

К НОВОЙ ОФИЦИАЛЬНОЙ
ДЕМОНСТРАЦИОННОЙ ВЕРСИИ ЕГЭ



ФИЗИКА

ЕГЭ

СОЗДАНО РАЗРАБОТЧИКАМИ ФИПИ

2010

ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

- 10 вариантов заданий
- Ответы и решения
- Бланки ответов

ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

М. Ю. Демидова, В. А. Грибов

ФИЗИКА

ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

10 вариантов заданий

Ответы и решения

Бланки ответов

***Издательство
«ЭКЗАМЕН»***

**МОСКВА
2015**

УДК 372.8:53
ББК 74.262.22

Демидова М. Ю.

ЕГЭ 2015. Физика. Типовые тестовые задания / М. Ю. Демидова, В. А. Грибов, — М. : Издательство «Экзамен», 2015. — 192 с. (Серия «ЕГЭ. Типовые тестовые задания»)

ISBN 978-5-377-08335-1

Типовые тестовые задания по физике содержат 10 вариантов комплектов заданий, составленных с учетом всех особенностей и требований Единого государственного экзамена в 2015 году. Назначение пособия — предоставить читателям информацию о структуре и содержании контрольных измерительных материалов 2015 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 10 вариантах. Кроме того, приведены образцы бланков, используемых на ЕГЭ.

Авторский коллектив — члены федеральной комиссии разработчиков КИМ ЕГЭ по физике.

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

Приказом № 729 Министерства образования и науки Российской Федерации учебные пособия издательства «Экзамен» допущены к использованию в общеобразовательных организациях.

УДК 372.8:53
ББК 74.262.22

Справочное издание
Демидова Марина Юрьевна
Грибов Виталий Аркадьевич
ЕГЭ
ФИЗИКА
ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Издательство «**ЭКЗАМЕН**»

Гигиенический сертификат
№ РОСС RU. АЕ51. Н 16582 от 08.04.2014 г.

Главный редактор *Л. Д. Лапто*
Редактор *Г. А. Лонцова*
Технический редактор *Л. В. Павлова*
Корректоры *Н. С. Садовникова, В. В. Кожуткина*
Дизайн обложки *Л. В. Демьянова*
Компьютерная верстка *К. А. Реутова*
107045, Москва, Луков пер., д. 8.
www.examen.biz

E-mail: по общим вопросам: info@examen.biz;
по вопросам реализации: sale@examen.biz;
тел./факс 641-00-30 (многоканальный)

Формат 60х90/8. Гарнитура «Школьная».

Бумага газетная. Уч.-изд. л. 8,7. Усл. печ. л. 24. Тираж 13 000 экз. Заказ № 2742/14.

Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, том 2; 953005 — книги, брошюры, литература учебная

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ООО «ИПК Парето-Принт», г. Тверь, www.pareto-print.ru

ISBN 978-5-377-08335-1

© Демидова М. Ю., Грибов В. А., 2015
© Издательство «**ЭКЗАМЕН**», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Инструкция по выполнению работы.....	4
Бланки	7
ВАРИАНТ 1.....	9
Часть 1.....	9
Часть 2.....	17
ВАРИАНТ 2.....	19
Часть 1.....	19
Часть 2.....	26
ВАРИАНТ 3.....	29
Часть 1.....	29
Часть 2.....	35
ВАРИАНТ 4.....	38
Часть 1.....	38
Часть 2.....	45
ВАРИАНТ 5.....	48
Часть 1.....	48
Часть 2.....	55
ВАРИАНТ 6.....	57
Часть 1.....	57
Часть 2.....	64
ВАРИАНТ 7.....	67
Часть 1.....	67
Часть 2.....	74
ВАРИАНТ 8.....	77
Часть 1.....	77
Часть 2.....	84
ВАРИАНТ 9.....	87
Часть 1.....	87
Часть 2.....	95
ВАРИАНТ 10.....	97
Часть 1.....	97
Часть 2.....	105
РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА 10.....	108
Часть 1.....	108
Часть 2.....	117
Ответы. Система оценивания экзаменационной работы по физике	126

ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 235 минут. Работа состоит из 2 частей, включающих 32 задания.

К заданиям 1, 2, 8, 9, 13, 14, 19, 20 и 23 дается 4 варианта ответа, из которых правильный только 1. Обведите номер верного ответа.

В заданиях 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 ответ необходимо записать в виде набора из двух цифр. Ответ на задания запишите в указанном месте. В заданиях 3–5, 10, 15, 16, 21, 25–27 ответ в виде числа необходимо записать в указанном месте. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

Обведенные номера ответов и записанные в тексте варианта ответы на задания перенесите в бланк ответов № 1 рядом с номером задания.

На задания 28–32 требуется дать развернутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими черными чернилами. Допускается использование гелевой, капиллярной или перьевой ручек.

При выполнении заданий Вы можете пользоваться черновиком. Обращаем Ваше внимание на то, что записи в черновике не будут учитываться при оценивании работы.

Советуем выполнять задания в том порядке, в котором они даны. Для экономии времени пропускайте задание, которое не удастся выполнить сразу, и переходите к следующему. Если после выполнения всей работы у Вас останется время, Вы сможете вернуться к пропущенным заданиям.

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К})$
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	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
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	$1 \text{ а.е.м.} = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 мегаэлектронвольт	$1 \text{ МэВ} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$

Масса частиц

электрона	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00727 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00866 \text{ а.е.м.}$

Плотность

воды	1000 кг/м^3	подсолнечного масла	900 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
		ртути	$13\,600 \text{ кг/м}^3$

Удельная теплоемкость

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	640 Дж/(кг · К)	чугуна	500 Дж/(кг · К)
свинца	130 Дж/(кг · К)		

Удельная теплота

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 °С

Молярная масса

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

ВАРИАНТ 1

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела v_x от времени.

1 2 3 4 1

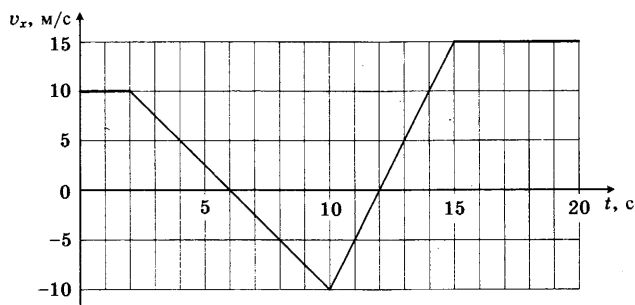
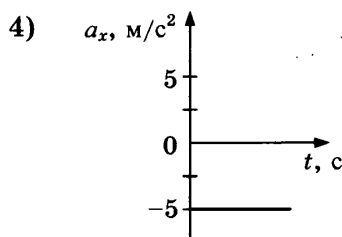
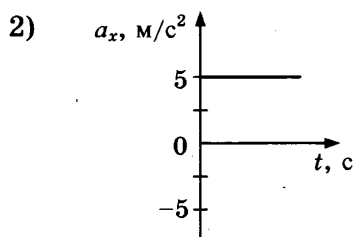
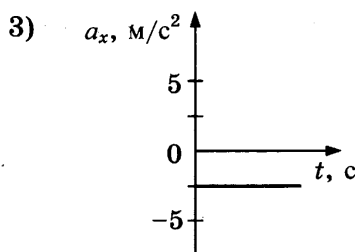
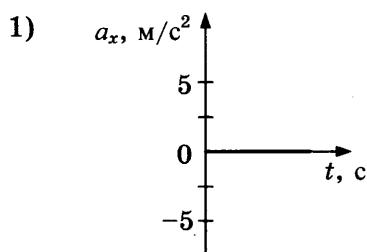


График зависимости от времени проекции ускорения этого тела a_x в интервале времени от 2 с до 5 с совпадает с графиком



2. Один конец легкой пружины жесткостью k закреплен неподвижно, а другому ее концу прикреплен груз массой m (см. рисунок). Груз перемещают с постоянной скоростью по горизонтали из положения, в котором пружина растянута на величину $x_1 = b$, в положение, в котором пружина сжата на величину $x_2 = a$. При этом потенциальная энергия пружины.

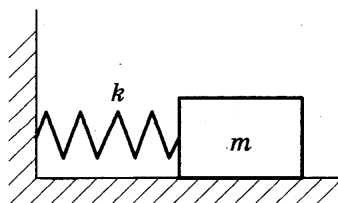
1 2 3 4 2

- 1) сохраняется

2) уменьшается на $\frac{k(a+b)^2}{2}$

3) уменьшается на $\frac{ka^2}{2} + \frac{kb^2}{2}$

4) изменяется на $\frac{ka^2}{2} - \frac{kb^2}{2}$



3

3. На рисунке 1 представлены направления векторов скорости \vec{v} и ускорения \vec{a} мяча в инерциальной системе отсчета. Какое из представленных на рисунке 2 направлений (1, 2, 3 или 4) имеет вектор равнодействующей всех сил \vec{F} , приложенных к мячу, в этой системе отсчета?



Рис. 1

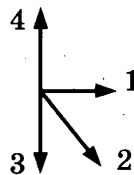


Рис. 2

Ответ: _____.

4

4. Расстояние от спутника до центра Земли равно трем радиусам Земли. Во сколько раз уменьшится сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до центра Земли станет равным шести радиусам Земли?

Ответ: уменьшится в _____ раз(а).

5

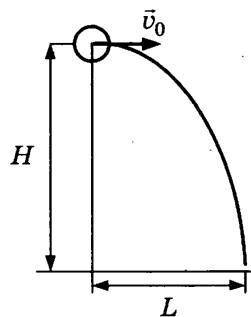
5. Период собственных малых колебаний пружинного маятника равен 1,2 с. Каким станет период колебаний, если массу груза пружинного маятника уменьшить в 4 раза?

Ответ: _____ с.

6

6. Шарик, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью v_0 , за время t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). Что произойдет с дальностью полета и ускорением шарика, если на этой же установке уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь. 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.

Дальность полета	Ускорение

7

7. Грузовик массой m , движущийся по прямолинейному горизонтальному участку дороги со скоростью v , совершает торможение до полной остановки. При торможении колеса грузовика не вращаются. Коэффициент трения между колесами и дорогой равен μ . Установи-

те 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 трения, действующей на грузовик
 Б) тормозной путь грузовика

ФОРМУЛЫ

- 1) μmg
 2) μg
 3) $\frac{v}{\mu g}$
 4) $\frac{v^2}{2\mu g}$

Ответ:

А	Б

8. Укажите пару веществ, скорость взаимной диффузии которых наименьшая при прочих равных условиях:

- 1) раствор медного купороса и вода
 2) пары эфира и воздух
 3) свинцовая и медная пластины
 4) вода и спирт

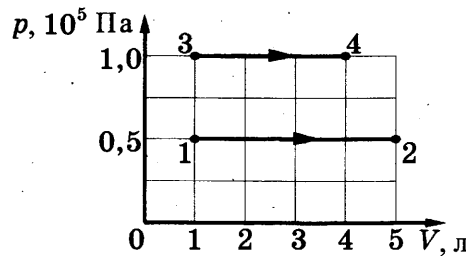
1	2	3	4	8
---	---	---	---	---

9. При 0 °С вода кристаллизуется и переходит из жидкого состояния в твердое. В процессе кристаллизации

- 1) уменьшается температура, возрастает внутренняя энергия
 2) уменьшаются и температура, и внутренняя энергия
 3) уменьшается внутренняя энергия, не изменяется температура
 4) уменьшается температура, не изменяется внутренняя энергия

1	2	3	4	9
---	---	---	---	---

10. На рисунке показано расширение водорода двумя способами: 1–2 и 3–4. Во сколько раз работа в процессе 3–4 больше работы в процессе 1–2?



Ответ: _____ раз(а).

	10
--	----

11. В сосуде неизменного объема находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль первого газа. Как изменились в результате парциальное давление первого газа и их суммарное давление, если температура газов в сосуде поддерживалась неизменной?

	11
--	----

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.

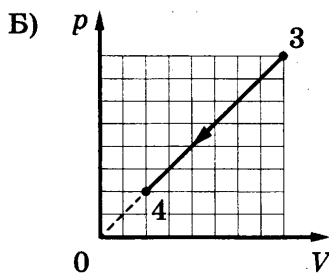
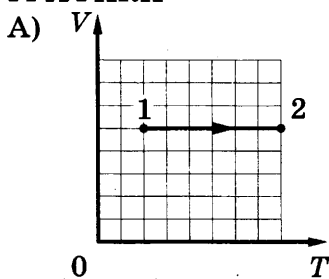
Парциальное давление первого газа	Давление смеси газов в сосуде

12

12. На рисунках приведены графики А и Б двух процессов: 1–2 и 3–4, происходящих с 1 моль гелия. Графики построены в координатах $V-T$ и $p-V$, 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



УТВЕРЖДЕНИЯ

- 1) Над газом совершают работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается
- 2) Над газом совершают работу, при этом газ отдает положительное количество теплоты
- 3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает работу
- 4) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается

Ответ:

А	Б

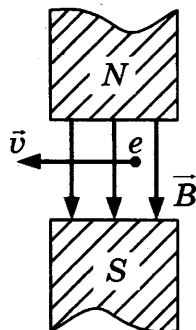
13

1 2 3 4

13. На плоскую непрозрачную пластину с двумя узкими параллельными щелями падает по нормали плоская монохроматическая волна из красной части видимого спектра. За пластиной на параллельном ей экране наблюдается интерференционная картина. Если использовать монохроматический свет из зеленой части видимого спектра, то

- 1) интерференционная картина исчезнет
- 2) расстояние между интерференционными полосами не изменится
- 3) расстояние между интерференционными полосами уменьшится
- 4) расстояние между интерференционными полосами увеличится

14. Электрон e влетает в зазор между полюсами электромагнита со скоростью \vec{v} , направленной горизонтально. Вектор индукции \vec{B} магнитного поля направлен вертикально (см. рисунок). Как направлена действующая на электрон сила Лоренца \vec{F} ?



- 1) от наблюдателя \otimes
 2) к наблюдателю \odot
 3) горизонтально вправо \rightarrow
 4) вертикально вверх \uparrow
15. Сила взаимодействия между двумя точечными заряженными телами была равна 3 мН. Расстояние между ними уменьшили в 3 раза, а заряд одного из тел уменьшили в 9 раз. Определите величину сил кулоновского взаимодействия.

Ответ: _____ мН.

16. При скорости v_1 поступательного движения прямолинейного проводника в постоянном однородном магнитном поле на концах проводника возникает разность потенциалов U . При движении этого проводника в том же направлении в той же плоскости со скоростью v_2 разность потенциалов на концах проводника уменьшилась в 4 раза. Чему равно отношение v_1/v_2 ?

Ответ: _____.

17. По проволочному резистору течет ток. Как изменятся при уменьшении длины проволоки в 4 раза и увеличении силы тока вдвое следующие величины: тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе, и его электрическое сопротивление?

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.

Тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе	Электрическое сопротивление резистора

18. В опыте нить накала лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием F перпендикулярно этой оси. Расстояние a от линзы до спирали 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. Связанная система элементарных частиц содержит 2 электрона, 3 нейтрона и 4 протона. Эта система может являться

- 1) нейтральным атомом гелия ${}^4_2\text{He}$
2) ионом лития ${}^9_3\text{Li}$
3) ионом бериллия ${}^7_4\text{Be}$
4) нейтральным атомом углерода ${}^9_6\text{C}$

20. Элемент менделевий был получен при бомбардировке α -частицами ядер элемента X в соответствии с реакцией $X + {}^4_2\text{He} \longrightarrow {}^{256}_{101}\text{Md} + {}^1_0n$. Элементом X являлся

- 1) эйнштейний ${}^{253}_{99}\text{Es}$
2) лоуренсий ${}^{253}_{103}\text{Lr}$
3) нобелий ${}^{254}_{102}\text{No}$
4) фермий ${}^{252}_{100}\text{Fm}$

21. В таблице приведены значения энергии для четырех самых нижних энергетических уровней атома водорода.

Номер уровня	Энергия, 10^{-19} Дж
1	-21,8
2	-5,4
3	-2,4
4	-1,4

Если рассматривать переходы атома только между этими уровнями, то при переходе между какими энергетическими уровнями наблюдается излучение с наибольшей длиной волны?

Ответ: при переходе с уровня номер ____ на уровень номер ____.

Ответ запишите в виде двух цифр, не меняя порядок их следования.

22. 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 напряжение запираения.

Как изменятся частота световой волны и напряжение запираения при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

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

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

Частота волны света, падающего на фотоэлемент	Напряжение запираения

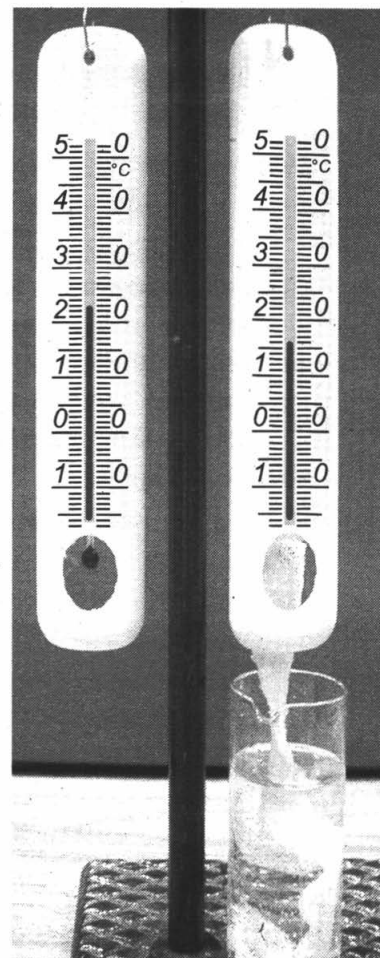
23. Ученик измерял относительную влажность воздуха с помощью психрометра (двух термометров, колбочка одного из них обернута влажной тканью; см. фотографию) и психрометрической таблицы, где влажность указана в процентах.

Психрометрическая таблица

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

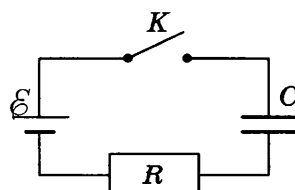
Достоверно известно, что относительная влажность воздуха в классе равна 76%. Исправен ли влажный термометр в ученическом опыте?

- 1) неисправен: должен показывать 20 °C
- 2) неисправен: должен показывать 30 °C
- 3) неисправен: должен показывать 25 °C
- 4) исправен



24

24. Конденсатор подключен к источнику тока последовательно с резистором $R = 20 \text{ кОм}$ (см. рисунок). В момент времени $t = 0$ ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью $\pm 1 \text{ мкА}$, представлены в таблице.



$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6
$I, \text{ мкА}$	300	110	40	15	5	2	1

Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов пренебречь. 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) ЭДС источника тока составляет 6 В.
- 4) В момент времени $t = 3 \text{ с}$ напряжение на резисторе равно 0,6 В.
- 5) В момент времени $t = 3 \text{ с}$ напряжение на конденсаторе равно 5,7 В.

Ответ:

Часть 2

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

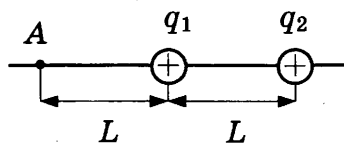
25. Кусок льда опустили в термос с водой. Начальная температура льда $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, начальная температура воды $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Теплоемкостью термоса можно пренебречь. При переходе к тепловому равновесию часть льда массой 210 г растаяла. Чему равна исходная масса воды в термосе?

25

Ответ: _____ г.

26. Два точечных положительных заряда: $q_1 = 85\text{ нКл}$ и $q_2 = 140\text{ нКл}$ — находятся в вакууме на расстоянии $L = 2\text{ м}$ друг от друга. Определите величину напряженности электрического поля этих зарядов в точке A , расположенной на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии L от первого заряда (см. рисунок).

26



Ответ: _____ В/м.

27. Заряженная частица движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом $2 \cdot 10^{-3}\text{ м}$. Сила, действующая на частицу со стороны магнитного поля, равна $1,6 \cdot 10^{-13}\text{ Н}$. Какова кинетическая энергия движущейся частицы?

27

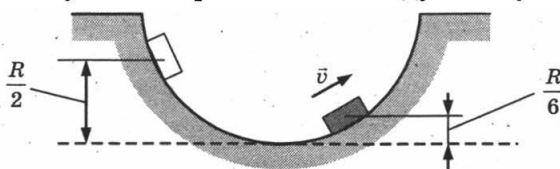
Ответ: _____ эВ.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Полное решение задач 28–32 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (28, 29 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

28. Маленькая шайба движется из состояния покоя по неподвижной гладкой сферической поверхности радиусом R . Начальное положение шайбы находится на высоте $\frac{R}{2}$ относительно нижней точки поверхности. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шайбу в момент, когда она движется вправо-вверх, находясь на высоте $\frac{R}{6}$ над нижней точкой поверхности (см. рисунок). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шайбы (по радиусу поверхности, по касательной к поверхности, внутрь поверхности, наружу от поверхности). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.

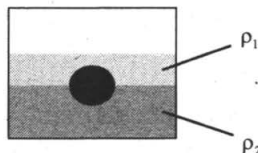
28



Полное правильное решение каждой из задач 29–32 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.

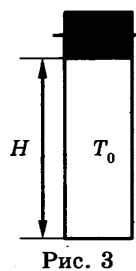
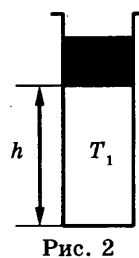
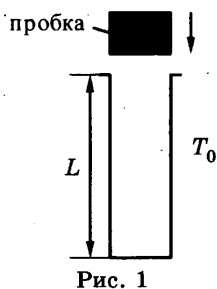
29

29. На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности $\rho_1 = 400 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_2 = 2\rho_1$, плавает однородный шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика ρ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна четверть его объема?



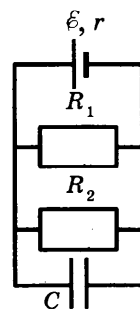
30

30. В камере, заполненной азотом, при температуре $T_0 = 300 \text{ К}$ находится открытый цилиндрический сосуд (см. рис. 1). Высота сосуда $L = 50 \text{ см}$. Сосуд плотно закрывают цилиндрической пробкой и охлаждают до температуры T_1 . В результате расстояние от дна сосуда до низа пробки становится равным $h = 40 \text{ см}$ (см. рис. 2). Затем сосуд нагревают до первоначальной температуры T_0 . Расстояние от дна сосуда до низа пробки при этой температуре становится равным $H = 46 \text{ см}$ (см. рис. 3). Чему равно T_1 ? Величину силы трения между пробкой и стенками сосуда считать одинаковой при движении пробки вниз и вверх. Массой пробки пренебречь. Давление азота в камере во время эксперимента поддерживается постоянным.



31

31. Источник постоянного тока с ЭДС $\mathcal{E} = 10 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 0,4 \text{ Ом}$ подсоединен к параллельно соединенным резисторам $R_1 = 4 \text{ Ом}$, $R_2 = 6 \text{ Ом}$ и конденсатору. Определите емкость конденсатора C , если энергия электрического поля конденсатора равна $W = 60 \text{ мкДж}$.



32

32. В открытый контейнер поместили $1,5 \text{ г}$ изотопа полония – ${}^{210}_{84}\text{Po}$. 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 $1,4 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Определите объем контейнера. Температура внутри контейнера поддерживается постоянной и равна 45°С . Атмосферное давление равно 10^5 Па .

ВАРИАНТ 2

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела v_x от времени.

1 2 3 4 1

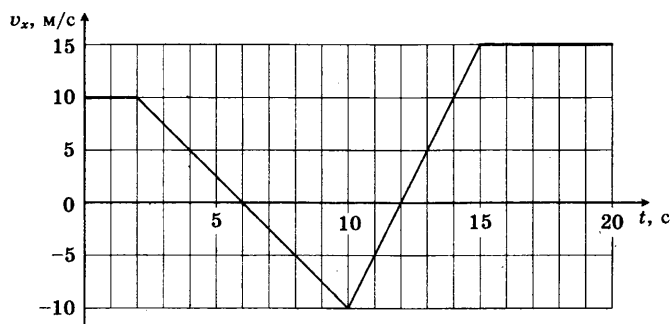
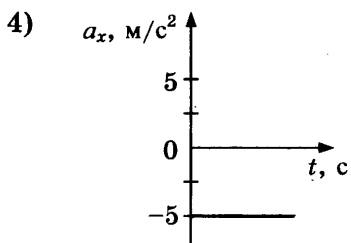
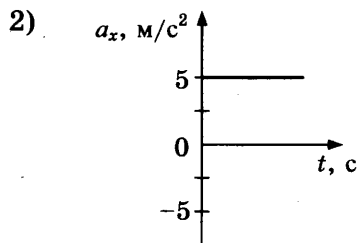
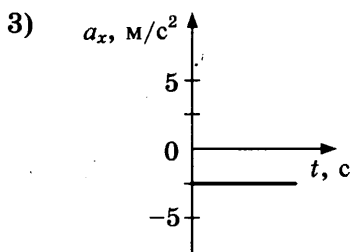
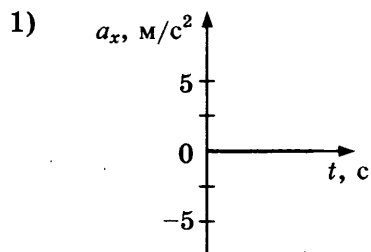


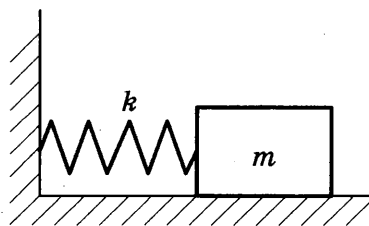
График зависимости от времени проекции ускорения этого тела a_x в интервале времени от 12 с до 15 с совпадает с графиком



2. Один конец легкой пружины жесткостью k закреплен неподвижно, а к другому ее концу прикреплен груз массой m (см. рисунок). Груз перемещают с постоянной скоростью по горизонтали из положения, в котором пружина растянута на величину $x_1 = b$, в положение, в котором пружина сжата на величину $x_2 = a$. При этом кинетическая энергия груза

1 2 3 4 2

- 1) изменяется на $\frac{ka^2}{2} - \frac{kb^2}{2}$
- 2) уменьшается на $\frac{k(a+b)^2}{2}$
- 3) уменьшается на $\frac{ka^2}{2} + \frac{kb^2}{2}$
- 4) сохраняется



3

3. На рисунке 1 представлены направления векторов скорости \vec{v} и ускорения \vec{a} мяча в инерциальной системе отсчета. Какое из представленных на рисунке 2 направлений (1, 2, 3 или 4) имеет вектор равнодействующей всех сил \vec{F} , приложенных к мячу, в этой системе отсчета?

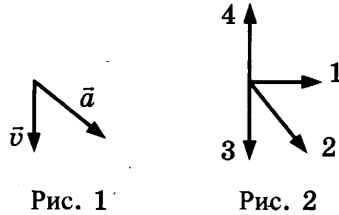


Рис. 1

Рис. 2

Ответ: _____ .

4

4. Расстояние от спутника до центра Земли равно двум радиусам Земли. Во сколько раз уменьшится сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до центра Земли станет равным четырем радиусам Земли?

Ответ: уменьшится в _____ раз(а).

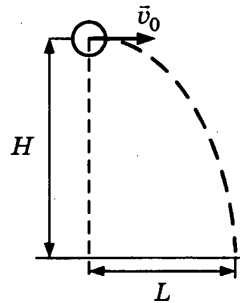
5

5. Период собственных малых колебаний пружинного маятника равен 1,2 с. Каким станет период колебаний, если массу груза пружинного маятника увеличить в 4 раза?

Ответ: _____ с.

6

6. Шарик, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью v_0 , за время t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). Что произойдет с дальностью полета и ускорением шарика, если на этой же установке увеличить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь. 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.

Дальность полета	Ускорение

7. Автобус массой m , движущийся по прямолинейному горизонтальному участку дороги со скоростью v , совершает торможение до полной остановки. При торможении колеса автобуса не вращаются. Коэффициент трения между колесами и дорогой равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

7

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

- А) модуль работы силы трения, действующей на автобус в процессе торможения
 Б) время, необходимое для полной остановки автобуса.

- 1) μgv
 2) $\frac{mv^2}{2\mu g}$
 3) $\frac{v}{\mu g}$
 4) $\frac{mv^2}{2}$

Ответ:

	А	Б

8. Теплообмен между телами не происходит самопроизвольно, если тела

1 2 3 4 8

- 1) расположены в вакууме
 2) обладают одинаковой внутренней энергией
 3) имеют одинаковую температуру
 4) имеют одинаковую теплоемкость

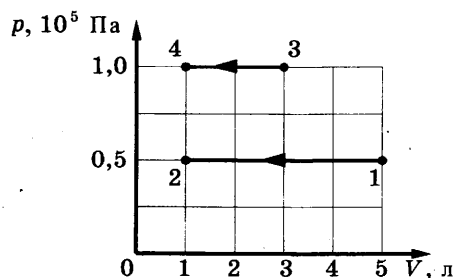
9. При плавлении вещество переходит из твердого состояния в жидкое. При этом

1 2 3 4 9

- 1) не меняется температура, возрастает внутренняя энергия
 2) возрастает температура, не изменяется внутренняя энергия
 3) не меняются ни температура, ни внутренняя энергия
 4) возрастают и температура, и внутренняя энергия

10. На рисунке показано сжатие водорода двумя способами: 1–2 и 3–4. Найдите отношение работ A_{12}/A_{34} внешних сил при этих процессах.

10



Ответ: _____ .

11. В сосуде неизменного объема находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль первого газа. Как изменились в результате парциальное давление второго газа и их суммарное давление, если температура газов в сосуде поддерживалась неизменной?

11

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.

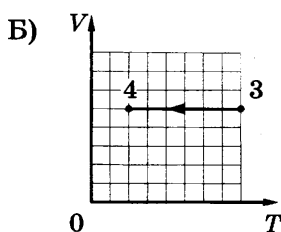
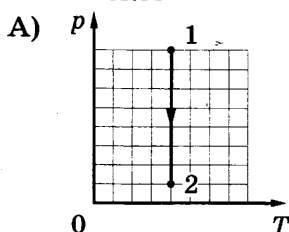
Парциальное давление второго газа	Давление смеси газов в сосуде

12

12. На рисунках приведены графики А и Б двух процессов: 1–2 и 3–4, происходящих с 1 моль неона. Графики построены в координатах $p-T$ 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



УТВЕРЖДЕНИЯ

- 1) Над газом совершают работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается
- 2) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается
- 3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает работу
- 4) Внутренняя энергия газа уменьшается, при этом газ отдает положительное количество теплоты

Ответ:

А	Б

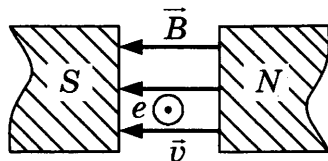
13

1 2 3 4

13. На плоскую непрозрачную пластину с узкими параллельными щелями падает по нормали плоская монохроматическая волна красного света. За пластиной на параллельном ей экране наблюдается картина из многих интерференционных полос. Если расстояние между щелями сделать в 2 раза меньше, то

- 1) расстояние между интерференционными полосами не изменится
- 2) расстояние между интерференционными полосами уменьшится
- 3) интерференционная картина исчезнет
- 4) расстояние между интерференционными полосами увеличится

14. 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 действующая на него сила Лоренца \vec{F} ?



- 1) горизонтально вправо \rightarrow
 - 2) вертикально вверх \uparrow
 - 3) от наблюдателя \otimes
 - 4) вертикально вниз \downarrow
15. Сила взаимодействия между двумя точечными заряженными телами была равна 3 мН. Расстояние между ними увеличили в 3 раза, а заряд одного из тел увеличили в 9 раз. Определите величину сил кулоновского взаимодействия.

Ответ: _____ мН.

16. При скорости v_1 поступательного движения прямолинейного проводника в постоянном однородном магнитном поле на концах проводника возникает разность потенциалов U . При движении этого проводника в том же направлении в той же плоскости со скоростью v_2 разность потенциалов на концах проводника увеличилась в 2 раза. Чему равно отношение скоростей v_1/v_2 ?

Ответ: _____.

17. По проволочному резистору течет ток. Как изменятся при уменьшении длины проволоки в 4 раза и увеличении силы тока вдвое следующие величины: напряжение на резисторе и его электрическое сопротивление?

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.

Напряжение на резисторе	Электрическое сопротивление резистора

18. В опыте нить накала лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием F перпендикулярно этой оси. Расстояние a от линзы до спирали равно $3F$. 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, уменьшенное
2) мнимое, прямое, уменьшенное
3) действительное, увеличенное, перевернутое
4) мнимое, увеличенное, перевернутое

Ответ:

А	Б

1 2 3 4

19. Связанная система элементарных частиц содержит 9 электронов, 13 нейтронов и 8 протонов. Эта система может являться

- 1) нейтральным атомом хлора ${}_{17}^{30}\text{Cl}$
2) ионом кислорода ${}_{8}^{21}\text{O}$
3) ионом фтора ${}_{9}^{22}\text{F}$
4) нейтральным атомом кислорода ${}_{8}^{13}\text{O}$

1 2 3 4

20. После поглощения нейтрона ядро урана ${}_{92}\text{U}$ распалось на два осколка с выделением двух нейтронов. Если один из осколков — ${}_{54}\text{Xe}$, то второй осколок — это ядро

- 1) рубидия ${}_{37}\text{Rb}$
2) криптона ${}_{36}\text{Kr}$
3) стронция ${}_{38}\text{Sr}$
4) брома ${}_{35}\text{Br}$

21. В таблице приведены значения энергии для четырех самых нижних энергетических уровней атома водорода.

Номер уровня	Энергия, 10^{-19} Дж
1	-21,8
2	-5,4
3	-2,4
4	-1,4

Если рассматривать переходы атома только между этими уровнями, то при переходе между какими энергетическими уровнями наблюдается поглощение с наименьшей частотой?

Ответ: при переходе с уровня номер ____ на уровень номер ____.

Ответ запишите в виде двух цифр, не меняя порядок их следования.

22. На металлическую пластинку направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно увеличивают, не меняя его частоты. Как меняются в результате этого следующие величины: число вылетающих в единицу времени фотоэлектронов и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

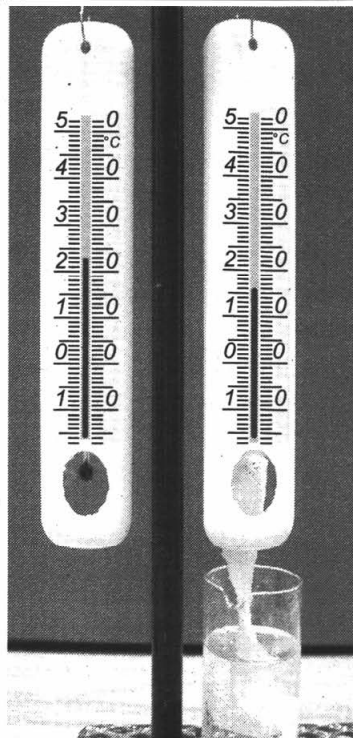
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Число фотоэлектронов в единицу времени	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

23. Ученик измерял относительную влажность воздуха с помощью психрометра (двух термометров, колбочка одного из них обернута влажной тканью; см. фотографию) и психрометрической таблицы, где влажность указана в процентах.

Психрометрическая таблица

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

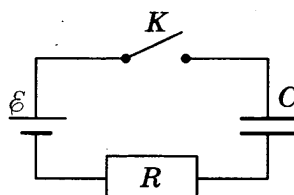


Достоверно известно, что относительная влажность воздуха в классе равна 48%. Исправен ли влажный термометр в ученическом опыте?

- 1) исправен
- 2) неисправен: должен показывать 26 °C
- 3) неисправен: должен показывать 19 °C
- 4) неисправен: должен показывать 30 °C

24

24. Конденсатор подключен к источнику тока последовательно с резистором $R = 20$ кОм (см. рисунок). В момент времени $t = 0$ ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью ± 1 мкА, представлены в таблице.



$t, \text{с}$	0	1	2	3	4	5	6
$I, \text{мкА}$	300	110	40	15	5	2	1

Выберите два верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

- 1) Ток через резистор в процессе наблюдения уменьшается.
- 2) Через 2 с после замыкания ключа конденсатор остается полностью разряженным.
- 3) ЭДС источника тока составляет 12 В.
- 4) В момент времени $t = 3$ с напряжение на резисторе равно 0,3 В.
- 5) В момент времени $t = 3$ с напряжение на конденсаторе равно 6 В.

