

# АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОДЕРЖАНИЯ КИМ ЕГЭ-2018 ПО ФИЗИКЕ (24.11.2017)

Исакова Наталья Петровна,

председатель региональной предметной комиссии по физике,  
старший преподаватель кафедры физики, методов контроля и  
диагностики Тюменского индустриального университета

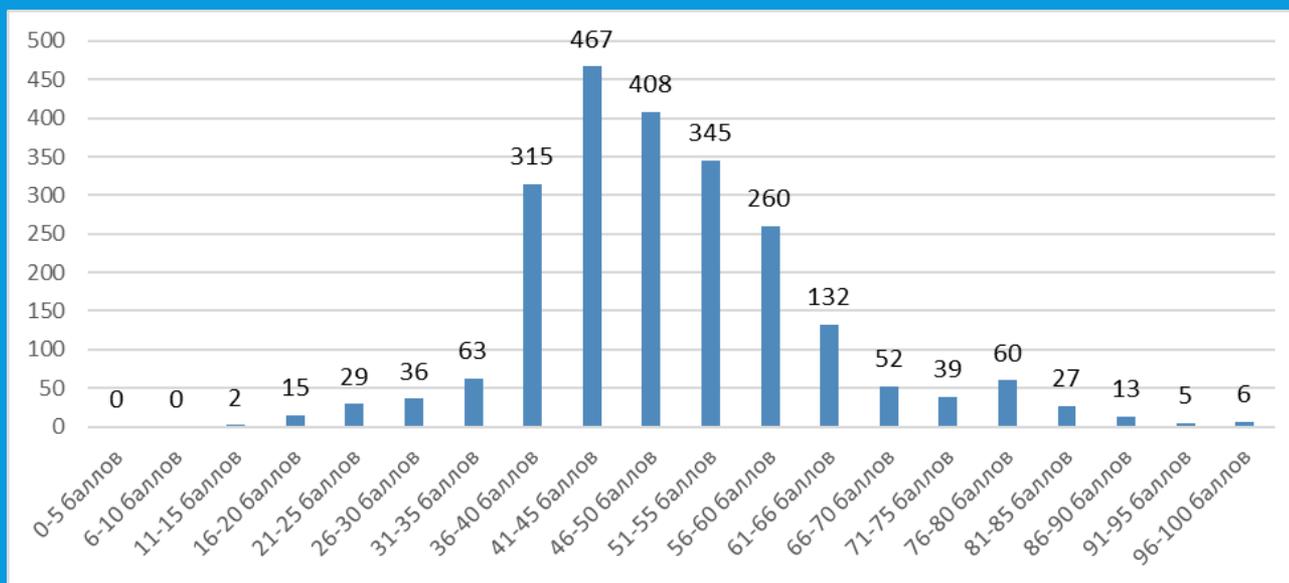
# ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГЭ-2017 ПО ФИЗИКЕ.

# КОЛИЧЕСТВО УЧАСТНИКОВ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ

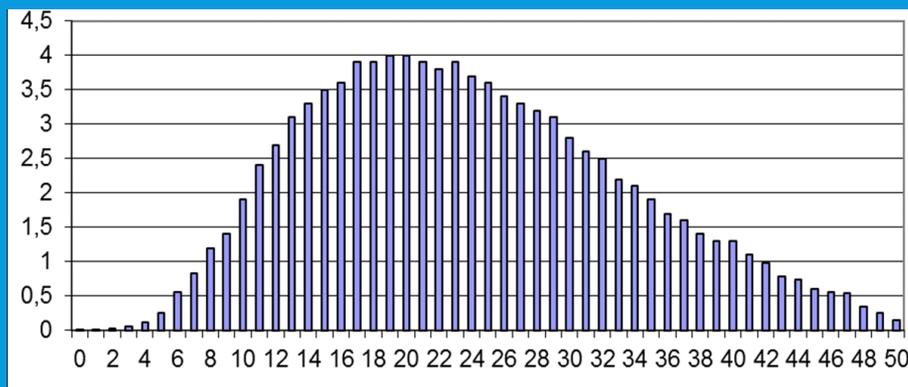
Учебный предмет	2015		2016		2017	
	чел.	% от общего числа участников	чел.	% от общего числа участников	чел.	% от общего числа участников
физика	2243	29,3	2412	30,1	2274	26,6

\*по России около 24 % от общего числа выпускников

# ДИАГРАММА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЧАСТНИКОВ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ ПО ТЕСТОВЫМ БАЛЛАМ В 2017 Г.



Тюменская область



Россия

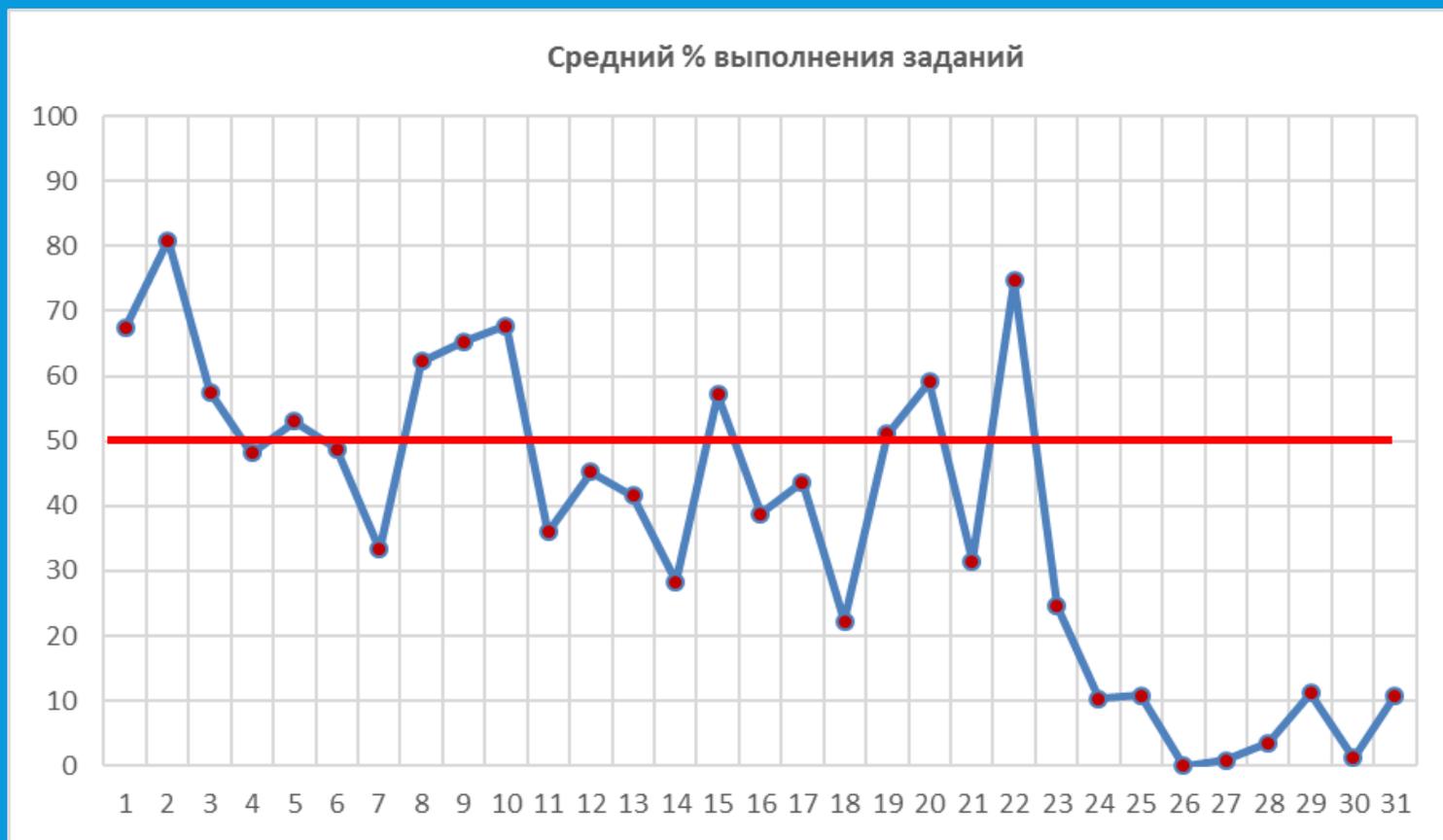
# ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

