

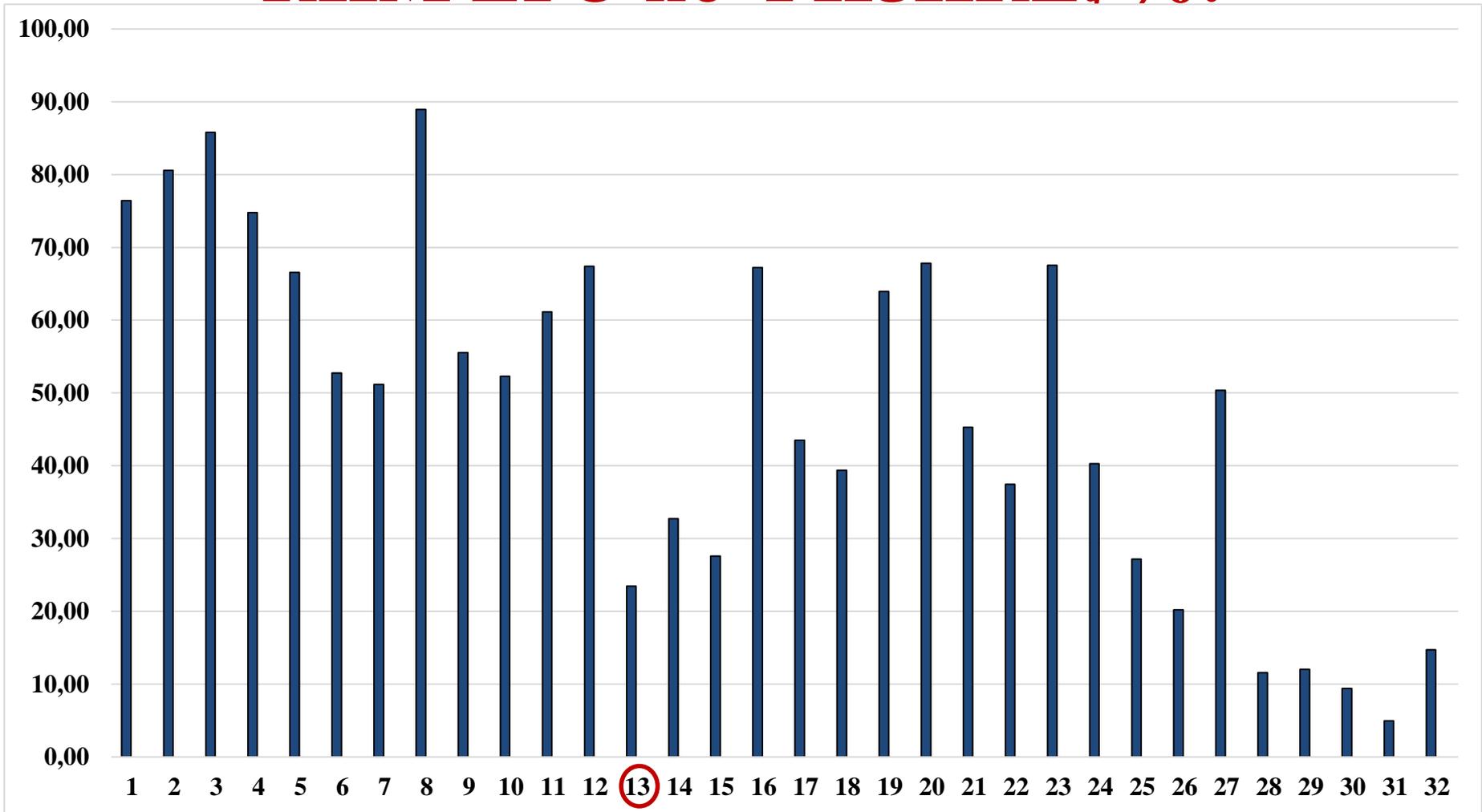
Единый государственный экзамен по физике 2016

Елена Анатольевна Шимко,
к.п.н., доцент кафедры общей
и экспериментальной физики АГУ,
председатель ПК по физике

Количество участников ЕГЭ по ФИЗИКЕ

	АЛТАЙСКИЙ КРАЙ			РФ
	2013 3145 чел. (22,45 %)	2014 3039 чел. (24,26 %)	2015 2667 чел. (22,44 %)	2015 170000 (24 %)
Не преодолели минимальной границы	13,0 %	22,2 %	5,8 %	6,9 %
Средний балл	53,10	42,48	48,43	51,2
Набрали от 81 до 100 баллов	8,5 %	1,2 %	2,4 %	4,5 %
Получили 100 баллов	7 чел	0 чел	2 чел.	224 чел

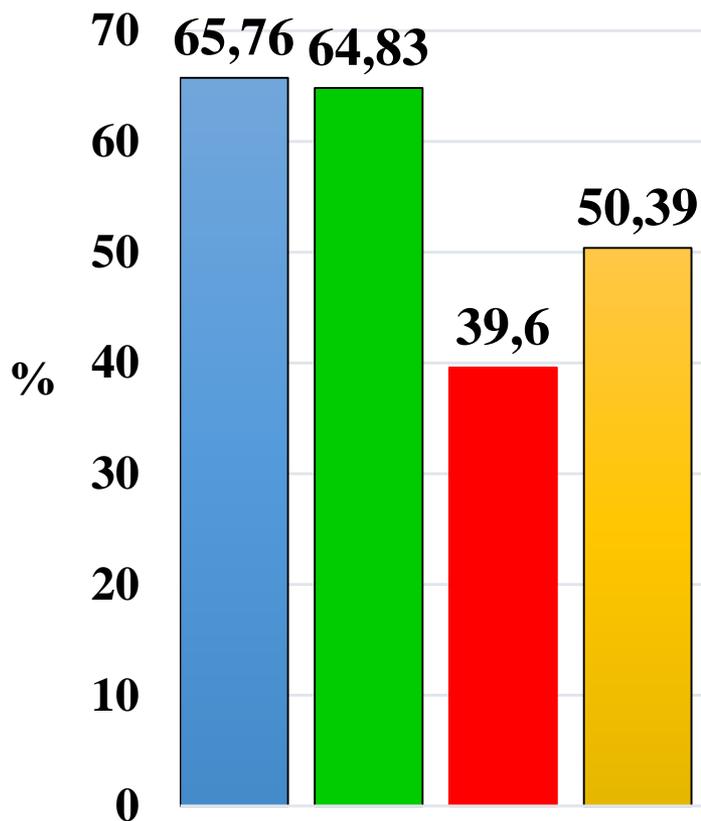
Диаграмма распределения результатов выполнения задания КИМ ЕГЭ по ФИЗИКЕ, %:



Результаты выполнения части 1 КИМ

Алтайский край

РФ



- Механика – 52,4 %
- Молекулярная физика – 54,8 %
- Электродинамика – 45,4 %
- Квантовая физика – 56,2 %

Результаты выполнения заданий (Механика)