Ответ:

--	--

Часть 2

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

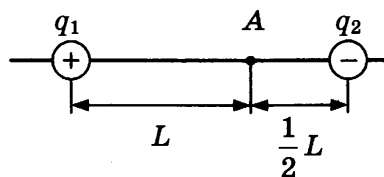
25

25. Кусок льда опустили в термос с водой. Начальная температура льда 0 °C, начальная температура воды 15 °C. Теплоемкостью термоса можно пренебречь. При переходе к тепловому равновесию часть льда массой 210 г растаяла. Чему равна исходная масса воды в термосе?

Ответ: _____ г.

26

26. Два точечных заряда: положительный $q_1 = 30$ нКл и отрицательный $q_2 = -20$ нКл — находятся в вакууме. Определите величину напряженности электрического поля этих зарядов в точке А, расположенной на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии L от первого и $\frac{1}{2}L$ от второго заряда. $L = 3$ м.



Ответ: _____ В/м.

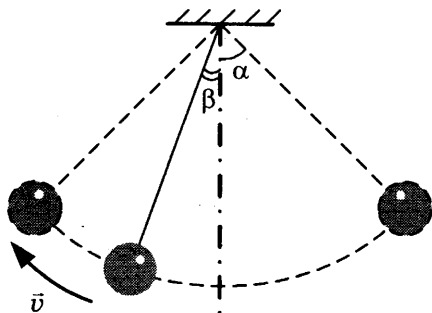
27. Ион, заряд которого равен элементарному заряду, движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,15$ Тл в плоскости, перпендикулярной \vec{B} . Радиус дуги, по которой движется ион, равен 10^{-3} м. Каков импульс иона?

Ответ: _____ $\cdot 10^{-24}$ кг \cdot м/с.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Полное решение задач 28–32 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (28, 29 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

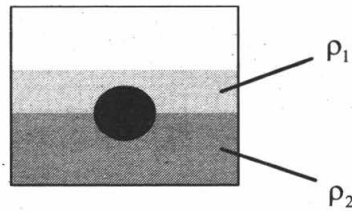
28. Маленький шарик, подвешенный к потолку на легкой нерастяжимой нити, совершает колебания в вертикальной плоскости. Максимальное отклонение нити от вертикали составляет угол $\alpha = 60^\circ$. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к шарiku в тот момент, когда шарик движется влево-вверх, а нить образует угол $\beta = 30^\circ$ с вертикалью (см. рисунок). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шарика (по нити, перпендикулярно нити, внутрь траектории, наружу от траектории). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.



Полное правильное решение каждой из задач 29–32 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.

29. На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности $\rho_1 = 900$ кг/м³ и $\rho = 3\rho_1$, плавает однородный шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика ρ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна треть его объема?

30



30. В камере, заполненной азотом, при температуре $T_0 = 300$ К находится открытый цилиндрический сосуд (см. рис. 1). Высота сосуда $L = 50$ см. Сосуд плотно закрывают цилиндрической пробкой и охлаждают до температуры $T_1 = 240$ К. В результате расстояние от дна сосуда до низа пробки становится равным h (см. рис. 2). Затем сосуд нагревают до первоначальной температуры T_0 . Расстояние от дна сосуда до низа пробки при этой температуре становится равным $H = 46$ см (см. рис. 3). Чему равно h ? Величину силы трения между пробкой и стенками сосуда считать одинаковой при движении пробки вниз и вверх. Массой пробки пренебречь. Давление азота в камере во время эксперимента поддерживается постоянным.

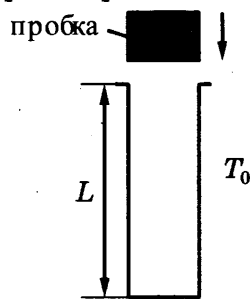


Рис. 1

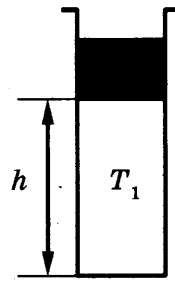


Рис. 2

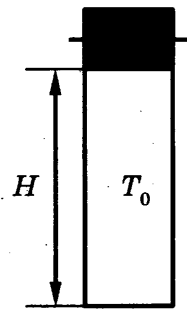
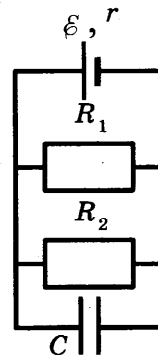


Рис. 3

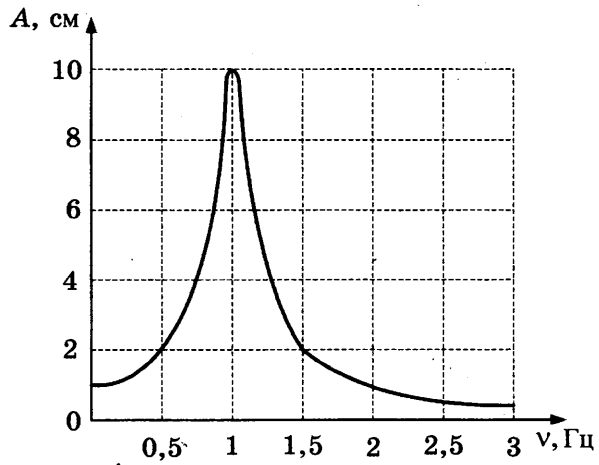
31

31. Источник постоянного тока с внутренним сопротивлением $r = 0,4$ Ом подсоединен к параллельно соединенным резисторам $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 2$ Ом и конденсатору емкости $C = 5$ мкФ. Определите ЭДС источника \mathcal{E} , если энергия электрического поля конденсатора $W = 10$ мкДж.



32

32. В открытый контейнер объемом 80 мл поместили изотоп полония-210 ${}_{84}^{210}\text{Po}$. 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°C . Атмосферное давление равно 10^5 Па.



Ответ: увеличилась в _____ раз(а).

6

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

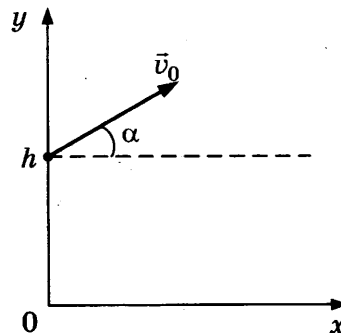
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Потенциальная энергия	Скорость движения по орбите

7

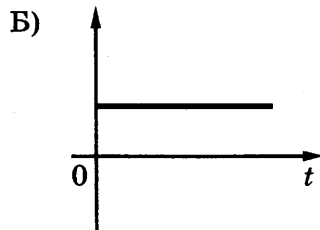
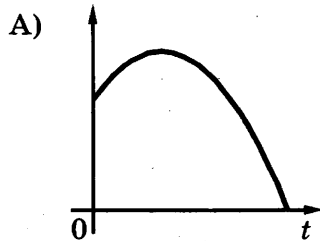
7. Мячик бросают с начальной скоростью \vec{v}_0 под углом α к горизонту с балкона высотой h (см. рисунок). Сопротивлением воздуха пренебречь. Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полета, от времени t .



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

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) координата x мячика
- 2) проекция скорости мячика на ось x
- 3) кинетическая энергия мячика
- 4) координата y мячика

Ответ:

А	Б

8. Явление диффузии в жидкостях свидетельствует о том, что молекулы жидкостей

- 1) состоят из атомов
- 2) притягиваются друг к другу
- 3) движутся хаотично
- 4) колеблются около своих положений равновесия

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

9. В понедельник и вторник температура воздуха была одинаковой. Парциальное давление водяного пара в атмосфере в понедельник было меньше, чем во вторник. Относительная влажность воздуха

- 1) в понедельник была меньше, чем во вторник
- 2) была одинакова, так как не менялась температура воздуха
- 3) во вторник была меньше, чем в понедельник
- 4) была одинакова, так как не менялось давление насыщенных паров

1	2	3	4	9
---	---	---	---	---

10. Температура тела 1 равна $5\text{ }^{\circ}\text{C}$; тела 2 равна 263 K , тела 3 равна $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Запишите номера этих тел по убыванию температуры.

Ответ: _____ .

	10
--	----

11. В процессе расширения 1 моль разреженного гелия его внутренняя энергия все время остается неизменной. Как изменяются при этом температура гелия и его давление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

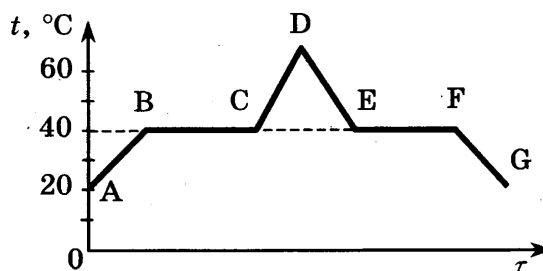
	11
--	----

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

Температура гелия	Давление гелия

12

12. В начальный момент в сосуде под легким поршнем находится только жидкий эфир. На рисунке показан график зависимости температуры t эфира от времени τ его нагревания и последующего охлаждения. Установите соответствие между процессами, происходящими с эфиром, и участками графика. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕССЫ

- А) охлаждение паров эфира
Б) кипение эфира

УЧАСТКИ ГРАФИКА

- 1) BC
2) CD
3) DE
4) EF

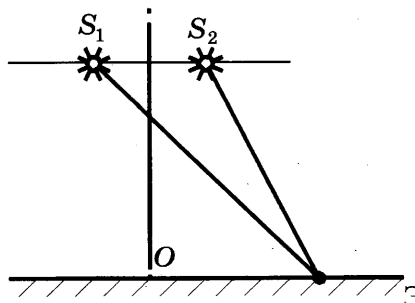
Ответ:

А	Б

13

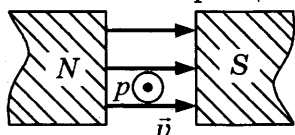
1 2 3 4

13. Точечные источники света S_1 и S_2 находятся близко друг от друга и создают на удаленном экране Э устойчивую интерференционную картину (см. рисунок). Это возможно, если S_1 и S_2 — малые отверстия в непрозрачном экране, освещенные



- 1) одно зеленым лазером, другое красным
2) лучом одного лазера
3) каждое своей лампочкой накаливания
4) каждое своей горячей свечой

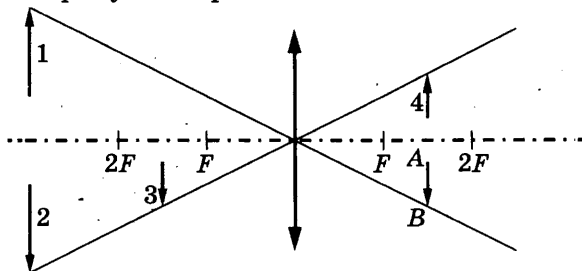
14. Протон p , влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет скорость \vec{v} , направленную горизонтально перпендикулярно вектору индукции \vec{B} магнитного поля (см. рисунок, на котором кружок с точкой указывает направление движения протона). Куда направлена действующая на протон сила Лоренца \vec{F} ?



- 1) вертикально вверх \uparrow 3) от наблюдателя \otimes
 2) горизонтально влево \leftarrow 4) вертикально вниз \downarrow
15. К батарее с ЭДС, равной 24 В, и внутренним сопротивлением 2 Ом подключили резистор с сопротивлением 4 Ом. Какова сила тока в цепи?

Ответ: _____ А.

16. Какому из предметов 1, 2, 3 или 4 соответствует изображение AB в тонкой линзе с фокусным расстоянием F ?



Ответ: предмету № _____.

17. Плоский воздушный конденсатор подключен к гальваническому элементу. Как изменятся при уменьшении зазора между обкладками конденсатора следующие величины: 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 конденсатора

18. Заряженная частица массой m , несущая положительный заряд q , движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля \vec{B} по окружности со скоростью v . Действием силы тяжести пренебречь.

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

ФОРМУЛЫ

А) модуль магнитной силы, действующей на частицу

1) $\frac{v}{qB}$

Б) период обращения частицы по окружности

2) $\frac{mv}{qB}$

3) $\frac{2\pi m}{qB}$

4) qvB

Ответ:

А	Б

19 1 2 3 4

19. Связанная система элементарных частиц содержит 14 нейтронов, 13 протонов и 10 электронов. Эта система частиц является

1) нейтральным атомом кремния ${}_{14}^{27}\text{Si}$

2) ионом кремния ${}_{14}^{27}\text{Si}$

3) ионом алюминия ${}_{13}^{27}\text{Al}$

4) нейтральным атомом алюминия ${}_{13}^{27}\text{Al}$

20 1 2 3 4

20. Ядро какого элемента образуется после двух последовательных α -распадов из ядра ${}_{102}^{252}\text{No}$?

1) ${}_{98}^{248}\text{Cf}$

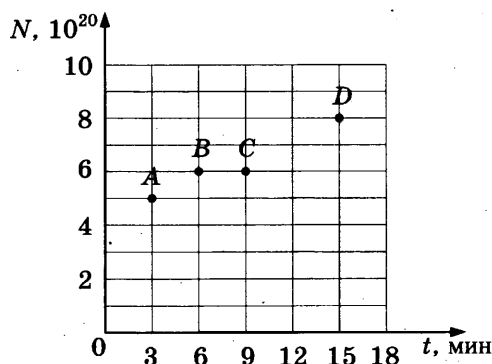
3) ${}_{96}^{248}\text{Cm}$

2) ${}_{100}^{248}\text{Fm}$

4) ${}_{98}^{244}\text{Cf}$

21

21. Из ядер таллия ${}_{81}^{208}\text{Tl}$ при β -распаде с периодом полураспада 3 мин образуются стабильные ядра свинца. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер таллия. Через какую из точек (А, В, С или D), кроме начала координат, пройдет график зависимости числа ядер свинца от времени (см. рисунок)?



Ответ: через точку _____.

22

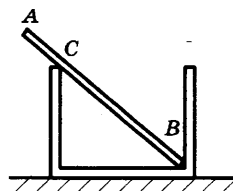
22. В ядерном реакторе цепочка ядерных реакций начинается с захвата ядром быстрого нейтрона. Как изменятся при захвате нейтрона следующие характеристики ядра: массовое число ядра и заряд ядра?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится

2) уменьшится

3) не изменится



Ответ: _____ Н.

26

26. Кусок льда, имеющий температуру $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, помещен в калориметр с электронагревателем. Чтобы превратить этот лед в воду температурой $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, требуется количество теплоты 100 кДж . Какая температура установится внутри калориметра, если лед получит от нагревателя количество теплоты 75 кДж ? Теплоемкостью калориметра и теплообменом с внешней средой пренебречь.

Ответ: _____ $^{\circ}\text{C}$.

27

27. Частица массой 1 мг переместилась за 3 с на расстояние $0,45\text{ м}$ по горизонтали в однородном горизонтальном электрическом поле напряженностью 5000 В/м . Начальная скорость частицы равна нулю. Каков заряд частицы? Сопротивлением воздуха и действием силы тяжести пренебречь.

Ответ: _____ $\cdot 10^{-11}\text{ Кл}$.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Полное решение задач 28–32 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (28, 29 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

28

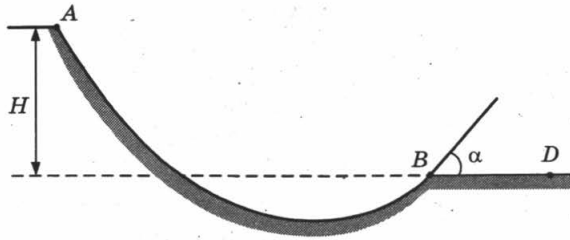
28. При изучении давления света проведены два опыта с одним и тем же лазером. В первом опыте свет лазера направляется на пластинку, покрытую сажей, а во втором — на зеркальную пластинку такой же площади. В обоих опытах пластинки находятся на одинаковом расстоянии от лазера и свет падает перпендикулярно поверхности пластинок.

Как изменится сила давления света на пластинку во втором опыте по сравнению с первым? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

Полное правильное решение каждой из задач 29–32 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.

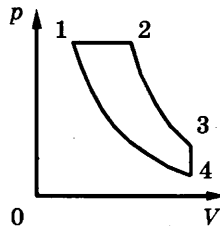
29

29. Шайба массой $m = 100\text{ г}$ начинает движение по желобу AB из точки A из состояния покоя. Точка A расположена выше точки B на высоте $H = 6\text{ м}$. В процессе движения по желобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на величину ΔE . В точке B шайба вылетает из желоба под углом $\alpha = 15^{\circ}$ к горизонту и падает на землю в точке D , находящейся на одной горизонтали с точкой B (см. рисунок). $BD = 4\text{ м}$. Найдите величину ΔE . Сопротивлением воздуха пренебречь.



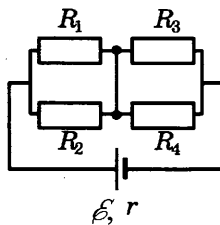
30. Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображен на pV -диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД этого цикла $\eta = 15\%$, а минимальная и максимальная температуры газа при изохорном процессе $t_{\min} = 37^\circ\text{C}$ и $t_{\max} = 302^\circ\text{C}$, определите количество теплоты, получаемое газом за цикл.

30



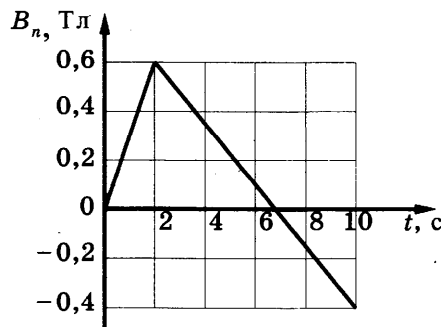
31. Какая тепловая мощность будет выделяться на резисторе R_1 в схеме, изображенной на рисунке, если резистор R_2 перегорит (превратится в разрыв цепи)? Все резисторы, включенные в схему, имеют одинаковое сопротивление $R = 20\ \text{Ом}$. Внутреннее сопротивление источника $r = 2\ \text{Ом}$; его ЭДС $\mathcal{E} = 110\ \text{В}$.

31



32. Квадратная проволочная рамка со стороной $l = 10\ \text{см}$ находится в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} . На рисунке изображено изменение проекции вектора \vec{B} на перпендикуляр к плоскости рамки с течением времени. За время $t = 10\ \text{с}$ в рамке выделяется количество теплоты $Q = 0,1\ \text{мДж}$. Каково сопротивление проволоки, из которой сделана рамка?

32



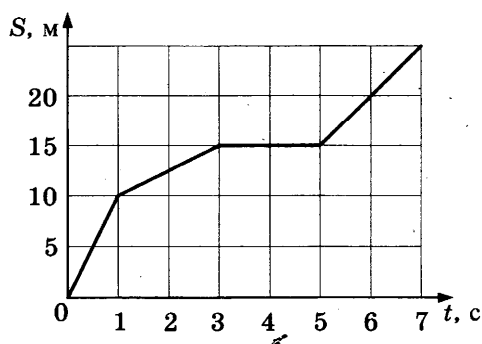
ВАРИАНТ 4

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1 1 2 3 4

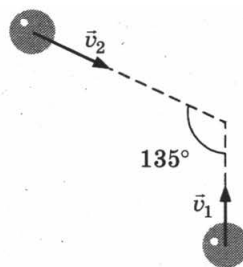
1. На рисунке представлен график зависимости пути S , пройденного материальной точкой, от времени t . Определите интервал времени после начала движения, когда точка двигалась со скоростью 5 м/с.



- 1) от 3 до 5 с
- 2) от 1 до 3 с
- 3) от 0 до 1 с
- 4) от 5 до 7 с

2 1 2 3 4

2. Одинаковые шары движутся со скоростями, показанными на рисунке, и при столкновении слипаются. Как будет направлен суммарный импульс шаров после столкновения, если $v_2 = \sqrt{2}v_1$?



- 1) \rightarrow
- 2) \leftarrow
- 3) \uparrow
- 4) \downarrow

3

3. Тележка движется по гладкому горизонтальному столу. Ее толкают с силой $F = 6$ Н в направлении движения. Ускорение тележки в инерциальной системе отсчета равно 3 м/с^2 . Какова масса тележки?

Ответ: _____ кг.

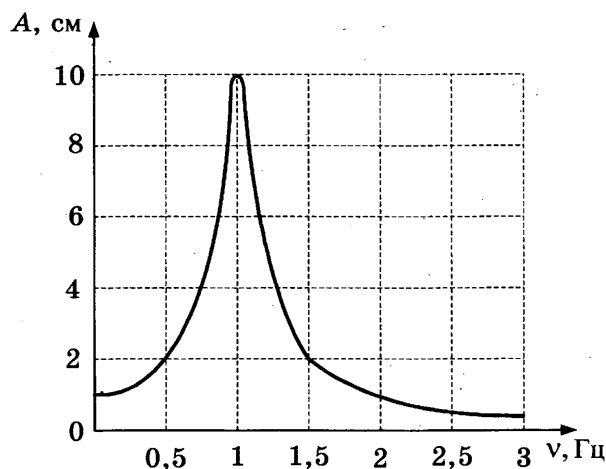
4

4. Под действием силы 3 Н пружина удлинилась на 4 см. Чему равен модуль силы, под действием которой удлинение этой пружины составит 6 см?

Ответ: _____ Н.

5. На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Во сколько раз увеличилась максимальная скорость маятника при переходе от частоты 0,5 Гц к частоте 1,5 Гц?

5



Ответ: увеличилась в _____ раз(а).

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

6

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.

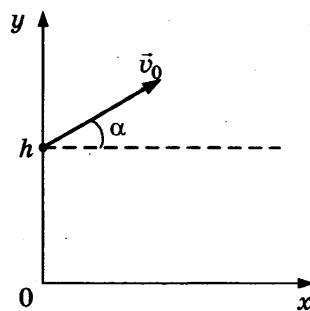
Скорость движения по орбите	Период обращения вокруг Земли

7. Мячик бросают с начальной скоростью \vec{v}_0 под углом α к горизонту с балкона высотой h (см. рисунок). Сопротивлением воздуха пренебречь. Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полета, от времени t .

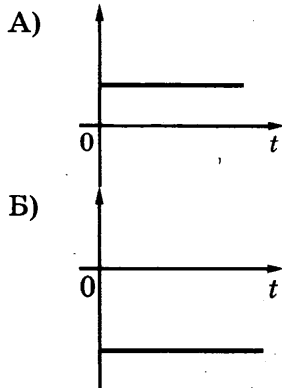
7

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. (Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня $y = 0$)

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



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) потенциальная энергия мячика
- 2) полная механическая энергия мячика
- 3) кинетическая энергия мячика
- 4) проекция ускорения мячика на ось y

Ответ:

А	Б

8 1 2 3 4

8. Хаотичность теплового движения молекул газа приводит к тому, что
- 1) плотность газа одинакова в любой точке занимаемого им сосуда
 - 2) плотность вещества в газообразном состоянии меньше плотности этого вещества в жидком состоянии
 - 3) газ гораздо легче сжать, чем жидкость
 - 4) при одновременном охлаждении и сжатии газ превращается в жидкость

9 1 2 3 4

9. Парциальное давление водяного пара в атмосфере в субботу было выше, чем в воскресенье. Температура воздуха в эти дни оставалась постоянной. Относительная влажность воздуха
- 1) в воскресенье была больше, чем в субботу
 - 2) в эти дни была одинаковой, так как не менялось давление насыщенного пара
 - 3) в субботу была больше, чем в воскресенье
 - 4) в эти дни была одинаковой, так как изменялись и парциальное давление водяного пара в атмосфере, и давление насыщенного пара

10 _____

10. Температура тела 1 равна $-20\text{ }^\circ\text{C}$; тела 2 равна 283 K , тела 3 равна $5\text{ }^\circ\text{C}$. Запишите номера этих тел по возрастанию температуры.

Ответ: _____ .

11 _____

11. 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:

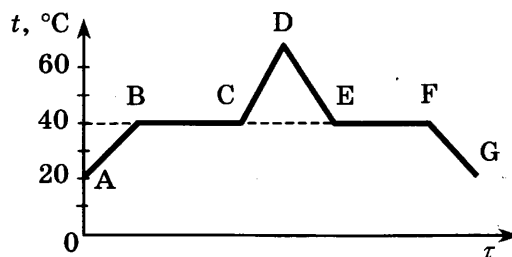
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Температура гелия	Давление гелия

12. В начальный момент в сосуде под легким поршнем находится только жидкий эфир. На рисунке показан график зависимости температуры t эфира от времени τ его нагревания и последующего охлаждения. Установите соответствие между процессами, происходящими с эфиром, и участками графика. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

12



ПРОЦЕССЫ

- A) конденсация эфира
- Б) нагревание жидкого эфира

УЧАСТКИ ГРАФИКА

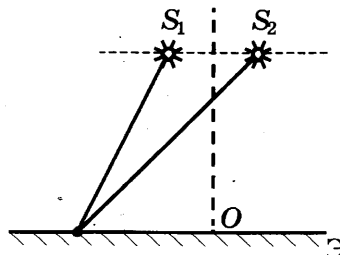
- 1) AB
- 2) CD
- 3) DE
- 4) EF

Ответ:

A	Б

13. Точечные источники света S_1 и S_2 находятся близко друг от друга и создают на удаленном экране Э устойчивую интерференционную картину (см. рисунок). Это возможно, если S_1 и S_2 — малые отверстия в непрозрачном экране, освещенные

1 2 3 4 13

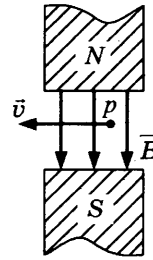


- 1) плоской монохроматической световой волной
- 2) одно зеленым светом, а другое красным светом
- 3) одно лампочкой накаливания, а другое горячей свечой
- 4) каждое своей лампочкой накаливания

14

1 2 3 4

14. Протон p , влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет скорость \vec{v} , которая перпендикулярна вектору индукции \vec{B} магнитного поля, направленному вертикально (см. рисунок). Как направлена действующая на протон сила Лоренца \vec{F} ?



- 1) горизонтально влево \leftarrow
- 2) от наблюдателя \otimes
- 3) вертикально вверх \uparrow
- 4) к наблюдателю \odot

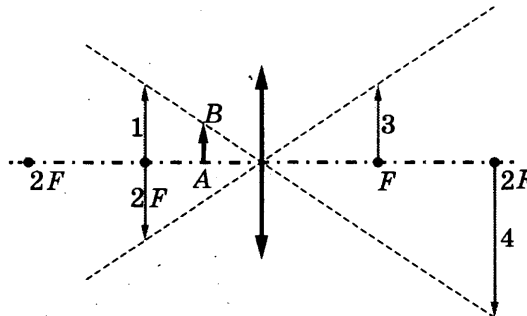
15

15. К батарее с внутренним сопротивлением 2 Ом подключили резистор с сопротивлением 4 Ом. При этом сила тока в цепи оказалась равной 3 А. Какова ЭДС батареи?

Ответ: _____ В.

16

16. Какой из образов 1–4 служит мнимым изображением предмета AB в тонкой линзе с фокусным расстоянием F ?



Ответ: образ № _____.

17

17. Плоский воздушный 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 конденсатора

18. Заряженная частица массой m , несущая положительный заряд q , движется со скоростью v по окружности радиусом R перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Действием силы тяжести пренебречь.

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 **ФОРМУЛЫ**

- | | |
|--|---------------------|
| А) модуль силы Лоренца, действующей на частицу | 1) $\frac{qR}{mv}$ |
| Б) индукция магнитного поля | 2) qvR |
| | 3) $\frac{mv}{qR}$ |
| | 4) $\frac{mv^2}{R}$ |

Ответ:

А	Б

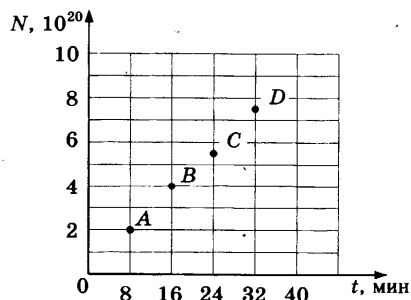
19. Связанная система элементарных частиц содержит 13 нейтронов, 17 протонов и 17 электронов. Эта система частиц является

- 1) ионом хлора ${}^{30}_{17}\text{Cl}$
- 2) ионом алюминия ${}^{30}_{13}\text{Al}$
- 3) нейтральным атомом алюминия ${}^{30}_{13}\text{Al}$
- 4) нейтральным атомом хлора ${}^{30}_{17}\text{Cl}$

20. Деление ядра урана тепловыми нейтронами описывается реакцией ${}^1_0n + {}^{235}_{92}\text{U} \longrightarrow \frac{Y}{X}\text{Z} + {}^{139}_{56}\text{Ba} + 3{}^1_0n + 7\gamma$. При этом образовалось ядро химического элемента $\frac{Y}{X}\text{Z}$. Какое ядро образовалось?

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1) ${}^{88}_{36}\text{Kr}$ | 3) ${}^{88}_{42}\text{Mo}$ |
| 2) ${}^{94}_{36}\text{Kr}$ | 4) ${}^{94}_{42}\text{Mo}$ |

21. Из ядер эрбия ${}^{171}_{68}\text{Er}$ при β^- -распаде с периодом полураспада 8 ч образуются ядра тулия с периодом полураспада 2 года. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер эрбия. Через какую из точек, кроме начала координат, пройдет график зависимости от времени числа ядер тулия (см. рисунок)?



Ответ: через точку _____.

22

22. Для некоторых атомов характерной особенностью является возможность захвата атомным ядром одного из ближайших к нему электронов из электронной оболочки атома. При захвате электрона некоторые характеристики атомного ядра изменяются. Как ведут себя перечисленные ниже характеристики атомного ядра при захвате ядром электрона?

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.

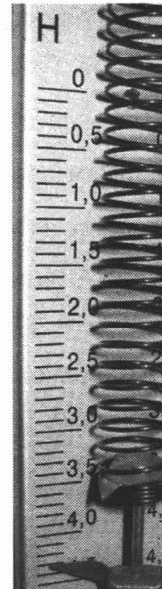
Заряд ядра	Число нуклонов в ядре

23

1 2 3 4

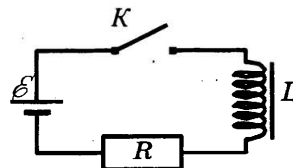
23. Ученик измерял силу тяжести, действующую на груз. Показания динамометра приведены на фотографии. Погрешность изменения равна цене деления динамометра. В каком случае показания динамометра записаны верно?

- 1) $(4,3 \pm 0,1) \text{ Н}$
- 2) $(4,3 \pm 0,2) \text{ Н}$
- 3) $(4,6 \pm 0,1) \text{ Н}$
- 4) $(4,3 \pm 0,3) \text{ Н}$



24

24. Катушка индуктивности подключена к источнику тока с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением через резистор $R = 60 \text{ Ом}$ (см. рисунок). В момент $t = 0$ ключ K замыкают. Значения силы тока в цепи, измеренные в последовательные моменты времени с точностью $\pm 0,01 \text{ А}$, представлены в таблице.



$t, \text{ с}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
$I, \text{ А}$	0	0,12	0,19	0,23	0,26	0,28	0,29	0,30	0,30

Выберите два верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

- 1) В опыте наблюдаются колебания силы тока в цепи.
- 2) Через 6 с после замыкания ключа ток через катушку достиг минимального значения.
- 3) ЭДС источника тока составляет 18 В.
- 4) В момент времени $t = 2,0$ с ЭДС самоиндукции катушки равна 2,4 В.
- 5) В момент времени $t = 3,0$ с напряжение на резисторе равно 15 В.

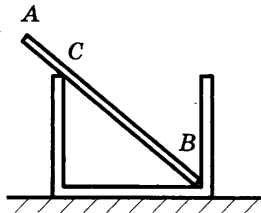
Ответ:

--	--

Часть 2

При выполнении заданий 25—27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Однородный массивный стержень AB покоится, упираясь в стык дна и стенки банки концом B и опираясь на край банки в точке C (см. рисунок). Модуль силы, с которой стержень давит на стенку сосуда в точке C , равен 0,5 Н. Вертикальная составляющая силы, с которой стержень давит на сосуд в точке B , равна по модулю 0,6 Н, а ее горизонтальная составляющая равна по модулю 0,3 Н. Чему равна сила тяжести, действующая на стержень? Трением пренебречь.



Ответ: _____ Н.

26. Кусок льда, имеющий температуру $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, помещен в калориметр с электронагревателем. Чтобы превратить этот лед в воду температурой $16\text{ }^{\circ}\text{C}$, требуется количество теплоты 80 кДж. Какая температура установится внутри калориметра, если лед получит от нагревателя количество теплоты 60 кДж? Теплоемкостью калориметра и теплообменом с внешней средой пренебречь.

Ответ: _____ $^{\circ}\text{C}$.

27. В области пространства, где находится частица с зарядом $2 \cdot 10^{-11}$ Кл, создано однородное горизонтальное электрическое поле напряженностью 5000 В/м. Какова масса частицы, если за 2 с она переместилась по горизонтали на расстояние 0,4 м от точки, из которой она начала двигаться из состояния покоя? Сопротивлением воздуха и действием силы тяжести пренебречь.

Ответ: _____ мг.

25

26

27

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Полное решение задач 28–32 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (28, 29 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

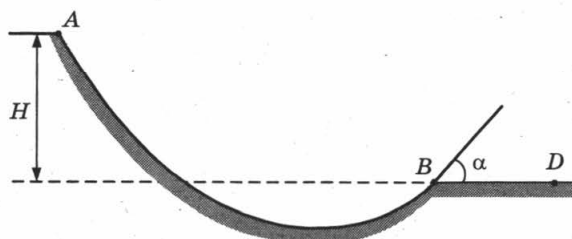
28

28. На площадку падает зеленый свет от лазера. Лазер заменяют на другой, который генерирует красный свет. Мощность излучения, падающего на площадку, в обоих случаях одна и та же. Как меняется в результате такой замены число фотонов, падающих на площадку в единицу времени? Укажите закономерности, которые Вы использовали при обосновании своего ответа.

Полное правильное решение каждой из задач 29–32 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.

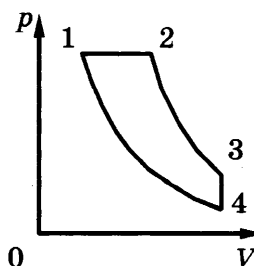
29

29. Массивная шайба начинает движение по желобу AB из точки A из состояния покоя. Точка A расположена выше точки B на высоте $H = 6$ м. В процессе движения по желобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на $\Delta E = 2$ Дж. В точке B шайба вылетает из желоба под углом $\alpha = 15^\circ$ к горизонту и падает на землю в точке D , находящейся на одной горизонтали с точкой B (см. рисунок). Найдите массу шайбы, если $BD = 2$ м. Сопротивлением воздуха пренебречь.

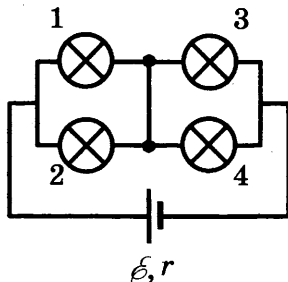


30

30. Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображен на pV -диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД цикла равен 50%, определите модуль отношения изменения температуры газа при изобарном процессе ΔT_{12} к изменению его температуры ΔT_{34} при изохорном процессе.

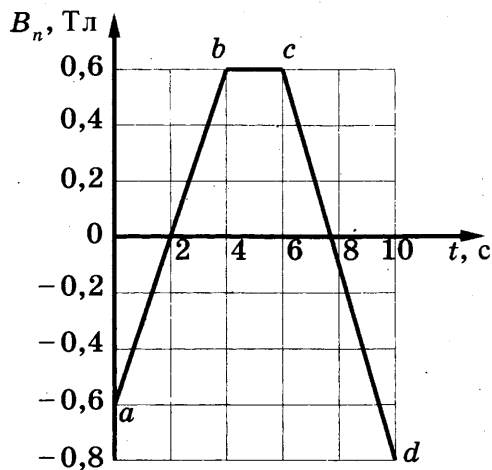


31. Какая тепловая мощность выделяется на лампе 4 в цепи, собранной по схеме, изображенной на рисунке? Сопротивление ламп 1 и 2 $R_1 = 20$ Ом, ламп 3 и 4 $R_2 = 10$ Ом. Внутреннее сопротивление источника $r = 5$ Ом, его ЭДС $\mathcal{E} = 100$ В.



31

32. Проволочная рамка с сопротивлением $R = 0,2$ Ом находится в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} . На рисунке изображено изменение проекции вектора \vec{B} на перпендикуляр к плоскости рамки с течением времени. За время $t = 10$ с в рамке выделилось количество теплоты $Q = 4,1$ мДж. Какова площадь рамки?



32

4. Легковой автомобиль и грузовик движутся по мосту. Масса легкового автомобиля $m = 1000$ кг. Какова масса грузовика, если отношение значений потенциальной энергии грузовика и легкового автомобиля относительно уровня воды равно 4?

 4

Ответ: _____ кг.