	Тюменская область		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Не преодолели минимального балла, %	7,5	9	6,4
Средний балл	48,3	46,2	49,5
Получили от 81 до 100 баллов, %	1,9	0,9	2,2
Получили 100 баллов, чел	1	1	3

# РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО СОДЕРЖАТЕЛЬНЫМ РАЗДЕЛАМ ШКОЛЬНОГО КУРСА ФИЗИКИ

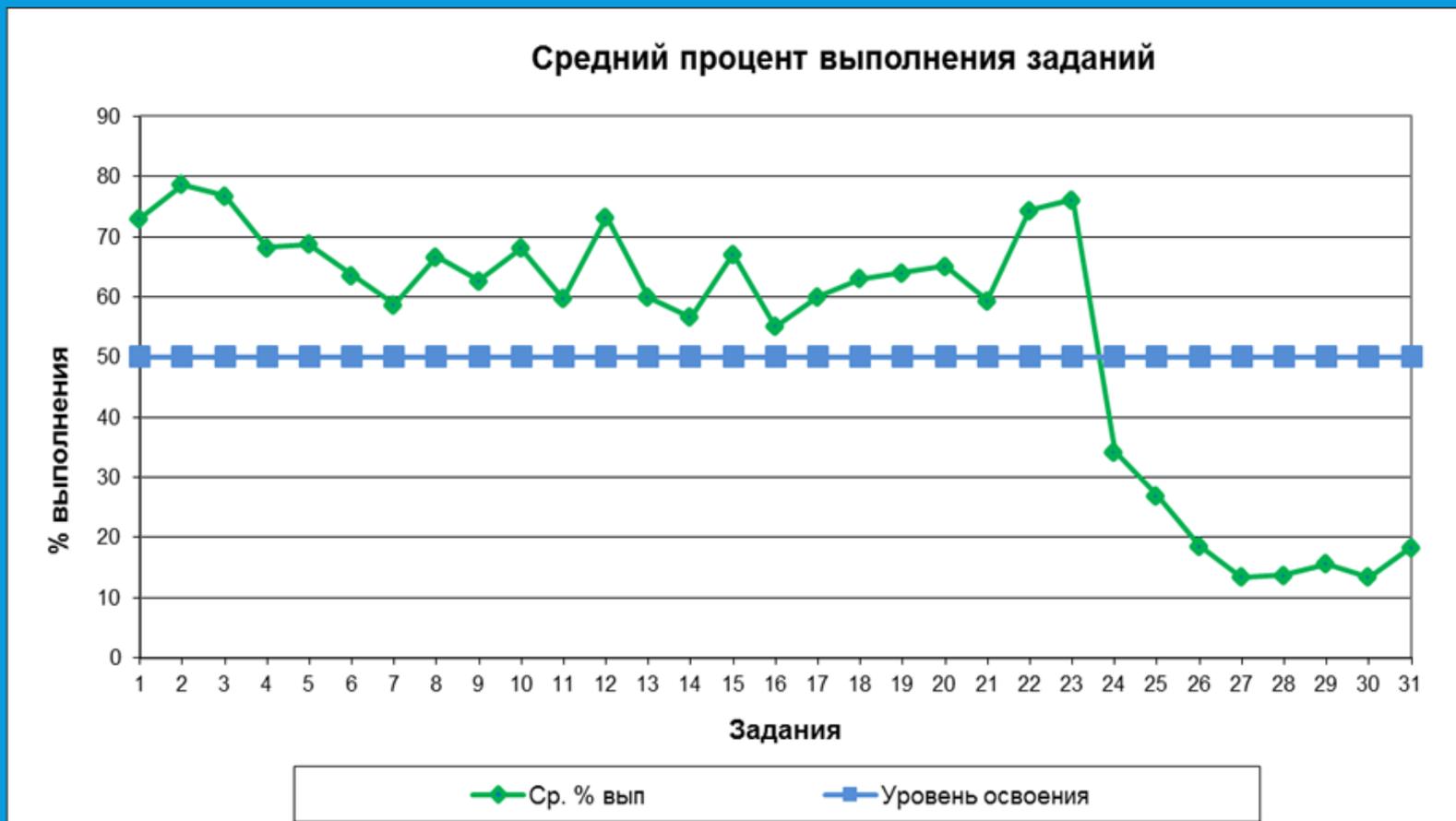
<b>Раздел курса физики</b>	<b>Средний % выполнения по группам заданий, Тюменская обл.</b>	<b>Средний % выполнения по группам заданий, Россия</b>
Механика	55,6	59,5%
МКТ и термодинамика	55,3	53,3%
Электродинамика	38,6	49,2%
Квантовая физика	47,2	47,7%

# РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ



Тюменская область

# РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ



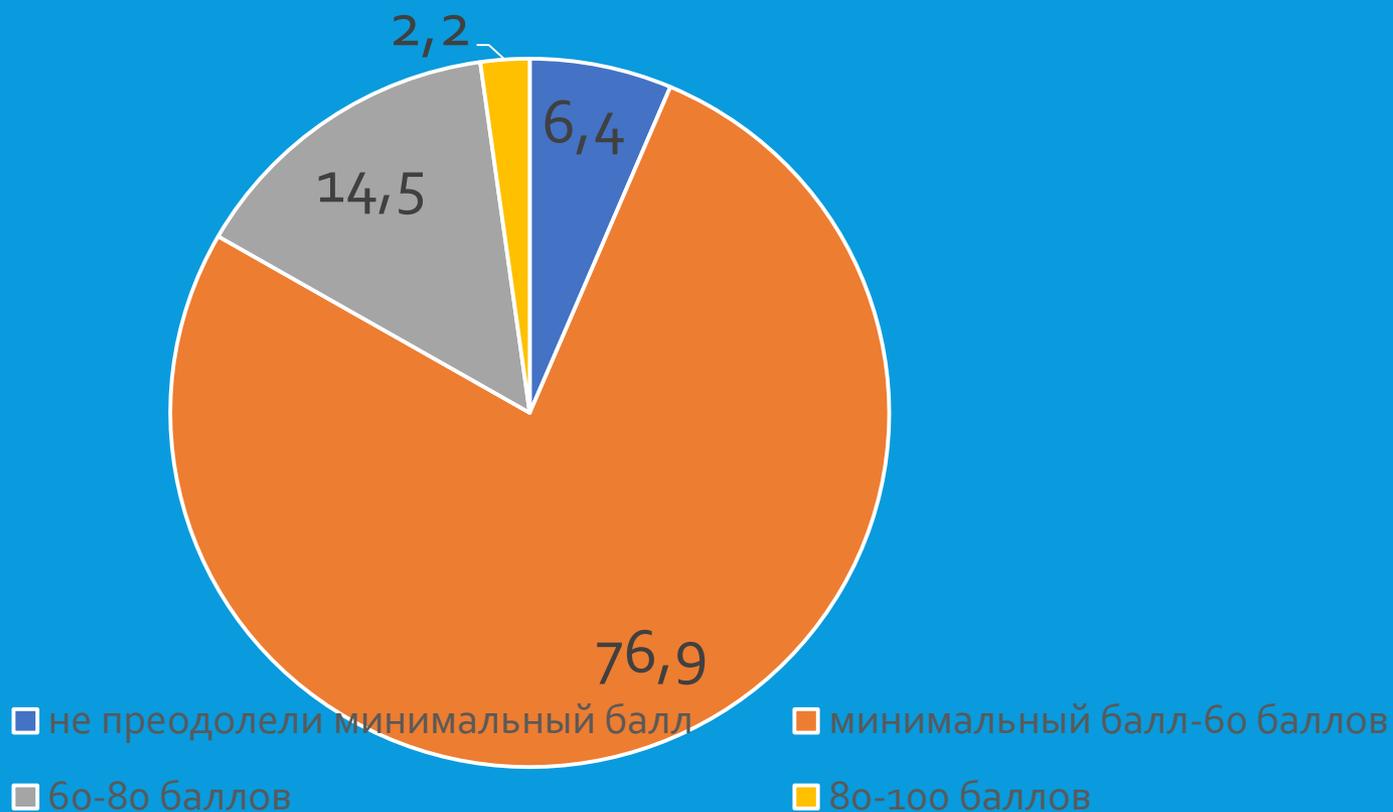
# МОЖНО ГОВОРИТЬ ОБ УСВОЕНИИ СЛЕДУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СОДЕРЖАНИЯ:

- равномерное прямолинейное движение, равноускоренное прямолинейное движение, движение по окружности;
- законы Ньютона, закон всемирного тяготения, закон Гука, сила трения;
- закон сохранения импульса, кинетическая и потенциальные энергии, работа и мощность силы, закон сохранения механической энергии;
- связь между давлением и средней кинетической энергией, абсолютная температура, связь температуры со средней кинетической энергией, уравнение Менделеева–Клапейрона, изопроцессы;
- работа в термодинамике, первый закон термодинамики, КПД тепловой машины;
- относительная влажность воздуха, количество теплоты;
- поток вектора магнитной индукции, закон электромагнитной индукции Фарадея, индуктивность, энергия магнитного поля катушки с током, колебательный контур, законы отражения и преломления света, ход лучей в линзе;
- планетарная модель атома, нуклонная модель ядра, ядерные реакции;
- фотоны, линейчатые спектры, закон радиоактивного распада.