№	Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности задания	% выполнения
1	Скорость, ускорение, равномерное прямолинейное движение, равноускоренное прямолинейное движение (графики)	Б	76,41
2	Принцип суперпозиции сил, законы Ньютона	Б	80,57
3	Закон всемирного тяготения, закон Гука, сила трения	Б	85,79
4	Закон сохранения импульса, кинетическая и потенциальная энергии, работа и мощность силы, закон сохранения	Б	74,76
5	Условие равновесия твердого тела, сила Архимеда, давление, математический и пружинный маятники, механические волны, звук	Б	66,56
6	Механика (изменение физических явлений в процессах)	Б	52,73
7	Механика (установление соответствия между графиками и физическими величинами, между физическими величинами и формулами, единицами измерения)	П	51,16

Результаты выполнения заданий (МКТ и термодинамика)

№	Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности задания	% выполнения
8	Модели строения газов, жидкостей и твердых тел. Диффузия, броуновское движение, модель идеального газа. Изменение агрегатных состояний вещества, тепловое равновесие, теплопередача (объяснение явлений)	Б	88,93
9	Изопроцессы, работа в термодинамике, первый закон термодинамики	Б	55,53
10	Относительная влажность воздуха, количество теплоты, КПД тепловой машины	Б	52,28
11	МКТ, термодинамика (изменение физических величин в процессах)	Б	61,13
12	МКТ, термодинамика (установление соответствия между графиками и физическими величинами, между физическими величинами и формулами, единицами измерения)	П	23,47

Результаты выполнения заданий (Электродинамика)

№	Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности задания	% выполнения
13	Электризация тел, проводники и диэлектрики в ЭП, явление электромагнитной индукции, интерференция света, дифракция и дисперсия света (объяснение явлений)	Б	23,47
14	Принцип суперпозиции электрических полей, МП проводника с током, сила Ампера, сила Лоренца, правило Ленца (определение направления)	Б	32,73
15	Закон Кулона, закон Ома для участка цепи, последовательное и параллельное соединение проводников, работа и мощность тока, закон Джоуля-Ленца	Б	27,59
16	Закон электромагнитной индукции Фарадея, колебательный контур, законы отражения и преломления света, ход лучей в линзе	Б	67,23
17	Электродинамика (изменение физических величин в процессах)	Б	43,52
18	Электродинамика (установление соответствия между графиками и физическими величинами, между физическими величинами и формулами, единицами измерения)	П	39,38

Результаты выполнения заданий (Квантовая физика)

№	Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности задания	% выполнения
19	Инвариантность скорости света в вакууме. Планетарная модель атома. Нуклонная модель ядра. Изотопы	Б	63,93
20	Радиоактивность. Ядерные реакции. Деление и синтез ядер	Б	67,82
21	Фотоны. Закон радиоактивного распада	Б	45,29
22	Квантовая физика (установление соответствия между графиками и физическими величинами, между физическими величинами и формулами, единицами измерения)	Б	37,46

Методы научного познания (АК)

№	Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности задания	% выполнения
23	Измерения с учетом абсолютной погрешности, выбор установки для проведения опыта по заданной гипотезе, построение графика по заданным точкам с учетом абсолютных погрешностей измерения	Б	67,54
24	Интерпретация результатов опытов	П	40,29

РФ

- выбор установки для проведения опыта по заданной гипотезе – 71%;
- запись показаний прибора с учетом заданной абсолютной погрешности измерений – 68%;
- построение графиков зависимостей величин по результатам опыта с учетом абсолютных погрешностей измерений – 67%;
- интерпретация результатов опыта, представленных в виде графика или таблицы – 56%.

Расчетные задачи

№	Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности задания	% выполнения
25	Механика, молекулярная физика	II	27,20
26	Молекулярная физика, электродинамика	II	20,21
27	Молекулярная физика, электродинамика	II	50,35
		Итого	32,59

Задания с развернутым ответом

Задание	% выполнения задания	Не приступал	0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла
		%	%	%	%	%
28	11,59	39,64	34,46	19,00	4,95	1,96
29	12,06	58,63	21,15	10,40	3,65	6,16
30	9,43	64,95	20,29	6,48	3,02	5,26
31	4,98	75,75	15,31	5,22	1,45	2,28
32	14,74	63,93	12,24	10,83	5,57	7,42
Итого:	10,56	60,58	20,69	10,38	3,73	4,62

Проблемные группы заданий (2015)

- применение принципа суперпозиции тел, законы Ньютона;
- объяснение электромагнитных явлений (электризация тел, проводники и диэлектрики в электрическом поле, электромагнитная индукция, дифракция света);
- определение направления векторных величин (магнитное поле проводника с током, сила Ампера, сила Лоренца);
- применение закона Ома для участка цепи, содержащего смешанное соединение проводников;
- расчет параметров с использованием закона электромагнитной индукции Фарадея;
- применение законов преломления света, ход лучей в линзе;
- решение расчетных задач повышенного уровня сложности по механике и электродинамике,
- решение качественных задач повышенного уровня сложности.
- решение расчетных задач высокого уровня сложности.

Основные ошибки при решении качественной задачи:

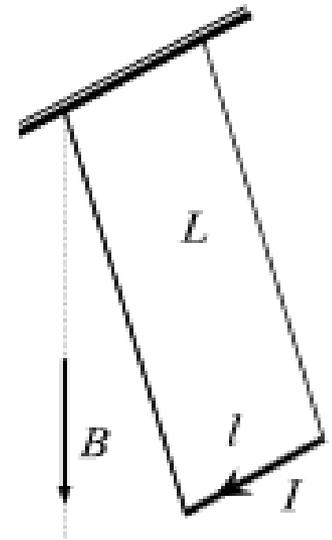
- неполное описание поведения тела при заданных условиях;
- неполное использование физических явлений, свойств, законов при описании поведения тела;
- отсутствие логических умозаключений.

расчетных задач:

- записаны не все положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом;
- ошибка в необходимых алгебраических преобразованиях;
- ошибка в расчетах, приводящая к неправильному числовому ответу.

Пример задания 31

Металлический стержень длиной $l = 0,1$ м и массой $m = 10$ г, подвешенный на двух параллельных проводящих проводах длиной $L = 1$ м, располагается горизонтально в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл. Вектор магнитной индукции направлен вертикально. По стержню пропускают ток в течение $0,1$ с, в результате чего стержень приобретает кинетическую энергию $0,005$ Дж. Чему равна сила тока? Угол отклонения нитей от вертикали за время протекания тока мал (см. рис.)



Средний процент – 4,98 %

Полностью решили – 2,28 %

Критерии оценивания задания 31

- 1) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *выражение для силы Ампера, второй закон Ньютона, выражение для кинетической энергии, формулы равноускоренного движения*);
- 2) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых при написании физических законов);
- 3) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);
- 4) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины (в данном случае $I = 10 \text{ А}$).