5. Подвешенный на нити алюминиевый кубик целиком погружен в воду и не касается дна сосуда. Длина ребра кубика равна 10 см. Определите выталкивающую (архимедову) силу, действующую на кубик.

 5

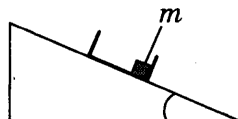
Ответ: _____ Н.

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 $\frac{m}{2}$? Для каждой

 6

величины определите соответствующий характер изменения:

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



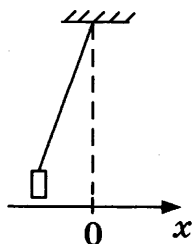
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время движения	Модуль работы силы тяжести

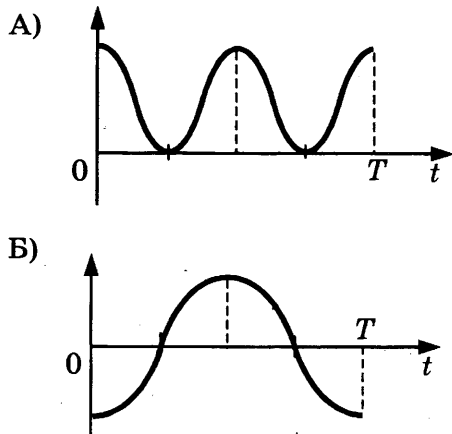
7. Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени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

 7

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



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) координата x
- 2) проекция скорости v_x
- 3) кинетическая энергия E_k
- 4) потенциальная энергия E_p

Ответ:

А	Б

8

1 2 3 4

8. К броуновскому движению можно отнести хаотическое движение

- 1) электронов в металлическом проводнике
- 2) бильярдных шаров по поверхности стола
- 3) одноклеточных организмов в воде
- 4) пылинок в неподвижном воздухе

9

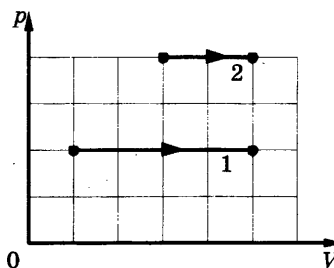
1 2 3 4

9. В комнате в одном сосуде находится водород, а в другом — азот. Средние значения кинетической энергии поступательного теплового движения молекул водорода и молекул азота одинаковы в том случае, если у этих газов одинаковы значения

- | | |
|----------------|------------------------|
| 1) температуры | 3) массы |
| 2) объема | 4) концентрации частиц |

10

10. На pV -диаграмме показаны два процесса, проведенные с одним и тем же количеством газообразного неона. Определите отношение работы $\frac{A_1}{A_2}$ в этих процессах.



Ответ: _____ .

11

11. Объем сосуда с идеальным газом уменьшили вдвое, выпустив половину газа и поддерживая температуру в сосуде постоянной. Как изменились при этом давление газа в сосуде и его внутренняя энергия?

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.

Давление газа в сосуде	Внутренняя энергия газа в сосуде

12. Установите соответствие между процессами в идеальном газе и формулами, которыми они описываются (N — число частиц, p — давление, V — объем, T — абсолютная температура, Q — количество теплоты.) К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПРОЦЕССЫ

- А) изобарный процесс при $N = \text{const}$
- Б) изотермический процесс при $N = \text{const}$

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{p}{T} = \text{const}$
- 2) $\frac{V}{T} = \text{const}$
- 3) $pV = \text{const}$
- 4) $Q = 0$

Ответ:

А	Б

13. Узкий пучок белого света после прохождения через стеклянную призму дает на экране спектр. Укажите правильную последовательность цветов в спектре.

- 1) красный — желтый — оранжевый — зеленый
- 2) красный — желтый — оранжевый — синий
- 3) красный — оранжевый — желтый — зеленый
- 4) оранжевый — синий — желтый — зеленый

14. Магнитная стрелка компаса зафиксирована на оси (северный полюс затемнен, см. рисунок). К компасу поднесли сильный постоянный полосовой магнит и освободили стрелку. В каком положении установится стрелка?

- 1) повернется на 90° по часовой стрелке
- 2) повернется на 90° против часовой стрелки
- 3) останется в прежнем положении
- 4) повернется на 180°



15

15. Два неподвижных точечных заряда действуют друг на друга с силами, модуль которых равен 3 мН. Чему станет равен модуль этих сил, если один заряд увеличить в 3 раза, другой заряд уменьшить в 3 раза, а расстояние между ними оставить прежним?

Ответ: _____ мН.

16

16. В цепи из двух одинаковых последовательно включенных резисторов за час выделяется количество теплоты 20 кДж. Какое количество теплоты будет выделяться за час в цепи, в которой количество резисторов и подводимое к ним напряжение увеличено в 3 раза?

Ответ: _____ кДж.

17

17. В прозрачном сосуде, заполненном водой, находится дифракционная решетка. Решетка освещается лучом света лазерной указки, падающим перпендикулярно ее поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменятся длина световой волны, падающей на решетку, и угол между падающим лучом и первым дифракционным максимумом при удалении воды из сосуда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

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

18

18. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью C и катушки индуктивностью L . При электромагнитных колебаниях, происходящих в этом контуре, максимальный заряд пластины конденсатора равен q . 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. Сопротивлением контура пренебречь.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) максимальная энергия электрического поля конденсатора
 Б) максимальная сила тока, протекающего через катушку

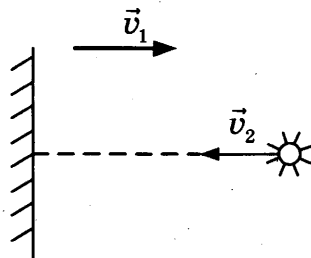
ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{q^2}{2C}$
- 2) $q\sqrt{\frac{C}{L}}$
- 3) $\frac{q}{\sqrt{LC}}$
- 4) $\frac{Cq^2}{2}$

Ответ:

А	Б

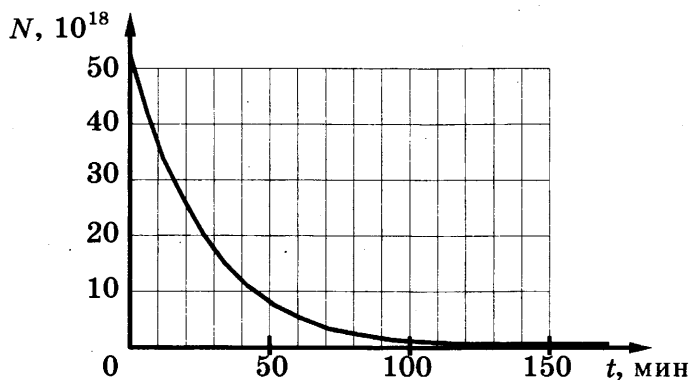
19. В инерциальной системе отсчета свет от неподвижного источника распространяется в вакууме со скоростью c . Источник света и зеркало движутся навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями $v_1 = v_2 = v$ (см. рисунок). Какова скорость отраженного света в инерциальной системе отсчета, связанной с источником?



- 1) $c + 2v$
 - 2) c
 - 3) $c\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$
 - 4) $c - 2v$
20. Из какого ядра в результате двух последовательных α -распадов образуется ядро ${}_{84}^{216}\text{Po}$?

- 1) ${}_{86}^{216}\text{Rn}$
- 2) ${}_{86}^{220}\text{Rn}$
- 3) ${}_{80}^{208}\text{Hg}$
- 4) ${}_{88}^{224}\text{Ra}$

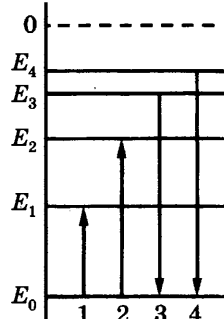
21. Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер ртути ${}_{80}^{190}\text{Hg}$ от времени. Чему равен период полураспада этого изотопа ртути?



Ответ: _____ мин.

22. На рисунке изображена упрощенная диаграмма энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих четырех переходов связаны с поглощением кванта света с наименьшей энергией и излучением света наименьшей длины волны?

Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕСС

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД

- | | |
|--|------|
| А) поглощение кванта света с наименьшей энергией | 1) 1 |
| Б) излучение света наименьшей длины волны | 2) 2 |
| | 3) 3 |
| | 4) 4 |

Ответ:

А	Б

23

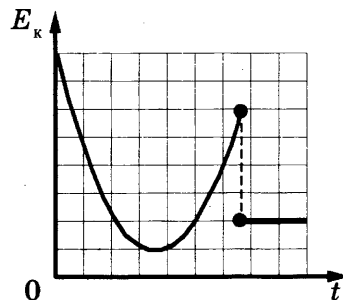
1 2 3 4

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

- 1) 2) 3) 4)
-

24

24. На рисунке представлен схематичный вид графика изменения кинетической энергии тела с течением времени. Выберите два верных утверждения, описывающих движение в соответствии с данным графиком.



- В конце наблюдения кинетическая энергия тела отлична от нуля.
- Кинетическая энергия тела в течение всего времени наблюдения уменьшается.

- 3) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало на балкон.
- 4) Тело брошено вертикально вверх с балкона и упало на Землю.
- 5) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало в кузов проезжающего мимо грузовика.

Ответ:

Часть 2

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Летящая горизонтально со скоростью 20 м/с пластилиновая пуля массой 9 г попадает в груз, неподвижно висящий на нити длиной 40 см, в результате чего груз с прилипшей к нему пулей начинает совершать колебания. Максимальный угол отклонения нити от вертикали при этом равен $\alpha = 60^\circ$. Какова масса груза?

25

Ответ: _____ г.

26. При уменьшении абсолютной температуры на 600°K средняя кинетическая энергия теплового движения молекул неона уменьшилась в 4 раза. Какова начальная температура газа?

26

Ответ: _____ К.

27. Предмет высотой 6 см расположен на горизонтальной главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 30 см от ее оптического центра. Высота изображения предмета 12 см. Найдите фокусное расстояние линзы.

27

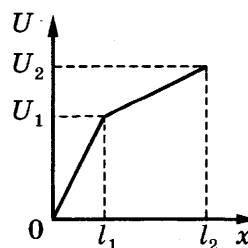
Ответ: _____ см.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Полное решение задач 28–32 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (28, 29 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

28. 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.

28

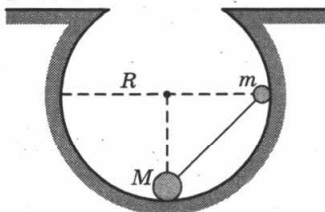


Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

29

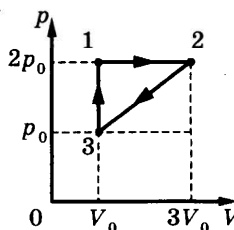
29. Небольшие шарики, массы которых $m = 30$ г и $M = 60$ г, соединены легким стержнем и помещены в гладкую сферическую выемку.

В начальный момент шарики удерживаются в положении, изображенном на рисунке. Когда их отпустили без толчка, шарики стали скользить по поверхности выемки. Максимальная высота подъема шарика массой M относительно нижней точки выемки оказалась равной 12 см. Каков радиус выемки R ?



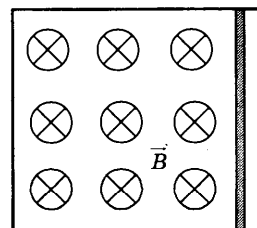
30

30. Изменение состояния постоянной массы одноатомного идеального газа происходит по циклу, показанному на рисунке. При переходе из состояния 1 в состояние 2 газ совершает работу $A_{12} = 5$ кДж. Какое количество теплоты газ отдает за цикл холодильнику?



31

31. Металлический стержень, согнутый в виде буквы П, закреплен в горизонтальной плоскости. На параллельные стороны стержня опирается концами перпендикулярная перемычка массой 92 г и длиной 1 м. Сопротивление перемычки равно 0,1 Ом. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0,15 Тл. С какой установившейся скоростью будет двигаться перемычка, если к ней приложить постоянную горизонтальную силу 1,13 Н? Коэффициент трения между стержнем и перемычкой равен 0,25. Сопротивлением стержня пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на перемычку.



32

32. Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = -\frac{13,6 \text{ ЭВ}}{n^2}$, $n = 1, 2, 3, \dots$. При переходе с верхнего уровня энергии на нижний атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с $n = 1$ образуют серию Лаймана; на уровень с $n = 2$ — серию Бальмера; на уровень с $n = 3$ — серию Пашена и т.д. Найдите отношение β минимальной частоты фотона в серии Бальмера к максимальной частоте фотона в серии Пашена.

4

4. Легковой автомобиль и грузовик движутся по мосту. Каково отношение массы грузовика к массе легкового автомобиля, если отношение значений их потенциальной энергии относительно уровня воды равно 1,5?

Ответ: _____.

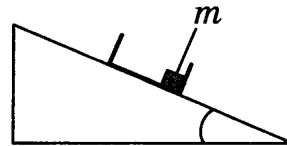
5

5. Сосновый брус объемом $0,06 \text{ м}^3$ плавает в воде, погружившись на $0,4$ своего объема. Определите выталкивающую (архимедову) силу, действующую на брус.

Ответ: _____ Н.

6

6. С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением легкая коробочка, в которой находится груз массой m (см. рисунок). Как изменятся ускорение при движении 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

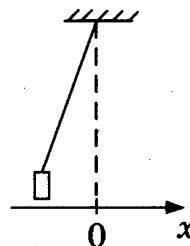


Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

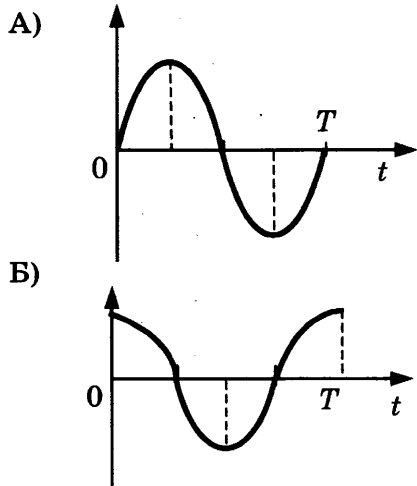
Ускорение	Модуль работы силы тяжести

7

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 второго 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

Ответ:

А	Б

8. Броуновским движением можно считать

- 1) процесс растворения поваренной соли в воде
- 2) беспорядочное движение мошек, роящихся вечером под фонарем
- 3) беспорядочное движение микроскопических капелек жира в молоке
- 4) проникновение кислорода в глубинные слои водоема

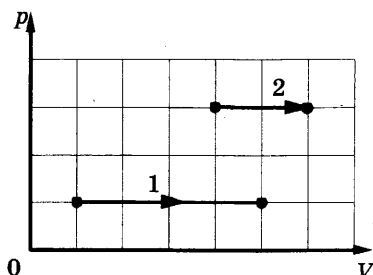
1 2 3 4 8

9. В одном сосуде находится кислород, а в другом — углекислый газ. Средние значения кинетической энергии поступательного теплового движения молекул кислорода и молекул углекислого газа одинаковы в том случае, если у этих газов одинаковы значения

- 1) концентрации частиц
- 2) объема
- 3) массы
- 4) температуры

1 2 3 4 9

10. На pV -диаграмме показаны два процесса, проведенные с одним и тем же количеством газообразного неона. Определите отношение работы $\frac{A_2}{A_1}$ в этих процессах.



Ответ: _____ .

10

11

11. Объем сосуда с идеальным газом уменьшили вдвое и добавили в сосуд такую же массу того же газа. Температура в сосуде поддерживается постоянной. Как изменились в результате этого давление газа в сосуде и его внутренняя энергия?

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.

Давление газа в сосуде	Внутренняя энергия газа в сосуде

12

12. Установите соответствие между процессами в идеальном газе и формулами, которыми они описываются (N — число частиц, p — давление, V — объем, T — абсолютная температура, Q — количество теплоты.) К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПРОЦЕССЫ

- А) изохорный процесс при $N = \text{const}$
- Б) адиабатный процесс при $N = \text{const}$

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{p}{T} = \text{const}$
- 2) $\frac{V}{T} = \text{const}$
- 3) $pV = \text{const}$
- 4) $Q = 0$

Ответ:

А	Б

13

1 2 3 4

13. Узкий пучок белого света после прохождения через стеклянную призму дает на экране спектр. Укажите правильную последовательность цветов в спектре.

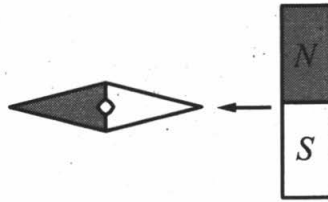
- 1) желтый — оранжевый — голубой — зеленый
- 2) желтый — оранжевый — зеленый — голубой
- 3) зеленый — голубой — синий — фиолетовый
- 4) голубой — синий — зеленый — фиолетовый

14

1 2 3 4

14. Магнитная стрелка компаса зафиксирована на оси (северный полюс затемнен, см. рисунок). К компасу поднесли сильный постоянный полосовой магнит и освободили стрелку. В каком положении установится стрелка?

- 1) повернется на 90° против часовой стрелки
- 2) останется в прежнем положении
- 3) повернется на 90° по часовой стрелке
- 4) повернется на 180°



15. Два неподвижных точечных заряда действуют друг на друга с силами, модуль которых равен 2 мН. Чему станет равен модуль этих сил, если один заряд увеличить в 2 раза, а расстояние между ними уменьшить в 2 раза?

 15

Ответ: _____ мН.

16. В цепи из двух одинаковых последовательно включенных резисторов за час выделяется количество теплоты 20 кДж. Какое количество теплоты будет выделяться в цепи из этих резисторов за час, если их включить параллельно, а подводимое к ним напряжение уменьшить в 2 раза?

 16

Ответ: _____ кДж.

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 первым дифракционным максимумом при замене воды в сосуде прозрачной жидкостью с большим показателем преломления?

 17

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

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

18. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью C и катушки индуктивностью L . При электромагнитных колебаниях, происходящих в этом контуре, максимальная сила тока, протекающего через катушку индуктивности, равна I . 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. Сопротивлением контура пренебречь.

 18

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) максимальная энергия магнитного поля катушки индуктивности
 Б) максимальный заряд конденсатора

ФОРМУЛЫ

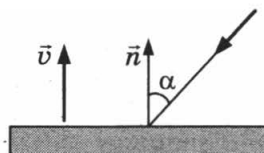
- 1) $\frac{I^2}{\sqrt{LC}}$
 2) $I\sqrt{LC}$
 3) $\frac{LI^2}{2}$
 4) $\frac{I^2}{2L}$

Ответ:

А	Б

19 1 2 3 4

19. На зеркало, движущееся в вакууме относительно инерциальной системы отсчета (ИСО) со скоростью v , (см. рисунок), падает луч синего света. Какова скорость света в этой ИСО после отражения от зеркала, если угол падения равен 60° ? Скорость света от неподвижного источника в вакууме равна c .



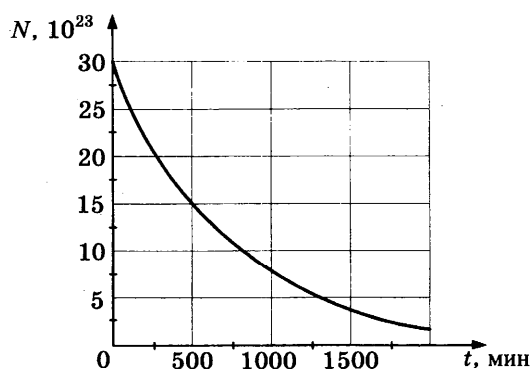
- 1) $\sqrt{\left(\frac{c}{2} + 2v\right)^2 + \frac{3}{4}c^2}$
 2) c
 3) $c + 2v$
 4) $c - 2v$

20 1 2 3 4

20. Радиоактивный изотоп натрия ${}_{11}^{24}\text{Na}$ в результате β^- -распада превращается в ядро
 1) неона ${}_{10}^{20}\text{Ne}$
 2) алюминия ${}_{13}^{27}\text{Al}$
 3) магния ${}_{12}^{24}\text{Mg}$
 4) кислорода ${}_{8}^{20}\text{O}$

21

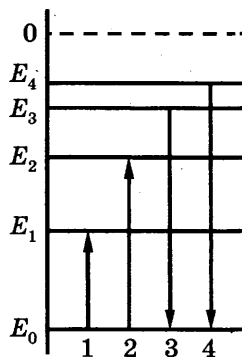
21. Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер платины ${}_{78}^{200}\text{Pt}$ от времени. Чему равен период полураспада этого изотопа платины?



Ответ: _____ мин.

22. На рисунке изображена упрощенная диаграмма энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих переходов связаны с поглощением света наименьшей длины волны и излучением кванта света с наибольшей энергией?

Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

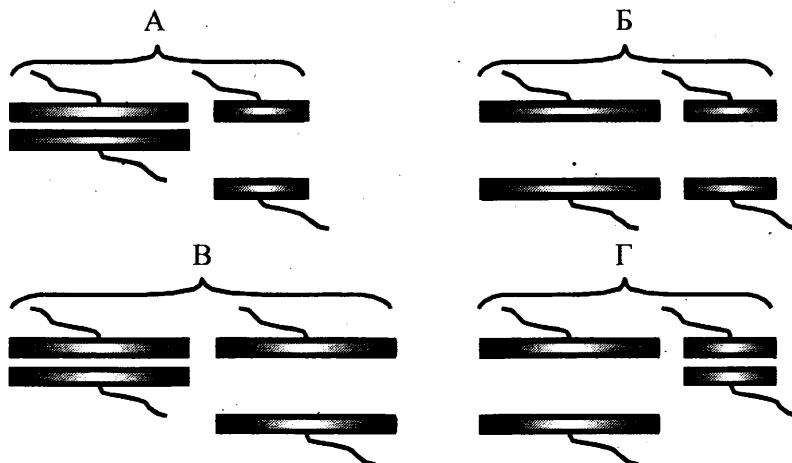


ПРОЦЕСС	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД
А) поглощение света наименьшей длины волны	1) 1
	2) 2
Б) излучение кванта света с наибольшей энергией	3) 3
	4) 4

Ответ:

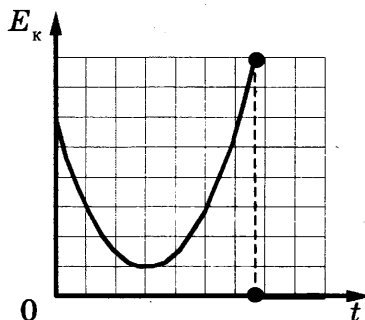
А	Б

23. Конденсатор состоит из двух круглых пластин, разделенных воздушным промежутком. Необходимо экспериментально установить, зависит ли емкость конденсатора от расстояния между пластинами. Какую(-ие) пару(-ы) конденсаторов нужно использовать для этой цели?



- | | |
|---------------|-------------|
| 1) А, Б или Г | 3) только В |
| 2) только Б | 4) только Г |

24. На рисунке представлен схематичный вид графика изменения кинетической энергии тела с течением времени. Выберите два утверждения, которые соответствуют результатам опыта.



- 1) В процессе наблюдения кинетическая энергия тела все время увеличивалась.
- 2) В конце наблюдения кинетическая энергия тела становится равной нулю.
- 3) Тело брошено под углом к горизонту с балкона и упало на землю.
- 4) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности земли и упало обратно на землю.
- 5) Тело брошено вертикально вверх с балкона и упало на землю.

Ответ:

--	--

Часть 2

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Летящая горизонтально пластилиновая пуля массой 9 г попадает в неподвижно висящий на нити длиной 40 см груз массой 81 г, в результате чего груз с прилипшей к нему пулей начинает совершать колебания. Максимальный угол отклонения нити от вертикали при этом $\alpha = 60^\circ$. Какова скорость пули перед попаданием в груз?

Ответ: _____ м/с.

26. При увеличении абсолютной температуры на 600°K средняя кинетическая энергия теплового движения молекул гелия увеличилась в 4 раза. Какова конечная температура газа?

Ответ: _____ К.

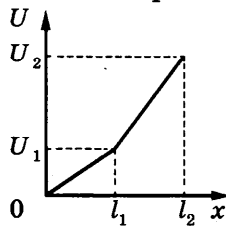
27. Предмет расположен на горизонтальной главной оптической оси тонкой собирающей линзы. Оптическая сила линзы $D = 5$ дптр. Изображение предмета действительное, увеличение (отношение высоты изображения предмета к высоте самого предмета) $k = 2$. Найдите расстояние от изображения предмета до линзы.

Ответ: _____ см.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

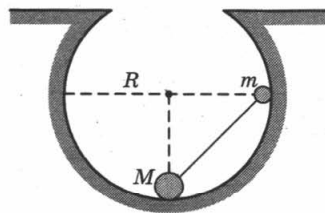
Полное решение задач 28–32 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (28, 29 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

28. Цилиндрический 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 удельное сопротивление проводника? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали.

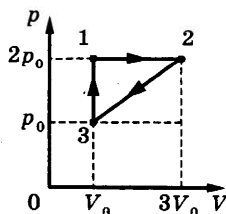


Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

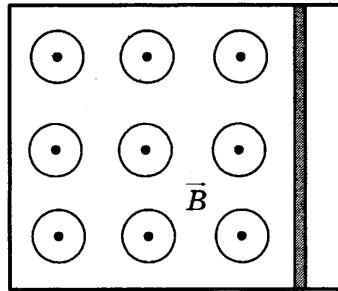
29. Небольшие шарики, массы которых m и M , соединены легким стержнем и помещены в гладкую сферическую выемку радиусом $R = 20$ см. В начальный момент шарики удерживаются в положении, изображенном на рисунке. Когда их отпустили без толчка, шарики стали скользить по поверхности выемки. Минимальная высота, на которой оказался шарик m в процессе движения, равна 4 см от нижней точки выемки. Определите отношение масс M и m .



30. Изменение состояния постоянной массы одноатомного идеального газа происходит по циклу, показанному на рисунке. При переходе газа из состояния 2 в состояние 3 внешние силы совершают работу $A_{23} = 5$ кДж. Какое количество теплоты газ получает за цикл от нагревателя?



31. Металлический стержень, согнутый в виде буквы П, закреплен в горизонтальной плоскости. На параллельные стороны стержня опирается концами перпендикулярная перемычка массой 92 г и длиной 1,5 м. Сопротивление перемычки равно 0,1 Ом. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл. С какой установившейся скоростью будет двигаться перемычка, если к ней приложить постоянную горизонтальную силу 1,13 Н? Коэффициент трения между стержнем и перемычкой равен 0,25. Сопротивлением стержня пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на перемычку.



32. Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = -\frac{13,6 \text{ эВ}}{n^2}$, $n = 1, 2, 3, \dots$. При переходах с верхних уровней энергии на нижние атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с $n = 1$ образуют серию Лаймана; на уровень с $n = 2$ — серию Бальмера; на уровень с $n = 3$ — серию Пашена и т.д. Найдите отношение β максимальной частоты фотона в серии Лаймана к максимальной частоте фотона в серии Бальмера.

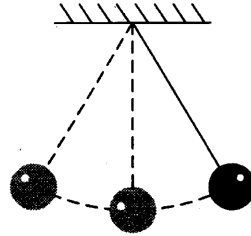
4

4. При упругой деформации 2 см стальная пружина имеет потенциальную энергию 4 Дж. Насколько уменьшится потенциальная энергия этой пружины при уменьшении деформации на 1 см?

Ответ: уменьшится на _____ Дж.

5

5. Математический маятник с периодом колебаний 2 с отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили без начальной скорости (см. рисунок). Через какое время после этого потенциальная энергия маятника в первый раз достигнет минимума? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Ответ: _____ с.

6

6. На тело массой m , поступательно движущееся в инерциальной системе отсчета, действует постоянная равнодействующая сила \vec{F} в течение времени Δt . Если действующая на тело сила увеличится, то как изменятся модуль импульса силы и модуль изменения импульса тела в течение того же промежутка времени Δt ?

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.

Модуль импульса равнодействующей силы	Модуль изменения импульса тела

7

7. Установите соответствие между зависимостью проекции скорости тела от времени и зависимостью проекции перемещения этого тела от времени для одного и того же движения.

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

ПРОЕКЦИЯ СКОРОСТИ

- А) $v_x = 3 - 2t$
- Б) $v_x = 5 + 4t$

ПРОЕКЦИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

- 1) $s_x = 5t + 2t^2$
- 2) $s_x = 5t + 4t^2$
- 3) $s_x = 3t - 2t^2$
- 4) $s_x = 3t - t^2$

Ответ:

А	Б

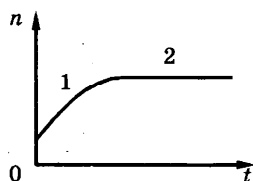
8. В процессе нагревания кристаллического тела при температурах, далеких от температуры его плавления, почти вся поступающая энергия идет на

1 2 3 4 8

- 1) расширение атомов вещества
- 2) постепенное разрушение кристаллической решетки
- 3) постепенное расширение вещества
- 4) увеличение энергии движения атомов в узлах кристаллической решетки

9. В сосуде под поршнем находятся только пары воды. Поршень медленно опускают, уменьшая объем сосуда. Температура в сосуде поддерживается постоянной. На рисунке показан график изменения со временем концентрации n молекул паров воды внутри сосуда. Какое утверждение можно считать правильным?

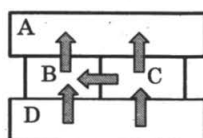
1 2 3 4 9



- 1) на участке 1 пар насыщенный, а на участке 2 ненасыщенный
- 2) на обоих участках пар ненасыщенный
- 3) на участке 1 пар ненасыщенный, а на участке 2 насыщенный
- 4) на обоих участках пар насыщенный

10. Четыре металлических бруска положили вплотную друг к другу, как показано на рисунке. Стрелки указывают направление теплопередачи от бруска к бруску. Температуры брусков в данный момент 100 °С, 80 °С, 60 °С, 40 °С. Какой брусок (А, В, С или D) имеет температуру 40 °С?

10



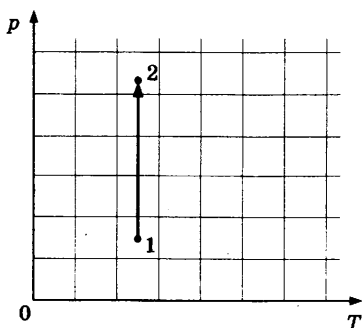
Ответ: _____.

11. Идеальный одноатомный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму). Масса газа не меняется. Как изменяются при этом следующие величины: объем газа и его внутренняя энергия?

11

Для каждой величины подберите 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	Внутренняя энергия

12

12. Температура нагревателя идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна T_1 , а температура холодильника равна T_2 . За цикл двигатель совершает работу, равную A . 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) КПД двигателя
 Б) количество теплоты, получаемое двигателем за цикл от нагревателя

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$
 2) $1 - \frac{T_2}{T_1}$
 3) $\frac{AT_1}{T_1 - T_2}$
 4) $\frac{AT_2}{T_1 - T_2}$

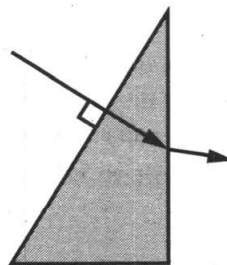
Ответ:

А	Б

13

1 2 3 4

13. Ученик выполнил задание «Нарисовать ход луча, падающего из воздуха перпендикулярно поверхности стеклянной призмы треугольного сечения» (см. рисунок).



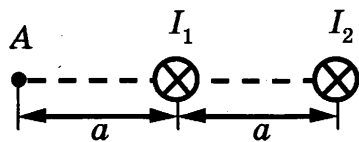
При построении он

- ошибся при изображении хода луча только при переходе из стекла в воздух
- правильно изобразил ход луча на обеих гранях призмы
- ошибся при изображении хода луча только при переходе из воздуха в стекло
- ошибся при изображении хода луча на обеих гранях призмы

14

1 2 3 4

14. Два параллельных длинных проводника с токами I_1 и I_2 расположены перпендикулярно плоскости чертежа (см. рисунок).

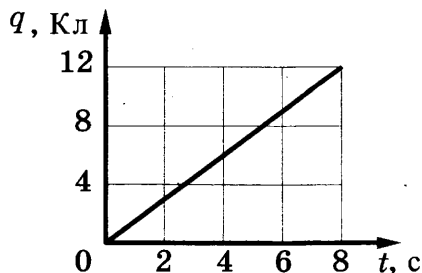


Векторы \vec{B}_1 и \vec{B}_2 индукции магнитных полей, создаваемых этими проводниками в точке A, направлены в плоскости чертежа следующим образом:

- 1) \vec{B}_1 — вниз; \vec{B}_2 — вниз
- 2) \vec{B}_1 — вверх; \vec{B}_2 — вниз
- 3) \vec{B}_1 — вниз; \vec{B}_2 — вверх
- 4) \vec{B}_1 — вверх; \vec{B}_2 — вверх

15. По проводнику течет постоянный электрический ток. Величина заряда, проходящего через проводник, растет с течением времени согласно графику, представленному на рисунке. Какова сила тока в проводнике?

15



Ответ: _____ А.

16. Линии индукции однородного магнитного поля пронизывают рамку площадью $0,6 \text{ м}^2$ под углом 30° к ее поверхности, создавая магнитный поток, равный $0,3 \text{ Вб}$. Чему равен модуль вектора индукции магнитного поля?

16

Ответ: _____ Тл.

17. Неразветвленная электрическая цепь состоит из источника постоянного напряжения и внешнего сопротивления. Как изменятся при уменьшении внутреннего сопротивления источника следующие величины: сила тока во внешней цепи и мощность, выделяющаяся на внешнем сопротивлении?

17

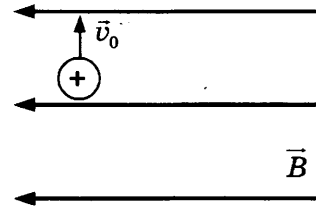
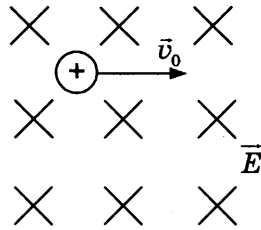
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Сила тока во внешней цепи	Мощность, выделяющаяся на внешнем сопротивлении

18. В первой экспериментальной установке положительно заряженная частица влетает в однородное электрическое поле так, что вектор скорости \vec{v}_0 перпендикулярен вектору напряженности поля \vec{E} (рис. 1). Во второй экспериментальной установке вектор скорости \vec{v}_0 такой же частицы перпендикулярен индукции магнитного поля \vec{B} (рис. 2).



Установите соответствие между экспериментальной установкой и траекторией движения частицы в ней.

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

ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦЫ

- А) в первой установке
Б) во второй установке

ТРАЕКТОРИЯ

- 1) прямая линия
2) окружность
3) спираль
4) парабола

Ответ:

	А	Б

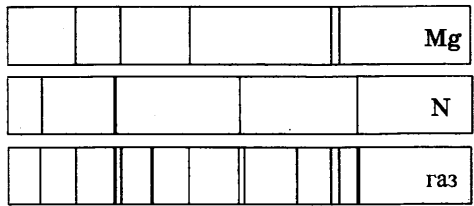
19. На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева.

	I	II	III
1	1 H 1,00797 Водород		
2	Li 6,939 Литий	3 Be 9,0122 Бериллий	4 5 B 10,811 Бор
3	Na 22,9898 Натрий	11 Mg 24,312 Магний	12 13 Al 26,9815 Алюминий
	8 2	2 8 2	3 8 2

Укажите число протонов и электронов в нейтральном атоме Mg.

- 1) 12 протонов и 12 электронов
2) 12 протонов и 8 электронов
3) 8 протонов и 2 электрона
4) 24 протона и 12 электронов

20. На рисунке приведены спектр поглощения неизвестного газа и спектры поглощения атомарных паров известных элементов. По виду спектров можно утверждать, что неизвестный газ содержит атомы



- 1) только азота (N)
- 2) азота (N), магния (Mg) и другого неизвестного вещества
- 3) только магния (Mg)
- 4) только магния (Mg) и азота (N)

21. Ядро ${}_{93}^{237}\text{Np}$, испытав серию α - и β -распадов, превратилось в ядро ${}_{83}^{209}\text{Bi}$. Определите суммарное число α - и β -распадов.