# К ПРОБЛЕМНЫМ МОЖНО ОТНЕСТИ СЛЕДУЮЩИЕ ГРУППЫ ЗАДАНИЙ

- условие равновесия твердого тела, закон Паскаля, сила Архимеда, математический и пружинный маятники, механические волны, звук;
- принцип суперпозиции электрических полей, магнитное поле проводника с током, сила Ампера, сила Лоренца, правило Ленца (определение направления);
- закон Кулона, конденсатор, сила тока, закон Ома для участка цепи, последовательное и параллельное соединение проводников, работа и мощность тока, закон Джоуля – Ленца;
- объяснение явлений; интерпретация результатов опытов, представленных в виде таблицы или графиков;
- изменение физических величин в процессах;
- установление соответствия между графиками и физическими величинами, между физическими величинами и формулами;
- решение расчетных задач повышенного уровня сложности;
- решение качественных задач повышенного уровня сложности;
- решение расчетных задач высокого уровня сложности.

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧАСТНИКОВ ПО ГРУППАМ ПОДГОТОВКИ В 2017 Г.

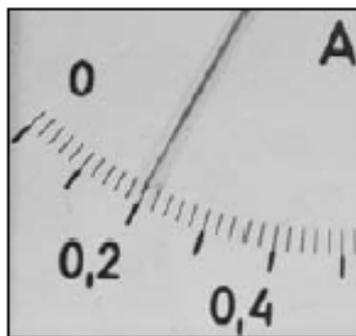


# УСПЕШНО ВЫПОЛНЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

- 2 В инерциальной системе отсчёта некоторая сила сообщает телу массой 8 кг ускорение  $5 \text{ м/с}^2$ . Какое ускорение в той же системе отсчёта сообщит та же сила телу массой 5 кг?

Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{м/с}^2$ .

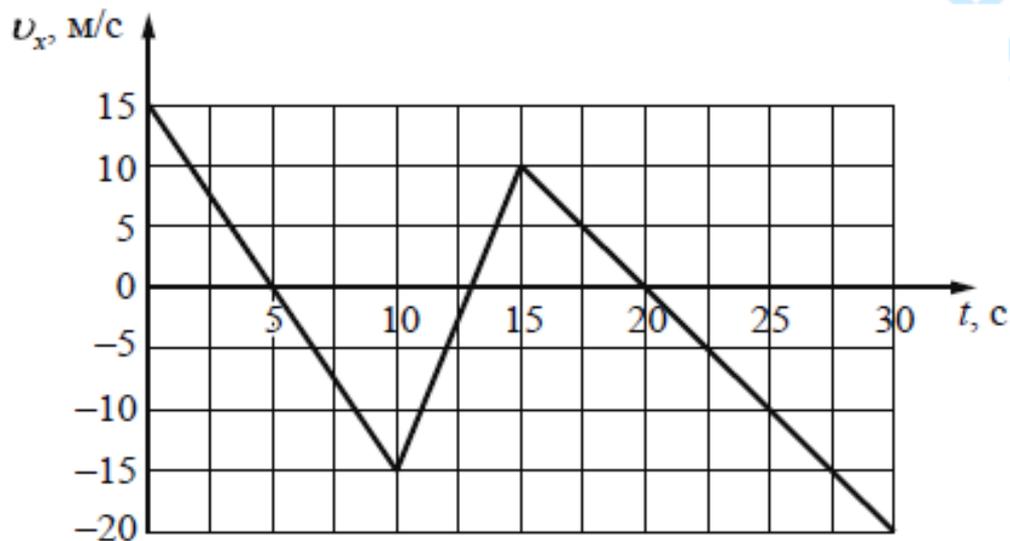
- 22 Определите показания амперметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.



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

# УСПЕШНО ВЫПОЛНЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени  $t$ .



Определите проекцию ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 10 до 15 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

# УСПЕШНО ВЫПОЛНЕННЫЕ ЗАДАНИЯ

10 В воздухе школьного класса при относительной влажности 20% парциальное давление водяного пара равно 800 Па. Определите давление насыщенного водяного пара при данной температуре.

Ответ: \_\_\_\_\_ Па.

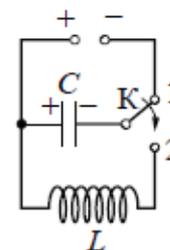
9 Рабочее тело тепловой машины за цикл работы получает от нагревателя количество теплоты, равное 50 Дж, и отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 20 Дж. Чему равен КПД тепловой машины?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

# ПРОБЛЕМНЫЕ ЗАДАНИЯ

18

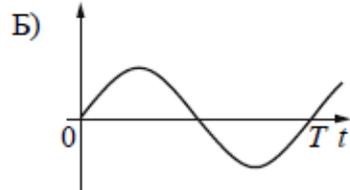
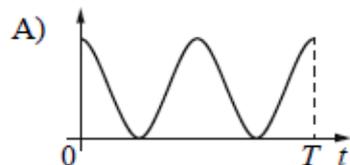
Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t=0$  переключатель  $K$  переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого. ( $T$  – период электромагнитных колебаний в контуре.)



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

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

Ответ:

А	Б

# ПРОБЛЕМНЫЕ ЗАДАНИЯ

23 Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость периода свободных колебаний пружинного маятника от жёсткости пружины. У него имеется пять пружинных маятников, характеристики которых приведены в таблице. Какие два маятника необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ маятника	Жёсткость пружины, Н/м	Объём груза, см <sup>3</sup>	Материал, из которого сделан груз
1	40	30	алюминий
2	40	60	алюминий
3	60	30	медь
4	80	30	алюминий
5	60	60	медь

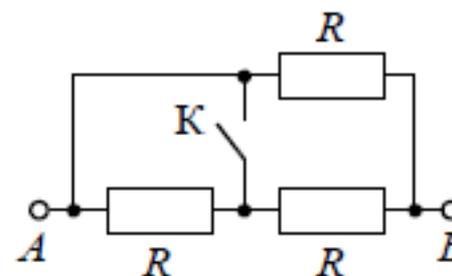
Запишите в таблицу номера выбранных маятников.

Ответ:

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

# ПРОБЛЕМНЫЕ ЗАДАНИЯ

14 На сколько уменьшится сопротивление участка цепи  $AB$ , изображённого на рисунке, после замыкания ключа  $K$ , если сопротивление каждого резистора  $R = 6 \text{ Ом}$ ?



