротивлениям, и на лампу приходится

$$Q = \frac{r}{R + r} E = \frac{r\mathcal{E}^2(C + L/R^2)}{2(R + r)} = 0,115 \text{ Дж.}$$

Ответ:  $Q = \frac{r\mathcal{E}^2(C + L/R^2)}{2(R + r)} = 0,115$  Дж.

### Вариант 13

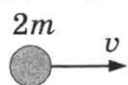
25. Сопротивление идеального вольтметра считается бесконечно большим, поэтому ток через реостат при любом положении его движка равен нулю и, следовательно, напряжение на выводах реостата равно 0. Таким образом, показания вольтметра при любом положении движка реостата равны напряжению на резисторе  $R$ .



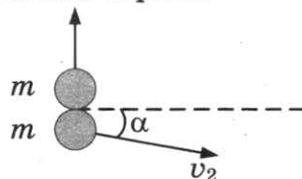
Ток через резистор  $R$  определяется законом Ома для полной цепи:  $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ , а напряжение на резисторе — законом Ома для участка цепи:  $U_R = IR$ . Учитывая, что  $r = 0$ , получаем  $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$ ,  $U_R = \mathcal{E}$ . Таким образом, при любом положении движка реостата показания вольтметра равны ЭДС источника  $\mathcal{E}$ .

*Ответ:* показания идеального вольтметра при перемещении движка реостата остаются неизменными.

26. До взрыва



После взрыва



По закону сохранения импульса:

$$2mv = m \cdot v_2 \cos \alpha,$$

$$\text{откуда } \cos \alpha = \frac{2v}{v_2} = \frac{2 \cdot 100}{400} = \frac{1}{2},$$

$$\alpha = 60^\circ.$$

*Ответ:*  $60^\circ$ .

27. Запишем уравнение Менделеева—Клайперона для начального и конечного состояний газа:

$$pV = \nu R(T_2 - \Delta T),$$

$$p \cdot 1,8V = \nu RT_2,$$

$$\text{откуда } T_2 = \frac{18}{8} \Delta T = \frac{9}{4} \Delta T = \frac{9}{4} \cdot 240 = 540 \text{ К.}$$

*Ответ:* 540 К.

28. ЭДС индукции в рамке:

$$\mathcal{E}_i = \nu Bl.$$

$$\text{Тогда: } I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{\nu Bl}{R} = \frac{1 \cdot 0,1 \cdot 0,1}{10} = 0,001 \text{ А} = 1 \text{ мА.}$$

*Ответ:* 1 мА.

29. На систему тел «шайба + горка» действуют внешние силы (тяжести и реакции стола), направленные по вертикали, поэтому проекция импульса системы на горизонтальную ось  $Ox$  системы отсчета, связанной со столом, сохраняется. Из закона сохранения импульса:

$$Mu - mv = 0, \tag{1}$$

где  $m$  — масса шайбы,  $M$  — масса горки,  $u$  — скорость горки в тот момент, когда скорость шайбы равна  $v$ .

Из закона сохранения механической энергии:

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} + mgh = \frac{5}{2} mgh. \tag{2}$$

Объединяя (1) и (2), получим:  $\frac{m}{M} = \frac{3gh}{v^2} - 1$ .

*Ответ:*  $\frac{m}{M} = \frac{3gh}{v^2} - 1$ .

30. Количество теплоты, полученное при нагревании льда, находящегося в калориметре, до температуры  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$Q_1 = c_1 m_1 (0 - t_1). \quad (1)$$

Количество теплоты, полученное льдом при его таянии при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$Q_2 = \lambda m_1. \quad (2)$$

Количество теплоты, отданное водой при охлаждении ее до  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$Q = c_2 m_2 (t_2 - 0). \quad (3)$$

Уравнение теплового баланса:

$$Q = Q_1 + Q_2. \quad (4)$$

Объединяя (1)–(4), получим:

$$m_1 = \frac{m_2 c_2 (t_2 - 0)}{c_1 (0 - t_1) + \lambda} \approx 1 \text{ кг.}$$

$$\text{Ответ: } m_1 = \frac{m_2 c_2 (t_2 - 0)}{c_1 (0 - t_1) + \lambda} \approx 1 \text{ кг.}$$

31. Как следует из рисунка 1, при силе тока  $I = 0,15\text{ А}$  напряжение на светодиоде  $U_D = 3\text{ В}$ .