Ответ: _____.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

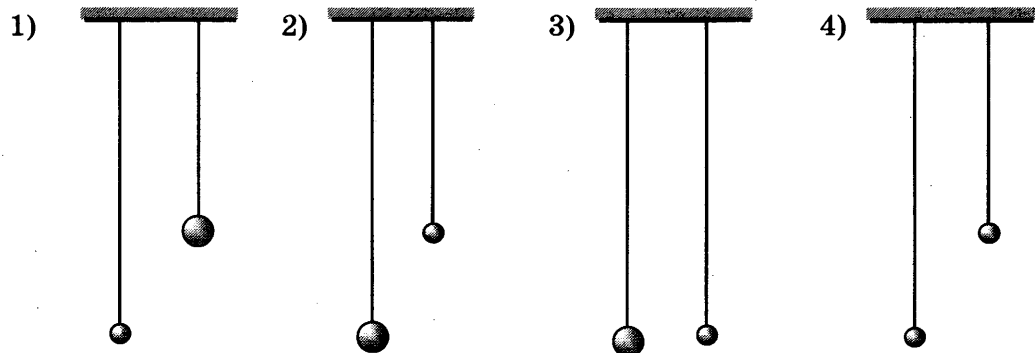
- А) длина волны фотона
 Б) энергия фотона

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

Ответ:

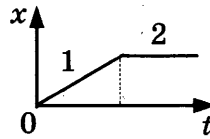
А	Б

23. Необходимо экспериментально обнаружить зависимость периода малых колебаний маятника от массы подвешенного к нити груза. Какую пару маятников нужно использовать для такой проверки?



24

24. Бусинка может свободно скользить по неподвижной горизонтальной спице. На графике изображена зависимость ее координаты от времени. Выберите два утверждения, которые можно сделать на основании графика.



- 1) Скорость бусинки на участке 1 постоянна, а на участке 2 равна нулю.
- 2) Проекция ускорения бусинки на участке 1 положительна, а на участке 2 — отрицательна.
- 3) Участок 1 соответствует равномерному движению бусинки, а на участке 2 бусинка неподвижна.
- 4) Участок 1 соответствует равноускоренному движению бусинки, а на участке 2 — равномерному.
- 5) Проекция ускорения бусинки на участке 1 отрицательна, а на участке 2 — положительна.

Ответ:

Часть 2

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

25. Камень, брошенный с поверхности земли почти вертикально вверх, упал со скоростью 15 м/с на крышу дома, находящуюся на высоте 20 м. Найдите время полета камня. Сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: _____ с.

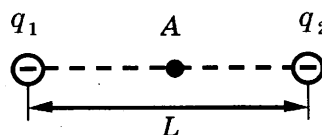
26

26. В сосуде под поршнем при температуре 100 °С находится 2 г водяного пара и такое же количество воды. Не изменяя температуры, объем сосуда увеличили в 3 раза. Определите массу воды, перешедшей при этом в пар.

Ответ: _____ г.

27

27. Два точечных отрицательных заряда: $q_1 = -20$ нКл и $q_2 = -40$ нКл находятся в вакууме на расстоянии $L = 1,5$ м друг от друга. Определите величину напряженности электрического поля этих зарядов в точке А, расположенной на прямой, соединяющей заряды, на одинаковом расстоянии от обоих зарядов.



Ответ: _____ Н/Кл.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Полное решение задач 28–32 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (28, 29 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

28. Два плоских воздушных конденсатора подключены к одинаковым источникам постоянного напряжения и одинаковым лампам, как показано на рисунках а и б. Конденсаторы имеют одинаковую площадь пластин, но различаются расстоянием между пластинами. В некоторый момент времени ключи K в обеих схемах переводят из положения 1 в положение 2. Опираясь на законы электродинамики, объясните, в каком из приведенных опытов при переключении ключа лампа вспыхнет ярче. Сопротивлением соединяющих проводов пренебречь.

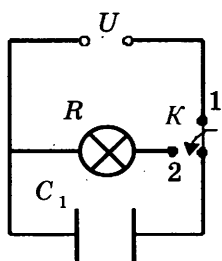


Рис. а

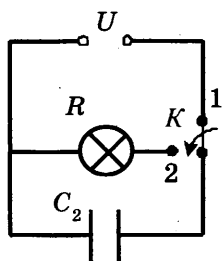
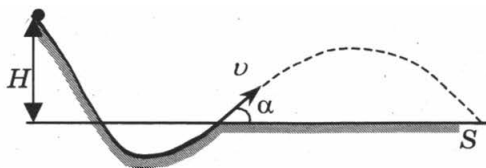


Рис. б

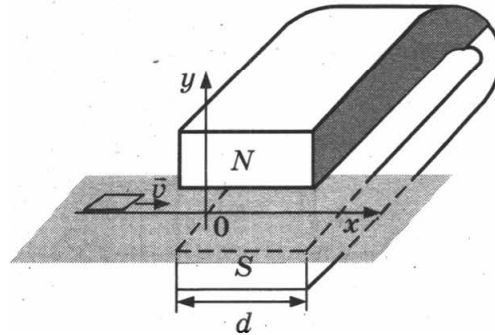
Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

29. При выполнении трюка «Летающий велосипедист» гонщик движется по гладкому трамплину под действием силы тяжести, начиная движение из состояния покоя с некоторой высоты (см. рисунок). На краю трамплина скорость гонщика направлена под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Пролетев по воздуху, он приземлился на горизонтальный стол на той же высоте, что и край трамплина. Дальность полета гонщика равна S . На какой высоте H над краем трамплина находится стартовая точка?



30. Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является ν молей идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. Работа, совершенная газом в изотермическом процессе, равна A , а КПД тепловой машины равен η . Определите модуль изменения температуры $|\Delta T|$ в изохорном процессе.

31. Квадратную рамку из медной проволоки со стороной $b = 5$ см и сопротивлением $R = 0,1$ Ом перемещают вдоль оси Ox по гладкой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью $v = 1$ м/с. Начальное положение рамки изображено на рисунке. За время движения рамка успевает пройти между полюсами магнита и оказаться в области, где магнитное поле отсутствует. Индукционные токи, возникающие в рамке, оказывают тормозящее действие, поэтому для поддержания постоянной скорости движения к ней прикладывают внешнюю силу F , направленную вдоль оси Ox . Ширина полюсов магнита $d = 20$ см, магнитное поле имеет резкую границу и однородно между полюсами. Чему равна индукция B магнитного поля между полюсами, если суммарная работа внешней силы за время движения рамки $A = 2,5 \cdot 10^{-3}$ Дж?



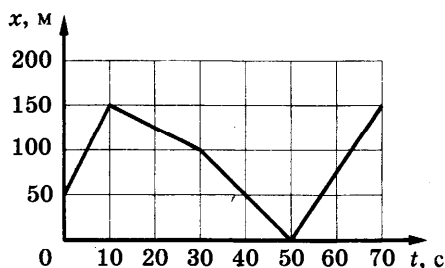
32. Число фотонов, излучаемых лазерной указкой за $t = 5$ с, $N = 6 \cdot 10^{16}$. Длина волны излучения указки равна $\lambda = 600$ нм. Определите мощность P излучения указки.

ВАРИАНТ 8

Часть 1

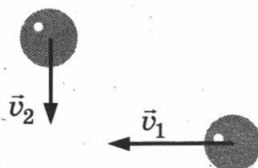
При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке представлен график зависимости координаты x велосипедиста от времени t . На каком интервале времени проекция скорости велосипедиста на ось Ox $v_x = -2,5$ м/с?

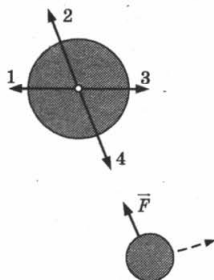


- 1) от 0 до 10 с
2) от 10 до 30 с
3) от 50 до 70 с
4) от 30 до 50 с
2. Шары движутся со скоростями, показанными на рисунке, и сталкиваются. Как будет направлен суммарный импульс шаров после столкновения, если удар абсолютно неупругий?

- 1) ↗
2) ↘
3) ↓
4) ←



3. Вокруг Луны движется спутник в направлении, показанном на рисунке пунктирной стрелкой. Вектор \vec{F} показывает силу притяжения спутника Луной. Вдоль какой стрелки (1, 2, 3 или 4) направлена сила, действующая на Луну со стороны спутника?



Ответ: вдоль стрелки _____.

4. При упругой деформации 1 см стальная пружина имеет потенциальную энергию 1 Дж. Насколько увеличится потенциальная энергия этой пружины при увеличении деформации на 1 см?

Ответ: увеличится на _____ Дж.

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

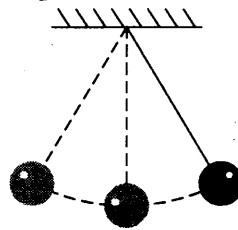
1	2	3	4	2
---	---	---	---	---

				3
--	--	--	--	---

				4
--	--	--	--	---

5

5. Математический маятник с периодом колебаний 2 с отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили без начальной скорости (см. рисунок). Через какое время после этого потенциальная энергия маятника в первый раз достигнет максимума? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Ответ: _____ с.

6

6. На тело массой m , поступательно движущееся в инерциальной системе отсчета, действует постоянная равнодействующая сила \vec{F} в течение времени Δt . Если действующая на тело сила уменьшится, то как изменятся модуль импульса силы и модуль ускорения тела в течение того же промежутка времени Δt ?

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.

Модуль импульса равнодействующей силы	Модуль ускорения тела

7

7. Установите соответствие между зависимостью проекции скорости тела от времени и зависимостью проекции перемещения этого тела от времени для одного и того же движения.

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

ПРОЕКЦИЯ СКОРОСТИ

- А) $v_x = 6 + 5t$
- Б) $v_x = 5 - 10t$

ПРОЕКЦИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

- 1) $s_x = 6t + 5t^2$
- 2) $s_x = 6t + 2,5t^2$
- 3) $s_x = 2,5 - 10t^2$
- 4) $s_x = 5 - 5t^2$

Ответ:

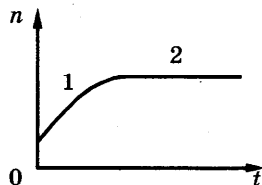
А	Б

8

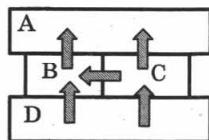
1 2 3 4

8. Какое из утверждений справедливо для кристаллических тел?
- 1) Во время плавления температура кристалла не изменяется.
 - 2) Плавление кристалла происходит в некотором диапазоне температур.
 - 3) Атомы кристалла движутся прямолинейно и равномерно от столкновения до столкновения.
 - 4) Атомы свободно перемещаются в пределах кристалла.

9. В сосуд налили жидкого аммиака и закрыли его. Аммиак постепенно испарялся. На рисунке показан график изменения со временем концентрации n молекул паров аммиака внутри сосуда. Температура в сосуде в течение всего времени проведения опыта оставалась постоянной. В конце опыта в сосуде еще оставался жидкий аммиак. Какое утверждение можно считать правильным?

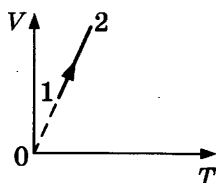


- 1) на участке 1 пар насыщенный, а на участке 2 ненасыщенный
 2) на обоих участках пар ненасыщенный
 3) на участке 1 пар ненасыщенный, а на участке 2 насыщенный
 4) на обоих участках пар насыщенный
10. Четыре металлических бруска положили вплотную друг к другу, как показано на рисунке. Стрелки указывают направление теплопередачи от бруска к бруску. Температуры брусков в данный момент $100\text{ }^\circ\text{C}$, $80\text{ }^\circ\text{C}$, $60\text{ }^\circ\text{C}$, $40\text{ }^\circ\text{C}$. Какой брусок (A, B, C или D) имеет температуру $60\text{ }^\circ\text{C}$?



Ответ: _____.

11. Идеальный одноатомный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму). Масса газа не меняется. Как изменяются при этом следующие величины: давление газа и его внутренняя энергия?



Для каждой величины подберите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
 2) уменьшается
 3) не изменяется

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

Давление газа	Внутренняя энергия

12. Температура нагревателя идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна T_1 , а температура холодильника равна T_2 . За цикл двигатель совершает работу, равную A . 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

ФОРМУЛЫ

А) количество теплоты, отдаваемое двигателем за цикл холодильнику

1) $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$

Б) КПД двигателя

2) $1 - \frac{T_2}{T_1}$

3) $\frac{AT_1}{T_1 - T_2}$

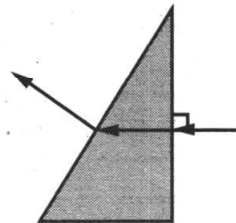
4) $\frac{AT_2}{T_1 - T_2}$

Ответ:

	А	Б

13 1 2 3 4

13. Ученик выполнил задание: «Нарисовать ход луча, падающего из воздуха на одну из граней стеклянной призмы треугольного сечения» (см. рисунок).

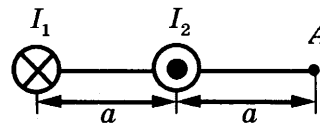


При построении он

- 1) ошибся при изображении хода луча только при переходе из стекла в воздух
- 2) ошибся при изображении хода луча на обеих границах сред
- 3) ошибся при изображении хода луча только при переходе из воздуха в стекло
- 4) правильно изобразил ход луча на обеих границах сред

14 1 2 3 4

14. Два параллельных длинных проводника с токами I_1 и I_2 расположены перпендикулярно плоскости чертежа (см. рисунок).

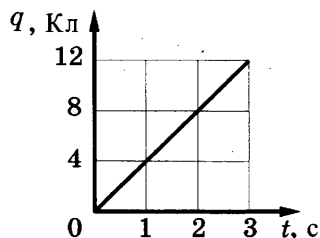


Векторы \vec{B}_1 и \vec{B}_2 индукции магнитных полей, создаваемых этими проводниками в точке А, направлены в плоскости чертежа следующим образом:

- 1) \vec{B}_1 — вверх; \vec{B}_2 — вниз
- 2) \vec{B}_1 — вниз; \vec{B}_2 — вверх
- 3) \vec{B}_1 — вниз; \vec{B}_2 — вниз
- 4) \vec{B}_1 — вверх; \vec{B}_2 — вверх

15. По проводнику течет постоянный электрический ток. Величина заряда, проходящего через проводник, растет с течением времени согласно представленному графику. Какова сила тока в проводнике?

15



Ответ: _____ А.

16. Линии индукции однородного магнитного поля пронизывают рамку площадью $0,25 \text{ м}^2$ под углом 30° к ее поверхности, создавая магнитный поток, равный $0,1 \text{ Вб}$. Чему равен модуль вектора индукции магнитного поля?

16

Ответ: _____ Тл.

17. Неразветвленная электрическая цепь состоит из источника постоянного напряжения и внешнего сопротивления. Как изменятся при увеличении внутреннего сопротивления источника следующие величины: общее сопротивление цепи и мощность, выделяющаяся на внешнем сопротивлении?

17

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 цепи	Мощность, выделяющаяся на внешнем сопротивлении

18. В первой экспериментальной установке отрицательно заряженная частица влетает в однородное электрическое поле так, что вектор \vec{v}_0 перпендикулярен напряженности электрического поля \vec{E} (рис. 1). Во второй экспериментальной установке вектор \vec{v}_0 той же частицы параллелен индукции магнитного поля \vec{B} (рис. 2).

18

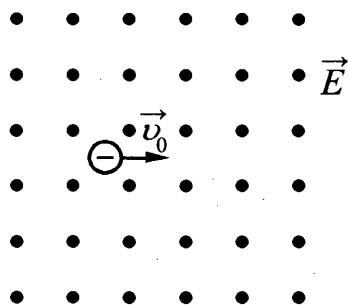


Рис. 1

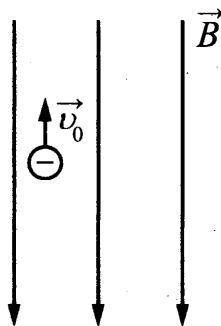


Рис. 2

Установите соответствие между экспериментальной установкой и траекторией движения частицы в ней.

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

ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦЫ

- А) в первой установке
- Б) во второй установке

ТРАЕКТОРИЯ

- 1) прямая линия
- 2) окружность
- 3) спираль
- 4) парабола

Ответ:

А	Б

19 1 2 3 4

19. На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева.

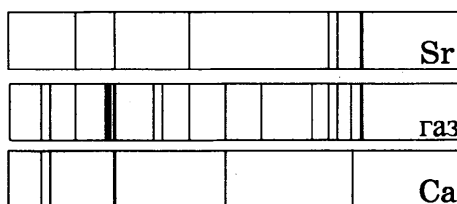
	I	II	III
1	1 H 1,00797 Водород		
2	Li 6,939 Литий	Be 9,0122 Бериллий	B 10,811 Бор
3	Na 22,9898 Натрий	Mg 24,312 Магний	Al 26,9815 Алюминий

Укажите число протонов и электронов в нейтральном атоме натрия Na.

- 1) 8 протонов и 2 электрона
- 2) 11 протонов и 8 электронов
- 3) 11 протонов и 11 электронов
- 4) 22 протона и 11 электронов

20 1 2 3 4

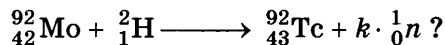
20. На рисунке приведены спектр поглощения неизвестного газа и спектры поглощения атомарных паров известных металлов.



По виду спектров можно утверждать, что неизвестный газ содержит атомы

- 1) только стронция (Sr)
- 2) стронция (Sr), кальция (Ca) и другого вещества
- 3) только стронция (Sr) и кальция (Ca)
- 4) только кальция (Ca)

21. Сколько нейтронов образуется в реакции



Ответ: _____ .

21

22. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (ν — частота фотона, c — скорость света в вакууме, h — постоянная Планка). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

22

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) длина волны фотона

1) $\frac{h\nu}{c}$

Б) импульс фотона

2) hc

3) $\frac{c}{\nu}$

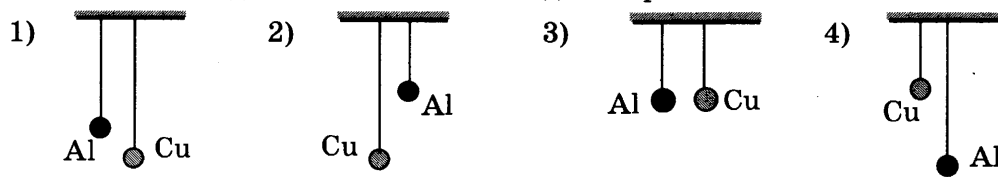
4) $c\nu$

Ответ:

А	Б

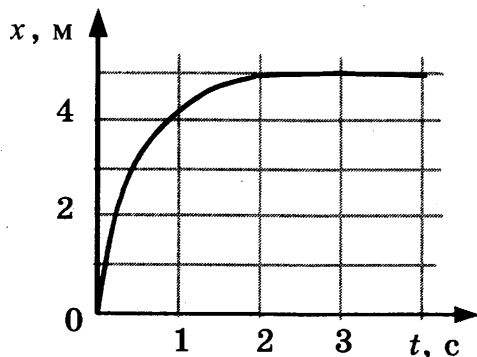
23. Необходимо экспериментально выяснить зависимость периода малых колебаний математического маятника от вещества, из которого изготовлен груз. Какую пару маятников можно взять для этой цели? Грузы маятников — полые шарики из меди и алюминия одинаковой массы и одинакового внешнего диаметра.

23



24. Шарик катится по желобу. Изменение координаты шарика с течением времени в инерциальной системе отсчета показано на графике. Выберите два утверждения, которые соответствуют результатам опыта.

24



- 1) Проекция скорости шарика постоянно увеличивалась и оставалась отрицательной на всем пути.
- 2) Первые 2 с скорость шарика возрастала, а затем оставалась постоянной.
- 3) Первые 2 с шарик двигался с уменьшающейся скоростью, а затем покоился.
- 4) На шарик действовала все увеличивающаяся сила.
- 5) Первые 2 с проекция ускорение шарика не изменялась, а затем стала равной нулю.

Часть 2

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

25. Камень, брошенный почти вертикально вверх с крыши дома высотой 15 м, упал на землю со скоростью 20 м/с. Сколько времени летел камень? Сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: _____ с.

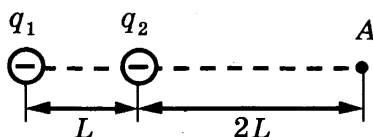
26

26. В сосуде под поршнем при температуре 100 °С находится 2 г водяного пара и такое же количество воды. Не изменяя температуры, объем сосуда увеличили в 3 раза. Определите массу пара в сосуде после изменения объема.

Ответ: _____ г.

27

27. Два точечных отрицательных заряда: $q_1 = -30$ нКл и $q_2 = -10$ нКл находятся в вакууме на расстоянии $L = 0,5$ м друг от друга. Определите величину напряженности электрического поля этих зарядов в точке А, расположенной на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии $2L$ от второго заряда (см. рисунок).



Ответ: _____ Н/Кл.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Полное решение задач 28–32 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (28, 29 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

28

28. Два плоских воздушных конденсатора подключены к одинаковым источникам постоянного напряжения и одинаковым лампам, как показано на рисунках а и б. Пластины конденсаторов имеют разную площадь, но расстояние между пластинами в конденсаторах одина-

ковое (см. рисунок). В некоторый момент времени ключи K в обеих схемах переводят из положения 1 в положение 2. Опираясь на законы электродинамики, объясните, в каком из приведенных опытов при переключении ключа лампа вспыхнет ярче. Сопротивлением соединяющих проводов пренебречь.

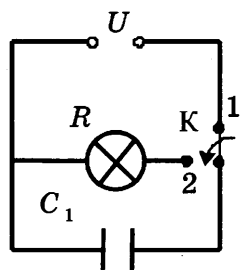


Рис. а

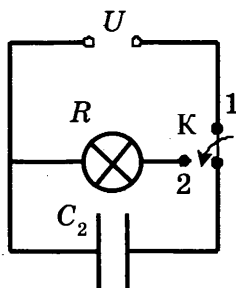
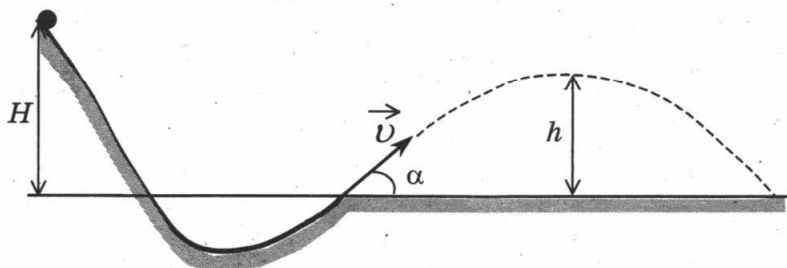


Рис. б

Полное правильное решение каждой из задач 29–32 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.

29. При выполнении трюка «Летающий велосипедист» гонщик движется по гладкому трамплину под действием силы тяжести, начиная движение из состояния покоя с некоторой высоты (см. рисунок). На краю трамплина скорость гонщика направлена под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Пролетев по воздуху, он приземляется на горизонтальный стол, поднявшись в полете на высоту h над краем трамплина. С какой высоты H начинал движение гонщик?

29



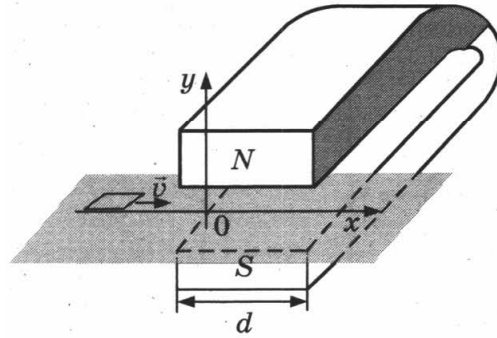
30. Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является ν молей идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. Работа, совершенная газом в изотермическом процессе, равна A , а КПД тепловой машины равен η . Максимальная температура в этом цикле равна T_0 . Определите минимальную температуру T в этом циклическом процессе.

30

31. Квадратную рамку из медной проволоки со стороной $b = 5$ см и сопротивлением $R = 0,1$ Ом перемещают вдоль оси Ox по гладкой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью v . Начальное положение рамки изображено на рисунке. За время движения рамка успевает пройти между полюсами магнита и оказаться в области, где магнитное поле отсутствует. Ширина полюсов магнита $d = 20$ см, магнитное

31

поле имеет резкую границу и однородно между полюсами, а его индукция $B = 1$ Тл. Возникающие в рамке индукционные токи нагревают проволоку. Чему равна скорость движения рамки, если за время движения в ней выделяется количество теплоты $Q = 2,5 \cdot 10^{-3}$ Дж?



32

32. Число фотонов, излучаемых лазерной указкой мощностью $P = 2$ мВт за 1 с, равно $4 \cdot 10^{15}$. Определите длину волны λ излучения лазерной указки.

ВАРИАНТ 9

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Два тела, брошенные с поверхности земли вертикально вверх, достигли высот 10 м и 30 м и упали на землю. Перемещения этих тел

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

- 1) отличаются на 40 м
- 2) отличаются на 20 м
- 3) отличаются на 10 м
- 4) не отличаются

2. Положительно заряженный шарик массой m поднесли к массивной отрицательно заряженной плите массой M . Сравните электростатическую силу действия шарика на плиту F_1 с силой действия плиты на шарик F_2 .

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

- 1) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{m}{M}$
- 2) $F_1 > F_2$
- 3) $F_1 < F_2$
- 4) $F_1 = F_2$

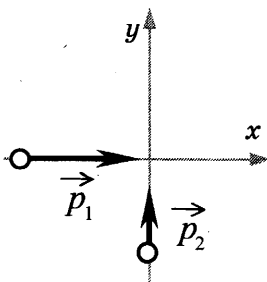
3. Два маленьких шарика массой m каждый находятся на расстоянии r друг от друга и притягиваются с силой F . Во сколько раз увеличится величина силы гравитационного притяжения двух других шариков, если масса одного m , масса другого $\frac{m}{3}$, а расстояние между их центрами $\frac{r}{3}$?

				3
--	--	--	--	---

Ответ: увеличится в ____ раз(а).

4. Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела $p_1 = 8$ кг · м/с, а второго тела $p_2 = 6$ кг · м/с. Чему равен модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?

				4
--	--	--	--	---



Ответ: _____ кг · м/с.

5

5. Шарик массой 100 г свободно скатывается с горки высотой 2 м, составляющей с горизонталью угол 45° . Определите работу силы тяжести. Трением пренебречь.

Ответ: _____ Дж.

6

6. Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина все время остается растянутой. Что происходит с потенциальной энергией пружины и потенциальной энергией груза в поле тяжести, когда груз движется вверх от положения равновесия?

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.

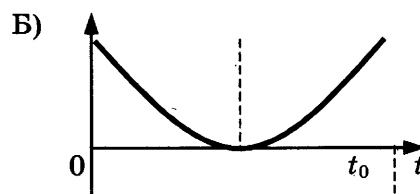
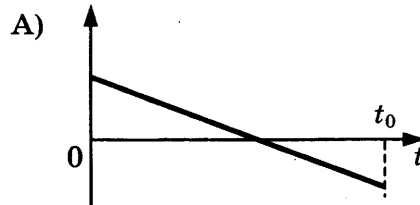
Потенциальная энергия пружины	Потенциальная энергия груза в поле тяжести

7

7. Шарик брошен вертикально вверх с начальной скоростью \bar{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) кинетическая энергия шарика

Ответ:

А	Б

8. В сосуд, закрытый пробкой, накачивают воздух при помощи воздушного насоса. В некоторый момент времени пробка вылетает из сосуда. Какой процесс происходит с воздухом в сосуде сразу после вылета пробки?

1 2 3 4 8

- 1) изобарный
- 2) изохорный
- 3) изотермический
- 4) адиабатный

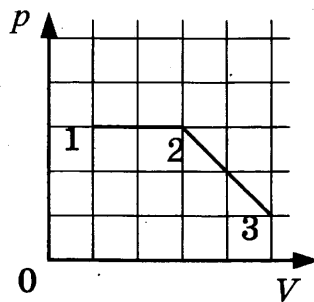
9. Из холодильника, в котором поддерживается температура 5 °С, вынули сухую бутылку с водой, и вскоре она покрылась мелкими капельками воды. Из этого следует, что

1 2 3 4 9

- 1) влажность воздуха в комнате больше, чем в холодильнике
- 2) влажность воздуха в комнате меньше, чем в холодильнике
- 3) температура стенок бутылки с водой ниже 5 °С
- 4) точка росы для водяного пара в комнате равна или выше 5 °С.

10. На рисунке показано, как менялось давление газа в зависимости от его объема при переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Каково отношение работ газа $\frac{A_{12}}{A_{23}}$ на этих двух отрезках pV -диаграммы?

10



Ответ: _____.

11. Объем сосуда с одноатомным идеальным газом увеличили в 2 раза, выпустив половину газа и поддерживая температуру газа в сосуде постоянной. Как изменились в результате этого плотность газа в сосуде и его внутренняя энергия?

11

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

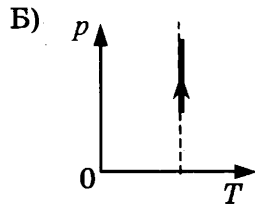
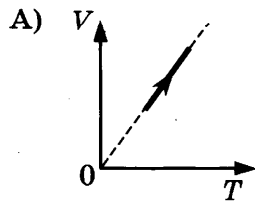
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Внутренняя энергия газа	Плотность газа
<input type="text"/>	<input type="text"/>

12. На рисунках приведены графики двух изопроцессов, происходящих с идеальным газом неизменной массы. Установите соответствие между графиками и изопроцессами, которые эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



НАЗВАНИЕ ИЗОПРОЦЕССА

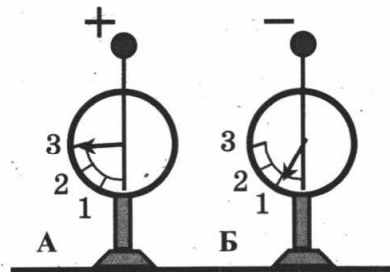
- 1) изотермический
- 2) изохорный
- 3) изобарный
- 4) адиабатный

Ответ:

А	Б

1 2 3 4

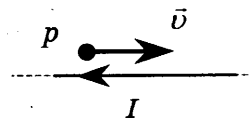
13. На рисунке изображены два одинаковых электрометра, шары которых имеют заряды противоположных знаков. Если их шары соединить проволокой, то показания обоих электрометров



- 1) станут равными 2
- 2) не изменятся
- 3) станут равными 1
- 4) станут равными 0

1 2 3 4

14. Протон p имеет скорость \vec{v} , направленную горизонтально вдоль прямого длинного проводника с током I (см. рисунок). Куда направлена действующая на протон сила Лоренца?



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

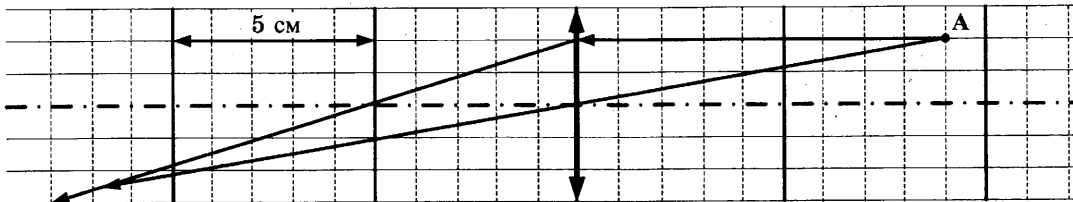
15. Первый конденсатор емкостью C подключен к источнику тока с ЭДС, равной 2ε , а второй — емкостью $2C$ подключен к источнику с ЭДС, равной ε . Определите отношение энергии электрического поля второго конденсатора к энергии электрического поля первого.

15

Ответ: _____.

16. На рисунке показан ход лучей от точечного источника света A через тонкую линзу.

16



Какова оптическая сила линзы?

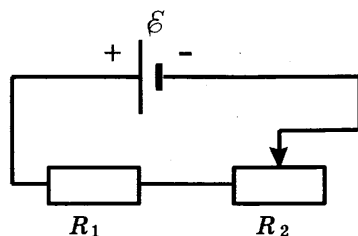
Ответ: _____ Дптр.

17. На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС ε , резистор R_1 и реостат R_2 . Если уменьшить сопротивление реостата R_2 до минимума, то как изменятся сила тока в цепи и напряжение на резисторе R_1 ? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

17

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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



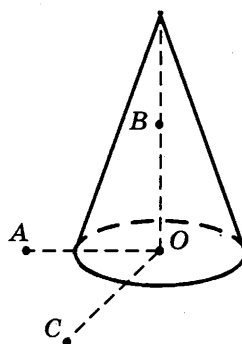
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока в цепи	Напряжение на резисторе R_1

18. На неподвижном проводящем уединенном конусе высотой H и радиусом основания $R = \frac{H}{2}$ находится заряд 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 . Чему равен модуль напряженности электростатического поля заряда Q в точке A и точке B ?

18

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 **ИХ ЗНАЧЕНИЯ**

- А) модуль напряженности электростатического поля конуса в точке А
- Б) модуль напряженности электростатического поля конуса в точке В
- 1) 0
2) E_C
3) $2 E_C$
4) $4 E_C$

Ответ:

А	Б

19

1 2 3 4

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.

2	II	Li 3 Литий 7 ₉₃ 6 ₇₄	Be 4 Бериллий 9 ₁₀₀	5 B Бор 11 ₈₀ 10 ₂₀
3	III	Na 11 Натрий 23 ₁₀₀	Mg 12 Магний 24 ₇₉ 26 ₁₁ 25 ₁₀	13 Al Ал 27 ₁₀₀
4	IV	K 19 Калий 39 ₉₃ 41 ₆₇	Ca 20 Кальций 40 ₉₇ 44 _{2,1}	Sc 21 Скандий 45 ₁₀₀
	V	29 Cu Медь 63 ₆₉ 65 ₃₁	30 Zn Цинк 64 ₄₉ 66 ₂₈ 68 ₁₉	31 Ga Галий 69 ₈₀ 71 ₄₀

Число протонов и число нейтронов в ядре наименее распространенного изотопа меди соответственно равно

- 1) 65 протонов, 29 нейтронов
2) 29 протонов, 31 нейтрон
3) 36 протонов, 29 нейтронов
4) 29 протонов, 36 нейтронов

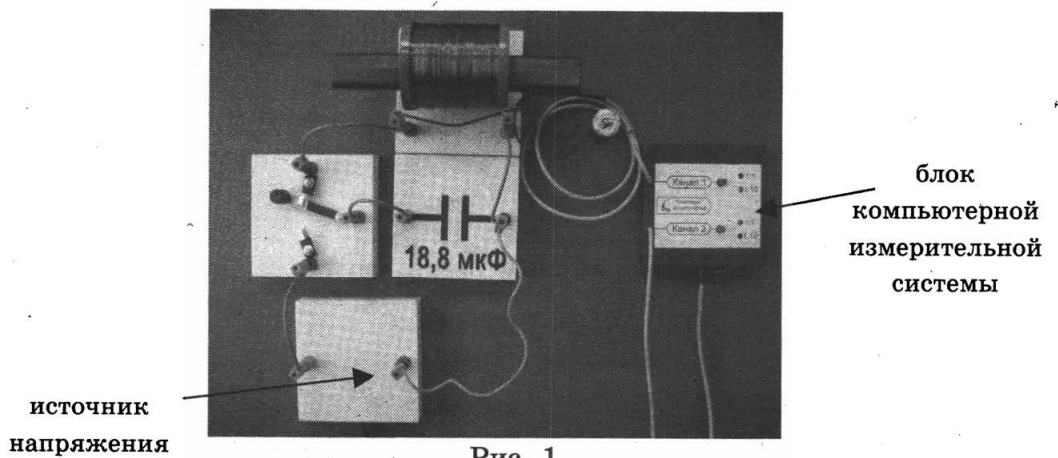


Рис. 1

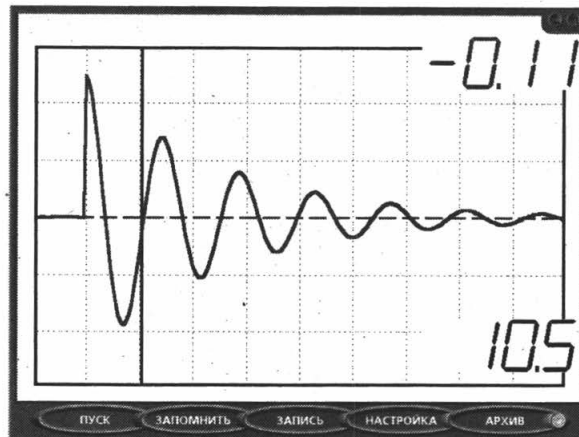


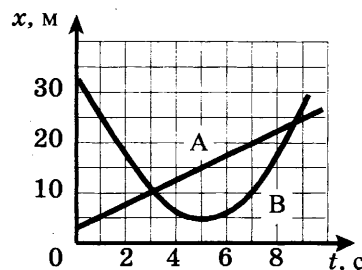
Рис. 2

Что исследовалось в опыте?

- 1) автоколебательный процесс в генераторе
- 2) вынужденные электромагнитные колебания
- 3) явление электромагнитной индукции
- 4) свободные электромагнитные колебания

24 1 2 3 4

24. На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: А и В, движущихся по прямой, вдоль которой и направлена ось Ox . Выберите два верных утверждения о характере движения тел.