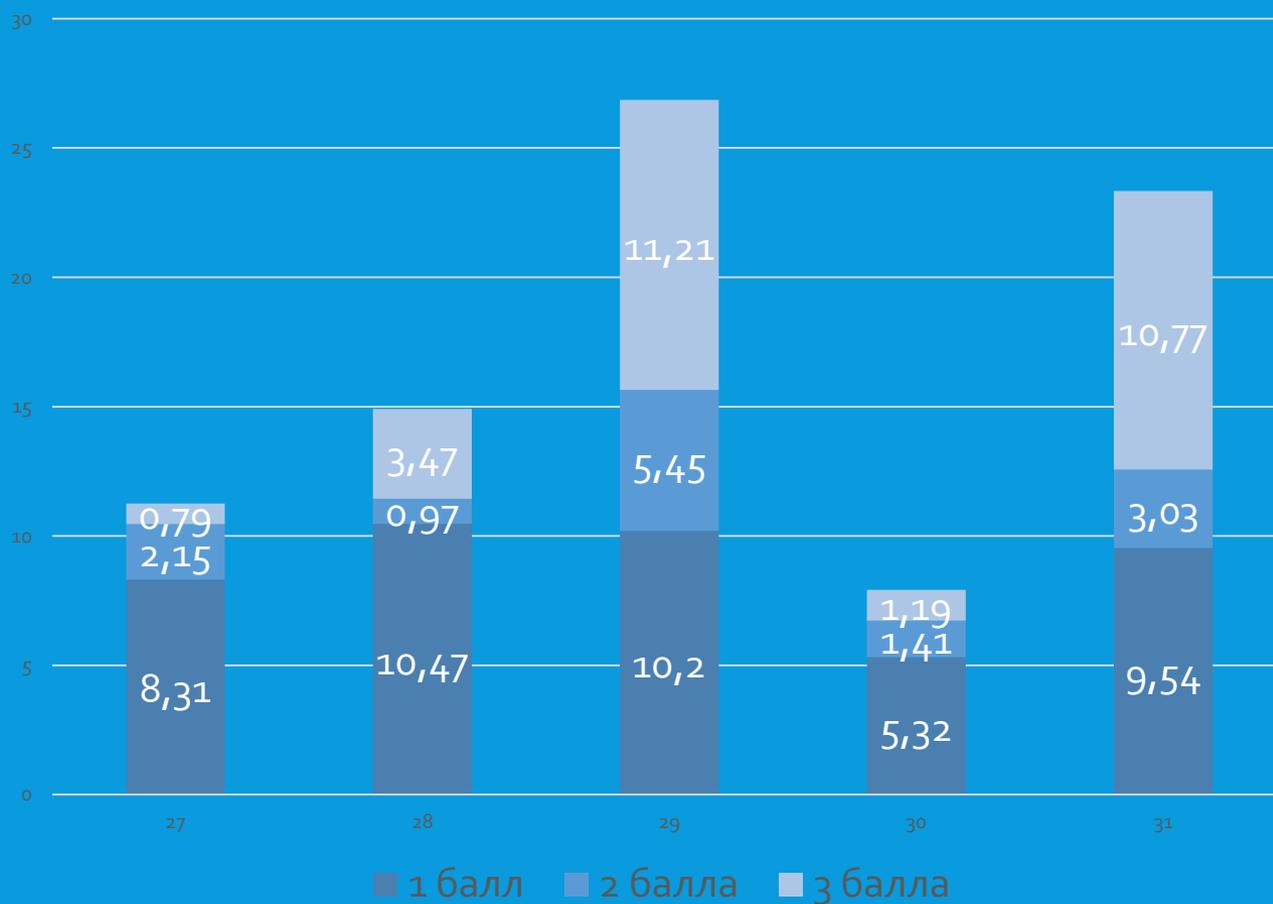
Ответ: на \_\_\_\_\_ Ом.

21 Монохроматический свет с длиной волны  $\lambda$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При изменении энергии падающих фотонов увеличился модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$ . Как изменились при этом длина волны  $\lambda$  падающего света и длина волны  $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

# ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ



# СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КИМ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ В 2018 ГОДУ.

# СТРУКТУРА КИМ ЕГЭ В 2018 Г.

- ❑ Общее число заданий -32
- ❑ **Часть 1** – 24 задания
  - Структура заданий 1-23 – без изменений
  - Задание 24 – на множественный выбор, 2 балла
- ❑ **Часть 2** – 8 заданий
  - Структура – без изменений
  - 25-27 – с кратким ответом
  - 28-32 – с развернутым ответом
- ❑ Максимальный балл – 52.
- ❑ Время выполнения работы 3 ч 55 мин

# Изменения в Кодификаторе

## ИЗМЕНЕНИЯ В КОДИФИКАТОРЕ

### Раздел 5

#### «Квантовая физика и элементы астрофизики»

5.4.1	Солнечная система: планеты земной группы и планеты-гиганты, малые тела солнечной системы
5.4.2	Звезды: разнообразие звездных характеристик и их закономерности. Источники энергии звезд
5.4.3	Современные представления о происхождении и эволюции Солнца и звезд
5.4.4	Наша Галактика. Другие галактики. Пространственные масштабы наблюдаемой Вселенной
5.4.5	Современные взгляды на строение и эволюцию Вселенной

### В разделе «Механика»

1.2.7	Движение небесных тел и их искусственных спутников. Первая космическая скорость: $v_{1к} = \sqrt{g_0 R_0} = \sqrt{\frac{GM}{R_0}}$ Вторая космическая скорость: $v_{2к} = \sqrt{2}v_{1к} = \sqrt{\frac{2GM}{R_0}}$
-------	--

# В СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ В НАЧАЛЕ ВАРИАНТА ДОБАВЛЕНЫ СВЕДЕНИЯ ИЗ РАЗДЕЛА «ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОФИЗИКИ»

## *Соотношение между различными единицами*

температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} \approx 150\,000\,000 \text{ км}$
1 световой год	$1 \text{ св. год} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$
1 парсек	$1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св. года}$

## *Астрономические величины*

средний радиус Земли	$R_{\oplus} = 6370 \text{ км}$
радиус Солнца	$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$
температура поверхности Солнца	$T = 6000 \text{ К}$

# ДЕТАЛИЗАЦИЯ КОДИФИКАТОРА

- ❑ п. 5.4.1: знать строение Солнечной системы, основные отличия планет земной группы от планет-гигантов и отличительные признаки каждой из планет; понимать причины смены дня и ночи и смены времен года, уметь рассчитывать первую и вторую космические скорости
- ❑ п. 5.4.2: различать спектральные классы звезд, понимать взаимосвязь основных звездных характеристик (температура, цвет, спектральный класс, светимость), уметь пользоваться диаграммой Герцшпрунга–Ресселла, различать звезды главной последовательности, белые карлики и гиганты (сверхгиганты)
- ❑ п. 5.4.3: знать основные этапы эволюции звезд типа Солнца и массивных звезд, сравнивать продолжительность «жизненного цикла» звезд разной массы, представлять эволюционный путь звезды на диаграмме Герцшпрунга–Ресселла
- ❑ п. 5.4.4: знать строение и основные масштабы нашей Галактики, виды галактик, понимать смысл физических величин: астрономическая единица, парсек, световой год

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Вторая космическая скорость, км/с	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>
Меркурий	4 878	87,97 суток	58,6 суток	4,25	5,43
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 3 часа 50 минут	10,36	5,25
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	11,18	5,52
Марс	6 794	687 суток	24 часа 37 минут	5,02	3,93
Юпитер	142 800	11 лет 314 суток	9 часов 55,5 минут	59,54	1,33
Сатурн	119 900	29 лет 168 суток	10 часов 40 минут	35,49	0,71
Уран	51 108	83 года 273 суток	17 часов 14 минут	21,29	1,24
Нептун	49 493	164 года 292 суток	17 часов 15 минут	23,71	1,67

Пример

Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Большая средняя плотность Меркурия свидетельствует о том, что на этой планете отсутствует вода.
- 2) В течение венерианского года планета не успевает совершить полный оборот вокруг своей оси
- 3) Масса Нептуна в 2 раза больше массы Сатурна.
- 4) Ускорение свободного падения на Юпитере составляет 59,54 м/с<sup>2</sup>
- 5) Первая космическая скорость вблизи Сатурна составляет примерно 25,1 км/с

Ответ: 

2	5
---	---

## Пример

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а.е.*)	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения,	Первая космическая скорость, км/с	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>
Меркурий	0,39	4 878	28°	2,97	5,43
Венера	0,72	12 104	3°	7,25	5,25
Земля	1,00	12 756	23°27'	7,89	5,52
Марс	1,52	6 794	23°59'	3,55	3,93
Юпитер	5,20	142 800	3°05'	42,1	1,33
Сатурн	9,54	119 900	26°44'	25,0	0,71
Уран	19,19	51 108	82°05'	15,7	1,24
Нептун	30,52	49 493	28°48'	17,5	1,67

\*1 а.е. составляет 150 млн км.

Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Ускорение свободного падения на Юпитер составляет  $42,1 \text{ м/с}^2$
- 2) На Сатурне не может наблюдаться смены времен года
- 3) Орбита Марса находится на расстоянии примерно 228 млн. км от Солнца
- 4) Сатурн имеет самую маленькую массу из всех планет Солнечной системы
- 5) Ускорение свободного падения на Уране составляет около  $9,6 \text{ м/с}^2$

Ответ: 

3	5
---	---

## Пример

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

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

Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд.

- 1) Звезды капелла и Менкалинан относятся к одному созвездию, значит находятся на одинаковом расстоянии от Солнца
- 2) Звезда Денеб является сверхгигантом
- 3) Звезды Альдебаран и Эльнат имеют одинаковую массу, значит они относятся к одному и тому же спектральному классу.
- 4) Звезда Бетельгейзе относится к красным звездам спектрального класса М
- 5) Температура на поверхности Ригеля в 2 раза ниже, чем на поверхности Солнца.

Ответ:

2	4
---	---

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Плотность по отношению к плотности воды
Антарес	3300	18	560	$1,5 \cdot 10^{-7}$
Арктур	4100	4,2	26	$3 \cdot 10^{-4}$
Вега	9500	2,8	3,0	0,14
Сириус В	8200	1	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,75 \cdot 10^6$
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
$\alpha$ Центавра	5730	1,02	1,2	0,80
70 Змееносца	4900	0,8	0,89	2,2
40 Эридана	10 000	0,44	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$1,25 \cdot 10^8$

Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд.

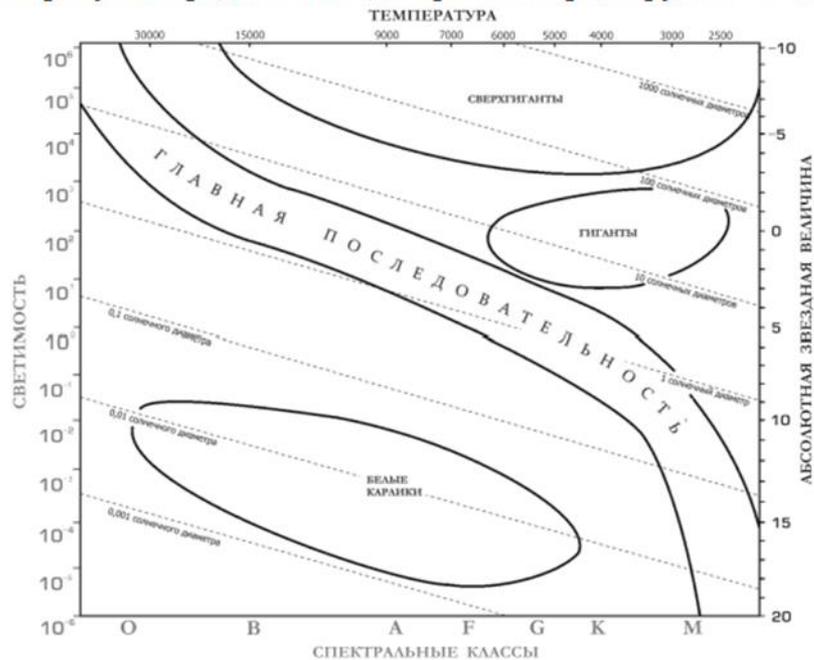
- 1) Звезды Антарес и Ригель являются сверхгигантами
- 2) Звезда Арктур относится к голубым звездам спектрального класса O
- 3) Звезда Сириус В относится к звездам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга-Рассела
- 4) Температура поверхности Веги ниже температуры поверхности Солнца
- 5) Звезда 40 Эридана относится к белым карликам

Ответ:

1	5
---	---

Пример

На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга – Расселла.



Пример

Выберите два утверждения о звездах, которые соответствуют диаграмме.

- 1) Температура звезд спектрального класса G в 2 раза выше температуры звезд спектрального класса A
- 2) Звезда Бетельгейзе относится к сверхгигантам, поскольку ее радиус почти в 1000 раз превышает радиус Солнца
- 3) Плотность белых карликов существенно меньше средней плотности гигантов
- 4) Звезда Антарес имеет температуру поверхности 3300 К и относится к звездам спектрального класса A
- 5) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса K главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса B главной последовательности

Ответ: 

2	5
---	---

# РАСШИРЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЗАДАНИЙ

Добавляются следующие элементы содержания:

- ❑ **Задание 4** – момент силы относительно оси вращения и кинематическое описание гармонических колебаний.
- ❑ **Задание 10** – тепловое равновесие и температура, внутренняя энергия одноатомного идеального газа.
- ❑ **Задание 14** – закон сохранения электрического заряда и связь напряжённости поля и разности потенциалов для однородного электростатического поля.
- ❑ **Задание 18** – элементы СТО. (В этой линии могут встретиться задания на проверку основных формул по этой теме, представленных в пунктах 4.2 и 4.3 кодификатора).

# ФОРМЫ ЗАДАНИЙ

**Ответ в виде числа:** целое число, конечная десятичная дробь, отрицательное число/десятичная дробь

Ответ: \_\_\_\_\_ ед.

26

При сжатии идеального одноатомного газа при постоянном давлении внешние силы совершили работу 2000 Дж. Какое количество теплоты было передано при этом газом окружающим телам?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

27

Плоская монохроматическая световая волна с частотой  $8,0 \cdot 10^{14}$  Гц падает по нормали на дифракционную решётку. Параллельно решётке позади неё размещена собирающая линза с фокусным расстоянием 21 см. Дифракционная картина наблюдается на экране в задней фокальной плоскости линзы. Расстояние между её главными максимумами 1-го и 2-го порядков равно 18 мм. Найдите период решётки. Ответ выразите в микрометрах (мкм), округлив до десятых. Считать для малых углов ( $\varphi \ll 1$  в радианах)  $\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi \approx \varphi$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ мкм.

# ФОРМЫ ЗАДАНИЙ

## Ответ в виде двух цифр:

- № 6,7, 12, 17, 18 – важен порядок следования цифр
- №5, 11, 16, 24 – любой порядок цифр

5 В таблице представлены данные о положении шарика, прикрепленного к пружине и колеблющегося вдоль горизонтальной оси  $Ox$ , в различные моменты времени.

$t, c$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
$x, мм$	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	-5	-9	-12	-14	-15	-14

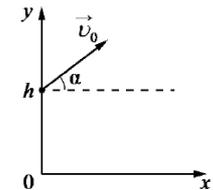
Из приведённого ниже списка выберите два правильных утверждения и укажите их номера.

- 1) Потенциальная энергия пружины в момент времени 1,0 с максимальна.
- 2) Период колебаний шарика равен 4,0 с.
- 3) Кинетическая энергия шарика в момент времени 2,0 с минимальна.
- 4) Амплитуда колебаний шарика равна 30 мм.
- 5) Полная механическая энергия маятника, состоящего из шарика и пружины, в момент времени 3,0 с минимальна.

Ответ:

7

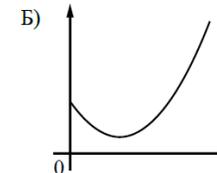
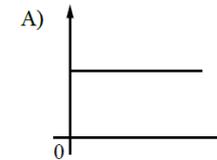
В момент  $t=0$  мячик бросают с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с балкона высотой  $h$  (см. рисунок). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени  $t$ .



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

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

### ГРАФИКИ



### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция импульса мячика на ось  $y$
- 2) кинетическая энергия мячика
- 3) модуль ускорения мячика  $a$
- 4) потенциальная энергия мячика

Ответ: 

А	Б
---	---

# ФОРМЫ ЗАДАНИЙ

## Ответ в виде двух чисел:

### №19

19

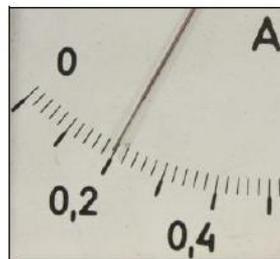
В результате цепной реакции деления урана  ${}_0^1\text{n} + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_Z^A\text{X} + {}_{56}^{139}\text{Ba} + 3{}_0^1\text{n}$  образуется ядро химического элемента  ${}_Z^A\text{X}$ . Каковы заряд образовавшегося ядра  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

### №22

22

Определите показания амперметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.