По закону Ома для участка цепи напряжение на резисторе, по которому течет этот ток (последовательное включение),  $U = IR$ . По закону Ома для полной (замкнутой) цепи  $\mathcal{E} = U + U_D$ .

Решение системы дает:  $U = IR = \mathcal{E} - U_D$ .

$$\text{Сопrotивление резистора } R = \frac{\mathcal{E} - U_D}{I} = 20 \text{ Ом.}$$

$$\text{Ответ: } R = 20 \text{ Ом.}$$

32. Минимальная длина волны соответствует максимальной частоте и энергии фотона.

$$\lambda_0 = \lambda_{41} \text{ и}$$

$$v_{14} = \frac{c}{\lambda_0}; \quad v_{24} = \frac{c}{\lambda_{24}}; \quad v_{32} = \frac{c}{\lambda_{32}}.$$

Частота фотона, испускаемого атомом при переходе с одного уровня энергии на другой, пропорциональна разности энергий этих уровней.

$$\text{Поэтому } v_{13} = v_{14} - v_{24} + v_{32} = c \left( \frac{1}{\lambda_{14}} - \frac{1}{\lambda_{24}} + \frac{1}{\lambda_{32}} \right)$$

$$\lambda_{13} = \frac{c}{v_{13}} = \frac{\lambda_{14} \lambda_{24} \lambda_{32}}{\lambda_{24} \lambda_{32} - \lambda_{14} \lambda_{32} + \lambda_{14} \lambda_{24}} \approx 3 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

$$\text{Ответ: } \lambda_{13} = \frac{\lambda_{14} \lambda_{24} \lambda_{32}}{\lambda_{24} \lambda_{32} - \lambda_{14} \lambda_{32} + \lambda_{14} \lambda_{24}} \approx 300 \text{ нм.}$$

#### Вариант 14

25. Сопrotивление идеального вольтметра считается бесконечно большим, поэтому ток через реостат при любом положении его движка равен нулю и, следовательно, напряжение на выводах реостата равно 0. Таким образом, показания вольтметра при любом положении движка реостата равны напряжению на резисторе  $R$ .

Ток через резистор  $R$  определяется законом Ома для полной цепи:  $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ , а напряжение на резисторе — законом Ома для участка цепи:  $U_R = IR$ .

Учитывая, что  $r = 0$ , получаем:  $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$ ,  $U_R = \mathcal{E}$ .

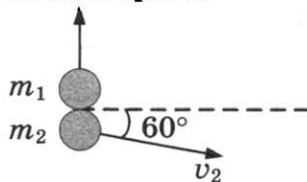
Таким образом, при любом положении движка реостата показания вольтметра равны ЭДС источника  $\mathcal{E}$ .

**Ответ:** показания идеального вольтметра при перемещении движка реостата остаются неизменными.

26. До взрыва



После взрыва



По закону сохранения импульса:

$$mv = m_2 \cdot v_2 \cos 60^\circ,$$

$$\text{откуда } m_2 = \frac{mv}{v_2 \cos 60^\circ} = \frac{2 \cdot 100}{400 \cdot \frac{1}{2}} = 1 \text{ кг.}$$

**Ответ:** 1 кг.

27. Запишем уравнение Менделеева—Клайперона для начального и конечного состояний газа:

$$pV = \nu RT_1$$

$$1,8p \cdot V = \nu R(T_1 + \Delta T),$$

$$\text{откуда } T_1 = \frac{\Delta T}{0,8} = \frac{240}{0,8} = 300 \text{ К.}$$

**Ответ:** 300 К.

28. ЭДС индукции в рамке:

$$\mathcal{E}_i = \nu Bl.$$

$$\text{Тогда: } I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{\nu Bl}{R},$$

$$\text{откуда } \nu = \frac{IR}{Bl} = \frac{10^{-3} \cdot 10}{0,1 \cdot 0,1} = 1 \text{ м/с.}$$

**Ответ:** 1 м/с.

29. На систему тел «шайба + горка» действуют внешние силы (тяжести и реакции стола), направленные по вертикали, поэтому проекция импульса системы на горизонтальную ось  $Ox$  системы отсчета, связанной со столом, сохраняется. Из закона сохранения импульса:

$$Mu - mv = 0, \tag{1}$$

где  $m$  — масса шайбы,  $M = 12m$  — масса горки,  $v$  — скорость шайбы на левой вершине горки.