- 1) Тело А движется с ускорением 3 м/с^2 .
- 2) Тело А движется с постоянной скоростью, равной $2,5 \text{ м/с}$.
- 3) В течение первых пяти секунд тела двигались в одном направлении.
- 4) Вторично тела А и В встретились в момент времени, равный 9 с .
- 5) В момент времени $t = 5 \text{ с}$ тело В достигло максимальной скорости движения.

Часть 2

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

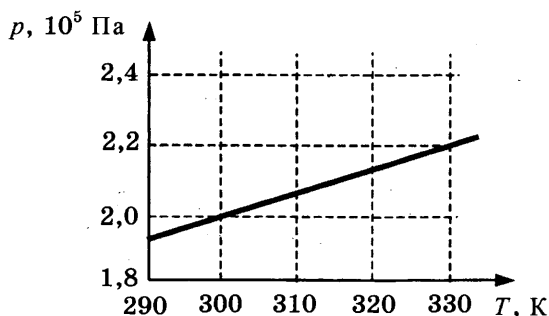
25. За 2 с прямолинейного равноускоренного движения с ускорением 5 м/с^2 скорость тела увеличилась в 3 раза. Определите путь, пройденный телом.

25

Ответ: _____ м.

26. На рисунке показан график изохорного нагревания 0,8 моль идеального газа в закрытом сосуде. Определите объем сосуда. Ответ округлите до сотых.

26



Ответ: _____ м^3 .

27. Фотоны с энергией 2,1 эВ вызывают фотоэффект с поверхности цезия. Чтобы максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в 2 раза, нужно увеличить энергию фотона на 0,2 эВ. Определите работу выхода с поверхности цезия.

27

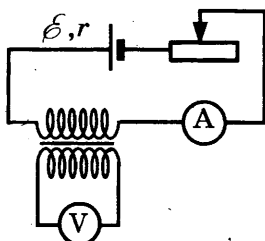
Ответ: _____ эВ.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Полное решение задач 28–32 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (28, 29 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

28. На рисунке показана электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен посередине и неподвижен. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата вправо. ЭДС самоиндукции пренебречь по сравнению с \mathcal{E} .

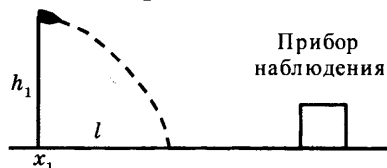
28



Полное правильное решение каждой из задач 29–32 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.

29

29. Прибор наблюдения обнаружил летящий снаряд и зафиксировал его горизонтальную координату x_1 и высоту $h_1 = 1655$ м над землей (см. рисунок). Через 3 с снаряд упал на землю и взорвался на расстоянии $l = 1700$ м от места его обнаружения. Известно, что снаряды данного типа вылетают из ствола пушки со скоростью 800 м/с. На каком расстоянии от точки взрыва снаряда находилась пушка, если считать, что сопротивление воздуха пренебрежимо мало? Пушка и место взрыва находятся на одной горизонтали.

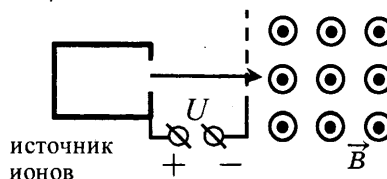


30

30. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его температура при расширении обратно пропорциональна объему. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. На какую величину изменилась внутренняя энергия аргона в результате расширения?

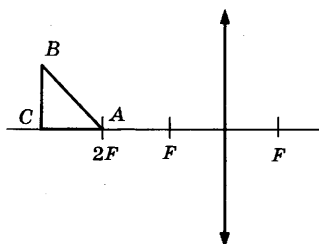
31

31. Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов $U = 10$ кВ и попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно к вектору его индукции \vec{B} (см. рисунок). Радиус траектории движения иона в магнитном поле $R = 0,2$ м, модуль индукции магнитного поля равен 0,5 Тл. Определите отношение массы иона к его электрическому заряду $\frac{m}{q}$. Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебрегите.



32

32. Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC расположен перед тонкой собирающей линзой оптической силой 2,5 дптр так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы (см. рисунок). Вершина прямого угла C лежит дальше от центра линзы, чем вершина острого угла A, расстояние от центра линзы до точки A равно удвоенному фокусному расстоянию линзы, $AC = 4$ см. Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



ВАРИАНТ 10

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Два тела, подброшенных с поверхности земли вертикально вверх, достигли высот 10 м и 30 м и упали на землю. Пути, пройденные этими телами за время их движения,

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

- 1) одинаковы
- 2) отличаются на 10 м
- 3) отличаются на 20 м
- 4) отличаются на 40 м

2. Полосовой магнит массой m поднесли к массивной стальной плите массой M . Сравните силу действия магнита на плиту \vec{F}_1 с силой действия плиты на магнит \vec{F}_2 .

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

- 1) $F_1 = F_2$
- 2) $\frac{F_1}{F_2} = 1 + \frac{m}{M}$
- 3) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{M}{m}$
- 4) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{m}{M}$

3. Два маленьких шарика массой m каждый находятся на расстоянии r друг от друга и притягиваются друг к другу с силами величиной F . Во сколько раз увеличится величина сил гравитационного притяжения двух других шариков, если масса одного $2m$, масса другого $\frac{m}{2}$, а

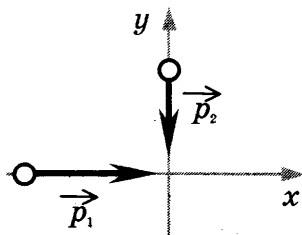
				3
--	--	--	--	---

расстояние между их центрами $\frac{r}{2}$?

Ответ: увеличится в ___ раз(а).

4. Два тела движутся относительно земли по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела $p_1 = 4$ кг · м/с, а второго тела $p_2 = 3$ кг · м/с. Чему равен модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?

				4
--	--	--	--	---



Ответ: _____ кг · м/с.

5

5. Шарик массой 200 г скатывается с горки высотой 2 м, наклоненной под углом 30° к горизонту. Определите работу силы тяжести при перемещении шарика от вершины до подножия горки.

Ответ: _____ Дж.

6

6. Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина все время остается растянутой. Что происходит с кинетической энергией груза и его потенциальной энергией в поле тяжести, когда груз движется вниз от положения равновесия?

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.

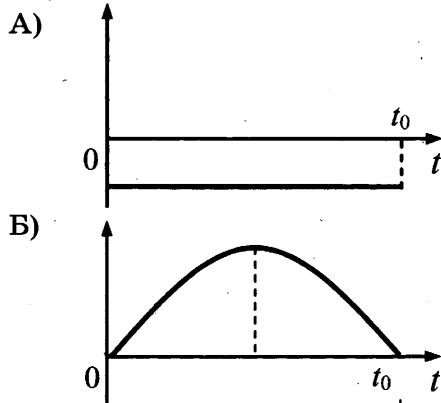
Кинетическая энергия груза	Потенциальная энергия груза в поле тяжести

7

7. Шарик брошен 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) кинетическая энергия шарика

Ответ:

А	Б

8. В воздушном насосе перекрыли выходное отверстие и быстро сжали воздух в цилиндре насоса. Какой процесс происходит с воздухом в цилиндре насоса?

1 2 3 4 8

- 1) изобарный
- 2) изохорный
- 3) изотермический
- 4) адиабатный

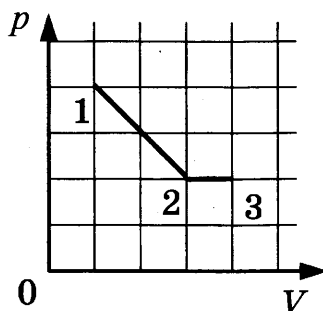
9. Точка росы для водяного пара в комнате равна $6\text{ }^{\circ}\text{C}$. В комнату внесли с балкона сухую бутылку с водой, и вскоре она покрылась мелкими капельками воды. Из этого следует, что

1 2 3 4 9

- 1) температура воздуха на балконе ниже $6\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 2) влажность воздуха на балконе больше, чем в комнате
- 3) влажность воздуха на балконе меньше, чем в комнате
- 4) температура воздуха на балконе выше $6\text{ }^{\circ}\text{C}$

10. На рисунке показано, как менялось давление газа в зависимости от его объема при переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Каково отношение работ газа $\frac{A_{12}}{A_{23}}$ на этих двух отрезках pV -диаграммы?

10



Ответ: _____.

11. Объем сосуда с одноатомным идеальным газом увеличили в 2 раза, выпустив половину газа и поддерживая температуру газа в сосуде постоянной. Как изменились в результате этого давление газа в сосуде и его внутренняя энергия?

11

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

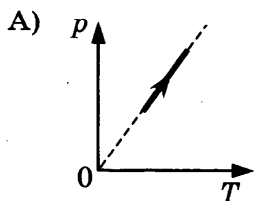
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Давление газа в сосуде	Внутренняя энергия газа
<input type="text"/>	<input type="text"/>

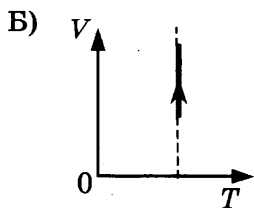
12. На рисунках приведены графики двух изопроцессов, происходящих с идеальным газом неизменной массы. Установите соответствие между графиками и изопроцессами, которые эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



НАЗВАНИЕ ИЗОПРОЦЕССА

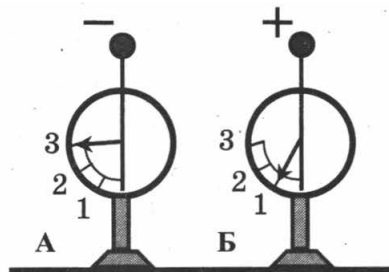
- 1) изотермический
- 2) изохорный
- 3) изобарный
- 4) адиабатный



Ответ:

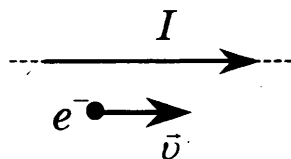
А	Б

13. На рисунке изображены два одинаковых электрометра, шары которых имеют заряды противоположных знаков. Если их шары соединить проволокой, то показания обоих электрометров



- 1) станут равными 2
- 2) не изменятся
- 3) станут равными 1
- 4) станут равными 0

14. Электрон e^- имеет горизонтальную скорость \vec{v} , направленную вдоль прямого длинного проводника с током I (см. рисунок). Куда направлена действующая на электрон сила Лоренца \vec{F} ?



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

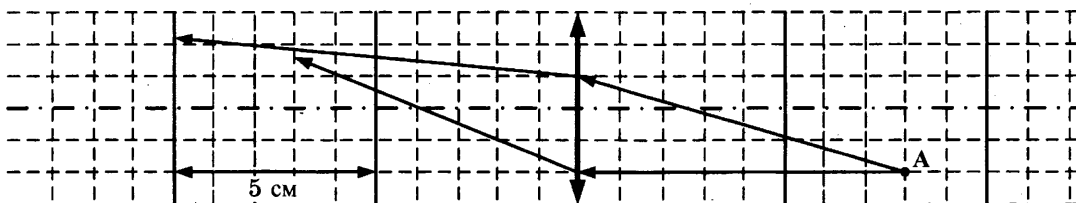
15. Первый конденсатор емкостью $3C$ подключен к источнику тока с ЭДС \mathcal{E} , а второй, емкостью C , подключен к источнику с ЭДС $3\mathcal{E}$. Определите отношение энергии электрического поля второго конденсатора к энергии электрического поля первого конденсатора.

15

Ответ: _____.

16. На рисунке показан ход лучей от точечного источника света А через тонкую линзу.

16

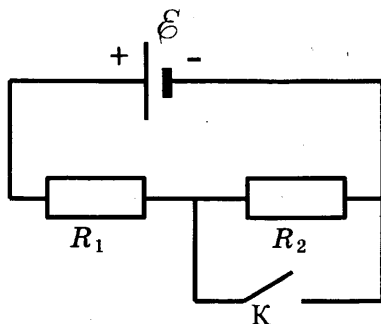


Какова оптическая сила линзы?

Ответ: _____ Дптр.

17. На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС \mathcal{E} и два резистора: R_1 и R_2 . Если ключ К замкнуть, то как изменятся сила тока через резистор R_1 и напряжение на резисторе R_2 ? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

17



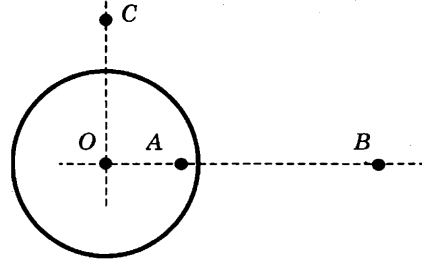
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Сила тока через резистор R_1	Напряжение на резисторе R_2

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 второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ **ИХ ЗНАЧЕНИЯ**

- | | |
|---|--------------------|
| А) модуль напряженности электростатического поля шарика в точке A | 1) 0 |
| Б) модуль напряженности электростатического поля шарика в точке B | 2) $4E_C$ |
| | 3) $\frac{E_C}{2}$ |
| | 4) $\frac{E_C}{4}$ |

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.

2	II	Li 3 Литий $7_{93} \quad 6_{74}$	Be 4 Бериллий 9_{100}	5 B Бор $11_{80} \quad 10_{20}$
3	III	Na 11 Натрий 23_{100}	Mg 12 Магний $24_{79} \quad 26_{11} \quad 25_{10}$	13 Al Алюминий 27_{100}
4	IV	K 19 Калий $39_{93} \quad 41_{67}$	Ca 20 Кальций $40_{97} \quad 44_{2,1}$	Sc 21 Скандий 45_{100}
	V	29 Cu Медь $63_{69} \quad 65_{31}$	30 Zn Цинк $64_{49} \quad 66_{28} \quad 68_{19}$	31 Ga Галлий $69_{60} \quad 71_{40}$

Число протонов и число нейтронов в ядре самого распространенного изотопа цинка соответственно равно

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1) 30 протонов, 49 нейтронов | 3) 34 протона, 30 нейтронов |
| 2) 30 протонов, 34 нейтрона | 4) 34 протона, 64 нейтрона |

20. Сколько α - и β -распадов испытывает ядро урана ${}_{92}^{238}\text{U}$, превращаясь в ядро свинца ${}_{82}^{198}\text{Pb}$?

1	2	3	4	20
---	---	---	---	----

- 1) 10 α - и 10 β -распадов
- 2) 10 α - и 8 β -распадов
- 3) 8 α - и 10 β -распадов
- 4) 10 α - и 9 β -распадов

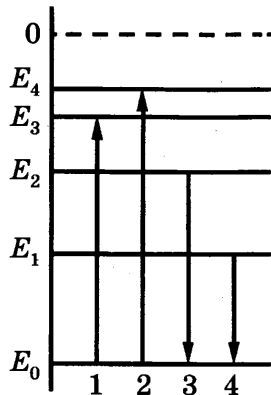
21. Длина волны рентгеновского излучения равна 10^{-10} м. Во сколько раз энергия одного фотона этого излучения превосходит энергию фотона видимого света длиной волны $4 \cdot 10^{-7}$ м?

	21
--	----

Ответ: _____.

22. На рисунке показана диаграмма нескольких энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих переходов связаны с поглощением света наибольшей длины волны и испусканием света наименьшей частоты?

	22
--	----



Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПРОЦЕСС	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД
А) поглощение света наибольшей длины волны	1) 1
	2) 2
Б) излучение света наименьшей частоты	3) 3
	4) 4

Ответ:

А	Б

23. Учитель продемонстрировал опыт по наблюдению напряжения, возникающего в катушке при пролете через нее магнита (рис. 1). Напряжение с катушки поступало в компьютерную измерительную систему и отображалось на мониторе (рис. 2).

1	2	3	4	23
---	---	---	---	----

блок
компьютерной
измерительной
системы

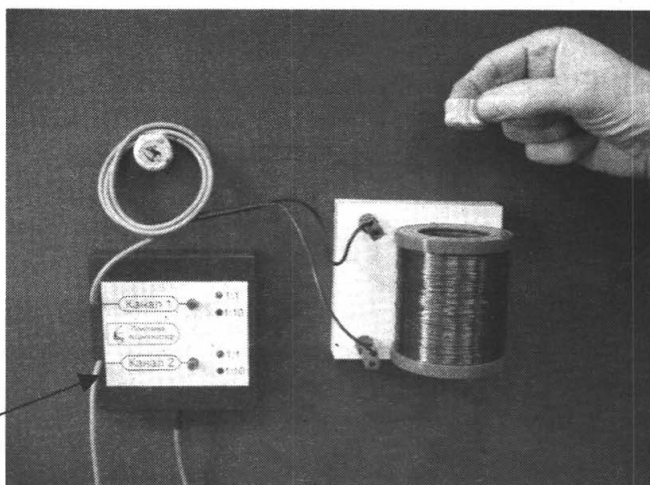


Рис. 1

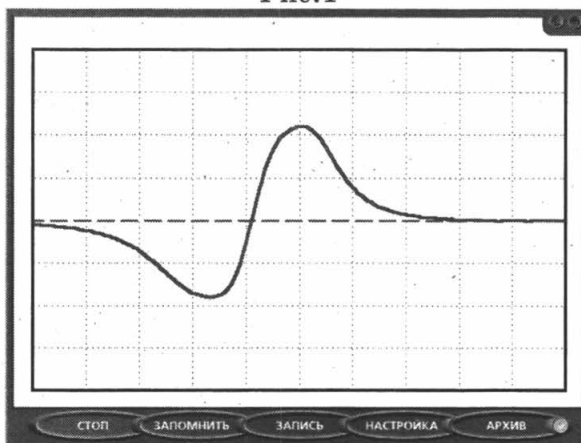


Рис. 2

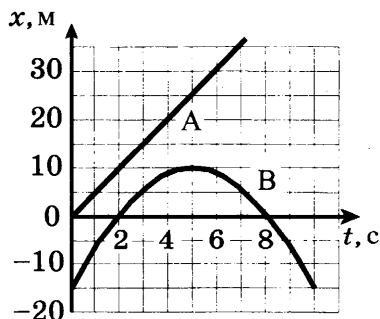
Что исследовалось в опыте?

- 1) зависимость ЭДС самоиндукции поля от изменения направления электрического тока
- 2) зависимость силы Ампера от силы тока
- 3) возникновение магнитного поля при изменении электрического поля
- 4) зависимость направления индукционного тока от изменения магнитного потока

24

1 2 3 4

24. На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: А и В, движущихся по прямой, вдоль которой направлена ось Ox . Выберите два верных утверждения о характере движения тел.



- 1) Тело А движется с постоянной скоростью, равной 5 м/с.
- 2) В момент времени $t = 5$ с скорость тела В была больше скорости тела А.
- 3) В течение первых пяти секунд тела двигались в одном направлении.
- 4) В момент времени $t = 2$ с тела находились на расстоянии 20 м друг от друга.
- 5) За первые 5 с движения тело В прошло путь 15 м.

Часть 2

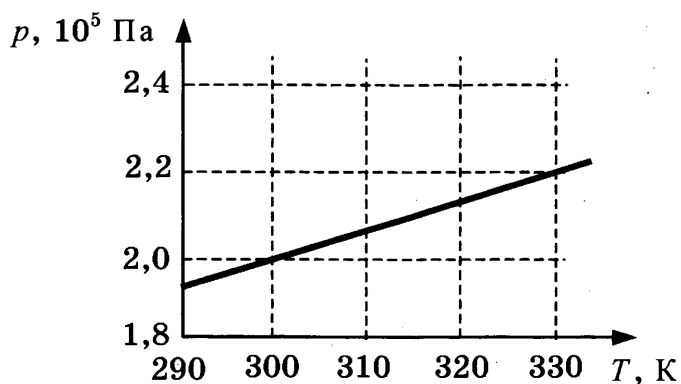
При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. За 2 с прямолинейного равноускоренного движения тело прошло 20 м, причем его скорость увеличилась в 3 раза. Определите ускорение тела.

 25

Ответ: _____ м/с².

26. На рисунке показан график изохорного нагревания идеального газа в сосуде объемом 10^{-2} м³. Какое количество газа содержится в этом сосуде? Ответ округлите до десятых.

 26


Ответ: _____ моль.

27. Фотоны с энергией 2,1 эВ вызывают фотоэффект с поверхности цезия, для которого работа выхода равна 1,9 эВ. На сколько нужно увеличить энергию фотона, чтобы максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в 2 раза?

 27

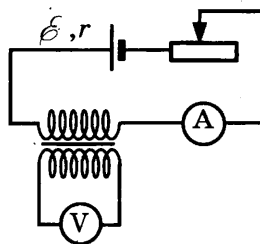
Ответ: _____ эВ.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Полное решение задач 28–32 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (28, 29 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

28

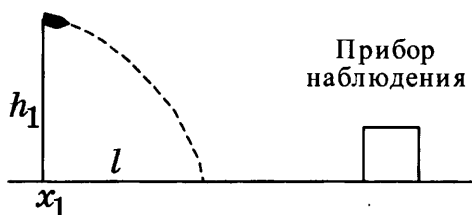
28. На рисунке показана электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен посередине и неподвижен. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата влево. ЭДС самоиндукции пренебречь по сравнению с \mathcal{E} .



Полное правильное решение каждой из задач 29–32 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.

29

29. Прибор наблюдения обнаружил летящий снаряд и зафиксировал его горизонтальную координату x_1 и высоту $h_1 = 1655$ м над землей (см. рисунок). Через 3 с снаряд упал на землю и взорвался на расстоянии $l = 1700$ м от места его обнаружения. Чему равнялось время полета снаряда от пушки до места взрыва, если считать, что сопротивление воздуха пренебрежимо мало? Пушка и место взрыва находятся на одной горизонтали.



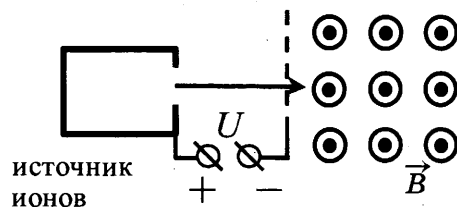
30

30. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его температура при расширении обратно пропорциональна объему. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. Какое количество теплоты газ отдал при расширении, если при этом он совершил работу $A = 2493$ Дж?

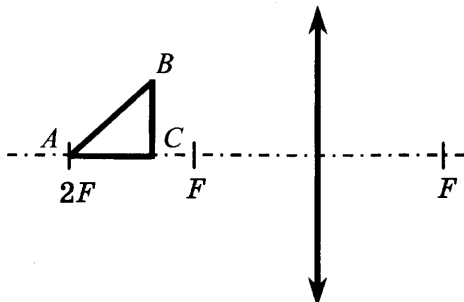
31

31. Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов $U = 10$ кВ и попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно к вектору его индукции \vec{B} (см. рисунок). Радиус траектории движе-

ния иона в магнитном поле $R = 0,2$ м, отношение массы иона к его электрическому заряду $\frac{m}{q} = 5 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл. Определите значение модуля индукции магнитного поля. Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебрегите.



32. Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC расположен перед тонкой собирающей линзой оптической силой 2,5 дптр так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы (см. рисунок). Вершина прямого угла C лежит ближе к центру линзы, чем вершина острого угла A . Расстояние от центра линзы до точки A равно удвоенному фокусному расстоянию линзы, $AC = 4$ см. Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА 10

Часть 1

1. Два тела, подброшенных с поверхности земли вертикально вверх, достигли высот 10 м и 30 м и упали на землю. Пути, пройденные этими телами за время их движения,
- 1) одинаковы
 - 2) отличаются на 10 м
 - 3) отличаются на 20 м
 - 4) отличаются на 40 м

Решение:

За время своего движения по вертикали сначала вверх от поверхности земли до высоты h максимального подъема, а затем вниз до падения на землю тело проходит путь $2h$. Поэтому первое тело за время своего движения прошло путь, равный 20 м, а второе — путь, равный 60 м. Эти пути отличаются друг от друга на 40 м.

Ответ: 4.

2. Полосовой магнит массой m поднесли к массивной стальной плите массой M . Сравните силу действия магнита на плиту \vec{F}_1 с силой действия плиты на магнит \vec{F}_2 .

- 1) $F_1 = F_2$
- 2) $\frac{F_1}{F_2} = 1 + \frac{m}{M}$
- 3) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{M}{m}$
- 4) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{m}{M}$

Решение:

Согласно третьему закону Ньютона, $F_1 = F_2$.

Ответ: 1.

3. Два маленьких шарика массой m каждый находятся на расстоянии r друг от друга и притягиваются друг к другу с силами величиной F . Во сколько раз увеличится величина сил гравитационного притяжения двух других шариков, если масса одного $2m$, масса другого $\frac{m}{2}$, а расстояние между их центрами $\frac{r}{2}$?

Ответ: увеличится в ___ раз(а).

Решение:

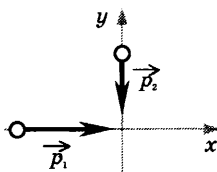
Согласно закону всемирного тяготения, величина сил притяжения между маленькими шариками массами m_1 и m_2 , находящимися на расстоянии r друг от друга, равна

$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$. Поэтому в первом случае $F_1 = G \frac{m^2}{r^2} = F$, а во втором случае

$$F_2 = G \frac{2m \cdot \frac{m}{2}}{\left(\frac{r}{2}\right)^2} = 4G \frac{m^2}{r^2} = 4F.$$

Ответ: увеличится в 4 раза.

4. Два тела движутся относительно земли по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела $p_1 = 4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$, а второго тела $p_2 = 3 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Чему равен модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?



Ответ: _____ кг · м/с.

Решение:

При ударе импульс системы двух тел сохраняется, поэтому после удара он тот же, что и до удара: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$. Модуль импульса $p = \sqrt{p_1^2 + p_2^2} = 5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

Ответ: 5 кг · м/с.

5. Шарик массой 200 г скатывается с горки высотой 2 м, наклоненной под углом 30° к горизонту. Определите работу силы тяжести при перемещении шарика от вершины до подножия горки.

Ответ: _____ Дж.

Решение:

Работа силы тяжести связана с изменением потенциальной энергии шарика в поле тяжести: $A_{\text{тяж}} = E_{\text{П1}} - E_{\text{П2}} = mgh_1 - mgh_2$. Полагая $h_1 = h$, $h_2 = 0$, получаем $A_{\text{тяж}} = mgh = 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 2 \text{ м} = 4 \text{ Дж}$.

Ответ: 4 Дж.

6. Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина все время остается растянутой. Что происходит с кинетической энергией груза и его потенциальной энергией в поле тяжести, когда груз движется вниз от положения равновесия?

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 груза	Потенциальная энергия груза в поле тяжести

Решение:

В положении равновесия груза пружина уже растянута. Ниже положения равновесия упругая сила со стороны пружины превосходит по величине силу тяжести, действующую на груз. Поэтому ускорение груза направлено вверх, скорость груза v при его движении

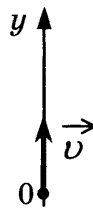
вниз от положения равновесия уменьшается, кинетическая энергия груза $E_{\text{кин.}} = \frac{mv^2}{2}$

при этом тоже уменьшается.

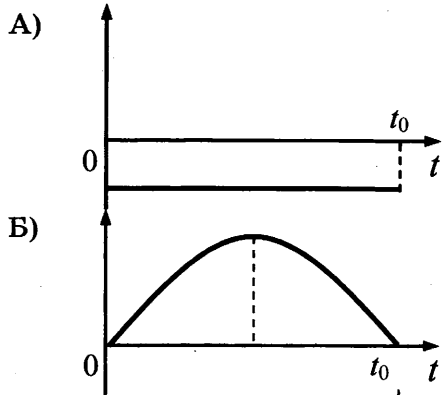
При движении вниз груз теряет высоту h , поэтому его потенциальная энергия в поле тяжести $E_{\text{потенц.}} = mgh$ уменьшается.

Ответ: 22.

7. Шарик брошен 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) кинетическая энергия шарика

Ответ:

	А	Б

Решение:

А) Из упомянутых величин отрицательная константа — только проекция ускорения $a_y = -g$.

Б) График Б напоминает параболу $y(t) = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$.

Ответ: 31.

8. В воздушном насосе перекрыли выходное отверстие и быстро сжали воздух в цилиндре насоса. Какой процесс происходит с воздухом в цилиндре насоса?

- | | |
|--------------|-------------------|
| 1) изобарный | 3) изотермический |
| 2) изохорный | 4) адиабатный |

Решение:

Быстрый процесс сжатия воздуха означает практическое отсутствие теплообмена. Поэтому это адиабатный процесс.

Ответ: 4.

9. Точка росы для водяного пара в комнате равна 6°C . В комнату внесли с балкона сухую бутылку с водой, и вскоре она покрылась мелкими капельками воды. Из этого следует, что

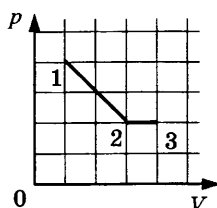
- 1) температура воздуха на балконе ниже 6°C
- 2) влажность воздуха на балконе больше, чем в комнате
- 3) влажность воздуха на балконе меньше, чем в комнате
- 4) температура воздуха на балконе выше 6°C

Решение:

Поскольку бутылка покрылась капельками воды, значит на ее поверхности выпала роса из воздуха в комнате. По условию точка росы для водяного пара в комнате равна 6°C , значит, бутылка имела температуру ниже или равную данной. Следовательно, на балконе температура ниже 6°C .

Ответ: 1.

10. На рисунке показано, как менялось давление газа в зависимости от его объема при переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Каково отношение работ газа $\frac{A_{12}}{A_{23}}$ на этих двух отрезках pV -диаграммы?



Решение:

Работа газа равна площади фигуры под графиком процесса изменения его состояния в переменных p - V . Поэтому отношение работ газа $\frac{A_{12}}{A_{23}}$ равно отношению площади трапеции с вертикальными боковыми сторонами, лежащей под отрезком 1-2, к площади прямоугольника под отрезком 2-3. Это отношение равно 3.

Ответ: 3.

11. Объем сосуда с одноатомным идеальным газом увеличили в 2 раза, выпустив половину газа и поддерживая температуру газа в сосуде постоянной. Как изменились в результате этого давление газа в сосуде, и его внутренняя энергия?

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.

Давление газа в сосуде	Внутренняя энергия газа

Решение:

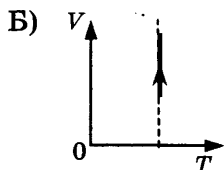
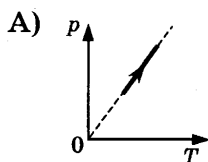
Из уравнения Клапейрона-Менделеева следует, что $p = \frac{\nu}{V} RT$. Поэтому при условиях, указанных в задаче, давление p уменьшилось в 4 раза.

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа $U = \frac{3}{2} \nu RT$ при условиях, указанных в задаче, уменьшилась в 2 раза.

Ответ: 22.

12. На рисунках приведены графики двух изопроцессов, происходящих с идеальным газом неизменной массы. Установите соответствие между графиками и изопроцессами, которые эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



НАЗВАНИЕ ИЗОПРОЦЕССА

- 1) изотермический
- 2) изохорный
- 3) изобарный
- 4) адиабатный

Ответ:

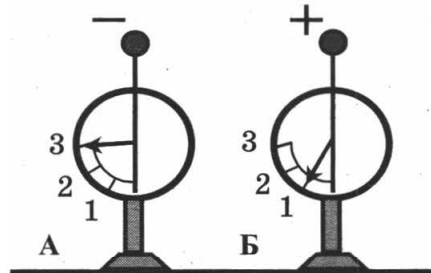
А	Б

Решение:

Первый график представляет собой прямо пропорциональную зависимость давления от температуры, при этом объем газа должен оставаться неизменным — изохорный процесс. Второй график соответствует процессу с неизменной температурой — изотермический процесс.

Ответ: 21.

13. На рисунке изображены два одинаковых электрметра, шары которых имеют заряды противоположных знаков. Если их шары соединить проволокой, то показания обоих электрметров



- 1) станут равными 2
2) не изменятся

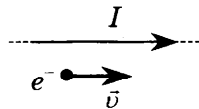
- 3) станут равными 1
4) станут равными 0

Решение:

Левый электромметр имеет заряд $-3q$, а правый $+q$. При соединении электрметров проводником в соответствии с законом сохранения заряда суммарный заряд станет равным $-3q + q = -2q$, который поровну разделится между электрметрами. Показания электрметров установятся в положении 1.

Ответ: 3

14. Электрон e^- имеет горизонтальную скорость \vec{v} , направленную вдоль прямого длинного проводника с током I (см. рисунок). Куда направлена действующая на электрон сила Лоренца \vec{F} ?



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

Решение:

Вектор магнитной индукции проводника с током, действующий на электрон, направлен от наблюдателя. По правилу левой руки сила Лоренца, действующая на электрон, направлена вниз в плоскости рисунка.

Ответ: 3.

15. Первый конденсатор емкостью $3C$ подключен к источнику тока с ЭДС \mathcal{E} , а второй, емкостью C , подключен к источнику с ЭДС $3\mathcal{E}$. Определите отношение энергии электрического поля второго конденсатора к энергии электрического поля первого конденсатора.

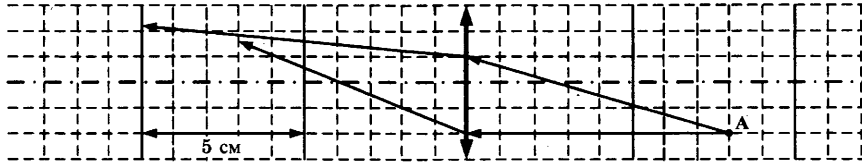
Решение:

Энергия электрического поля первого конденсатора $W_1 = \frac{3C \cdot E^2}{2}$, а второго

$W_2 = \frac{C \cdot (3E)^2}{2}$. Их отношение $\frac{W_2}{W_1} = 3$.

Ответ: 3.

16. На рисунке показан ход лучей от точечного источника света А через тонкую линзу.



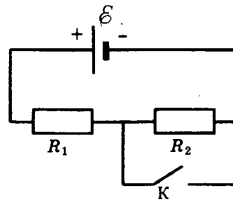
Какова оптическая сила линзы?

Решение:

Длина стороны одной клетки на рисунке равна 1 см. Луч, идущий к линзе из точки А параллельно главной оптической оси линзы, после преломления в линзе пересекает эту ось в фокусе, находящемся на расстоянии 4 клеток от линзы. Значит, линза — собирающая, а ее фокусное расстояние $F = 4$ см. Оптическая сила линзы $D = 1/F = 25$ дптр.

Ответ: 25 Дптр.

17. На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС \mathcal{E} и два резистора: R_1 и R_2 . Если ключ К замкнуть, то как изменятся сила тока через резистор R_1 и напряжение на резисторе R_2 ? Внутренним сопротивлением источника тока 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.

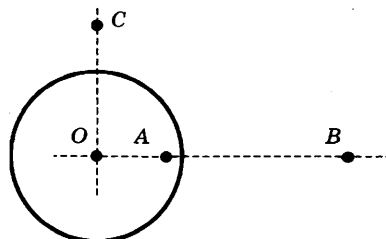
Сила тока через резистор R_1	Напряжение на резисторе R_2

Решение:

При замыкании ключа ток через резистор R_2 прекратится, а напряжение на нем станет равным нулю. Общее сопротивление внешней цепи ($R_1 + R_2$) уменьшится, а сила тока через резистор R_1 в соответствии с законом Ома увеличится.

Ответ: 12.

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 EC . 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 второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ЗНАЧЕНИЯ

- | | |
|---|---|
| <p>А) модуль напряженности электростатического поля шарика в точке А</p> <p>Б) модуль напряженности электростатического поля шарика в точке В</p> | <p>1) 0</p> <p>2) $4E_C$</p> <p>3) $\frac{E_C}{2}$</p> <p>4) $\frac{E_C}{4}$</p> |
|---|---|

Ответ:

А	Б

Решение:

Точка А находится внутри проводника, поэтому напряженность электрического поля в ней равна 0.

Точка В находится в 2 раза дальше, чем точка С. Так как $E = \frac{1}{R^2}$, то напряженность поля в точке В будет в 4 раза меньше, чем в точке С.

Ответ: 14.

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.