Изменения в КИМ ЕГЭ - 2016

1. Структура КИМ ЕГЭ оставлена без изменения:

Всего заданий – 32; из них

по типу заданий: с кратким ответом – 27; с развернутым ответом – 5;

по уровню сложности: Б – 19; П – 9; В – 4.

Максимальный первичный балл за работу – 50.

Общее время выполнения работы – 235 мин.

2. Для заданий 2-5, 8-10, 11-16 расширен спектр контролируемых элементов содержания (см. «Спецификация»):

№	2015	2016
2	Принцип суперпозиции сил, законы Ньютона	Принцип суперпозиции сил, законы Ньютона, момент силы, закон сохранения импульса

Рекомендации ФИПИ (2016)

- относительная скорость, построение графиков по заданной аналитической формуле (задание 1);
- момент силы (задание 2);
- движение по окружности (задание 4);
- насыщенные и ненасыщенные пары, влажность воздуха (задание 8, объяснение явлений);
- носители электрических зарядов (задание 13);
- поток вектора магнитной индукции, энергия магнитного поля катушки с током (задание 17);
- инвариантность скорости света в вакууме (задание 19);
- линейчатые спектры (задание 21);
- построение графиков по результатам измерений с учетом абсолютных погрешностей (задание 23).

Методические материалы (ГИА – 2016)

1. Отчет о результатах методического анализа результатов государственной итоговой аттестации выпускников по ФИЗИКЕ в Алтайском крае в 2015 году:

<http://www.akipkro.ru/kpop-main/kpmo-pisiki/metodicheskie-materialy/ege-gia.html>

2. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2015 года по ФИЗИКЕ (автор М.Ю. Демидова):

http://fipi.ru/sites/default/files/document/1440158056/metod-rek_fizika_2016.pdf

3. Демоверсии КИМ, кодификаторы, спецификации ЕГЭ и ОГЭ по ФИЗИКЕ 2016 года:

<http://fipi.ru>

Часть 1.

№ 1 (Базовый уровень, ВО)

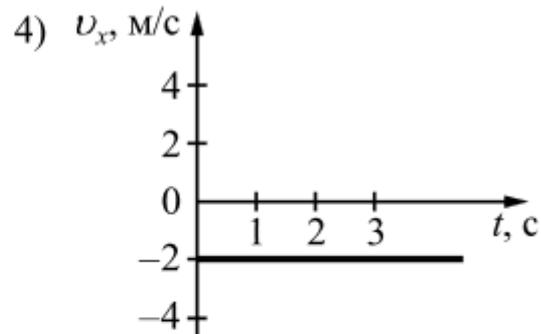
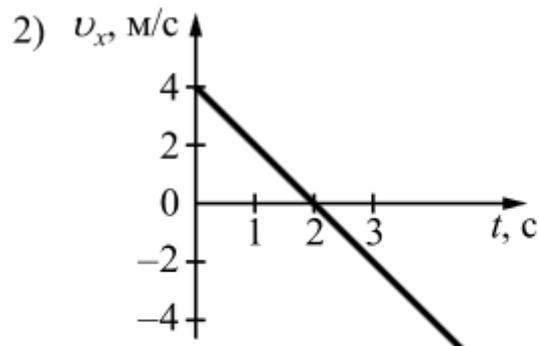
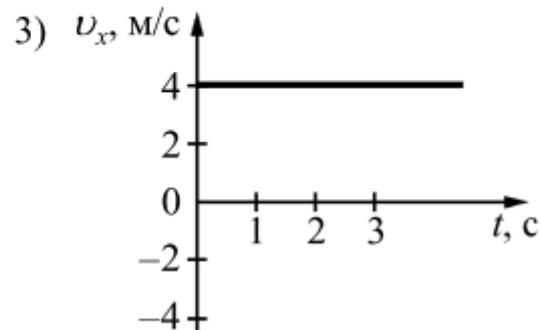
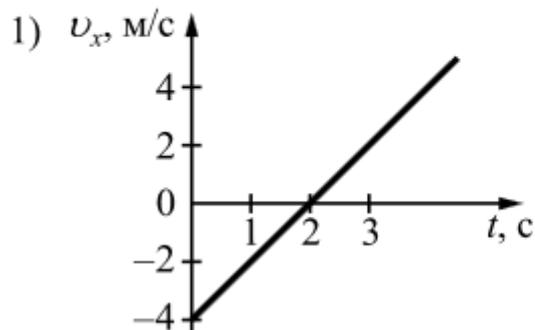
График координаты → график скорости

график скорости → график ускорения

аналитическая формула для координаты → график скорости

аналитическая формула для скорости → график ускорения

- 1** Координата тела меняется с течением времени согласно закону $x = 4 - 2t$, где все величины выражены в СИ. Какой из графиков отражает зависимость проекции скорости движения тела от времени?



Ответ:

№ 2 (Базовый уровень, ВО)

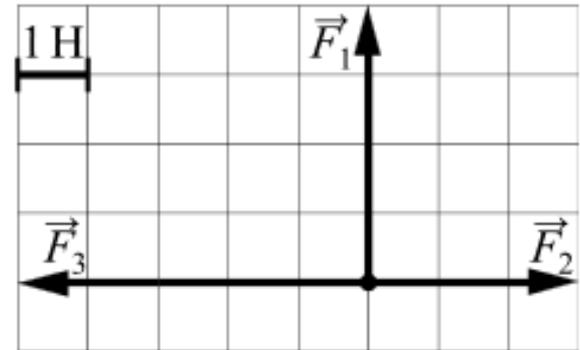
Принцип суперпозиции сил, законы Ньютона, МОМЕНТ СИЛЫ, ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

2

На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку. Модуль равнодействующей силы равен

- 1) $2\sqrt{5}$ Н
- 2) 6 Н
- 3) $2\sqrt{3}$ Н
- 4) 2 Н

Ответ:



№ 3 (Базовый уровень, КО)

Закон всемирного тяготения. Закон Гука.

Сила трения. Давление. Движение по окружности

3

Две планеты с одинаковыми массами обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. Для первой из них сила притяжения к звезде в 4 раза больше, чем для второй. Каково отношение $\frac{R_1}{R_2}$ радиусов орбит первой и второй планет?

Ответ: _____.

№ 4 (Базовый уровень, КО)

Закон сохранения импульса.

Кинетическая и потенциальные энергии.

Работа и мощность силы.

Закон сохранения механической энергии

4

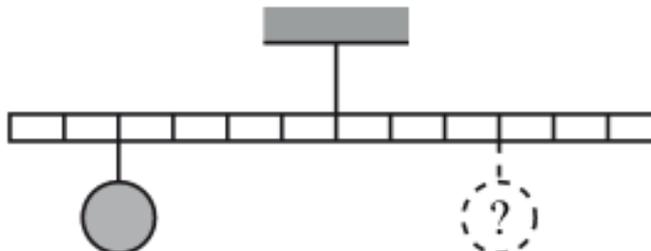
Шарик массой 200 г падает с высоты 20 м с начальной скоростью, равной нулю. Какова его кинетическая энергия в момент перед ударом о землю, если потеря энергии за счёт сопротивления воздуха составила 4 Дж?