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

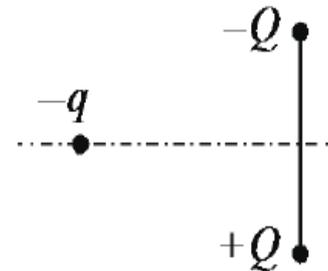
# ФОРМЫ ЗАДАНИЙ

Ответ в виде слова

□ №13

13

Отрицательный заряд  $-q$  находится в поле двух неподвижных зарядов: положительного  $+Q$  и отрицательного  $-Q$  (см. рисунок). Куда направлено относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) ускорение заряда  $-q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

# ЧАСТЬ 2

## 8 задач:

- 2 задачи по механике
- 2 задачи по МКТ и термодинамике
- 3 задачи по электродинамике
- 1 задача по квантовой физике

**№25** – механика, МКТ

**№26** - МКТ и термодинамика, электродинамика

**№27** – электродинамика, **квантовая физика**

**№28** (качественная) - механика – квантовая физика

**№29** – механика

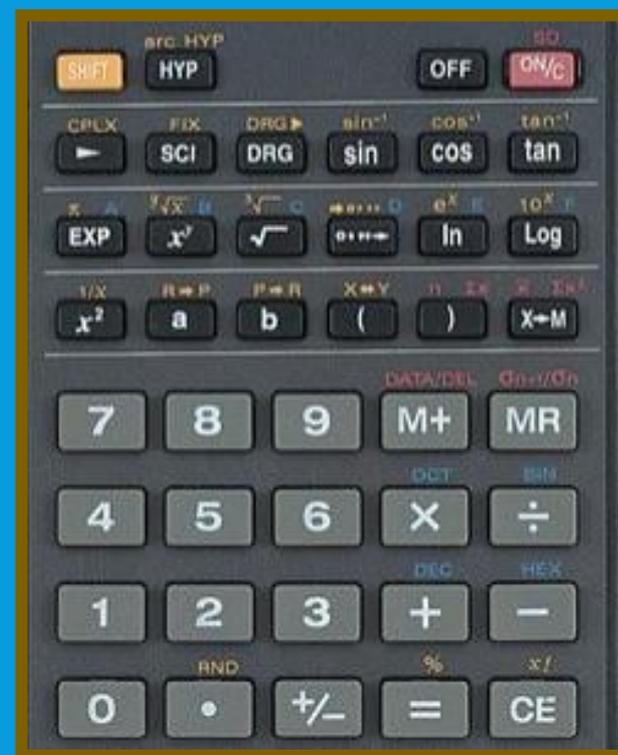
**№30** – МКТ и термодинамика

**№31** – электродинамика

**№32** – электродинамика, квантовая физика

## ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ

- Линейка
- Непрограммируемый калькулятор



МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ И ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ С  
РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ  
(КАЧЕСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ №28)

- Требования к полноте ответа приводятся в самом тексте задания. Как правило, все задания содержат:

А) требование к формулировке ответа — «Как изменится ... (показание прибора, физическая величина)», «Опишите движение ...» или «Постройте график ...» и т.п.

Б) требование привести развёрнутый ответ с обоснованием — «объясните ..., указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано» или «...поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения».

- Как правило, в авторском решении правильный ответ и объяснение выделяются отдельными пунктами.
- В критериях оценивания приводится перечень явлений и законов, на основании которых строится объяснение.

# ОБОБЩЕННАЯ СХЕМА ОЦЕНИВАНИЯ СТРОИТСЯ НА ОСНОВАНИИ ТРЕХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕШЕНИЯ:

- формулировка ответа;*
- объяснение;*
- прямые указания на физические явления и законы.*

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (<u>в данном случае:           </u>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (<u>в данном случае:           </u>)</p>	3
<p>Дан <u>правильный ответ</u>, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении <u>не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения.</u> (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится <u>один логический недочёт.</u></p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении <u>имеются лишние записи</u>, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении <u>имеется неточность</u> в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	<p>2</p> <p style="text-align: center;">2.1</p> <p style="text-align: center;">2.2</p> <p style="text-align: center;">2.3</p> <p style="text-align: center;">2.4</p>

<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p>	<p>1</p>
<p><u>Дан правильный ответ</u> на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём <u>не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</u></p>	<p>1.1</p>
<p>ИЛИ</p>	
<p>Указаны <u>все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности,</u> но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, <u>не доведены до конца.</u></p>	<p>1.2</p>
<p>ИЛИ</p>	
<p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу, содержат ошибки.</u></p>	<p>1.3</p>
<p>ИЛИ</p>	
<p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но <u>имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</u></p>	<p>1.4</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>

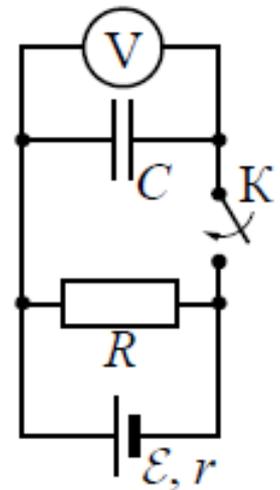
# ИЗМЕНЕНИЯ В СХЕМЕ ОЦЕНИВАНИЯ №28

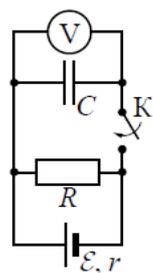
- **Задания с дополнительными условиями.** Например, дополнительно к объяснению предлагается изобразить схему электрической цепи или рисунок с ходом лучей в оптической системе. В этом случае **в описание полного правильного решения** вводится еще один пункт (*верный рисунок или схема*).
- Отсутствие рисунка (или схемы) или наличие ошибки в них приводит к снижению на 1 балл.
- Наличие правильного рисунка (схемы) при отсутствии других элементов ответа - 1 балл.

## Задача №28

### Пример - 1

Опираясь на законы физики, найдите показание идеального вольтметра в схеме, представленной на рисунке, до замыкания ключа  $K$  и опишите изменения его показаний после замыкания ключа  $K$ . Первоначально конденсатор не заряжен.





### Возможное решение

1. Начальное показание вольтметра равно нулю, после замыкания ключа показания вольтметра будут увеличиваться, пока не достигнут максимального значения, которое не будет меняться со временем.

2. Вольтметр соединён параллельно с конденсатором, поэтому его показания равны напряжению на конденсаторе. Вначале конденсатор не заряжен ( $q_1 = 0$ ), поэтому напряжение на нём  $U_1 = \frac{q_1}{C} = 0$ , и показания вольтметра равны нулю.

3. После замыкания конденсатор будет заряжаться, и, так как  $U = \frac{q}{C}$ , показания вольтметра будут увеличиваться. Когда конденсатор полностью зарядится, ток через него не течёт, а течёт только через резистор. Сила тока в цепи станет постоянной и согласно закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ .

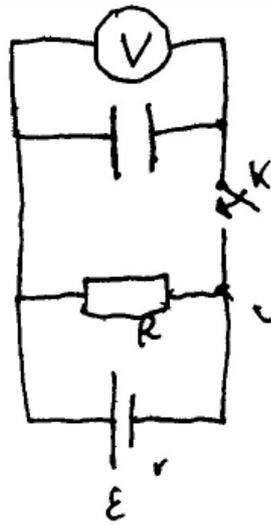
Напряжение на конденсаторе и резисторе  $U = IR$  и не будет меняться со временем. Поэтому показания вольтметра тоже перестанут изменяться

Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае:  $n \cdot I$ ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: закон Ома для полной цепи и для участка цепи, формула связи напряжения на конденсаторе с его зарядом; указано, что после зарядки конденсатора показания вольтметра перестанут изменяться)

3



Во замкнутой цепи к вольтметр будет показывать напряжение на конденсаторе, а так как вольтметр был разорван, то вольтметр покажет 0 В.

После замыкания цепи к вольтметр также будет показывать напряжение на конденсаторе, конденсатор будет заряжаться, а напряжение расти до напряжения на резисторе R.