2	II	Li 3	Be 4	5 B
		Литий <small>7_{93} 6_{74}</small>	Бериллий <small>9_{100}</small>	Бор <small>11_{80} 10_{20}</small>
3	III	Na 11	Mg 12	13 Al
		Натрий <small>23_{100}</small>	Магний <small>24_{79} 26_{11} 25_{10}</small>	Бор <small>27_{100}</small>
4	IV	K 19	Ca 20	Sc 21
		Калий <small>39_{93} 41_{67}</small>	Кальций <small>40_{97} $44_{2,1}$</small>	Скандий <small>45_{100}</small>
	V	29 Cu	30 Zn	31 Ga
		Медь <small>63_{69} 65_{31}</small>	Цинк <small>64_{49} 66_{28} 68_{19}</small>	Галий <small>69_{60} 71_{40}</small>

Число протонов и число нейтронов в ядре самого распространенного изотопа цинка соответственно равно

- 1) 30 протонов, 49 нейтронов
- 2) 30 протонов, 34 нейтрона
- 3) 34 протона, 30 нейтронов
- 4) 34 протона, 64 нейтрона

Решение:

Согласно данным из рисунка, самым распространенным в природе (49%) изотопом цинка является ${}_{30}^{64}\text{Zn}$, ядро которого содержит 30 протонов и 34 нейтрона.

Ответ: 2.

20. Сколько α - и β -распадов испытывает ядро урана ${}_{92}^{238}\text{U}$, превращаясь в ядро свинца ${}_{82}^{198}\text{Pb}$?

- 1) 10 α - и 10 β -распадов 3) 8 α - и 10 β -распадов
 2) 10 α - и 8 β -распадов 4) 10 α - и 9 β -распадов

Решение:

Каждый α -распад уменьшает массовое число ядра на 4 и его зарядовое число (атомный номер) на 2. Каждый β^- -распад увеличивает зарядовое число ядра на 1 и не меняет его массовое число. Отсюда для описания превращения ядра урана ${}_{92}^{238}\text{U}$ в ядро свинца

${}_{82}^{198}\text{Pb}$ через x α -распадов и y β^- -распадов получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 238 - 4x = 198, \\ 92 - 2x + y = 82 \end{cases} \text{ с решением } \begin{cases} x = 10, \\ y = 10. \end{cases}$$

Ответ: 1.

21. 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?

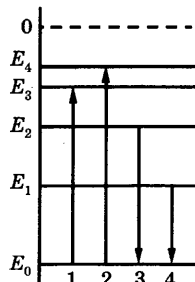
Решение:

Энергия фотона E связана с длиной волны λ равенством: $E = \frac{hc}{\lambda}$. Поэтому

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{hc}{\lambda_1} \cdot \frac{\lambda_2}{hc} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{4 \cdot 10^{-7}}{10^{-10}} = 4 \cdot 10^3 = 4000.$$

Ответ: 4000.

22. На рисунке показана диаграмма нескольких энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих переходов связаны с поглощением света наибольшей длины волны и испусканием света наименьшей частоты?



Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПРОЦЕСС	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД
А) поглощение света наибольшей длины волны	1) 1
	2) 2
Б) излучение света наименьшей частоты	3) 3
	4) 4

Ответ:

А	Б

Решение:

А) Энергия фотона $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$. Поглощение фотона атомом происходит при переходе атома из состояния с более низкой энергией в состояние с более высокой энергией. Из показанных на диаграмме переходов это переходы, представленные стрелками 1 и 2. Энергия фотона равна разности значений энергии состояний. Наибольшая длина волны соответствует наименьшей энергии фотона. В случае переходов 1 и 2 это переход 1.

Б) Излучение фотона атомом происходит при переходе атома из состояния с более высокой энергией в состояние с более низкой энергией. Из показанных на диаграмме переходов это переходы, представленные стрелками 3 и 4. Энергия фотона равна разности значений энергии состояний. Наименьшая частота соответствует наименьшей энергии фотона. В случае переходов 3 и 4 это переход 4.

Ответ: 14.

23. Учитель продемонстрировал опыт по наблюдению напряжения, возникающего в катушке при пролете через нее магнита (рис. 1). Напряжение с катушки поступало в компьютерную измерительную систему и отображалось на мониторе (рис. 2).

блок
компьютерной
измерительной
системы

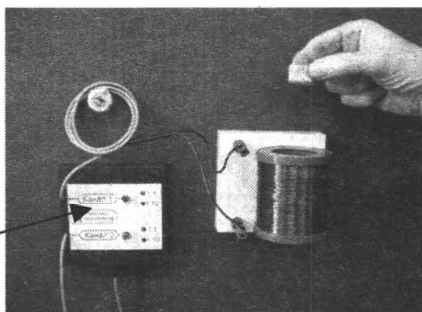


Рис. 1

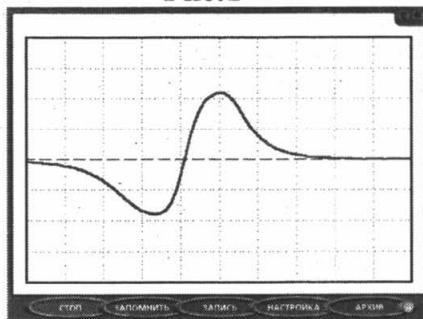


Рис. 2

Что исследовалось в опыте?

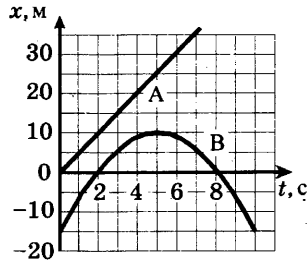
- 1) зависимость ЭДС самоиндукции поля от изменения направления электрического тока
- 2) зависимость силы Ампера от силы тока
- 3) возникновение магнитного поля при изменении электрического поля
- 4) зависимость направления индукционного тока от изменения магнитного потока

Решение:

В опыте при пролете магнита через катушку изменяется магнитный поток, что приводит к возникновению индукционного тока. Измерительная система фиксирует изменение напряжения на катушке, и, соответственно, можно судить об изменении направления индукционного тока.

Ответ: 4.

24. На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: А и В, движущихся по прямой, вдоль которой направлена ось Ox . Выберите два верных утверждения о характере движения тел.



- 1) Тело А движется с постоянной скоростью, равной 5 м/с .
- 2) В момент времени $t = 5 \text{ с}$ скорость тела В была больше скорости тела А.
- 3) В течение первых пяти секунд тела двигались в одном направлении.
- 4) В момент времени $t = 2 \text{ с}$ тела находились на расстоянии 20 м друг от друга.
- 5) За первые 5 с движения тело В прошло путь 15 м .

Решение:

- 1) Скорость тела А в пределах графика постоянна и равна $\Delta x : \Delta t = (35 \text{ м} - 0) : 7 \text{ с} = 5 \text{ м/с}$.
 - 2) В момент времени $t = 5 \text{ с}$ скорость тела В равна нулю, так как касательная к графику $x(t)$ параллельна оси t при $t = 5 \text{ с}$. Скорость тела А в пределах графика постоянна и равна 5 м/с .
 - 3) Тело А движется в положительном направлении оси Ox в течение всего времени наблюдения за ним, а тело В — только в интервале от 0 до 5 с .
 - 4) В момент времени $t = 2 \text{ с}$ тела находились на расстоянии 10 м друг от друга.
 - 5) За первые 5 с движения тело В прошло путь $15 + 10 = 25 \text{ м}$.
- Таким образом, верными являются утверждения 1 и 3, а остальные неверными.

Ответ: 13.

Часть 2

25. За 2 с прямолинейного равноускоренного движения тело прошло 20 м , причем его скорость увеличилась в 3 раза. Определите ускорение тела.

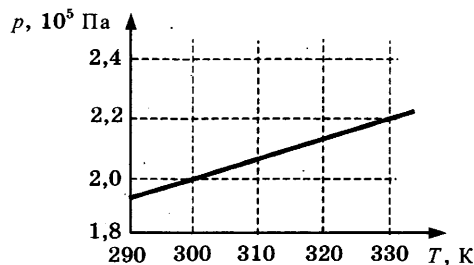
Решение:

Условие задачи приводит к следующей системе уравнений для начальной скорости тела v_0 и его ускорения a :

$$\begin{cases} v_0 + at = 3v_0, \\ v_0 t + \frac{at^2}{2} = s. \end{cases} \quad \text{Решаем систему:} \quad \begin{cases} v_0 = \frac{s}{2t} = 5 \text{ м/с}, \\ a = \frac{s}{t^2} = 5 \text{ м/с}^2. \end{cases}$$

Ответ: 5 м/с^2 .

26. На рисунке показан график изохорного нагревания идеального газа в сосуде объемом 10^{-2} м^3 . Какое количество газа содержится в этом сосуде? Ответ округлите до десятых.



Решение:

Из уравнения Клапейрона–Менделеева $pV = \nu RT$ и графика следует:

$$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 10^{-2}}{8,31 \cdot 300} \approx 0,8 \text{ моль.}$$

Ответ: 0,8 моль.

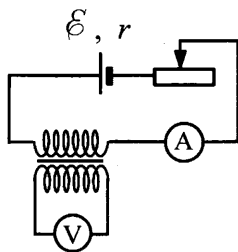
27. Фотоны с энергией 2,1 эВ вызывают фотоэффект с поверхности цезия, для которого работа выхода равна 1,9 эВ. На сколько нужно увеличить энергию фотона, чтобы максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в 2 раза?

Решение:

Из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта, записанного в форме, $E_{\text{фотона}} = A_{\text{выхода}} + E_{\text{макс. кин.}}$ следует, что в исходной ситуации $E_{\text{макс. кин.}} = E_1 = 2,1 \text{ эВ} - 1,9 \text{ эВ} = 0,2 \text{ эВ}$. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов должна увеличиться в 2 раза, приняв значение $E_2 = 2E_1 = 0,4 \text{ эВ}$, то есть увеличиться на 0,2 эВ. Из уравнения Эйнштейна следует, что для этого нужно увеличить энергию фотона на ту же величину, то есть на 0,2 эВ, так как $A_{\text{выхода}}$ не зависит от энергии фотона.

Ответ: 0,2 эВ.

28. На рисунке показана электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен посередине и неподвижен. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата влево. ЭДС самоиндукции пренебречь по сравнению с \mathcal{E} .



Возможное решение

Во время перемещения движка реостата показания амперметра будут плавно увеличиваться, а вольтметр будет регистрировать напряжение на концах вторичной обмотки.

Примечание: Для полного ответа не требуется объяснения показаний приборов в крайнем левом положении. (Когда движок придет в крайнее левое положение и движение его прекратится, амперметр будет показывать постоянную силу тока в цепи, а напряжение, измеряемое вольтметром, окажется равным нулю).

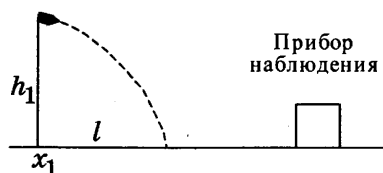
При перемещении ползунка влево сопротивление внешней цепи уменьшается, а сила тока увеличивается в соответствии с законом Ома для полной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$, где R — сопротивление внешней цепи.

Изменение тока, текущего по первичной обмотке трансформатора, вызывает изменение индукции магнитного поля, создаваемого этой обмоткой. Это приводит к изменению магнитного потока через вторичную обмотку трансформатора.

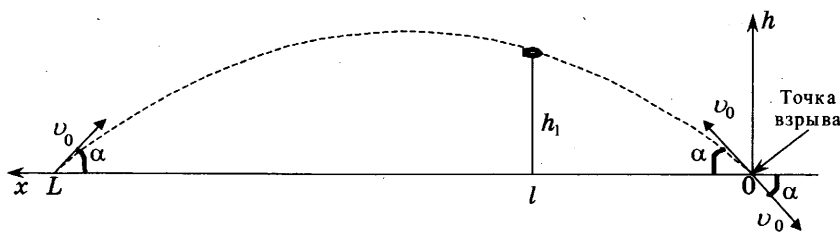
В соответствии с законом индукции Фарадея возникает ЭДС индукции $\mathcal{E}_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ во вторичной обмотке, а, следовательно, напряжение U на ее концах, регистрируемое вольтметром.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>увеличение показаний амперметра и регистрация вольтметром напряжения</i>), и полное верное объяснение с указанием используемых для анализа процесса законов (в данном случае: <i>закон Ома для полной цепи, закон Фарадея</i>)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении содержится <u>один</u> из следующих недостатков. В объяснении не указаны одно из явлений или один из физических законов, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Объяснения представлены не в полном объеме, или в них содержится один логический недочет	2
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нем не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

29. Прибор наблюдения обнаружил летящий снаряд и зафиксировал его горизонтальную координату x_1 и высоту $h_1 = 1655$ м над землей (см. рисунок). Через 3 с снаряд упал на землю и взорвался на расстоянии $l = 1700$ м от места его обнаружения. Чему равнялось время полета снаряда от пушки до места взрыва, если считать, что сопротивление воздуха пренебрежимо мало? Пушка и место взрыва находятся на одной горизонтали.



Возможное решение



При отсутствии сопротивления воздуха траектория снаряда — парабола, и в точке падения на землю снаряд должен иметь ту же по модулю скорость v_0 , составляющую с горизонталью тот же угол α , что и в точке вылета. Поэтому если из точки взрыва выпустить воображаемый снаряд обратно со скоростью \vec{v}_0 , направленной под углом α к горизонту, то он полетит по той же траектории и упадет на пушку (см. рисунок).

Проведем горизонтальную ось Ox с началом в точке взрыва, направленную к пушке. На этой оси координата точки, где снаряд был обнаружен, $l = 1700$ м, а по вертикальной оси ее координата $h = h_1$. Время полета до этой точки $t_1 = 3$ с. Согласно формулам кинематики имеем:

$$l = v_0 t_1 \cos \alpha; \quad (1)$$

$$h_1 = v_0 t_1 \sin \alpha - \frac{1}{2} g t_1^2. \quad (2)$$

Из уравнения (1) находим: $v_0 = \frac{l}{t_1 \cos \alpha}$. Подставив это выражение в уравнение (2), по-

лучаем: $h_1 = \frac{l \sin \alpha}{t_1 \cos \alpha} \cdot t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2 = l \operatorname{tg} \alpha - \frac{1}{2} g t_1^2$.

Отсюда: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_1 + \frac{1}{2} g t_1^2}{l} = \frac{1655 + 5 \cdot 9}{1700} = 1; \quad \alpha = 45^\circ$.

Время α полета снаряда находим из уравнения $h = v_0 t \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2$. При $t = \alpha$ $h = 0$. Сле-

довательно, $0 = v_0 \sin \alpha - \frac{1}{2} g \alpha$, $\tau = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2 \cdot l}{g t_1} \approx 113$ с.

Ответ: $\tau \approx 113$ с.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>формулы кинематики движение тела, брошенного под углом к горизонту</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p>	1

ИЛИ	
В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
ИЛИ	
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

30. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его температура при расширении обратно пропорциональна объему. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. Какое количество теплоты газ отдал при расширении, если при этом он совершил работу $A = 2493$ Дж?

Возможное решение

Аргон является одноатомным газом, подчиняющимся уравнению Клапейрона–Менделеева: $pV = \nu RT$, внутренняя энергия одноатомного идеального газа пропорциональна температуре:

$$U = \frac{3}{2} \nu RT, \text{ так что } U_2 = \frac{3}{2} \nu RT_2.$$

С помощью уравнения Клапейрона–Менделеева и условия расширения $V_1 T_1 = V_2 T_2$ определим конечную температуру $T_2 = T_1 \sqrt{\frac{p_2}{p_1}}$ и внутреннюю энергию $U_2 = \frac{3}{2} \nu RT_1 \sqrt{\frac{p_2}{p_1}}$.

Уменьшение внутренней энергии при расширении $\Delta U = U_1 - U_2 = \frac{3}{4} \nu RT_1 \approx 3740$ Дж.

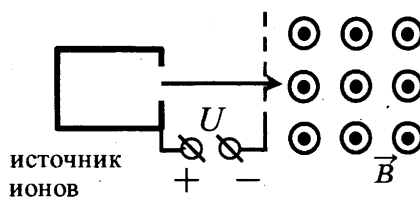
В соответствии с первым началом термодинамики уменьшение внутренней энергии равно совершенной работе и количеству теплоты, отданному газом: $\Delta U = Q + A$, поэтому $Q = \Delta U - A \approx 1247$ Дж.

Ответ: $Q \approx 1247$ Дж.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>первое начало термодинамики, формула, описывающая процесс расширения газа, формула для внутренней энергии одноатомного идеального газа, и уравнение Клапейрона–Менделеева</i>); описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки.	2

<p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

31. Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов $U = 10$ кВ и попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно к вектору его индукции \vec{B} (см. рисунок). Радиус траектории движения иона в магнитном поле $R = 0,2$ м, отношение массы иона к его электрическому заряду $\frac{m}{q} = 5 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл. Определите значение модуля индукции магнитного поля. Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебрегите.



Возможное решение

Кинетическая энергия иона при входе в магнитное поле $\frac{mv^2}{2} = qU$, (1)

где m , v и q – соответственно масса, скорость и заряд иона.

В магнитном поле на ион действует сила Лоренца, перпендикулярная скорости иона и вектору магнитной индукции $F_L = qvB$, придающая ему центростремительное ускорение

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R}. \text{ Получаем: } qvB = m \frac{v^2}{R}. \quad (2)$$

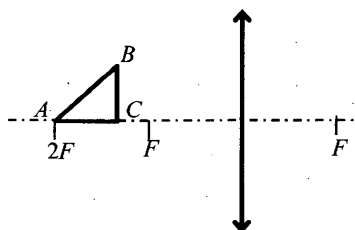
Решая систему уравнений (1) и (2), находим:

$$B = \frac{1}{R} \sqrt{2U \frac{m}{q}} = \frac{1}{0,2} \sqrt{2 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-7}} = 0,5 \text{ Тл.}$$

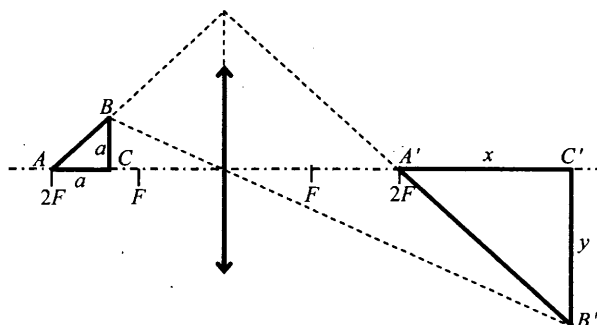
Ответ: $B = 0,5$ Тл.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>связь разности потенциалов электростатического поля с изменением кинетической энергии перемещающегося в нем заряженного тела, второй закон Ньютона, формулы для расчета силы Лоренца и центростремительного ускорения</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

32. Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC расположен перед тонкой собирающей линзой оптической силой $2,5$ дптр так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы (см. рисунок). Вершина прямого угла C лежит ближе к центру линзы, чем вершина острого угла A . Расстояние от центра линзы до точки A равно удвоенному фокусному расстоянию линзы, $AC = 4$ см. Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



Возможное решение



Длину x горизонтального катета $A'C'$ изображения находим по формуле линзы:

$$\frac{1}{2F - a} + \frac{1}{2F + x} = \frac{1}{F}, \text{ откуда } x = \frac{aF}{F - a} = \frac{a}{1 - aD}.$$

Длину y вертикального катета $B'C'$ изображения находим из подобия:

$$y = a \cdot \frac{2F + x}{2F - a} = \frac{aF}{F - a} = \frac{a}{1 - aD} = x.$$

$$\text{Площадь изображения } S_1 = \frac{1}{2} A'C' \cdot B'C' = \frac{a^2}{2(1 - aD)^2} \approx 9,9 \text{ см}^2.$$

Ответ: $S_1 \approx 9,9 \text{ см}^2$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности; <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>формула линзы</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) представлен схематический рисунок, поясняющий решение;</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен <u>правильный ответ</u> с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Пункт III представлен не в полном объеме, содержит ошибки или отсутствует.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение ко-</p>	1

<p>торых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Представлен только правильный рисунок, поясняющий решение</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

ОТВЕТЫ

СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ

ВАРИАНТ 1

Задания с выбором ответа

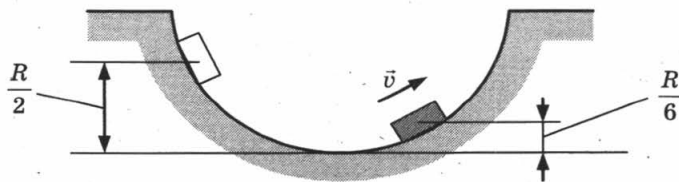
За правильный ответ на каждое задание с выбором ответа ставится по 1 баллу. Если указаны два и более ответов (в том числе, возможно, и правильный), неверный ответ или ответ отсутствует — 0 баллов.

Задания 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 оцениваются 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.

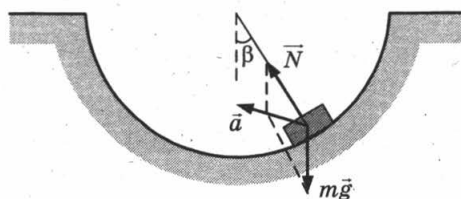
№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	3	15	3
2	4	16	4
3	3	17	32
4	4	18	21
5	0,6	19	3
6	23	20	1
7	14	21	43
8	3	22	22
9	3	23	1
10	1,5	24	35 или 53
11	13	25	550
12	42	26	270
13	3	27	1000
14	1		

Задания с развернутым ответом

28. Маленькая шайба движется из состояния покоя по неподвижной гладкой сферической поверхности радиусом R . Начальное положение шайбы находится на высоте $\frac{R}{2}$ относительно нижней точки поверхности. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шайбу в момент, когда она движется вправо-вверх, находясь на высоте $\frac{R}{6}$ над нижней точкой поверхности (см. рисунок). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шайбы (по радиусу поверхности, по касательной к поверхности, внутрь поверхности, наружу от поверхности). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.



Возможное решение



К шайбе приложены сила тяжести $m\vec{g}$, направленная вертикально вниз, и сила реакции поверхности \vec{N} , направленная по радиусу вверх. Ускорение шайбы \vec{a} направлено внутрь траектории левее направления силы \vec{N} (см. рисунок).

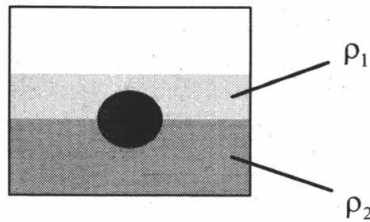
В промежуточной точке скорость шайбы $\vec{v} \neq 0$, поэтому у шайбы есть центростремительное ускорение $\vec{a}_c \neq 0$, направленное к центру окружности, по которой движется шайба.

Проекция ускорения шайбы на касательную к окружности равна по модулю $g \sin \beta$, поэтому у шайбы есть касательная, составляющая ускорения $\vec{a}_t \neq 0$, направленная в сторону нижней точки сферы.

Ускорение шарика $\vec{a} = \vec{a}_c + \vec{a}_t$, направлено внутрь сферической поверхности левее направления силы \vec{N} .

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае показаны силы и направление ускорения), и полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае наличие центростремительного ускорения и ненулевой проекции силы тяжести на касательную к траектории)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются следующие недостатки. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) ИЛИ Объяснения представлены не в полном объеме, или в них содержится один логический недочет	2
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нем не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

29. На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности $\rho_1 = 400 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_2 = 2\rho_1$, плавает шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика ρ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна четверть его объема?



Возможное решение

Шарик и жидкости неподвижны в ИСО, связанной с Землей. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, сила Архимеда, действующая на шарик, уравнивает действующую на него силу тяжести: $\rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g = \rho (V_1 + V_2) g$ (здесь V_1 и V_2 — соответственно объемы шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела). Отсюда:

$$\rho_1 \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \rho_2 \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \rho. \quad (1)$$

Доли объема шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела жидкостей, связаны соотношением

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} + \frac{V_2}{V_1 + V_2} = 1. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1)–(2), получаем:

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1}.$$

По условию задачи $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{1}{4}$, так что $\frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{1}{4}$, откуда

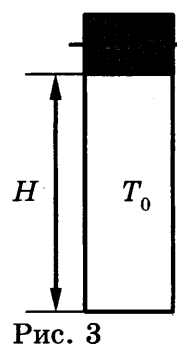
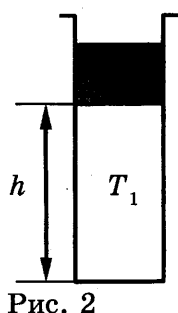
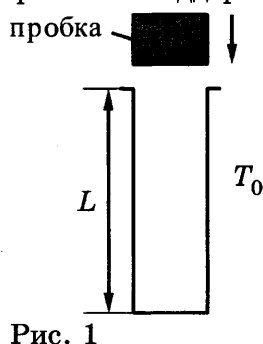
$$\rho = \frac{1}{4}(\rho_1 + 3\rho_2) = \frac{7}{4}\rho_1 = 700 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ: $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон <i>Архимеда</i> и <i>второй закон Ньютона</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен <u>правильный ответ</u> с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка.</p>	2

Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.	1
ИЛИ	
В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	0
ИЛИ	
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	0
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	

30. В камере, заполненной азотом, при температуре $T_0 = 300$ К находится открытый цилиндрический сосуд (см. рис. 1). Высота сосуда $L = 50$ см. Сосуд плотно закрывают цилиндрической пробкой и охлаждают до температуры T_1 . В результате расстояние от дна сосуда до низа пробки становится равным $h = 40$ см (см. рис. 2). Затем сосуд нагревают до первоначальной температуры T_0 . Расстояние от дна сосуда до низа пробки при этой температуре становится равным $H = 46$ см (см. рис. 3). Чему равно T_1 ? Величину силы трения между пробкой и стенками сосуда считать одинаковой при движении пробки вниз и вверх. Массой пробки пренебречь. Давление азота в камере во время эксперимента поддерживается постоянным.



Возможное решение

Пусть p_0 — давление азота в камере;

p_1 — давление в сосуде в ситуации на рис. 2;

p_2 — давление в сосуде при температуре T_0 в конце опыта;

S — площадь горизонтального сечения сосуда.

Параметры воздуха в сосуде в первоначальном состоянии и при температуре T_1 связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона–Менделеева:

$$\frac{p_1 h S}{T_1} = \frac{p_0 L S}{T_0}, \text{ откуда } p_1 = p_0 \cdot \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.$$

Условие равновесия пробки при температуре T_1 :

$$p_0 S - F_{\text{тр1}} - p_1 S = 0, \text{ откуда } F_{\text{тр1}} = (p_0 - p_1) S.$$

Параметры воздуха в сосуде в первоначальном и конечном состояниях тоже связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона–Менделеева:

$$\frac{p_2 H S}{T_0} = \frac{p_0 L S}{T_0}, \text{ откуда } p_2 = p_0 \cdot \frac{L}{H}.$$

Условие равновесия пробки в конечном состоянии:

$$p_2 S - p_0 S - F_{\text{тр1}} = 0,$$

откуда

$$p_2 = p_0 + \frac{F_{\text{тр1}}}{S} = p_0 + p_0 - p_1 = 2p_0 - p_1 = 2p_0 - p_0 \cdot \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.$$

Приравнивая друг к другу два выражения для p_2 , получаем равенство

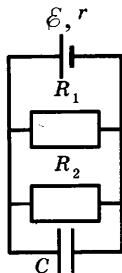
$$\frac{L}{H} = 2 - \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.$$

$$\text{Отсюда: } T_1 = T_0 \cdot \frac{h}{L} \cdot \left(2 - \frac{L}{H} \right) \approx 219 \text{ К.}$$

Ответ: $T_1 \approx 219 \text{ К.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение Клапейрона–Менделеева; условие равновесия тела, движущегося поступательно</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен <u>правильный ответ с указанием единиц измерения</u> искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

31. Источник постоянного тока с ЭДС $\mathcal{E} = 10$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,4$ Ом подсоединен к параллельно соединенным резисторам $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 6$ Ом и конденсатору. Определите емкость конденсатора C , если энергия электрического поля конденсатора равна $W = 60$ мкДж.



Возможное решение

Конденсатор заряжен, поэтому ток через него не течет. Согласно закону Ома для замкнутой цепи через источник течет ток силы, где $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_0}$, где $R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ — сопротивление внешней цепи (параллельно соединенных резисторов R_1 и R_2).

Так как конденсатор подключен параллельно с резисторами R_1 и R_2 , то напряжение на конденсаторе $U = IR_0 = \frac{\mathcal{E}R_0}{r + R_0} = \frac{\mathcal{E}R_1 R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$.

Определим энергию электрического поля конденсатора:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C}{2} \left(\frac{\mathcal{E}R_1 R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2} \right)^2, \text{ откуда найдем емкость конденсатора } C:$$

$$C = 2W \left(\frac{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}{\mathcal{E}R_1 R_2} \right)^2 = 120 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{0,4 \cdot 10 + 24}{24 \cdot 10} \right)^2 \approx 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ Ф.}$$

Ответ: $C \approx 1,6$ мкФ.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>закон Ома для полной электрической цепи и для участка цепи, формула для расчета сопротивления параллельно соединенных резисторов, выражение для энергии электрического поля конденсатора</u>);</p> <p>II) описаны все <u>вновь</u> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>. ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p>	2

ИЛИ	
В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.	
ИЛИ	
Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.	
ИЛИ	
В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
ИЛИ	
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

32. В открытый контейнер поместили 1,5 г изотопа полония-210 ${}_{84}^{210}\text{Po}$. 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 $1,4 \cdot 10^5$ Па. Определите объем контейнера. Температура внутри контейнера поддерживается постоянной и равна 45°C . Атмосферное давление равно 10^5 Па.

Возможное решение

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 ,

$$\text{т.е. } p = p_0 + p_1.$$

Парциальное давление гелия можно определить с помощью уравнения Клапейрона-Менделеева: $p_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} R T_0$, где V — объем контейнера; T_0 — абсолютная температура в

нем, m_1 и μ_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: $\frac{m_1}{\mu_1} = \frac{m}{\mu} = \frac{N_1}{N_A}$; 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 получаем:

$$V = \frac{mRT_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)}{(p - p_0)\mu} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{7,5}{140}}\right)}{(1,4 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 0,21} =$$

$$= \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{1}{4}}\right)}{(1,4 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 0,21} \approx 75 \cdot 10^6 \text{ м}^3 \approx 75 \text{ см}^3.$$

Ответ: $\approx 75 \text{ см}^3$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение Клапейрона–Менделеева, закон Дальтона, закон радиоактивного распада</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

ВАРИАНТ 2

Задания с выбором ответа

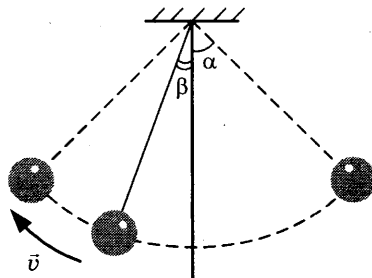
За правильный ответ на каждое задание с выбором ответа ставится по 1 баллу. Если указаны два и более ответов (в том числе, возможно, и правильный), неверный ответ или ответ отсутствует — 0 баллов.

Задания 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 оцениваются 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.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	2	15	3
2	4	16	0,5
3	2	17	22
4	4	18	21
5	2,4	19	2
6	13	20	3
7	43	21	34
8	3	22	13
9	1	23	1
10	1	24	14 или 41
11	23	25	1100
12	34	26	110
13	4	27	24
14	2		

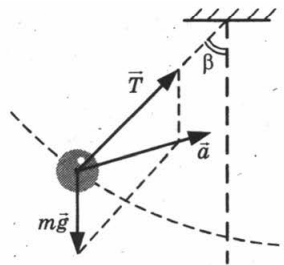
Задания с развернутым ответом

28. Маленький шарик, подвешенный к потолку на легкой нерастяжимой нити, совершает колебания в вертикальной плоскости. Максимальное отклонение нити от вертикали составляет угол $\alpha = 60^\circ$. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к шарiku в тот момент, когда шарик движется влево-вверх, а нить образует угол $\beta = 30^\circ$ с вертикалью (см. рисунок). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шарика (по нити, перпендикулярно нити, внутрь траектории, наружу от траектории). Ответ обоснуйте. Соппротивление воздуха не учитывать.



Возможное решение

К шарiku приложены сила тяжести $m\vec{g}$, направленная вертикально вниз, и сила натяжения нити \vec{T} , направленная по нити вверх. Ускорение шарика \vec{a} направлено внутрь траектории правее направления силы \vec{T} (см. рисунок).



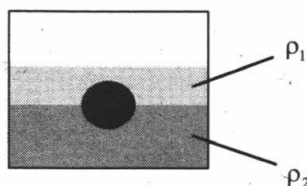
В промежуточной точке скорость шарика $\vec{v} \neq 0$, поэтому у шарика есть центростремительное ускорение $\vec{a}_ц \neq 0$, направленное к центру окружности, по которой движется шарик.

Проекция ускорения шарика на касательную к окружности равна по модулю $g \sin \beta$. Поэтому у шарика есть касательная составляющая ускорения $\vec{a}_т \neq 0$, направленная в сторону положения равновесия.

Ускорение шарика $\vec{a} = \vec{a}_ц + \vec{a}_т$ направлено внутрь траектории правее направления силы \vec{T} .

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае показаны силы и направление ускорения), и полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае наличие центростремительного ускорения и ненулевой проекции силы тяжести на касательную к траектории)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются следующие недостатки. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) ИЛИ Объяснения представлены не в полном объеме, или в них содержится один логический недочет	2
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нем не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

29. На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности $\rho_1 = 900 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_2 = 3\rho_1$, плавает однородный шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика ρ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна треть его объема?



Возможное решение

Шарик и жидкости неподвижны в ИСО, связанной с Землей. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, сила Архимеда, действующая на шарик, уравнивает действующую на него силу тяжести:

$\rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g = \rho (V_1 + V_2) g$ (здесь V_1 и V_2 — соответственно объемы шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела). Отсюда:

$$\rho_1 \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \rho_2 \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \rho. \quad (1)$$

Доли объема шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела жидкостей, связаны соотношением

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} + \frac{V_2}{V_1 + V_2} = 1. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1)–(2), получаем:

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1}.$$

По условию задачи $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{1}{3}$, так что $\frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{1}{3}$, откуда

$$\rho = \frac{1}{3}(\rho_1 + 2\rho_2) = \frac{7}{3}\rho_1 = 2100 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ: $\rho = 2100 \text{ кг/м}^3$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>закон Архимеда и второй закон Ньютона</u>);</p> <p>II) описаны все <u>вновь</u> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

30. В камере, заполненной азотом, при температуре $T_0 = 300$ К находится открытый цилиндрический сосуд (см. рис. 1). Высота сосуда $L = 50$ см. Сосуд плотно закрывают цилиндрической пробкой и охлаждают до температуры $T_1 = 240$ К. В результате расстояние от дна сосуда до низа пробки становится равным h (см. рис. 2). Затем сосуд нагревают до первоначальной температуры T_0 . Расстояние от дна сосуда до низа пробки при этой температуре становится равным $H = 46$ см (см. рис. 3). Чему равно h ? Величину силы трения между пробкой и стенками сосуда считать одинаковой при движениях пробки вниз и вверх. Массой пробки пренебречь. Давление азота в камере во время эксперимента поддерживается постоянным.

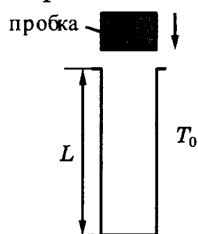


Рис. 1

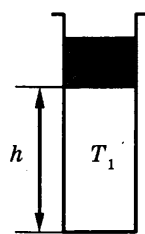


Рис. 2

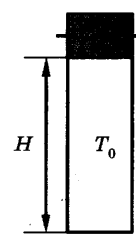


Рис. 3

Возможное решение

Пусть p_0 — давление азота в камере;

p_1 — давление в сосуде в ситуации на рис. 2;

p_2 — давление в сосуде при температуре T_0 в конце опыта;

S — площадь горизонтального сечения сосуда.

Параметры газа в сосуде в первоначальном состоянии и при температуре T_1 связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона–Менделеева:

$$\frac{p_1 h S}{T_1} = \frac{p_0 L S}{T_0} \quad \text{откуда} \quad p_1 = p_0 \cdot \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.$$

Условие равновесия пробки при температуре T_1 :

$$p_0 S - F_{\text{тр}1} - p_1 S = 0, \quad \text{откуда} \quad F_{\text{тр}1} = (p_0 - p_1) S.$$

Параметры газа в сосуде в первоначальном и конечном состояниях тоже связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона–Менделеева:

$$\frac{p_2 H S}{T_0} = \frac{p_0 L S}{T_0}, \quad \text{откуда} \quad p_2 = p_0 \cdot \frac{L}{H}.$$

Условие равновесия пробки в конечном состоянии:

$$p_2 S - p_0 S - F_{\text{тр}1} = 0,$$

откуда

$$p_2 = p_0 + \frac{F_{\text{тр}1}}{S} = p_0 + p_0 - p_1 = 2p_0 - p_0 \cdot \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.$$

Приравнивая друг к другу два выражения для p_2 , получаем равенство

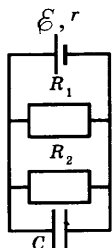
$$\frac{L}{H} = 2 - \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.$$

$$\text{Отсюда: } h = \frac{L \cdot \frac{T_1}{T_0}}{2 - \frac{L}{H}} \approx 43,8 \text{ см.}$$

Ответ: $h \approx 43,8$ см.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение Клапейрона–Менделеева; условие равновесия тела, движущегося поступательно</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) <u>представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</u></p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

31. Источник постоянного тока с внутренним сопротивлением $r = 0,4$ Ом подсоединен к параллельно соединенным резисторам $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 2$ Ом и конденсатору емкости $C = 5$ мкФ. Определите ЭДС источника \mathcal{E} , если энергия электрического поля конденсатора $W = 10$ мкДж.