Ответ: _____ Дж.

№ 5 (Базовый уровень, КО)

Условие равновесия твердого тела. Закон Паскаля.
Сила Архимеда. Математический и пружинный маятники.
Механические волны, звук.

- 5 Тело массой 0,3 кг подвешено к невесомому рычагу так, как показано на рисунке. Груз какой массы надо подвесить к третьей метке в правой части рычага для достижения равновесия?



Ответ: _____ кг.

№ 6 (Базовый/повышенный уровень, КО, 2 балла)

Механика: изменение физических величин в процессах

6

На поверхности воды плавает сплошной деревянный брусок. Как изменятся глубина погружения бруска и сила Архимеда, действующая на брусок, если его заменить сплошным бруском той же плотности и высоты, но большей массы?

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.

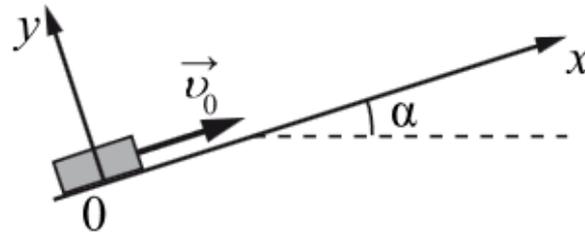
Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

№ 7 (Базовый/повышенный уровень, КО, 2 балла)

Механика: установление соответствия между физическими величинами и единицами измерения, формулами, графиками

7

После удара шайба массой m начала скользить со скоростью \vec{v}_0 вверх по плоскости, установленной под углом α к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения шайбы о плоскость равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.



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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль ускорения при движении шайбы вверх
- Б) модуль силы трения

ФОРМУЛЫ

- 1) $g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$
- 2) $\mu mg \cos \alpha$
- 3) $\mu mg \sin \alpha$
- 4) $g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$

Ответ:

А	Б

№ 8 (Базовый уровень, ВО)

Модели строения газов, жидкостей и твердых тел.

Диффузия, броуновское движение, модель идеального газа.

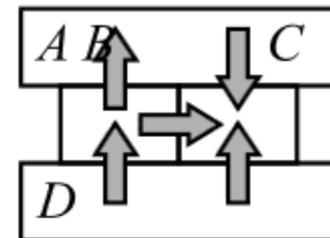
Насыщенные и ненасыщенные пары.

Изменение агрегатных состояний вещества.

Тепловое равновесие, теплопередача.

8

Четыре металлических бруска, имеющих разные температуры, положили вплотную друг к другу, как показано на рисунке. Стрелки указывают направление теплопередачи от бруска к бруску. Выберите верное утверждение о температуре(-ах) брусков.



- 1) Брусок *C* имеет самую низкую температуру.
- 2) Температура бруска *C* выше, чем бруска *B*.
- 3) Брусок *D* имеет самую низкую температуру.
- 4) Температура бруска *A* выше, чем бруска *B*.

Ответ:

№ 9 (Базовый уровень, ВО)

Связь между давлением и средней кинетической энергией.

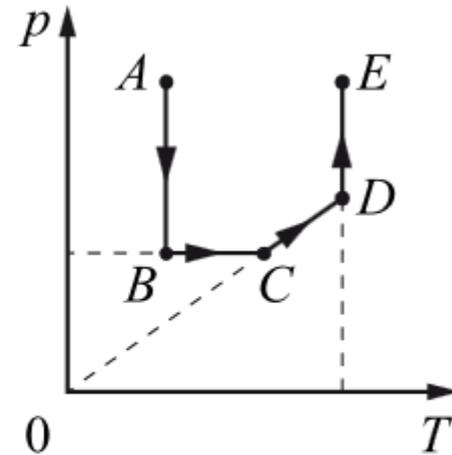
Абсолютная температура, связь температуры со средней кинетической энергией. Уравнение Менделеева-Клайперона.

Изопроцессы

9 На рисунке приведён график зависимости давления неизменной массы газа от температуры. Изменения происходят в направлении, указанном стрелкой. Какой процесс происходит с газом на участке AB ?

- 1) изотермическое расширение
- 2) изотермическое сжатие
- 3) изохорное нагревание
- 4) изобарное нагревание

Ответ:



№ 10 (Базовый уровень, КО)

**Относительная влажность воздуха. Количество теплоты.
Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики.
КПД тепловой машины.**

10

Тепловая машина с КПД 40% за цикл работы отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 60 Дж. Какое количество теплоты машина получает за цикл от нагревателя?

Ответ: _____ Дж.

№ 11 (Базовый/повышенный уровень, КО, 2 балла)

МКТ и термодинамика:

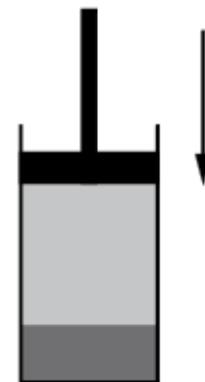
изменение физических величин в процессах

11

В цилиндре под поршнем находятся жидкость и её насыщенный пар (см. рисунок). Как будут изменяться давление пара и масса жидкости при небольшом медленном перемещении поршня вниз при постоянной температуре?

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.

Давление пара	Масса жидкости

№ 12 (Базовый/повышенный уровень, КО, 2 балла)

МКТ и термодинамика:

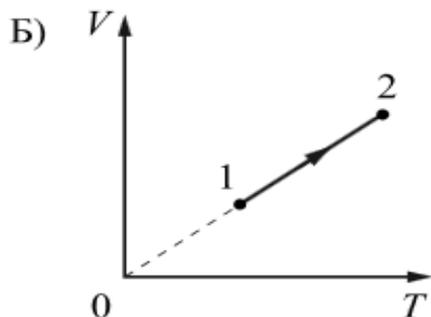
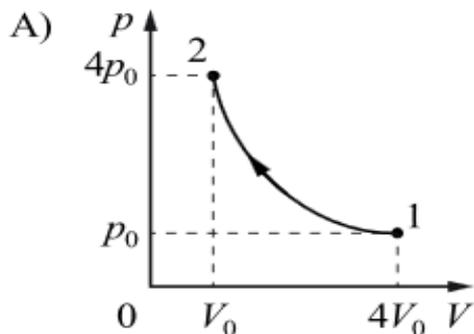
установление соответствия между физическими величинами и единицами измерения, формулами, графиками

12

Установите соответствие между графиками процессов, в которых участвует 1 моль идеального газа, и значениями физических величин, характеризующих эти процессы (ΔU – изменение внутренней энергии; A – работа газа).

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

ГРАФИКИ



ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ
ВЕЛИЧИН

- 1) $\Delta U = 0$; $A > 0$
- 2) $\Delta U > 0$; $A > 0$
- 3) $\Delta U > 0$; $A = 0$
- 4) $\Delta U = 0$; $A < 0$

Ответ:

А	Б

№ 13 (Базовый уровень, ВО)

Электризация тел. Проводники и диэлектрики в ЭП.