Это равно:

$$U_{\max} = U_R = I \cdot R \quad I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

$$U_{\max} = \frac{\varepsilon R}{R + r}$$

Ответ: до замыкания — 0 В

после замыкания — показания вольтметра

равны  $\frac{\varepsilon R}{R + r}$  В.

$\boxed{N27}$  до замыкания: конденсатор не подключен к сети,  $Q_0 = 0$  (по услов.)  $\Rightarrow U_0 = 0$  ( $= U_C$ ). После замыкания: конденсатор включен в цепь параллельно,  $Q_0 = 0 \Rightarrow$  конденс. ~~не~~ заряжается  $\Rightarrow$  стрелка  $\textcircled{V}$  отклоняется от нуля. Через предельно малое время конденсатор зарядится,  $U_C = U_R$  (т.к. они подключ. параллельно). Ток в цепи равен  $I = \frac{E}{r+R} \Rightarrow U_R = \frac{ER}{r+R}$  (ток через конденс. нелу) и  $U_C$  (напряж. на резисторе)  $= U_C$  (напряж. конденс.)  $\Rightarrow U_C = \frac{ER}{r+R}$ . После достиж. этого знач. ~~стел~~ стрелка не будет двигаться.

27) до замыкания ключа  $K$  вольтметр покажет 0, т.к. участок вольтметра не включен в цепь, а конденсатор не заряжен.

после включения замыкания ключа <sup>вольтметр</sup> он плавно увеличит свой показатель (по мере зарядки конденсатора)

при полной же зарядке конденсатора вольтметр покажет максимальное значение  $U = \frac{\varepsilon R}{R+r}$ .

2.7) До замыкания ключа "К" ток через вольтметр и конденсатор не идет, т.к. ключ "К" разрывает цепь между источником тока и вольтметром и конденсатором, поэтому показания вольтметра будут равны нулю.

Сразу после замыкания ключа сила тока в цепи станет равной  $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_{обв}} = \frac{\mathcal{E}}{r + R + X_C}$ , где  $R_{обв} = \frac{X_C \cdot R}{X_C + R}$  ( $X_C$  - ёмкостное сопр. конденсатора,  $R$  - сопр. резистора,  $r$  - внутр. сопр. источника тока,  $\mathcal{E}$  - ЭДС источника).

Со временем конденсатор будет заряжаться и сила тока в цепи будет падать. Когда конденсатор зарядится, ток через него течь не будет, значит вольтметр будет показывать напряжение на резисторе  $R$ :

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}; \quad U = I \cdot R; \quad U = \frac{\mathcal{E} \cdot R}{r + R}.$$

27.

Решение:

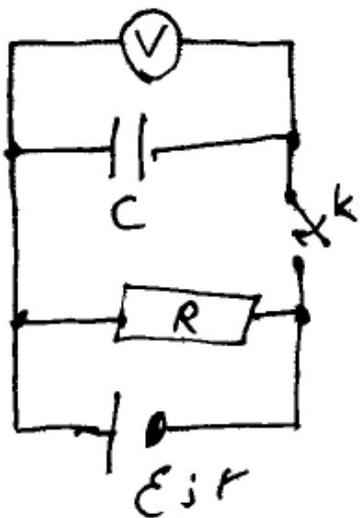
1) В первоначальный момент времени конденсатор не заряжен  $\Rightarrow$  заряд конденсатора  $q=0$ . Если конденсатор не заряжается, то на нём нет напряжения  $\Rightarrow u=0$ . По закону Ома для нашей цепи сила тока

$$I = \frac{\mathcal{E}_e}{R+r}$$
 где  $R$  - сопротивление резистора,  $r$  - сопротивление источника тока.

2) После замыкания цепи конденсатор будет подключен параллельно резистору. Напряжение на резисторе равно напряжению на конденсаторе.  $u = u_1 = u_2$ . Напряжение на конденсаторе будет увеличиваться.

Ответ: до замыкания  $u=0$ , после замыкания будет увеличиваться.

И 27 До замыкания ключа вольтметр продолжает оставаться на отметке "0", т.к. цепи, к которой он подключен, размыкнута, а соответственно отсутствует напряжение, заставляющее электроны двигаться и создавать эл. ток. После замыкания ключа напряжение на обкладках конденсатора будет медленно изменяться и значение вольтметра будет также медленно возрастать.



Решение:

- 1) го з'являється кутура  $K$  запевняє на конденсаторі напруження, яке не мієть до нього  $= 7$  напруження конденсатора д'ягом нуль  $0$ .
- 2) з'являється кутура запевняє конденсатор

суперечливою конденсатором  $\gamma$  оджеє суммарне

$$\text{напруження: } R = \frac{Rr}{R+r} \quad I = \frac{E}{\frac{Rr}{R+r} + r}$$

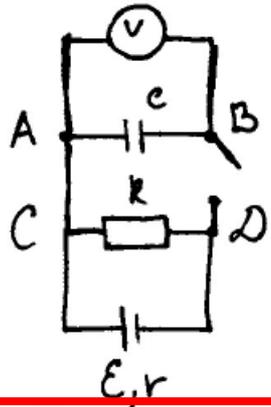
$$U = IR \quad U = \frac{E}{\frac{Rr}{R+r} + r} \cdot R = \frac{ERr}{Rr + r^2} = \frac{ERr}{r(R+r)} = \frac{ER}{R+r}$$

напруження конденсатора

напруження д'ягом нуль:  $\frac{ER}{2R+r}$  ~~Ам.~~ Висновок.

1) Амперметр (A) - идеальный  $\Rightarrow R_A = 0 \Rightarrow$  ток через (A) не течет.

2)



(V) - параллельно подключен к участку AB  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  он показывает напряжение на нем, а следовательно и на конденсаторе.

3) До замыкания ключа: 3-и Ом на всей цепи:

$$\mathcal{I}R + \mathcal{I}r = \mathcal{E} \Rightarrow \mathcal{I} = \frac{\mathcal{E}}{R+r} \Rightarrow \text{конденсатор заряжается} \Rightarrow$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{U}(R+r)$$

$$\Rightarrow q = CU, \text{ где } q - \text{заряд на обкладках}$$

конденсатора;  $q \uparrow \Rightarrow U \uparrow$

4) Сразу после замыкания ключа: конденсатор разряжается  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \mathcal{I} = \frac{\mathcal{U}}{R}, \text{ где } \mathcal{U} = \frac{q}{C} - \text{напряжение на конденсаторе, } q \downarrow \Rightarrow U \downarrow$$

5)  $\Rightarrow$  показание вольтметра уменьшается.

1) Т.к. ключ не замкнут, то напряжение на  $V$  будет равняться нулю. Но конденсатор будет заряжаться, но и не будет проводить ток.

2) После замыкания ключа конденсатор продолжит заряжаться, но ток протекать не будет т.к. конденсатор пропускает только переменный ток  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  Напряжение останется равным нулю

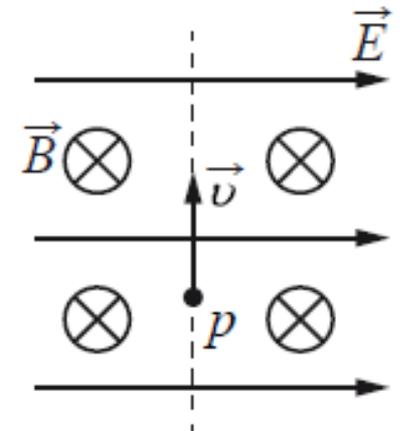
0

После того, как левая обкладка конденсатора зарядится, весь заряд перейдет на правую  $\Rightarrow$  стрелка  $V$  начнет отклоняться вправо, и наоборот, когда правая зарядится, стрелка отклонится влево.

0

## Задача №28 Пример - 2

В камере, из которой откачан воздух, создали электрическое поле напряжённостью  $\vec{E}$  и магнитное поле с индукцией  $\vec{B}$ . Поля однородные,  $\vec{E} \perp \vec{B}$ . В камеру влетает протон  $p$ , вектор скорости которого перпендикулярен  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$ , как показано на рисунке. Модули напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля таковы, что протон движется прямолинейно. Объясните, как изменится начальный участок траектории протона, если напряжённость электрического поля увеличить. В ответе укажите, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Влиянием силы тяжести пренебречь.