Согласно закону сохранения механической энергии,

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{12mu^2}{2} + mgh = 3mgh. \tag{2}$$

Объединяя (1) и (2), получим:  $u = \sqrt{\frac{gh}{39}}$ .

**Ответ:**  $u = \sqrt{\frac{gh}{39}}$ .

30. Количество теплоты, необходимое для нагревания льда, находящегося в калориметре, до температуры  $t$ :  $Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1)$ .

Количество теплоты, отдаваемое водой при охлаждении ее до  $0^\circ\text{C}$ :

$$Q_1 = c_2 m_2 (t_2 - 0).$$

Количество теплоты, выделяющейся при отвердевании воды при  $0^\circ\text{C}$ :

$$Q_2 = \lambda m_2.$$

Количество теплоты, выделяющейся при охлаждении льда, полученного из воды, до температуры  $t$ :

$$Q_3 = c_1 m_2 (0 - t).$$

Уравнение теплового баланса:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3.$$

$$\text{Получим } t_1 = \frac{m_1 c_1 t - m_2 (c_2 (t_2 - 0) + \lambda + c_1 (0 - t))}{m_1 c_1} \approx -5^\circ\text{C}.$$

$$\text{Ответ: } t_1 = \frac{m_1 c_1 t - m_2 (c_2 (t_2 - 0) + \lambda + c_1 (0 - t))}{m_1 c_1} \approx -5^\circ\text{C}.$$

31. По закону Ома для участка цепи напряжение на резисторе, по которому течет этот ток (последовательное включение),  $U_1 = I_1 R$ .

По закону Ома для полной (замкнутой) цепи  $\mathcal{E}_1 = U_1 + U_D$ .

Решение системы дает:  $U_1 = I_1 R = \mathcal{E}_1 - U_D$ ,

сопротивление резистора  $R = \frac{\mathcal{E}_1 - U_D}{I_1} = 30 \text{ Ом}$ .

Напряжение на диоде не зависит от силы тока через него в интервале значений  $0,05 \text{ А} \leq I \leq 0,2 \text{ А}$ , поэтому  $U_2 = \mathcal{E}_2 - U_D$  для любой силы тока из этого интервала, следовательно, сила тока в цепи при изменении ЭДС источника

$$I_2 = \frac{U_2}{R} = \frac{\mathcal{E}_2 - U_D}{R} = I_1 \frac{\mathcal{E}_2 - U_D}{\mathcal{E}_1 - U_D} = 0,1 \frac{1,5}{3} = 0,05 \text{ А}.$$

Полученное значение укладывается в интервал применимости выбранной модели, когда сила тока не зависит от приложенного напряжения.

Ответ:  $I_2 = 0,05 \text{ А}$ .

32. Минимальная длина волны соответствует максимальной частоте и энергии фотона.

$$\lambda_0 = \lambda_{41} \text{ и } \nu_{14} = \frac{c}{\lambda_0}.$$

$$\text{Имеем: } \nu_{13} = \frac{c}{\lambda_{13}}; \nu_{32} = \frac{c}{\lambda_{32}}.$$

Частота фотона, испускаемого атомом при переходе с одного уровня энергии на другой, пропорциональна разности энергий этих уровней.

$$\text{Поэтому } \nu_{24} = \nu_{14} - \nu_{13} + \nu_{32} = c \left( \frac{1}{\lambda_{14}} - \frac{1}{\lambda_{13}} + \frac{1}{\lambda_{32}} \right),$$

$$\lambda_{24} = \frac{\lambda_{13} \lambda_{14} \lambda_{32}}{\lambda_{13} \lambda_{32} - \lambda_{14} \lambda_{32} + \lambda_{14} \lambda_{13}} \approx 333 \cdot 10^{-9} \text{ м}.$$

$$\text{Ответ: } \lambda_{24} = \frac{\lambda_{13} \lambda_{14} \lambda_{32}}{\lambda_{13} \lambda_{32} - \lambda_{14} \lambda_{32} + \lambda_{14} \lambda_{13}} \approx 333 \text{ нм}.$$

*Справочное издание*

**Лукашева Екатерина Викентьевна  
Чистякова Наталия Игоревна**

**ЕГЭ**

**ФИЗИКА**

**ТИПОВЫЕ ВАРИАНТЫ  
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ЗАДАНИЙ**