Условия существования эл. тока. Носители электрического заряда. Опыт Эрстеда. Явление электромагнитной индукции.

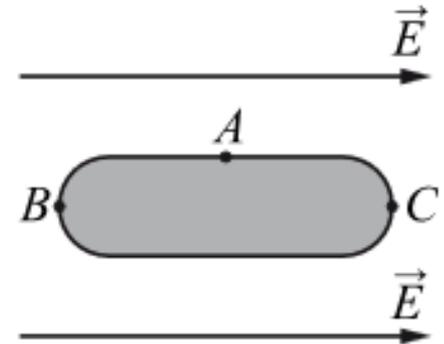
Правило Ленца.

Интерференция света. Дифракция и дисперсия света

13 Металлическое тело, продольное сечение которого показано на рисунке, поместили в однородное электрическое поле напряжённостью \vec{E} . Под действием этого поля концентрация свободных электронов на поверхности тела станет

- 1) самой большой в точке A
- 2) самой большой в точке C
- 3) самой большой в точке B
- 4) одинаковой в точках A , B и C

Ответ:



№ 14 (Базовый уровень, ВО)

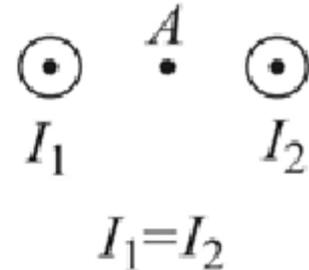
Принцип суперпозиции электрических полей.

Магнитное поле проводника с током.

Сила Ампера и сила Лоренца.

14

На рисунке показаны сечения двух параллельных прямых проводников и направления токов в них. Как направлен вектор магнитной индукции в точке A , находящейся точно посередине между проводниками?



- 1) вниз ↓
- 2) по направлению токов
- 3) равен 0
- 4) вверх ↑

Ответ:

№ 15 (Базовый уровень, КО)

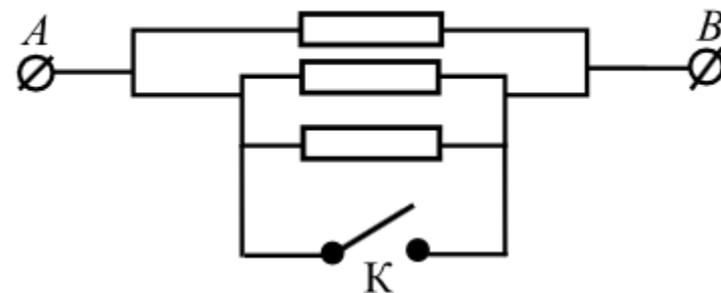
Закон Кулона. Закон Ома для участка цепи.

Последовательное и параллельное соединение проводников.

Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.

15

Каким будет сопротивление участка цепи AB (см. рисунок), если ключ K замкнуть? Каждый из резисторов имеет сопротивление 5 Ом .



Ответ: _____ Ом.

№ 16 (Базовый уровень, КО)

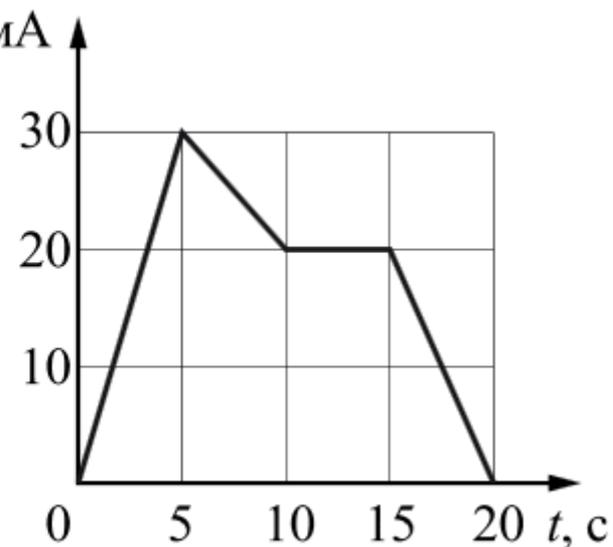
Поток вектора магнитной индукции. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Индуктивность. Энергия МП катушки.

Колебательный контур.

Законы отражения и преломления света. Ход лучей в линзе.

16

На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в электрической цепи, индуктивность которой 1 мГн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в интервале времени от 5 до 10 с.



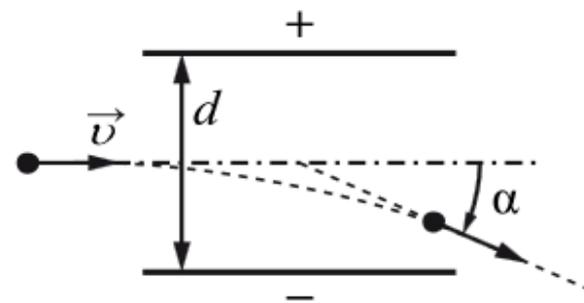
Ответ: _____ мкВ.

№ 17 (Базовый/повышенный уровень, КО, 2 балла)

Электродинамика: изменение физических величин в процессах

17

Заряженная частица массой m , движущаяся со скоростью \vec{v} , влетает в поле плоского конденсатора (см. рисунок). Расстояние между пластинами конденсатора равно d , а напряжённость электрического поля между пластинами равна E . Пролетев конденсатор, частица отклоняется от первоначального направления на угол α .



Как изменятся модуль скорости вылетевшей частицы и угол α , если уменьшить напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

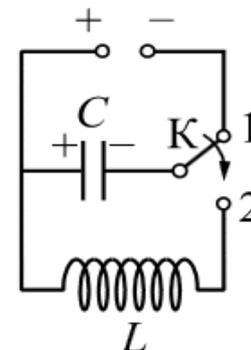
Модуль скорости вылетевшей частицы	Угол отклонения α

№ 18 (Базовый/повышенный уровень, КО, 2 балла)

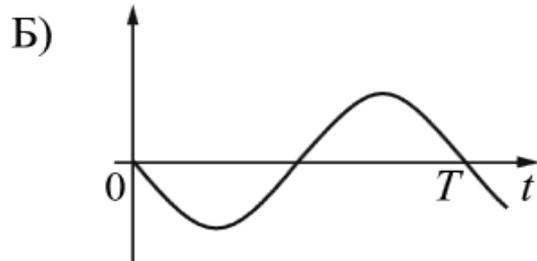
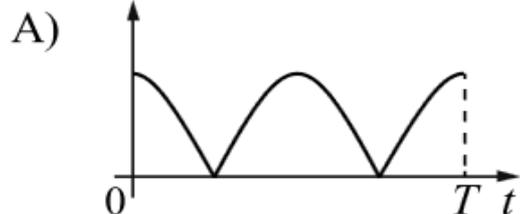
Электродинамика: установление соответствия между величинами и единицами измерения, формулами, графиками

18

Конденсатор колебательного контура подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t=0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого. T – период колебаний. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) заряд левой обкладки конденсатора
- 3) энергия магнитного поля катушки
- 4) модуль напряжения на конденсаторе

Ответ:

А	Б

№ 19 (Базовый уровень, ВО)

Инвариантность скорости света в вакууме.