Возможное решение

Конденсатор заряжен, поэтому ток через него не течет. Согласно закону Ома для замкнутой цепи через источник течет ток силы $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_0}$, где $R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ — сопротивление внешней цепи (параллельно соединенных резисторов R_1 и R_2).

Так как конденсатор подключен параллельно с резисторами R_1 и R_2 , то напряжение на конденсаторе $U = IR_0 = \frac{\mathcal{E} R_0}{r + R_0} = \frac{\mathcal{E} R_1 R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$.

Определим энергию электрического поля конденсатора:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C}{2} \left(\frac{\mathcal{E} R_1 R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2} \right)^2, \text{ откуда найдем ЭДС источника:}$$

$$\mathcal{E} = \sqrt{\frac{2W}{C} \cdot \frac{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}{R_1 R_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-5}}{5 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0,4 \cdot 12 + 20}{20}} = 2,48 \text{ В.}$$

Ответ: $\mathcal{E} = 2,48$ В.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон Ома для полной электрической цепи и для участка цепи, формула для расчета сопротивления параллельно соединенных резисторов, выражение для энергии электрического поля конденсатора</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p>	2

Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

32. В открытый контейнер объемом 80 мл поместили изотоп полония-210 ${}_{84}^{210}\text{Po}$. 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°C . Атмосферное давление равно 10^5 Па.

Возможное решение

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 Клапейрона-Менделеева: $p_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT_0$, где V — объем контейнера; T_0 — абсолютная температура в

нем; m_1 и μ_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:

$N_1 = N_0 - N$ и $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$, где $N_0 = \frac{m}{\mu} N_A$ — начальное число атомов полония; m и μ —

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: $\frac{m_1}{\mu_1} = \frac{m}{\mu} = \frac{N_1}{N_A}$; следовательно, $\frac{m_1}{\mu_1} = \frac{N_1}{N_A} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = \frac{m}{\mu} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)$.

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: $m \approx 1,2$ г.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение Клапейрона–Менделеева, закон Дальтона, закон радиоактивного распада</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

ВАРИАНТ 3

Задания с выбором ответа

За правильный ответ на каждое задание с выбором ответа ставится по 1 баллу. Если указаны два и более ответов (в том числе, возможно, и правильный), неверный ответ или ответ отсутствует — 0 баллов.

Задания 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 оцениваются 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.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	3	15	4
2	4	16	1
3	2	17	11
4	40	18	43
5	10	19	3
6	12	20	4
7	42	21	B
8	3	22	13
9	1	23	2
10	123	24	35 или 53
11	32	25	0,3
12	31	26	0
13	2	27	2
14	1		

Задания с развернутым ответом

28. При изучении давления света проведены два опыта с одним и тем же лазером. В первом опыте свет лазера направляется на пластинку, покрытую сажей, а во втором — на зеркальную пластинку такой же площади. В обоих опытах пластинки находятся на одинаковом расстоянии от лазера и свет падает перпендикулярно поверхности пластинок.

Как изменится сила давления света на пластинку во втором опыте по сравнению с первым? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

Возможное решение

Сила давления света во втором опыте больше, чем в первом.

В обоих опытах происходит поглощение световой волны. Этот процесс можно рассматривать как поглощение за время t большого числа $N \gg 1$ квантов света — фотонов. Каждый фотон при поглощении передает пластинке импульс $p_\phi = \frac{h\nu}{c}$, поэтому пластинка по-

лучает импульс, равный сумме импульсов поглощенных фотонов: $p_\Sigma = Np_\phi = N \frac{h\nu}{c}$.

В результате поглощения света пластинкой, покрытой сажей, она приобретает за время t импульс p_Σ в направлении распространения света от лазера. В соответствии с законом изменения импульса тела в инерциальной системе отсчета скорость изменения импульса тела равна силе, действующей на него со стороны других тел или полей:

$$F_1 = \frac{p_\Sigma}{t} = \frac{N}{t} \cdot \frac{h\nu}{c}.$$

В результате отражения света от зеркальной пластины отраженный квант имеет импульс, противоположный по знаку импульсу кванта падающей волны: $p'_\phi = -p_\phi$, поэтому отраженная волна имеет импульс $p'_\Sigma = -N'p_\phi = -N' \frac{h\nu}{c}$. В итоге за время t импульс волны под действием зеркальной пластинки изменился. Это изменение

$$\Delta p_\Sigma = (-p'_\Sigma) - p_\Sigma = -(N + N') p_\phi.$$

Импульс системы световая волна + зеркальная пластинка сохраняется:

$\Delta(p_\Sigma + p_{пл}) = 0$, поэтому $\Delta p_{пл} = -\Delta p_\Sigma$. Но изменение импульса тела в инерциальной системе отсчета происходит только под действием других тел или полей и характеризуется силой

$$F_2 = \frac{p_{пл}}{t} = \frac{N + N'}{t} \cdot \frac{h\nu}{c}.$$

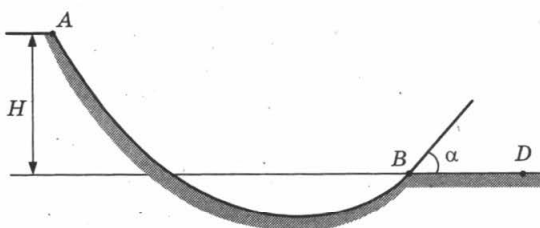
Для хорошего зеркала $N \approx N'$, поэтому $F_2 \approx 2F_1$.

Сравнивая выражения для силы F_1 , действующей на пластинку, покрытую сажей, и силы F_2 , действующей на зеркало, приходим к выводу, что $F_1 < F_2$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае сила давления света увеличивается), и полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: связь силы со скоростью передачи импульса, разница в передаваемом импульсе при падении фотона на зеркало и на поглощающую пластину, выражения для энергии и импульса фотонов)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются следующие недостатки. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) ИЛИ Объяснения представлены не в полном объеме, или в них содержится один логический недочет.	2
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нем не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

29. Шайба массой $m = 100$ г начинает движение по желобу AB из точки A из состояния покоя. Точка A расположена выше точки B на высоте $H = 6$ м. В процессе движения по желобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на величину ΔE . В точке B шайба вылетает из желоба под углом $\alpha = 15^\circ$ к горизонту и падает на землю

в точке D , находящейся на одной горизонтали с точкой B (см. рисунок). $BD = 4$ м. Найдите величину ΔE . Сопротивлением воздуха пренебречь.



Возможное решение

Скорость шайбы v в точке B найдем из баланса энергии шайбы в точках A и B с учетом потерь на трение: $\frac{mv^2}{2} = mgH - \Delta E$.

Отсюда: $v^2 = 2gH - \frac{2\Delta E}{m}$.

Определим время полета t шайбы из точки B в точку D из соотношения

$y = v \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 0$, где y — вертикальная координата шайбы в системе отсчета с началом координат в точке B . Отсюда: $t = \frac{2v \sin \alpha}{g}$.

Дальность полета BD определим, подставляя это значение t в выражение для горизонтальной координаты x шайбы в той же системе отсчета: $BD = v \cos \alpha \cdot t = \frac{v^2}{g} \sin 2\alpha$.

Подставляя в выражение для BD значение v^2 , получаем:

$BD = 2 \left(H - \frac{\Delta E}{mg} \right) \sin 2\alpha$. Отсюда: $\Delta E = mg \left(H - \frac{BD}{2 \sin 2\alpha} \right)$.

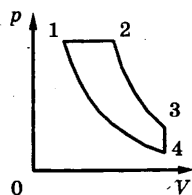
Ответ: $\Delta E = 2$ Дж.

Допускается ответ $\Delta E = -2$ Дж, если из текста решения следует, что речь идет об изменении механической энергии.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон сохранения энергии и формулы кинематики движения тела, брошенного под углом к горизонту</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p>	2

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

30. Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображен на pV -диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД этого цикла $\eta = 15\%$, а минимальная и максимальная температуры газа при изохорном процессе $t_{\min} = 37^\circ\text{C}$ и $t_{\max} = 302^\circ\text{C}$, определите количество теплоты, получаемое газом за цикл.



Возможное решение

При изобарном расширении на участке 1–2 газ получает от нагревателя количество теплоты Q_{12} , а на участке 3–4 отдает холодильнику в изохорном процессе количество теплоты Q_{34} . На других участках теплообмен отсутствует. В соответствии с первым началом термодинамики работа газа за цикл A равна разности количества теплоты, полученной от нагревателя и отданной холодильнику: $A = Q_{12} - Q_{34}$.

По определению КПД теплового двигателя $\eta = \frac{A}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{34}}{Q_{12}}$, что позволяет найти тепло-

ту, полученную от нагревателя: $Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1 - \eta}$, если известно Q_{34} . Количество теплоты Q_{34} ,

отданное при изохорном охлаждении на участке 3–4, равно уменьшению внутренней энергии газа этом участке: $Q_{34} = |\Delta U_{34}|$. Внутренняя энергия идеального газа пропорцио-

нальна абсолютной температуре, и для 1 моль одноатомного газа $U = \frac{3}{2} RT$, а модуль ее изменения на участке 3–4 .

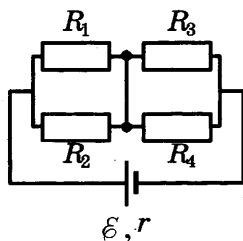
В итоге получим: $Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1 - \eta} = \frac{3}{2} \frac{R(t_{\max} - t_{\min})}{1 - \eta}$,

Подставляя значения физических величин, получим: $Q_{12} = \frac{3}{2} \cdot \frac{8,31 \cdot 265}{0,85} \approx 3886$ Дж.

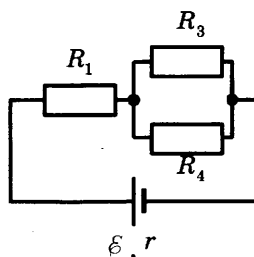
Ответ: $Q_{12} \approx 3886$ Дж.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: КПД теплового двигателя, первый закон термодинамики и выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

31. Какая тепловая мощность будет выделяться на резисторе R_1 в схеме, изображенной на рисунке, если резистор R_2 перегорит (превратится в разрыв цепи)? Все резисторы, включенные в схему, имеют одинаковое сопротивление $R = 20$ Ом. Внутреннее сопротивление источника $r = 2$ Ом; его ЭДС $\mathcal{E} = 110$ В.



Возможное решение



После перегорания резистора R_2 данную электрическую схему можно заменить эквивалентной схемой (см. рисунок). Тогда сопротивление внешней цепи $R_0 = R + \frac{R}{2} = 1,5R$.

По закону Ома для полной цепи сила тока, текущего через источник в схеме,

$$I = \frac{\varepsilon}{1,5R + r}.$$

Сила тока, текущего через резистор R_1 , равна силе тока, текущего через источник. По закону Джоуля–Ленца мощность, выделяющаяся на нем,

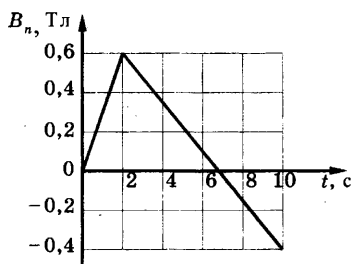
$$P = I^2 R = \frac{\varepsilon^2 R}{(1,5R + r)} = \frac{12100 \cdot 20}{1024} \approx 236 \text{ Вт.}$$

Ответ: $P \approx 236 \text{ Вт.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон Джоуля–Ленца, закон Ома для полной цепи; правильно рассчитано сопротивление схемы</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или</p>	1

утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

32. Квадратная проволочная рамка со стороной $l = 10$ см находится в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} . На рисунке изображено изменение проекции вектора \vec{B} на перпендикуляр к плоскости рамки с течением времени. За время $t = 10$ с в рамке выделяется количество теплоты $Q = 0,1$ мДж. Каково сопротивление проволоки, из которой сделана рамка?



Возможное решение

При изменении магнитного поля поток вектора магнитной индукции $\Phi(t) = B(t)S$ через рамку площадью $S = l^2$ изменяется, что создает в ней ЭДС индукции \mathcal{E} . В соответствии с законом индукции Фарадея $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} S$. Эта ЭДС вызывает в рамке ток, сила которого определяется законом Ома для замкнутой цепи: $I = \frac{\mathcal{E}}{R} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} \frac{S}{R}$.

За время Δt по рамке пройдет заряд $q = I\Delta t$ и ЭДС индукции совершит работу

$$A = \mathcal{E}q = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} I\Delta t = -I\Delta\Phi, \text{ которая перейдет в тепло.}$$

Подставляя сюда выражения для силы тока и изменения потока: $\Delta\Phi = S\Delta B$, получим работу ЭДС индукции:

$$A = \frac{S^2}{R} \frac{(\Delta B_n)^2}{\Delta t} = \frac{l^4}{R} \frac{(\Delta B_n)^2}{\Delta t}.$$

За время $\Delta t_1 = t_1 = 2$ с на первом участке $\Delta B_1 = B_1 - B_0 = 0,6$ Тл, а на втором участке $\Delta t_2 = t_2 - t_1 = 8$ с и $\Delta B_2 = B_2 - B_1 = -1,0$ Тл, поэтому суммарное количество выделившейся теплоты

$$Q = A = A_1 + A_2 = \frac{l^4}{R} \left[\frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_2)^2}{\Delta t_2} \right].$$

Отсюда находим сопротивление рамки: $R = \frac{l^4}{Q} \left[\frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_2)^2}{\Delta t_2} \right]$.

Подставляя значения физических величин, получим:

$$R = \frac{(0,1)^4}{10^{-4}} \left[\frac{0,36}{2} + \frac{1}{8} \right] = 0,18 + 0,125 \approx 0,3 \text{ Ом.}$$

Ответ: $R \approx 0,3$ Ом.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>закон электромагнитной индукции, закон Джоуля–Ленца, из графика найдены скорости изменения проекции вектора индукции магнитного поля B_n на перпендикуляр к плоскости рамки на первом и втором участках</u>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

ВАРИАНТ 4

Задания с выбором ответа

За правильный ответ на каждое задание с выбором ответа ставится по 1 баллу. Если указаны два и более ответов (в том числе, возможно, и правильный), неверный ответ или ответ отсутствует — 0 баллов.

Задания 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 оцениваются 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.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	4	15	18
2	1	16	1
3	2	17	22
4	4,5	18	43
5	3	19	4
6	21	20	2
7	24	21	D
8	1	22	23
9	3	23	1
10	132	24	34 или 43
11	11	25	1
12	41	26	0
13	1	27	0,5
14	4		

Задания с развернутым ответом

28. На площадку падает зеленый свет от лазера. Лазер заменяют на другой, который генерирует красный свет. Мощность излучения, падающего на площадку, в обоих случаях одна и та же. Как меняется в результате такой замены число фотонов, падающих на площадку в единицу времени? Укажите закономерности, которые Вы использовали при обосновании своего ответа.

Возможное решение

Увеличивается.

Свет, падающий на предмет, можно представить как поток фотонов с энергией

$E_{\phi} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$. Известно, что длина волны зеленого света меньше длины волны красного света; следовательно, частота зеленого света больше, чем красного. Так как энергия фотона $E = h\nu$, то энергия фотонов зеленого света больше, чем красного.

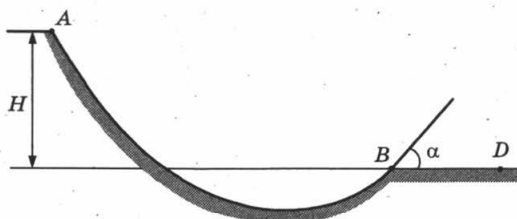
Мощность светового излучения, падающего на площадку, $P = E_{\phi} \cdot \frac{\Delta N}{\Delta t}$, где Δt — интервал времени измерения (например, $\Delta t = 1$ с); ΔN — число фотонов, упавших на площадку за это время. В данном случае $P_1 = P_2$, $E_{\phi 1} > E_{\phi 2}$,

$$\text{откуда } \frac{\Delta N_2}{\Delta N_1} = \frac{E_{\text{фот.зел.}}}{E_{\text{фот.кр.}}} > 1.$$

Следовательно, число фотонов увеличится.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>число фотонов уменьшается</i>), и полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>зависимость длины волны от цвета падающего света, выражения для мощности светового излучения и для энергии фотона</i>).	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются следующие недостатки. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) ИЛИ Объяснения представлены не в полном объеме, или в них содержится один логический недостаток.	2
Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нем не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

29. Массивная шайба начинает движение по желобу AB из точки A из состояния покоя. Точка A расположена выше точки B на высоте $H = 6$ м. В процессе движения по желобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на $\Delta E = 2$ Дж. В точке B шайба вылетает из желоба под углом $\alpha = 15^\circ$ к горизонту и падает на землю в точке D , находящейся на одной горизонтали с точкой B (см. рисунок). Найдите массу шайбы, если $BD = 2$ м. Соппротивлением воздуха пренебречь.



Возможное решение

Скорость шайбы v в точке B найдем из баланса энергии шайбы в точках A и B с учетом потерь на трение: $\frac{mv^2}{2} = mgH - \Delta E$.

Отсюда: $v^2 = 2gH - \frac{2\Delta E}{m}$.

Время t полета шайбы из точки B в точку D определим из зависимости:

$$y = v \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 0,$$

где y — вертикальная координата шайбы в системе отсчета с началом координат в точке

B . Отсюда: $t = \frac{2v \sin \alpha}{g}$.

Дальность полета BD определяется из выражения для горизонтальной координаты x шайбы в той же системе отсчета:

$$BD = v \cos \alpha \cdot t = \frac{v^2}{g} \sin 2\alpha.$$

Подставляя в выражение для BD значение v^2 , получаем:

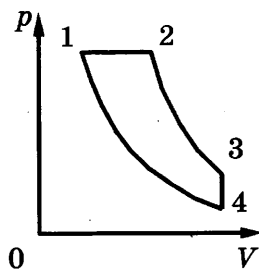
$$BD = 2 \left(H - \frac{\Delta E}{mg} \right) \sin 2\alpha.$$

Отсюда находим массу шайбы: $m = \frac{2\Delta E \sin 2\alpha}{g(2H \sin 2\alpha - BD)} = 0,05 \text{ кг.}$

Ответ: $m = 0,05 \text{ кг.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон сохранения энергии и формулы кинематики движения тела, брошенного под углом к горизонту</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен <u>правильный ответ</u> с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

30. Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображен на pV -диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД цикла равен 50%, определите модуль отношения изменения температуры газа при изобарном процессе ΔT_{12} к изменению его температуры ΔT_{34} при изохорном процессе.



Возможное решение

При изобарном расширении на участке 1–2 газ получает от нагревателя количество теплоты Q_{12} , а на участке 3–4 отдает холодильнику в изохорном процессе количество теплоты Q_{34} . На других участках теплообмен отсутствует. В соответствии с первым началом термодинамики работа газа за цикл A равна разности количества теплоты, полученной от нагревателя и отданной холодильнику $A = Q_{12} - Q_{34}$, а КПД теплового двигателя

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{34}}{Q_{12}}.$$

Количество теплоты Q_{12} , полученное при изобарном расширении на участке 1–2, равно сумме увеличения внутренней энергии газа при увеличении его температуры и работы газа на этом участке: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$. Внутренняя энергия идеального газа пропорциональна абсолютной температуре, и для 1 моль одноатомного газа $U = \frac{3}{2}RT$, а ее изменение

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}R\Delta T_{12}.$$

Работа газа при изобарном расширении $A_{12} = p_1(V_2 - V_1)$. Выражая ее через изменение температуры с помощью уравнения Клапейрона–Менделеева $pV = RT$, получим:

$$A_{12} = p_1(V_2 - V_1) = R\Delta T_{12}.$$

Отсюда: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{5}{2}R\Delta T_{12}.$

Количество теплоты Q_{34} , отданное при изохорном охлаждении на участке 3–4, равно уменьшению внутренней энергии газа на этом участке: $Q_{34} = |\Delta U_{34}| = \frac{3}{2}R|\Delta T_{34}|.$

В итоге получим: $\eta = 1 - \frac{Q_{34}}{Q_{12}} = 1 - \frac{3|\Delta T_{34}|}{5\Delta T_{12}}.$

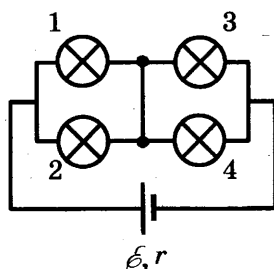
Отсюда находим: $\frac{\Delta T_{12}}{|\Delta T_{34}|} = 1,2.$

Ответ: $\frac{\Delta T_{12}}{|\Delta T_{34}|} = 1,2.$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>КПД теплового двигателя, первый закон термодинамики, выражение для внутренней энергии одноатомного</i>	3

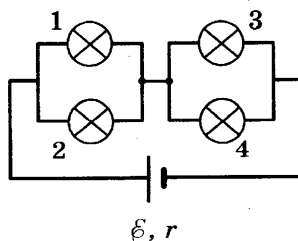
<p>идеального газа и уравнение Клапейрона–Менделеева);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

31. Какая тепловая мощность выделяется на лампе 4 в цепи, собранной по схеме, изображенной на рисунке? Сопротивление ламп 1 и 2 $R_1 = 20$ Ом, ламп 3 и 4 $R_2 = 10$ Ом. Внутреннее сопротивление источника $r = 5$ Ом, его ЭДС $\mathcal{E} = 100$ В.



Возможное решение

Сопротивление внешней цепи $R_0 = \frac{R_1}{2} + \frac{R_2}{2} = \frac{R_1 + R_2}{2}$.



По закону Ома для полной цепи ток, текущий через источник в цепи,

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + r} = \frac{2\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + 2r}.$$

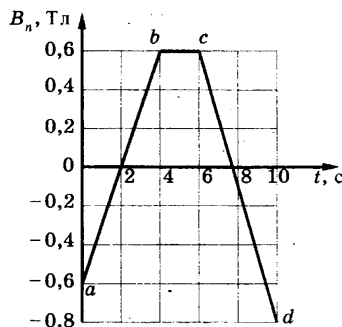
Сила тока, текущего через лампу 4, равна половине силы тока, текущего через источник. По закону Джоуля–Ленца мощность, выделяющаяся на лампе 4,

$$P \left(\frac{I}{2} \right)^2 R_2 = \frac{\mathcal{E}^2 R_2}{(R_1 + R_2 + 2r)^2} = \frac{10000 \cdot 10}{1600} = 62,5 \text{ Вт.}$$

Ответ: $P = 62,5 \text{ Вт.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон Джоуля–Ленца, закон Ома для полной цепи; правильно рассчитано сопротивление схемы);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

32. Проволочная рамка с сопротивлением $R = 0,2$ Ом находится в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} . На рисунке изображено изменение проекции вектора \vec{B} на перпендикуляр к плоскости рамки с течением времени. За время $t = 10$ с в рамке выделилось количество теплоты $Q = 4,1$ мДж. Какова площадь рамки?



Возможное решение

При изменении магнитного поля поток вектора магнитной индукции $\Phi(t) = B(t)S$ через рамку площадью S изменяется, что создает в ней ЭДС индукции \mathcal{E} . В соответствии с законом индукции Фарадея $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} S$.

Эта ЭДС вызывает в рамке ток, сила которого определяется законом Ома для замкнутой цепи: $I = \frac{\mathcal{E}}{R} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} \frac{S}{R}$.

За время Δt по рамке пройдет заряд $q = I\Delta t$ и ЭДС индукции совершит работу $A = \mathcal{E}q = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} I\Delta t = -I\Delta\Phi$, которая перейдет в тепло.

Подставляя сюда выражения для силы тока и изменения потока $\Delta\Phi = S\Delta B_n$, получим работу ЭДС индукции: $A = \frac{S^2 (\Delta B_n)^2}{R \Delta t}$.

За время $\Delta t_1 = t_1 = 4$ с на участке графика ab изменение $\Delta B_1 = B_1 - B_0 = 1,2$ Тл. На участке bc индукционный ток не возникает. На третьем участке cd $\Delta t_3 = t_3 - t_1 = \Delta t_1 = 4$ с и $\Delta B_3 = B_2 - B_1 = -1,4$ Тл, поэтому суммарное количество теплоты

$$Q = A = A_1 + A_2 = \frac{S^2}{R} \left[\frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_3)^2}{\Delta t_3} \right].$$

Отсюда: $S = \sqrt{\frac{QR\Delta t_1}{(\Delta B_1)^2 + (\Delta B_3)^2}}$.

Подставляя значения физических величин, получим:

$$S = \sqrt{\frac{4,1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 \cdot 4}{1,2^2 + 1,4^2}} = \sqrt{\frac{32,8}{3,4}} \cdot 10^{-2} \approx 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2.$$

Ответ: $S \approx 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: 1) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>закон электромагнитной индукции, закон Джоуля-Ленца; из графика найдены скорости изменения проекции</u>	3

<p>вектора индукции магнитного поля B_n на перпендикуляр к плоскости рамки на первом и втором участках);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

ВАРИАНТ 5

Задания с выбором ответа

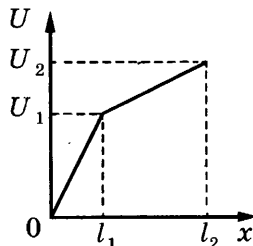
За правильный ответ на каждое задание с выбором ответа ставится по 1 баллу. Если указаны два и более ответов (в том числе, возможно, и правильный), неверный ответ или ответ отсутствует — 0 баллов.

Задания 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 оцениваются 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.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	3	15	3
2	4	16	60
3	2	17	11
4	4000	18	13
5	10	19	2
6	32	20	4
7	41	21	20
8	4	22	14
9	1	23	2
10	1	24	15 или 51
11	32	25	81
12	23	26	800
13	3	27	20
14	3		

Задания с развернутым ответом

28. 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.



Возможное решение

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; ρ — удельное сопротивление проводника; S — площадь поперечного сечения этой части проводника.

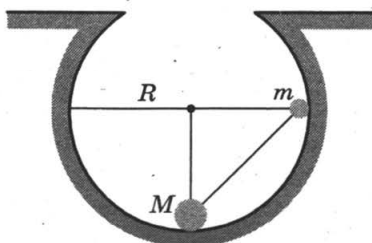
При $0 < x < l_1$ напряжение пропорционально длине участка; значит, площадь поперечного сечения проводника постоянна.

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.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>проведен анализ двух участков представленного графика; закон Ома для участка цепи, выражение для расчета сопротивления проводника через удельное сопротивление материала, длину проводника и площадь его поперечного сечения</i>)	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются следующие недостатки.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Объяснения представлены не в полном объеме, или в них содержится один логический недостаток</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нем не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

29. Небольшие шарики, массы которых $m = 30$ г и $M = 60$ г, соединены легким стержнем и помещены в гладкую сферическую выемку.

В начальный момент шарики удерживаются в положении, изображенном на рисунке. Когда их отпустили без толчка, шарики стали скользить по поверхности выемки. Максимальная высота подъема шарика массой M относительно нижней точки выемки оказалась равной 12 см. Каков радиус выемки R ?



Возможное решение

Полная механическая энергия системы, равная сумме кинетической и потенциальной энергии, сохраняется, так как выемка гладкая и работа сил реакции стенок, в любой момент времени перпендикулярных скоростям шариков, равна нулю:

$$E = E_{\text{кин.}} + E_{\text{пот.}} = \text{const.}$$

В начальный момент и момент подъема на максимальную высоту H кинетическая энергия системы равна нулю, поэтому ее потенциальная энергия в эти моменты времени одинакова:

$$E_{\text{пот.}}^{\text{нач.}} = E_{\text{пот.}}^{\text{конеч.}}$$

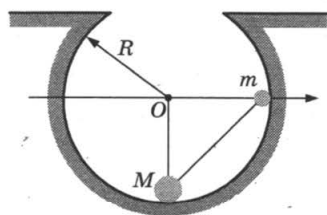


Рис. 1

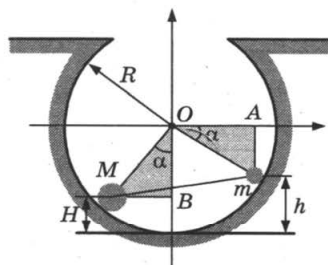


Рис. 2

Начальное положение системы изображено на рис. 1, а конечное — на рис. 2.

Если отсчитывать потенциальную энергию от нижней точки выемки, то начальная потенциальная энергия системы $E_{\text{пот.}}^{\text{нач.}} = mgR$, а ее конечная потенциальная энергия $E_{\text{пот.}}^{\text{конеч.}} = mgh + MgH$. Закон сохранения энергии приводит к уравнению, из которого следует, что $(R - h) = \frac{M}{m} H$.

При движении гантели по поверхности выемки высота подъема большого и малого грузов связаны. Заметим, что в прямоугольных треугольниках OmA и OMB

$$MB = mA = R - h, OA = OB = R - H, OM = Om = R,$$

и воспользуемся теоремой Пифагора:

$$(R - h)^2 = R^2 - (OA)^2 = R^2 - (R - H)^2.$$

Отсюда следует: $(R - h)^2 = H(2R - H)$.

Подставим сюда выражение $(R - h) = \frac{M}{m} H$, полученное из закона сохранения энергии, и

$$\text{получим: } R = \frac{H}{2} \left(1 + \frac{M^2}{m^2} \right).$$

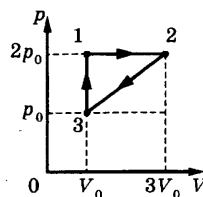
Подставляя сюда значения физических величин, получим: $R = 6(1 + 4) = 30$ см.

Ответ: $R = 30$ см.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае <u>закон сохранения механической энергии</u>);</p> <p>II) описаны все <u>вновь</u> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

30. Изменение состояния постоянной массы одноатомного идеального газа происходит по циклу, показанному на рисунке. При переходе из состояния 1 в состояние 2 газ совершает работу $A_{12} = 5$ кДж. Какое количество теплоты газ отдает за цикл холодильнику?



Возможное решение

Из анализа графика цикла работа газа при переходе из состояния 1 в состояние 2:

$$A_{12} = 2p_0 \cdot 2V_0 = 4p_0V_0.$$

Количество теплоты, переданное газом за цикл холодильнику, согласно первому началу термодинамики:

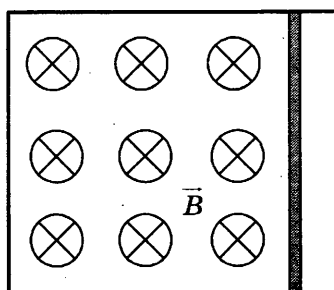
$$\begin{aligned} |Q_x| &= |Q_{23}| = (U_2 - U_3) + A_{32} = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_3) + 3p_0V_0 = \\ &= \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - p_0V_0) + 3p_0V_0 = \frac{21}{2}p_0V_0 = \frac{21}{8}A_{21}. \end{aligned}$$

Ответ: $|Q_x| \approx 13$ кДж.

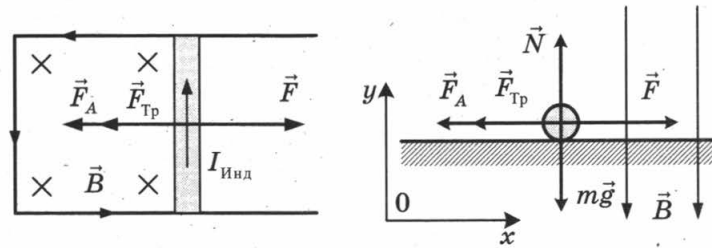
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо для решения задачи</u> выбранным способом (в данном случае: <u>анализ графика цик-</u></p>	3

<p>лического процесса, первое начало термодинамики, уравнение Клапейрона–Менделеева, формулы для расчета внутренней энергии одноатомного идеального газа и его работы);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

31. Металлический стержень, согнутый в виде буквы П, закреплен в горизонтальной плоскости. На параллельные стороны стержня опирается концами перпендикулярная перемычка массой 92 г и длиной 1 м. Сопротивление перемычки равно 0,1 Ом. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0,15 Тл. С какой установившейся скоростью будет двигаться перемычка, если к ней приложить постоянную горизонтальную силу 1,13 Н? Коэффициент трения между стержнем и перемычкой равен 0,25. Сопротивлением стержня пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на перемычку.



Возможное решение



При движении перемычки в однородном магнитном поле на ее концах возникает ЭДС электромагнитной индукции: $\mathcal{E} = Bvl$, где B — индукция магнитного поля; v и l — соответственно скорость и длина перемычки. Согласно закону Ома для полной цепи в замкнутом контуре возникает индукционный ток: $I_{\text{инд.}} = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{Bvl}{R}$, где R — сопротивление перемычки. Поскольку скорость перемычки постоянна, то ЭДС и индукционный ток также будут постоянными. Согласно правилу Ленца индукционный ток, возникающий в контуре, будет направлен так, чтобы своим магнитным полем препятствовать увеличению магнитного потока при движении перемычки, т.е. против часовой стрелки (см. рисунок). Благодаря появлению индукционного тока на перемычку со стороны магнитного поля начнет действовать сила Ампера, направленная согласно правилу левой руки в противоположную движению сторону:

$$F_A = BI_{\text{инд.}}l = \frac{B^2l^2v}{R}.$$

На перемычку действуют пять сил: сила тяжести $m\vec{g}$, сила реакции опоры \vec{N} , сила трения $\vec{F}_{\text{тр.}}$, сила Ампера \vec{F}_A и сила \vec{F} , приложенная к перемычке (см. рисунок). Перемычка движется с постоянной скоростью, поэтому ее ускорение равно нулю. Проекция второго закона Ньютона имеют вид: $Ox: 0 = F - F_{\text{тр.}} - F_A$; $Oy: 0 = N - mg$.

Сила трения скольжения $F_{\text{тр.}} = \mu N = \mu mg$. В итоге получаем:

$$v = \frac{(F - \mu mg)R}{(Bl)^2} = \frac{(1,13 - 0,25 \cdot 0,092 \cdot 10) \cdot 0,1}{(0,15 \cdot 1)^2} = 4 \text{ м/с.}$$

Ответ: $v = 4 \text{ м/с.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>выражения для ЭДС индукции, индукционного тока, силы Ампера, силы трения, второй закон Ньютона</u>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи); III) представлен правильный рисунок с указанием сил, действующих на перемычку; IV) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от	2

решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка	
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

32. Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой

$$E_n = -\frac{13,6 \text{ ЭВ}}{n^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

При переходе с верхнего уровня энергии на нижний атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с $n = 1$ образуют серию Лаймана; на уровень с $n = 2$ — серию Бальмера; на уровень с $n = 3$ — серию Пашена и т.д. Найдите отношение β минимальной частоты фотона в серии Бальмера к максимальной частоте фотона в серии Пашена.

Возможное решение

В серии Бальмера энергия фотона равна $E_n - E_2$, где $n = 3, 4, \dots$. Аналогично в серии Пашена энергия фотона равна $E_n - E_3$, где $n = 4, 5, \dots$.
Частота фотона связана с его энергией равенством $h\nu = E$, где h — постоянная Планка.

$$\text{Поэтому } \beta = \frac{E_3 - E_2}{E_\infty - E_3} = \frac{\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}}{\frac{1}{3^2} - 0} = 1,25.$$

Ответ: $\beta = 1,25$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула для энергии фотона, постулаты Бора</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи</i>); III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ	3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

ВАРИАНТ 6

Задания с выбором ответа

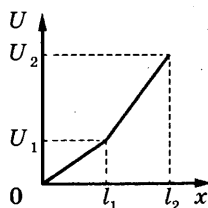
За правильный ответ на каждое задание с выбором ответа ставится по 1 баллу. Если указаны два и более ответов (в том числе, возможно, и правильный), неверный ответ или ответ отсутствует — 0 баллов.