Планетарная модель атома.

Нуклонная модель ядра. Изотопы

19

Сравните состав ядер изотопов фосфора ${}_{15}^{33}\text{P}$ и хлора ${}_{17}^{33}\text{Cl}$.

У этих изотопов одинакова(-о)

- 1) разность чисел нейтронов и протонов
- 2) число нейтронов
- 3) сумма чисел протонов и нейтронов
- 4) число протонов

Ответ:

№ 20 (Базовый уровень, ВО)

Радиоактивность. Ядерные реакции. Деление и синтез ядер

20 В результате какой из серий радиоактивных распадов полоний ${}^{214}_{84}\text{Po}$ превращается в висмут ${}^{210}_{83}\text{Bi}$?

- 1) двух α -распадов и одного β -распада
- 2) одного α -распада и двух β -распадов
- 3) одного α -распада и одного β -распада
- 4) четырёх α -распадов и одного β -распада

Ответ:

№ 21 (Базовый уровень, КО)

Фотоны. Линейчатые спектры. Закон радиоактивного распада

21 Образец радиоактивного радия находится в закрытом сосуде. Ядра радия ${}^{224}_{88}\text{Ra}$ испытывают α -распад с периодом полураспада 3,6 суток. Определите количество гелия (в моль) в сосуде через 3,6 суток, если в начальный момент времени образец содержал 1,8 моль радия-224.

Ответ: _____ моль.

№ 22 (Повышенный уровень, КО, 2 балла)

Квантовая физика: изменение физических величин в процессах, установление соответствия между величинами и единицами измерения, формулами, графиками

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 число вылетающих в единицу времени фотоэлектронов и их максимальная кинетическая энергия? 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, вылетающих в единицу времени	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

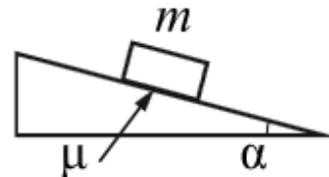
№ 23 (Базовый уровень, ВО, 2 балла)

Механика – квантовая физика: методы научного познания

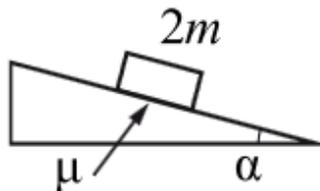
- *Запись показаний приборов при измерении физических величин (амперметр, вольтметр, мензурка, термометр, гигрометр) с учетом необходимых округлений (по заданной абсолютной погрешности).*
- *Выбор установки для проведения опыта по заданной гипотезе.*
- *Построение графика по заданным точкам с учетом абсолютных погрешностей измерений*

23

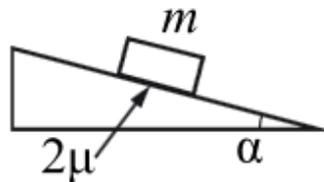
Необходимо экспериментально изучить зависимость ускорения тела, скользящего по шероховатой наклонной плоскости, от массы груза на установке, представленной справа (на всех рисунках m – масса тела, α – угол наклона плоскости к горизонту, μ – коэффициент трения между бруском и плоскостью). Какую из установок, изображённых ниже, следует использовать совместно с заданной, чтобы провести такое исследование?



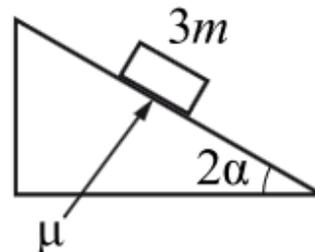
1)



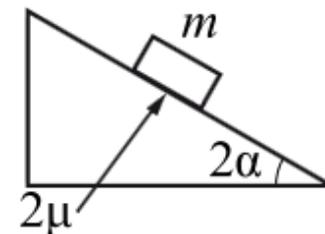
2)



3)



4)



Ответ:

№ 24 (Повышенный уровень, 2 балла)

Механика – квантовая физика: методы научного познания

Выбор ДВУХ верных утверждений о результатах опыта, представленных в виде графика или таблицы:

- формулировка выводов;
- расчет параметра физического процесса

24

Стеклянную линзу (показатель преломления стекла $n_{\text{стекла}} = 1,54$), показанную на рисунке, перенесли из воздуха ($n_{\text{воздуха}} = 1$) в воду ($n_{\text{воды}} = 1,33$). Выберите два верных утверждения о характере изменений, произошедших с оптической системой «линза + окружающая среда».

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

Ответ:

--	--



Часть 2 – № 25-27

(Повышенный уровень, КО, 1 балл)

✓ **Ответ без приближенных вычислений:**

(целое число или десятичная дробь)

✓ **Единицы измерения, в которых необходимо выразить ответ, указываются в тексте КИМ:**

(Ответ: _____ Дж)

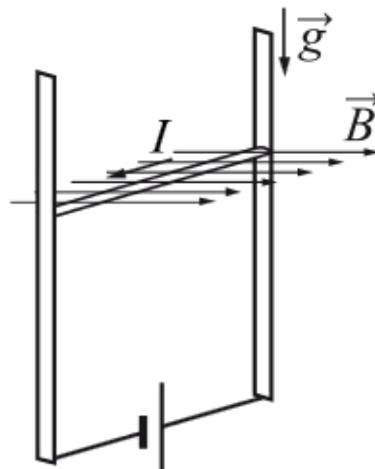
✓ **Стандартные формулировки задач!**

✓ **Максимальное число ранее использованных задач**

25 Мяч брошен вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Чему равно перемещение мяча за 3 с, считая от момента броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ м.

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



Ответ: _____ м.

27 На дифракционную решётку, имеющую 100 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает луч света, длина волны которого 650 нм. Каков максимальный порядок дифракционного максимума, доступного для наблюдения?

Ответ: _____.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	4	15	0
2	1	16	2
3	0,5	17	22
4	36	18	41
5	0,4	19	3
6	31	20	3
7	42	21	0,9
8	1	22	13
9	1	23	1
10	100	24	45
11	31	25	15
12	42	26	0,4
13	3	27	15
14	3		

Качественная задача (Повышенный уровень, 3 балла)

28

В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным металлическим поршнем находится идеальный газ. В первоначальном состоянии 1 поршень опирается на жёсткие выступы на внутренней стороне стенок цилиндра (рис. 1), а газ занимает объём V_0 и находится под давлением p_0 , равным внешнему атмосферному. Его температура в этом состоянии равна T_0 . Газ медленно нагревают, и он переходит из состояния 1 в состояние 2, в котором давление газа равно $2p_0$, а его объём равен $2V_0$ (рис. 2). Количество вещества газа при этом не меняется. Постройте график зависимости объёма газа от его температуры при переходе из состояния 1 в состояние 2. Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

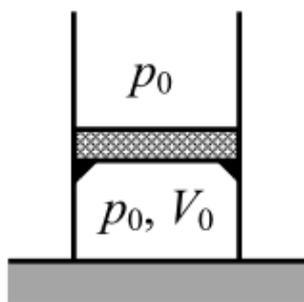


Рис. 1

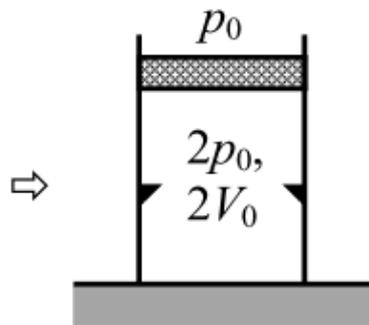
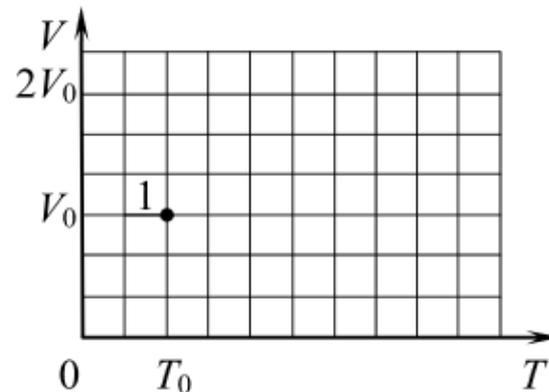


Рис. 2



Пример решения задания 28

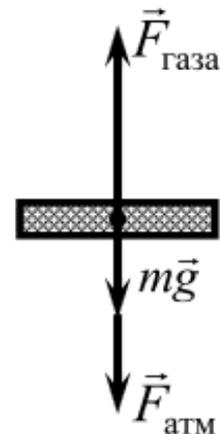
1. Определим температуру T_2 конечного состояния газа. Запишем уравнение Клапейрона – Менделеева для газа в состояниях 1 и 2:

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_0, \\ 2p_0 \cdot 2V_0 = \nu R T_2, \end{cases}$$

откуда $T_2 = 4T_0$.

2. Покажем силы, приложенные к поршню, когда он уже не опирается на выступы на стенках цилиндра. Сила тяжести $m\vec{g}$ и сила давления на поршень со стороны атмосферы $\vec{F}_{\text{атм}}$ постоянны. Поскольку поршень перемещается медленно, сумму приложенных к нему сил считаем равной нулю. Отсюда следует, что сила давления на поршень со стороны газа $\vec{F}_{\text{газа}}$ тоже постоянна. Значит, её модуль $F_{\text{газа}} = pS = \text{const}$ (S – площадь горизонтального сечения поршня) при любом положении поршня выше первоначального. Таким образом, $p = 2p_0 = \text{const}$ при $V_0 < V \leq 2V_0$, процесс нагревания газа изобарный ($\frac{V}{T} = \text{const}$). Определим температуру начала этого процесса T_H :

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_0, \\ 2p_0 \cdot V_0 = \nu R T_H, \end{cases} \quad \text{откуда } T_H = 2T_0.$$



продолжение решения задания 28

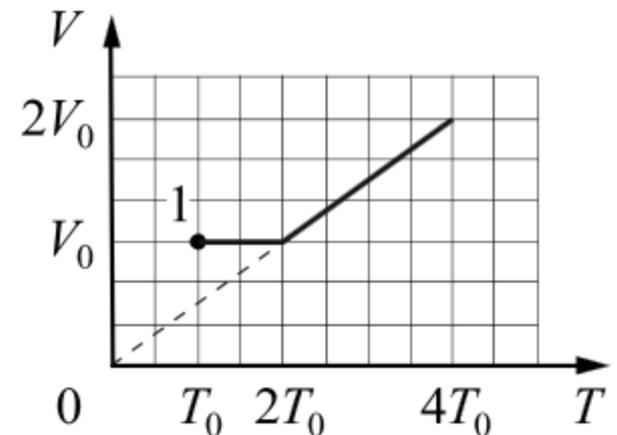
3. На отрезке температур $T_0 \leq T \leq 2T_0$ процесс нагревания газа изохорный ($V = V_0$), давление газа с ростом его температуры при нагревании увеличивается от p_0 до $2p_0$.

4. Ответ: а) при $T_0 \leq T \leq 2T_0$ $V = V_0 = \text{const}$;

б) при $2T_0 \leq T \leq 4T_0$ объём газа меняется от V_0 до $2V_0$ по закону

$$\frac{V}{T} = \text{const}.$$

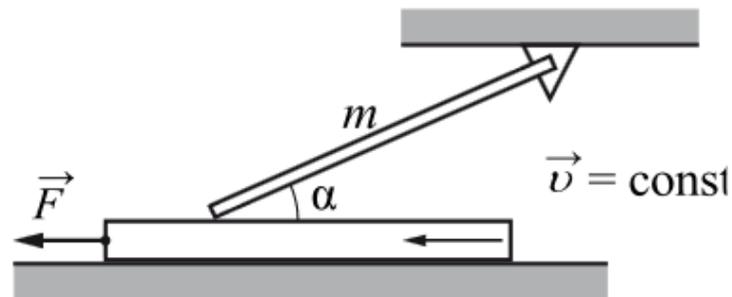
График, изображающий зависимости из п. а) и б), представляет собой ломаную линию



Расчетные задачи (Высокий уровень, 3 балла)

29

Однородный тонкий стержень массой $m = 1$ кг одним концом шарнирно прикреплен к потолку, а другим концом опирается на массивную горизонтальную доску, образуя с ней угол $\alpha = 30^\circ$. Под действием горизонтальной силы \vec{F} доска движется поступательно влево с постоянной скоростью (см. рисунок). Стержень при этом неподвижен. Найдите F , если коэффициент трения стержня по доске $\mu = 0,2$. Трением доски по опоре и трением в шарнире пренебречь.



Пример решения задания 29

1. В инерциальной системе отсчёта Oxy , связанной с Землёй, доска движется поступательно с постоянной скоростью. Поэтому сумма проекций на ось Ox всех сил, приложенных к доске, равна нулю (рис. а):

$$F_{\text{тр1}} - F = 0.$$

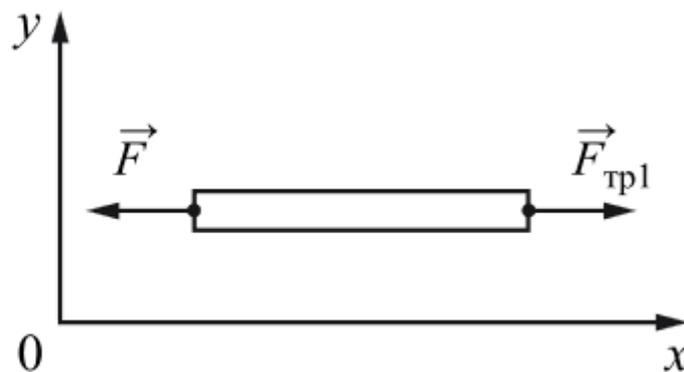


Рис. а

продолжение решения задания 29

2. На рис. 6 показаны все силы, приложенные к стержню. Силы реакции шарнира и доски представлены горизонтальными и вертикальными составляющими:

$\vec{T} = \vec{T}_1 + \vec{T}_2$ и $\vec{R} = \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}$ соответственно. По

третьему закону Ньютона $\vec{F}_{\text{тр}2} = -\vec{F}_{\text{тр}1}$,

поэтому

$$F_{\text{тр}2} = F_{\text{тр}1} = F. \quad (1)$$

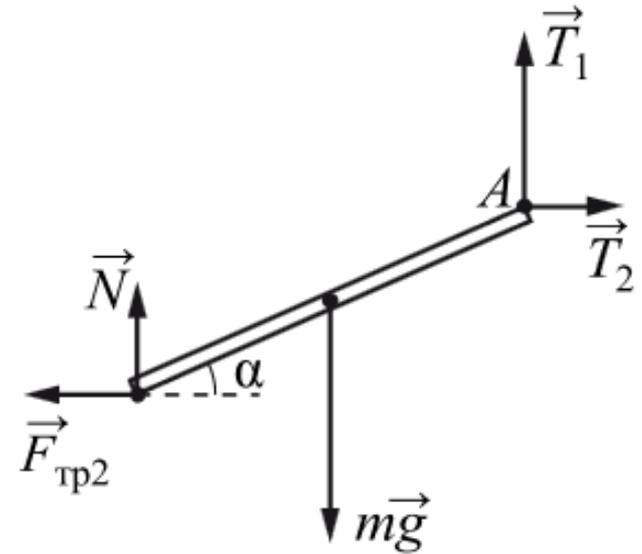


Рис. 6

3. По условию задачи стержень покоится, поэтому сумма моментов сил относительно оси шарнира A равна нулю. Обозначив длину стержня через L , запишем это условие:

$$mg \frac{L}{2} \cos \alpha - F_{\text{тр}2} L \sin \alpha - NL \cos \alpha = 0. \quad (2)$$

4. Доска движется относительно стержня, поэтому сила трения является силой трения скольжения:

$$F_{\text{тр}2} = \mu N. \quad (3)$$

продолжение решения задания 29

5. Подставив (3) в (2), получим уравнение

$$mg \cos \alpha - 2\mu N \sin \alpha - 2N \cos \alpha = 0,$$

позволяющее найти нормальную составляющую силы реакции доски:

$$N = \frac{mg}{2(1 + \mu \operatorname{tg} \alpha)}.$$

$$\text{Отсюда: } F = F_{\text{тр}2} = \mu N = \frac{\mu mg}{2(1 + \mu \operatorname{tg} \alpha)} = \frac{0,2 \cdot 1 \cdot 10}{2 \left(1 + 0,2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \right)} \approx 0,9 \text{ Н.}$$

Ответ: $F \approx 0,9 \text{ Н}$

30

Теплоизолированный горизонтальный сосуд разделён пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится $\nu = 2$ моль гелия, а в правой – такое же количество моль аргона. Атомы гелия могут проникать через перегородку, а для атомов аргона перегородка непроницаема. Температура гелия равна температуре аргона: $T = 300$ К. Определите отношение внутренних энергий газов по разные стороны перегородки после установления термодинамического равновесия.

Пример решения задания 30

1. Так как сосуд теплоизолирован и начальные температуры газов одинаковы, то после установления равновесия температура в сосуде будет равна первоначальной, а гелий равномерно распределится по всему сосуду. После установления равновесия в системе в каждой части сосуда окажется по 1 моль гелия: $\nu_1 = 1$. В результате в сосуде с аргоном окажется 3 моль смеси: $\nu_2 = \nu_1 + \nu = 3$.

2. Внутренняя энергия одноатомного идеального газа пропорциональна температуре и количеству молей:

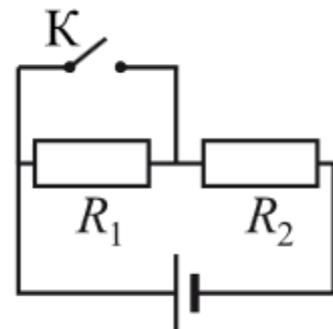
$$U = \frac{3}{2} \nu RT \Rightarrow U_1 = \frac{3}{2} \nu_1 RT_1, \quad U_2 = \frac{3}{2} \nu_2 RT_2.$$

3. Запишем условие термодинамического равновесия: $T_1 = T_2$

$$4. \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2}, \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{3}.$$

Ответ: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{3}$

Источник тока, два резистора и ключ включены в цепь, как показано на рисунке. При разомкнутом ключе на резисторе R_1 выделяется мощность $P_1 = 2$ Вт, а на резисторе R_2 – мощность $P_2 = 1$ Вт. Какая мощность будет выделяться на резисторе R_2 после замыкания ключа К? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



Ток в цепи до замыкания ключа К

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}, \quad (1)$$

где \mathcal{E} – ЭДС источника.

Мощность, выделяемая соответственно на резисторах R_1 и R_2 ,

$$P_1 = I^2 R_1, \quad (2)$$

$$P_2 = I^2 R_2. \quad (3)$$

Так как после замыкания ключа ток через резистор R_1 не течёт, искомая мощность, выделяемая на резисторе R_2 после замыкания ключа К,

$$P_2' = \frac{\mathcal{E}^2}{R_2}. \quad (4)$$

Объединяя (1)–(4), получаем:

$$P_2' = P_2 \left(\frac{P_1}{P_2} + 1 \right)^2 = 9 \text{ Вт.}$$

Ответ: $P_2' = 9$ Вт

32

В вакууме находятся два кальциевых электрода, к которым подключён конденсатор ёмкостью 4000 пФ. При длительном освещении катода светом фототок между электродами, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд $5,5 \cdot 10^{-9}$ Кл. «Красная граница» фотоэффекта для кальция $\lambda_0 = 450$ нм. Определите частоту световой волны, освещающей катод. Ёмкостью системы электродов пренебречь.

Пример решения задания 32

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: $h\nu = A_{\text{ВЫХ}} + E_{\text{к}}$, где $E_{\text{к}}$ – максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, $A_{\text{ВЫХ}} = \frac{hc}{\lambda_0}$.

Фототок прекращается, когда $E_{\text{к}} = eU$, где U – напряжение между электродами, или напряжение на конденсаторе.

Заряд конденсатора $q = CU$.

В результате получаем:

$$\nu = \frac{c}{\lambda_0} + \frac{eq}{Ch} = \frac{3 \cdot 10^8}{450 \cdot 10^{-9}} + \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5,5 \cdot 10^{-9}}{4000 \cdot 10^{-12} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}} \approx 10^{15} \text{ Гц.}$$

Ответ: $\nu \approx 10^{15}$ Гц

Желаем успеха!