Задания 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 оцениваются 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.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	4	15	16
2	4	16	20
3	16	17	22
4	1,5	18	32
5	240	19	2
6	31	20	3
7	34	21	500
8	3	22	24
9	4	23	3
10	1,5	24	23 или 32
11	11	25	20
12	14	26	800
13	3	27	60
14	1		

Задания с развернутым ответом

28. Цилиндрический 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 удельное сопротивление проводника? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали.



Возможное решение

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; r — удельное сопротивление этой части проводника; S — площадь поперечного сечения проводника.

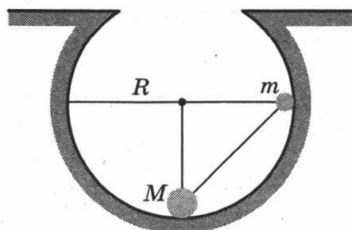
При $0 < x < l_1$ напряжение пропорционально длине участка; значит, удельное сопротивление проводника постоянно.

При $l_1 < x < l_2$ напряжение также линейно зависит от длины участка; значит, удельное сопротивление проводника на этом участке тоже постоянно. Однако показания вольтмет-

ра на этом участке проводника увеличиваются быстрее, чем на первом, поэтому удельное сопротивление проводника на втором участке больше, чем на первом.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>проведен анализ двух участков представленного графика; закон Ома для участка цепи, выражение для расчета сопротивления проводника через удельное сопротивление материала, длину проводника и площадь его поперечного сечения</i>)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются следующие недостатки. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) ИЛИ Объяснения представлены не в полном объеме, или в них содержится один логический недостаток	2
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нем не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

29. Небольшие шарики, массы которых m и M , соединены легким стержнем и помещены в гладкую сферическую выемку радиусом $R = 20$ см. В начальный момент шарики удерживаются в положении, изображенном на рисунке. Когда их отпустили без толчка, шарики стали скользить по поверхности выемки. Минимальная высота, на которой оказался шарик m в процессе движения, равна 4 см от нижней точки выемки. Определите отношение масс M и m .



Возможное решение

Полная механическая энергия системы, равная сумме кинетической и потенциальной энергии, сохраняется, так как выемка гладкая и работа сил реакции стенок, в любой момент времени перпендикулярных скоростям шариков, равна нулю:

$$E = E_{\text{кин.}} + E_{\text{пот.}} = \text{const.}$$

В начальный момент и момент подъема на максимальную высоту H кинетическая энергия системы равна нулю, поэтому ее потенциальная энергия в эти моменты времени одинакова:

$$E_{\text{пот.}}^{\text{нач.}} = E_{\text{пот.}}^{\text{конеч.}}$$

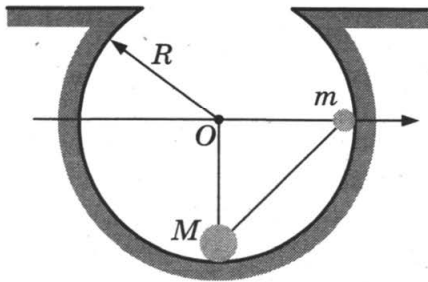


Рис. 1

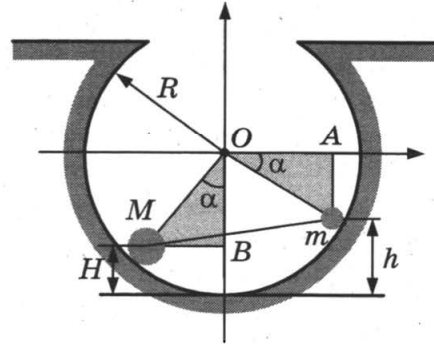


Рис. 2

Начальное положение системы изображено на рис. 1, а конечное — на рис. 2.

Если отсчитывать потенциальную энергию от нижней точки выемки, то начальная потенциальная энергия системы $E_{\text{пот.}}^{\text{нач.}} = mgR$, а ее конечная потенциальная энергия

$E_{\text{пот.}}^{\text{конеч.}} = mgh + MgH$. Закон сохранения энергии приводит к уравнению, из которого следует, что $(R - h) = \frac{M}{m} H$. (1)

При движении гантели по поверхности выемки высота подъема большого и малого грузов связаны. Заметим, что в прямоугольных треугольниках OmA и OMB

$$MB = mA = R - h, OA = OB = R - H, OM = Om = R,$$

и воспользуемся теоремой Пифагора:

$$(R - h)^2 = R^2 - (OA)^2 = R^2 - (R - H)^2.$$

Отсюда следует: $(R - h)^2 = H(2R - H)$. Из этого уравнения находим, что $H = 8$ см.

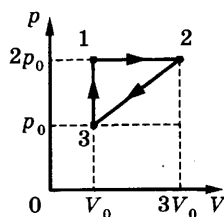
Из соотношения (1) можно определить, что отношение масс M и m равно 2.

Ответ: $\frac{M}{m} = 2$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае <u>закон сохранения механической энергии</u>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p>	2

Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

30. Изменение состояния постоянной массы одноатомного идеального газа происходит по циклу, показанному на рисунке. При переходе газа из состояния 2 в состояние 3 внешние силы совершают работу $A_{23} = 5$ кДж. Какое количество теплоты газ получает за цикл от нагревателя?



Возможное решение

Из анализа графика цикла работа внешних сил над газом при переходе 2–3:

$$A_{23} = 0,5(p_0 + 2p_0) \cdot 2V_0 = 3p_0V_0.$$

Работа газа при переходе из состояния 1 в состояние 2:

$$A_{12} = 2p_0 \cdot 2V_0 = 4p_0V_0.$$

Количество теплоты, полученное газом за цикл от нагревателя, согласно первому началу термодинамики:

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_{12} + Q_{31} = (U_2 - U_3) + A_{12} = \frac{3}{2}(vRT_2 - vRT_3) + 4p_0V_0 = \\ &= \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - p_0V_0) + 4p_0V_0 = \frac{23}{2} p_0V_0. \end{aligned}$$

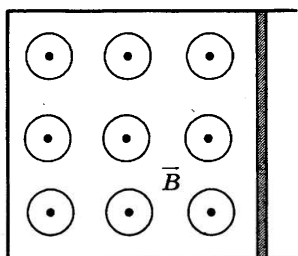
$$Q_H = \frac{23}{6} A_{23}.$$

Ответ: $Q_H \approx 19$ кДж.

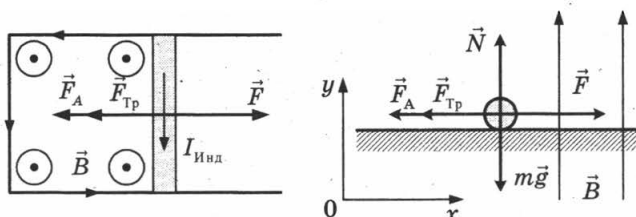
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>анализ графика циклического процесса, первое начало термодинамики, уравнение Клапейрона–Менделеева, формулы для расчета внутренней энергии одноатомного идеального газа и его работы</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);	3

IV) представлен <u>правильный</u> ответ с указанием <u>единиц измерения</u> искомой величины	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует <u>ОДНА</u> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В <u>ОДНОЙ</u> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

31. Металлический стержень, согнутый в виде буквы П, закреплен в горизонтальной плоскости. На параллельные стороны стержня опирается концами перпендикулярная перемычка массой 92 г и длиной 1,5 м. Сопротивление перемычки равно 0,1 Ом. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл. С какой установившейся скоростью будет двигаться перемычка, если к ней приложить постоянную горизонтальную силу 1,13 Н? Коэффициент трения между стержнем и перемычкой равен 0,25. Сопротивлением стержня пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на перемычку.



Возможное решение



При движении перемычки в однородном магнитном поле на ее концах возникает ЭДС электромагнитной индукции: $\mathcal{E} = BVl$, где B — индукция магнитного поля; V и l — соответственно скорость и длина перемычки. Согласно закону Ома для полной цепи в

замкнутом контуре возникает индукционный ток: $I_{\text{инд.}} = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{Bvl}{R}$, где R — сопротивление перемычки. Поскольку скорость перемычки постоянна, то ЭДС и индукционный ток также будут постоянными. Согласно правилу Ленца индукционный ток, возникающий в контуре, будет направлен так, чтобы своим магнитным полем препятствовать увеличению магнитного потока при движении перемычки, т.е. против часовой стрелки (см. рисунок). Благодаря появлению индукционного тока на перемычку со стороны магнитного поля начнет действовать сила Ампера, направленная согласно правилу левой руки в противоположную движению сторону:

$$F_A = BI_{\text{инд.}}l = \frac{B^2l^2V}{R}.$$

На перемычку действуют пять сил: сила тяжести $m\vec{g}$, сила реакции опоры \vec{N} , сила трения $\vec{F}_{\text{тр.}}$, сила Ампера \vec{F}_A и сила \vec{F} , приложенная к перемычке (см. рисунок). Перемычка движется с постоянной скоростью, поэтому ее ускорение равно нулю. Проекция второго закона Ньютона имеют вид: $Ox: 0 = F - F_{\text{тр.}} - F_A$; $Oy: 0 = N - mg$.

Сила трения скольжения $F_{\text{тр.}} = \mu N = \mu mg$. В итоге получаем:

$$V = \frac{(F - \mu mg)R}{(Bl)^2} = \frac{(1,13 - 0,25 \cdot 0,092 \cdot 10) \cdot 0,1}{(0,15 \cdot 1)^2} = 4 \text{ м/с.}$$

Ответ: $V = 4 \text{ м/с.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>выражения для ЭДС индукции, индукционного тока, силы Ампера, силы трения, второй закон Ньютона</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) представлен правильный рисунок с указанием сил, действующих на перемычку;</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

32. Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = -\frac{13,6 \text{ эВ}}{n^2}$,

$n = 1, 2, 3, \dots$. При переходах с верхних уровней энергии на нижние атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с $n = 1$ образуют серию Лаймана; на уровень с $n = 2$ — серию Бальмера; на уровень с $n = 3$ — серию Пашена и т.д. Найдите отношение β максимальной частоты фотона в серии Лаймана к максимальной частоте фотона в серии Бальмера.

Возможное решение

В серии Бальмера энергия фотона равна $E_n - E_1$, где $n = 2, 3, \dots$. Аналогично в серии Бальмера энергия фотона равна $E_n - E_2$, где $n = 3, 4, \dots$.

Частота фотона связана с его энергией равенством $h\nu = E$, где h — постоянная Планка.

$$\text{Поэтому } \beta = \frac{E_\infty - E_1}{E_\infty - E_2} = \frac{1 - 0}{\frac{1}{2^2} - 0} = 4.$$

Ответ: $\beta = 4$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула для энергии фотона, постулаты Бора</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

ВАРИАНТ 7

Задания с выбором ответа

За правильный ответ на каждое задание с выбором ответа ставится по 1 баллу. Если указаны два и более ответов (в том числе, возможно, и правильный), неверный ответ или ответ отсутствует — 0 баллов.

Задания 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 оцениваются 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.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	3	15	1,5
2	2	16	1
3	3	17	11
4	3	18	42
5	0,5	19	1
6	11	20	2
7	41	21	11
8	4	22	23
9	3	23	3
10	A	24	13 или 31
11	23	25	4
12	23	26	2
13	1	27	320
14	4		

Задания с развернутым ответом

28. Два плоских воздушных конденсатора подключены к одинаковым источникам постоянного напряжения и одинаковым лампам, как показано на рисунках а и б. Конденсаторы имеют одинаковую площадь пластин, но различаются расстоянием между пластинами. В некоторый момент времени ключи К в обеих схемах переводят из положения 1 в положение 2. Опираясь на законы электродинамики, объясните, в каком из приведенных опытов при переключении ключа лампа вспыхнет ярче. Сопротивлением соединяющих проводов пренебречь.

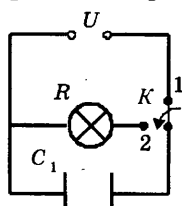


Рис. а

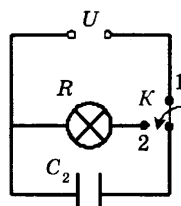


Рис. б

Возможное решение

Конденсатор, подключенный к источнику постоянного напряжения, будет заряжаться. В результате этого он накапливает энергию $W = \frac{CU^2}{2}$.

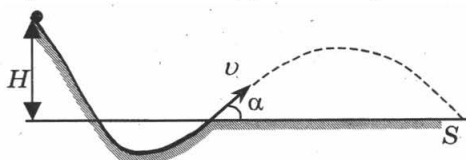
Емкость плоского воздушного конденсатора определяется формулой $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$.

У конденсатора на рис. а расстояние между пластинами d больше, чем у конденсатора на рис. б, следовательно, его емкость меньше: $C_1 < C_2$, а значит, и энергия, накопленная в нем, будет меньше: $W_1 < W_2$.

При переводе ключей из положения 1 в положение 2 конденсаторы отключают от источников и соединяют с лампами, в результате чего через лампы кратковременно будет протекать электрический ток. Энергия электрического поля, накопленная конденсатором, выделится в лампе в виде световой энергии, что приведет к кратковременной вспышке лампы. Энергия, накопленная конденсатором C_2 , больше, следовательно, при переключении ключа лампа в схеме на рис. 6 вспыхнет ярче. Лампа в схеме на рис. 6 вспыхнет ярче.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведен правильный ответ, и представлено полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: закон сохранения энергии, формулы для определения емкости и энергии конденсатора)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются следующие недостатки. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) ИЛИ Объяснения представлены не в полном объеме, или в них содержится один логический недочет.	2
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нем не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

29. При выполнении трюка «Летающий велосипедист» гонщик движется по гладкому трамплину под действием силы тяжести, начиная движение из состояния покоя с некоторой высоты (см. рисунок). На краю трамплина скорость гонщика направлена под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Пролетев по воздуху, он приземлился на горизонтальный стол на той же высоте, что и край трамплина. Дальность полета гонщика равна S . На какой высоте H над краем трамплина находится стартовая точка?



Возможное решение

Модель гонщика — материальная точка. Считаем полет свободным падением с начальной скоростью v , направленной под углом α к горизонту. Дальность полета при этом

$$S = vt \cos \alpha, \text{ время полета } t = \frac{2v \sin \alpha}{g}.$$

Следовательно, $S = 2 \frac{v^2}{g} \sin \alpha \cos \alpha.$

Модуль начальной скорости определяется из закона сохранения энергии: $\frac{mv^2}{2} = mgH,$

так что $\frac{v^2}{g} = 2H.$

Получаем: $S = 2H \sin 2\alpha$. Отсюда: высота точки старта $H = \frac{S}{\sqrt{3}}$.

Ответ: $H = \frac{S}{\sqrt{3}}$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формулы кинематики движения свободно падающего тела, закон сохранения энергии</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу;</p> <p>IV) представлен правильный ответ</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

30. Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является ν молей идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. Работа, совершенная газом в изотермическом процессе, равна A , а КПД тепловой машины равен η . Определите модуль изменения температуры $|\Delta T|$ в изохорном процессе.

Возможное решение

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: $Q^+ = A$.

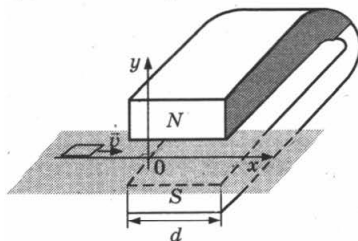
Поскольку в изохорном процессе газ работу не совершает, количество теплоты, отданное газом (в соответствии с первым законом термодинамики), равно изменению его внутренней энергии: $|Q^-| = \frac{3}{2} \nu R |\Delta T|$. Подставляя второе и третье соотношения в первое, получаем искомый модуль изменения температуры $|\Delta T|$ в изохорном процессе.

$$\text{Ответ: } |\Delta T| = \frac{2(1 - \eta) A}{3\nu R}.$$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>первый закон термодинамики в применении к изотермическому и изохорному процессам и определение КПД тепловой машины</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу;</p> <p>IV) представлен правильный ответ</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

31. Квадратную рамку из медной проволоки со стороной $b = 5$ см и сопротивлением $R = 0,1$ Ом перемещают вдоль оси Ox по гладкой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью $v = 1$ м/с. Начальное положение рамки изображено на рисунке. За время движения рамка успевает пройти между полюсами магнита и оказаться в области, где магнитное поле отсутствует. Индукционные токи, возникающие в рамке, оказывают тормозящее действие, поэтому для поддержания постоянной скорости движения к ней прикладывают внешнюю силу F , направленную вдоль оси Ox . Ширина полюсов магнита $d = 20$ см, магнитное поле имеет резкую границу и однородно между

полюсами. Чему равна индукция B магнитного поля между полюсами, если суммарная работа внешней силы за время движения рамки $A = 2,5 \cdot 10^{-3}$ Дж?



Возможное решение

При пересечении рамкой границы области поля со скоростью v изменяющийся магнитный поток создает ЭДС индукции $|\mathcal{E}_{\text{инд.}}| = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = vBb$. Сила тока в это время

$$I = \left| \frac{\mathcal{E}_{\text{инд.}}}{R} \right| = \frac{vBb}{R}. \text{ При этом возникает тормозящая сила Ампера: } F_A = IBb = v \frac{(Bb)^2}{R}, \text{ рав-$$

ная по модулю внешней силе: $F = F_A$.

Ток течет в рамке только во время изменения магнитного потока, т.е. при входе в пространство между полюсами и при выходе. За это время рамка перемещается на расстояние $x = 2b$, а приложенная внешняя сила совершает работу $A = F \cdot x = 2Fb$.

Подставляя значение силы, получим: $B = \sqrt{\frac{AR}{2vb^3}} = \sqrt{\frac{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1}{2 \cdot 1 \cdot 125 \cdot 10^{-6}}} = 1 \text{ Тл.}$

Ответ: $B = 1 \text{ Тл.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>закон индукции Фарадея, закон Ома для замкнутой цепи, сила Ампера и работа силы</u>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования</p>	1

с имеющимися формулами, направленные на решение задачи ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

32. Число фотонов, излучаемых лазерной указкой за $t = 5$ с, $N = 6 \cdot 10^{16}$. Длина волны излучения указки равна $\lambda = 600$ нм. Определите мощность P излучения указки.

Возможное решение

Для энергии одного фотона запишем:

$$E_{\text{фот}} = h\nu = h \frac{c}{\lambda},$$

где c — скорость света в вакууме.

Энергия, излучаемая указкой за время t :

$$E = P \cdot t = N \cdot E_{\text{фот}}.$$

Для мощности излучения получаем:

$$P = \frac{N \cdot h \cdot c}{t \cdot \lambda} = \frac{6 \cdot 10^{16} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5 \cdot 600 \cdot 10^{-9}} \approx 0,004 \text{ Вт} = 4 \text{ мВт}.$$

Ответ: $P \approx 4$ мВт.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>энергия фотона; энергия, излучаемая указкой</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи</i>); III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

ВАРИАНТ 8

Задания с выбором ответа

За правильный ответ на каждое задание с выбором ответа ставится по 1 баллу. Если указаны два и более ответов (в том числе, возможно, и правильный), неверный ответ или ответ отсутствует — 0 баллов.

Задания 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 оцениваются 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.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	2	15	4
2	2	16	0,8
3	4	17	12
4	3	18	41
5	1	19	3
6	22	20	2
7	24	21	2
8	1	22	31
9	3	23	3
10	B	24	35 или 53
11	31	25	3
12	42	26	4
13	1	27	210
14	2		

Задания с развернутым ответом

28. Два плоских воздушных конденсатора подключены к одинаковым источникам постоянного напряжения и одинаковым лампам, как показано на рисунках а и б. Пластины конденсаторов имеют разную площадь, но расстояние между пластинами в конденсаторах одинаковое (см. рисунок). В некоторый момент времени ключи К в обеих схемах переводят из положения 1 в положение 2. Опираясь на законы электродинамики, объясните, в каком из приведенных опытов при переключении ключа лампа вспыхнет ярче. Сопротивлением соединяющих проводов пренебречь.

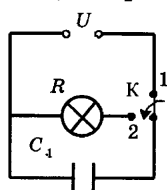


Рис. а

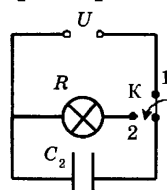


Рис. б

Возможное решение

Конденсатор, подключенный к источнику постоянного напряжения, будет заряжаться. В результате этого он накапливает энергию $W = \frac{CU^2}{2}$.

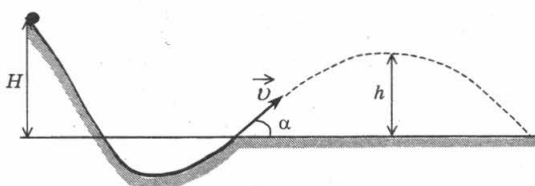
Емкость плоского воздушного конденсатора определяется формулой $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$.

У конденсатора на рис. б площадь пластин S больше, чем у конденсатора на рис. а, следовательно, его емкость больше: $C_2 > C_1$, а значит, и энергия, накопленная в нем, будет больше: $W_2 > W_1$.

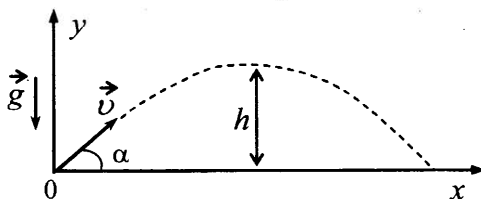
При переводе ключей из положения 1 в положение 2 конденсаторы отключают от источников и соединяют с лампами, в результате чего через лампы кратковременно будет протекать электрический ток. Энергия электрического поля, накопленная конденсатором, выделится в лампе в виде световой энергии, что приведет к кратковременной вспышке лампы. Энергия, накопленная конденсатором C_2 , больше, следовательно, при переключении ключа лампа в схеме на рис. 6 вспыхнет ярче.
Лампа в схеме на рис. 6 вспыхнет ярче.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведен правильный ответ, и представлено полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: закон сохранения энергии, формулы для определения емкости и энергии конденсатора)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются следующие недостатки. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) ИЛИ Объяснения представлены не в полном объеме, или в них содержится один логический недостаток.	2
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нем не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

29. При выполнении трюка «Летающий велосипедист» гонщик движется по гладкому трамплину под действием силы тяжести, начиная движение из состояния покоя с некоторой высоты (см. рисунок). На краю трамплина скорость гонщика направлена под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Пролетев по воздуху, он приземляется на горизонтальный стол, поднявшись в полете на высоту h над краем трамплина. С какой высоты H начал движение гонщик?



Возможное решение



Модель гонщика — материальная точка. Считаем полет свободным падением с начальной скоростью \vec{v} , направленной под углом α к горизонту. Высота полета $h = \frac{gt_{\text{подъема}}^2}{2}$, где

$$t_{\text{подъема}} = \frac{v \sin \alpha}{g}. \text{ Отсюда: } h = \frac{v^2}{2g} \sin^2 \alpha.$$

Модуль начальной скорости определяется из закона сохранения энергии: $\frac{mv^2}{2} = mgH$,

так что $\frac{v^2}{g} = 2H$.

Отсюда: высота точки старта $H = \frac{4}{3} h$.

Ответ: $H = \frac{4}{3} h$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>кинематические уравнения движения для свободно падающего тела, закон сохранения механической энергии</u>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<u>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи</u>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу;</p> <p>IV) представлен правильный ответ</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует <u>ОДНА</u> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В <u>ОДНОЙ</u> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

30. Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является ν молей идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. Работа, совершенная газом в изотермическом процессе, равна A , а КПД тепловой машины равен η . Максимальная температура в этом цикле равна T_0 . Определите минимальную температуру T в этом циклическом процессе.

Возможное решение

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 (в соответствии с первым законом термодинамики), равно изменению его внутренней

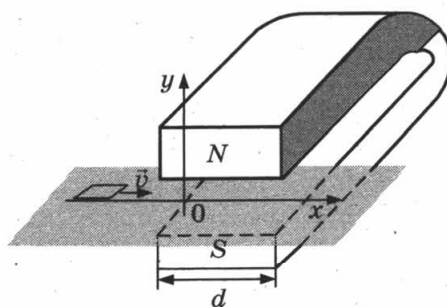
энергии: $Q^- = -|Q^-| = \frac{3}{2}\nu R|T - T_0|$. Подставляя второе и третье соотношения в первое, получаем искомую минимальную температуру T .

$$\text{Ответ: } T = T_0 = \frac{2(1 - \eta)A}{3\nu R}.$$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>первый закон термодинамики в применении к изотермическому и изохорному процессам и определение КПД тепловой машины</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу;</p> <p>IV) представлен правильный ответ</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования</p>	1

с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

31. Квадратную рамку из медной проволоки со стороной $b = 5$ см и сопротивлением $R = 0,1$ Ом перемещают вдоль оси Ox по гладкой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью v . Начальное положение рамки изображено на рисунке. За время движения рамка успевает пройти между полюсами магнита и оказаться в области, где магнитное поле отсутствует. Ширина полюсов магнита $d = 20$ см, магнитное поле имеет резкую границу и однородно между полюсами, а его индукция $B = 1$ Тл. Чему равна скорость движения рамки, если за время движения в ней выделяется количество теплоты $Q = 2,5 \cdot 10^{-3}$ Дж?



Возможное решение

При пересечении рамкой границы области поля со скоростью v изменяющийся магнитный поток создает ЭДС индукции $|\mathcal{E}_{\text{инд.}}| = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = vBb$. Сила тока в это время

$I = \left| \frac{\mathcal{E}_{\text{инд.}}}{R} \right| = \frac{vBb}{R}$. При этом в проволоке выделяется количество теплоты $Q = I^2 R t$, где t — время протекания тока.

Ток течет в рамке только во время изменения магнитного потока — при входе в пространство между полюсами и при выходе. Это время $t = 2 \frac{b}{v}$.

Подставляя значения тока и времени, получим: $v = \frac{QR}{2B^2 b^3} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1}{2 \cdot 1 \cdot 125 \cdot 10^{-6}} = 1$ м/с.

Ответ: $v = 1$ м/с.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>закон индукции Фарадея, закон Ома для замкнутой цепи, сила Ампера и работа силы</u>); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

32. Число фотонов, излучаемых лазерной указкой мощностью $P = 2$ мВт за 1 с, равно $4 \cdot 10^{15}$. Определите длину волны λ излучения лазерной указки.

Возможное решение

Для энергии одного фотона запишем:

$$E_{\text{фот}} = h\nu = h \frac{c}{\lambda}, \text{ где } c \text{ — скорость света в вакууме.}$$

Энергия, излучаемая указкой за время t :

$$E = P \cdot t = N \cdot E_{\text{фот}}, \text{ где } N \text{ — число фотонов, излучаемых за время } t.$$

Для длины волны излучения получаем:

$$\lambda = \frac{N \cdot h \cdot c}{t \cdot P} = \frac{4 \cdot 10^{15} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1 \cdot 0,002} \approx 400 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 400 \text{ нм.}$$

Ответ: $\lambda \approx 400$ нм.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>энергия фотона; энергия, излучаемая указкой</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

ВАРИАНТ 9

Задания с выбором ответа

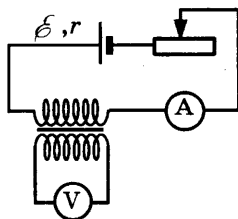
За правильный ответ на каждое задание с выбором ответа ставится по 1 баллу. Если указаны два и более ответов (в том числе, возможно, и правильный), неверный ответ или ответ отсутствует — 0 баллов.

Задания 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 оцениваются 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.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	4	15	0,5
2	4	16	20
3	3	17	11
4	10	18	21
5	2	19	4
6	21	20	4
7	24	21	5000
8	4	22	23
9	4	23	4
10	1,5	24	24 или 42
11	22	25	20
12	31	26	0,01
13	3	27	1,9
14	2		

Задания с развернутым ответом

28. На рисунке показана электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен посередине и неподвижен. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата вправо. ЭДС самоиндукции пренебречь по сравнению с \mathcal{E} .



Возможное решение

Во время перемещения движка реостата показания амперметра будут плавно уменьшаться, а вольтметр будет регистрировать напряжение на концах вторичной обмотки. Примечание: Для полного ответа не требуется объяснения показаний приборов в крайнем левом положении. (Когда движок придет в крайнее правое положение и движение его прекратится, амперметр будет показывать постоянную силу тока в цепи, а напряжение, измеряемое вольтметром, окажется равным нулю.)

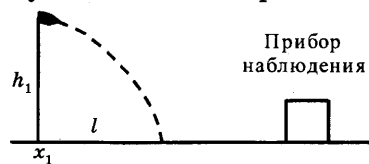
При перемещении ползунка вправо сопротивление внешней цепи увеличивается, а сила тока уменьшается в соответствии с законом Ома для полной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$, где R — сопротивление внешней цепи.

Изменение тока, текущего по первичной обмотке трансформатора, вызывает изменение индукции магнитного поля, создаваемого этой обмоткой. Это приводит к изменению магнитного потока через вторичную обмотку трансформатора.

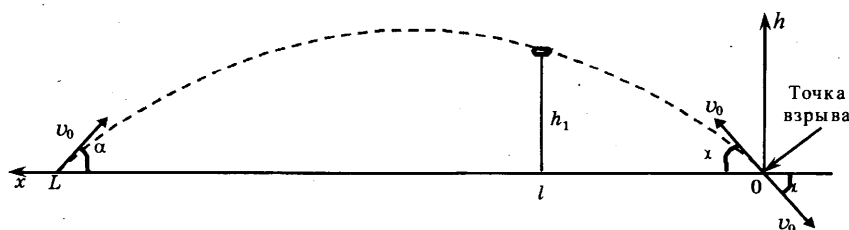
В соответствии с законом индукции Фарадея возникает ЭДС индукции $\mathcal{E}_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ во вторичной обмотке, а следовательно, напряжение U на ее концах, регистрируемое вольтметром.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>уменьшение показаний амперметра и регистрация вольтметром напряжения</i>), и полное верное объяснение с указанием используемых для анализа процесса законов (в данном случае: <i>закон Ома для полной цепи, закон Фарадея</i>)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении содержится <u>один</u> из следующих недостатков. В объяснении не указаны одно из явлений или один из физических законов, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Объяснения представлены не в полном объеме, или в них содержится один логический недостаток	2
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нем не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

29. Прибор наблюдения обнаружил летящий снаряд и зафиксировал его горизонтальную координату x_1 и высоту $h_1 = 1655$ м над землей (см. рисунок). Через 3 с снаряд упал на землю и взорвался на расстоянии $l = 1700$ м от места его обнаружения. Известно, что снаряды данного типа вылетают из ствола пушки со скоростью 800 м/с. На каком расстоянии от точки взрыва снаряда находилась пушка, если считать, что сопротивление воздуха пренебрежимо мало? Пушка и место взрыва находятся на одной горизонтали.



Возможное решение



При отсутствии сопротивления воздуха траектория снаряда — парабола, и в точке падения на землю снаряд должен иметь ту же по модулю скорость \vec{v}_0 , составляющую с горизонталью тот же угол α , что и в точке вылета. Поэтому если из точки взрыва выпустить воображаемый снаряд обратно со скоростью \vec{v}_0 , направленной под углом α к горизонту, то он полетит по той же траектории и упадет на пушку (см. рисунок).

Проведем горизонтальную ось Ox с началом в точке взрыва, направленную к пушке. На этой оси координата точки, где снаряд был обнаружен, $l = 1700$ м, а по вертикальной оси ее координата $h = h_1$. Время полета до этой точки $t_1 = 3$ с. Согласно формулам кинематики имеем: $l = v_0 t_1 \cos \alpha$.

$$\text{Отсюда находим: } \cos \alpha = \frac{l}{v_0 t_1} = \frac{1700}{800 \cdot 3} \approx 0,708 \approx \frac{1}{\sqrt{2}}; \alpha = 45^\circ.$$

Время τ полета снаряда от пушки до точки взрыва находим в отсутствие сил трения из уравнения $h = v_0 t \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2$. При $t = \tau \cdot h = 0$. Следовательно, $0 = v_0 \sin \alpha - \frac{1}{2} g \tau$,

$$\tau = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2 \cdot 800}{10\sqrt{2}} \approx 114 \text{ с.}$$

Дальность L полета снаряда $L = v_0 \tau \cos \alpha \approx 64\,000$ м.

Ответ: $L \approx 64$ км.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – формулы кинематики движения тела, брошенного под углом к горизонту);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

30. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его температура при расширении обратно пропорциональна объему. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. На какую величину изменилась внутренняя энергия аргона в результате расширения?

Возможное решение

Аргон является одноатомным газом, подчиняющимся уравнению Клапейрона–Менделеева: $pV = \nu RT$, внутренняя энергия одноатомного идеального газа пропорциональна температуре: $U = \frac{3}{2} \nu RT$, так что $U_2 = \frac{3}{2} \nu RT_2$.

С помощью уравнения Клапейрона–Менделеева и условия расширения $V_1 T_1 = V_2 T_2$ определим конечную температуру $T_2 = T_1 \sqrt{\frac{p_2}{p_1}}$ и внутреннюю энергию $U_2 = \frac{3}{2} \nu RT_1 \sqrt{\frac{p_2}{p_1}}$.

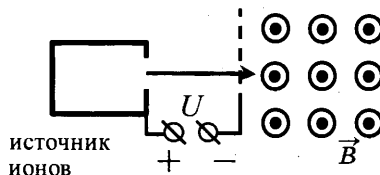
Уменьшение внутренней энергии при расширении

$$\Delta U = U_1 - U_2 = \frac{3}{2} \nu RT_1 \left(1 - \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} \right) \approx 3740 \text{ Дж.}$$

Ответ: $\Delta U \approx 3740$ Дж.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула, описывающая процесс расширения газа, формула для внутренней энергии одноатомного идеального газа и уравнение Клапейрона–Менделеева</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

31. Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов $U = 10$ кВ и попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно к вектору его индукции \vec{B} (см. рисунок). Радиус траектории движения иона в магнитном поле $R = 0,2$ м, модуль индукции магнитного поля равен $0,5$ Тл. Определите отношение массы иона к его электрическому заряду $\frac{m}{q}$. Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебрегите.



Возможное решение

$$\text{Кинетическая энергия иона при входе в магнитное поле } \frac{mv^2}{2} = qU, \quad (1)$$

где m , v и q — соответственно масса, скорость и заряд иона.

В магнитном поле на ион действует сила Лоренца, перпендикулярная скорости иона и вектору магнитной индукции $F_L = qvB$, придающая ему центростремительное ускорение

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R}. \text{ Получаем: } qvB = m \frac{v^2}{R}. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1) и (2), находим:

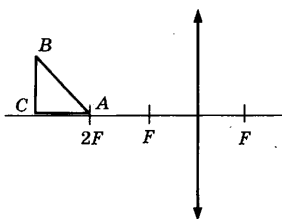
$$\frac{m}{q} = \frac{R^2 B^2}{2U} = \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 25 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^4} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл.}$$

$$\text{Ответ: } \frac{m}{q} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл.}$$

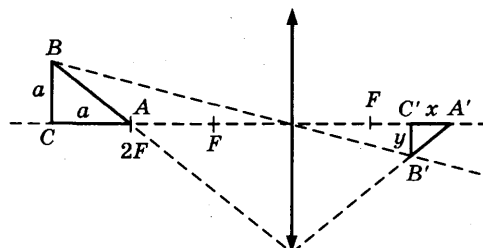
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>связь разности потенциалов электростатического поля с изменением кинетической энергии перемещающегося в нем заряженного тела, второй закон Ньютона, формулы для расчета силы Лоренца и центростремительного ускорения</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение</p>	1

<p>которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

32. Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC расположен перед тонкой собирающей линзой оптической силой $2,5$ дптр так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы (см. рисунок). Вершина прямого угла C лежит дальше от центра линзы, чем вершина острого угла A , расстояние от центра линзы до точки A равно удвоенному фокусному расстоянию линзы, $AC = 4$ см. Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



Возможное решение



Длину x горизонтального катета $A'C'$ изображения находим по формуле линзы:

$$\frac{1}{2F+a} + \frac{1}{2F-x} = \frac{1}{F}, \text{ откуда } x = \frac{aF}{F+a} = \frac{a}{1+aD}.$$

Длину y вертикального катета $B'C'$ изображения находим из подобия:

$$y = a \cdot \frac{2F-x}{2F+a} = \frac{aF}{F+a} = \frac{a}{1+aD} = x.$$

$$\text{Площадь изображения } S_1 = \frac{1}{2} A'C' \cdot B'C' = \frac{a^2}{2(1+aD)^2} \approx 6,6 \text{ см}^2.$$

Ответ: $S_1 \approx 6,6 \text{ см}^2$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности; <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае — <i>формула линзы</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи</i>);</p>	3

<p>III) представлен схематический рисунок; поясняющий решение; IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ Пункт III представлен не в полном объеме, содержит ошибки или отсутствует. ИЛИ В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачеркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи ИЛИ Представлен только правильный рисунок, поясняющий решение</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0