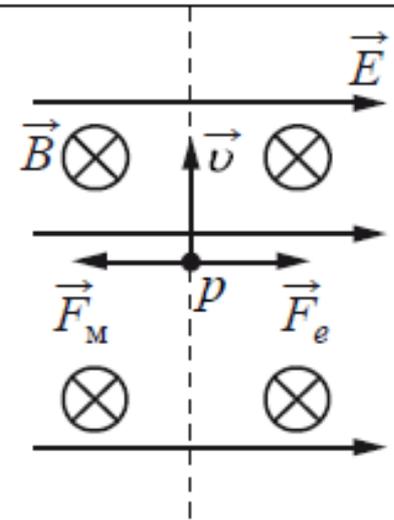


### Возможное решение

1. Траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо.

2. На протон действуют магнитное поле силой  $F_i = qvB$  и электрическое поле силой  $F_e = qE$ . Поскольку заряд протона положительный,  $\vec{F}_e$  сонаправлена с  $\vec{A}$ , а по правилу левой руки  $\vec{F}_i$  направлена противоположно силе  $\vec{F}_e$ . Поскольку первоначально протон двигался прямолинейно, то согласно второму закону Ньютона по модулю эти силы были равны.

3. Сила действия электрического поля с увеличением напряжённости электрического поля увеличится. Поскольку равнодействующая сил  $\vec{F}_i$  и  $\vec{F}_e$ , а также вызываемое ею в этом случае ускорение направлены вправо, траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо



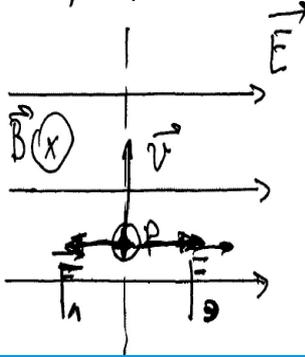
Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: что траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо, п. 1) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: формулы расчёта сил действия на заряженную частицу электрического и магнитного полей, правило левой руки, второй закон Ньютона)

3

(+)



(-)

по правилу левой руки определяем направление  $F_L$  силы Лоренца. т.к заряд протона  $(+p) > 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow$  сила Лоренца направлена влево  
 Вектор напряжённости направлен от  $(+)$  к  $(-)$   
 т.к заряд протона  $> 0 \Rightarrow$  электрическая сила  $F_E$  направлена вправо.

$$F_E = qE$$

$$F_L = qvB \sin 90^\circ = qvB$$

т.к протон движется перпендикулярно:  $F_L = F_E$ .



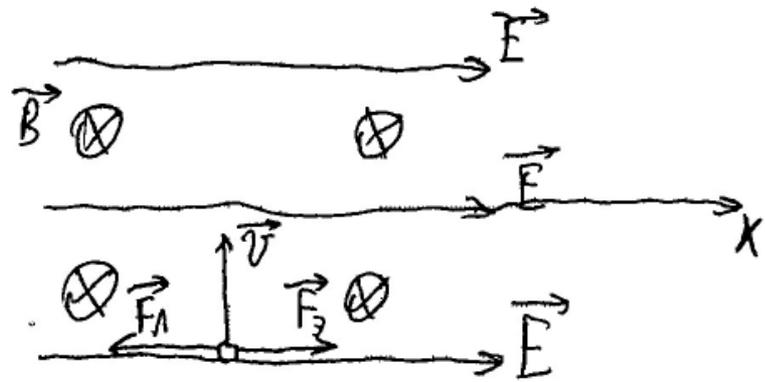
при увеличении  $E$  сила ~~Лоренца~~ электрическая ( $F_E$ ) тоже увеличивается

$$F_E > F_L$$

протон начнет двигаться вправо от предыдущей траектории. Его новая траектория станет пологой на часть круга.

Ответ: протон начнет двигаться вправо от предыдущей траектории.

27) 1) На протон со стороны магнитного поля действует сила Лоренца, направленная по правилу левой руки влево. Со стороны электрического поля

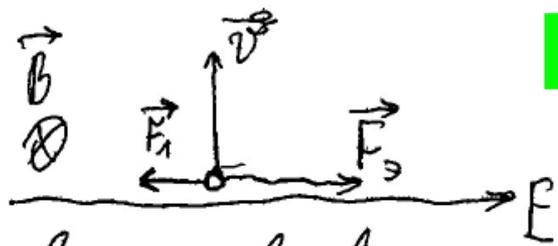


на протон действует сила  $F_3 = E \cdot q$  ( $q$  - заряд протона), направленная вправо. По второму закону Ньютона:  $m \vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_3$  ( $a$  - ускорение протона,  $m$  - его масса)

протон движется прямолинейно,  $\Rightarrow a = 0$ ,

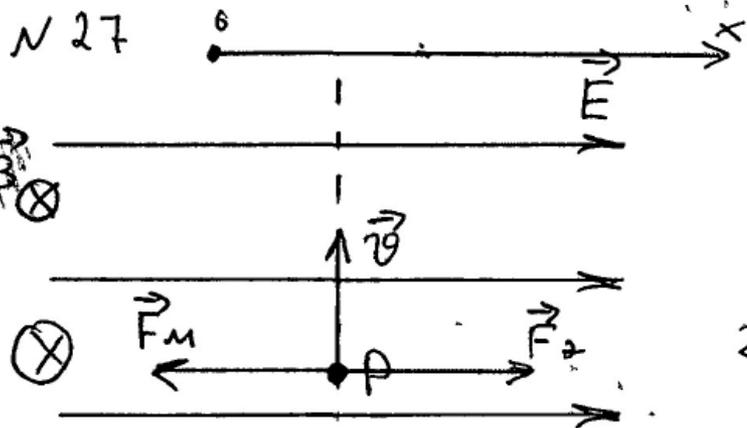
в проекции на ось  $x$ :  $0 = F_3 - F_1 \Rightarrow F_3 = F_1$ .

2) При увеличении напряженности, а следовательно, и  $F_3$ , справедливо неравенство:  $F_{31} > F_1$



3

$\Rightarrow$  результирующая сила, действующая на протон, направлена вправо, и появляется ускорение  $\vec{a} = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_3}{m}$ , также направленное вправо. Значит, в начале своей траектории протон отклонится от вектора  $\vec{v}$  вправо.



- 1)  $\vec{F}_3$  - сила, действующая на протон со стороны электрического поля.  
 $\vec{F}_3 = q \vec{E}$ , где  $q$  - заряд протона  
 $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ .
- 2)  $\vec{F}_m$  - сила, действующая на протон со стороны магнитного поля

$$\vec{F}_m = [\vec{v}; \vec{B}]$$

3) Выберем ось  $ox$  как показано на рисунке

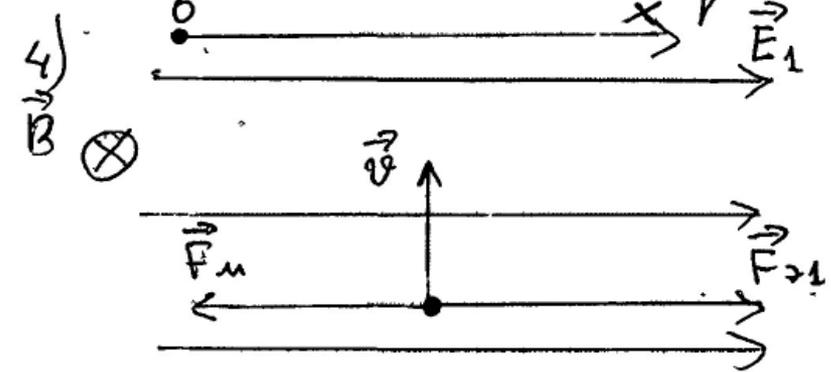
$$F_{3x} = Eq - \text{проекция } \vec{F}_3 \text{ на } ox$$

$$F_{mx} = -B|q|v \sin \alpha - \text{проекция } \vec{F}_m \text{ на } ox, |q| = q$$

$\sin \alpha = 1$ , тк угол между  $\vec{B}$  и  $\vec{v} = 90^\circ$ .

Протон движется прямолинейно  $\Rightarrow$  равнодействующая сил вдоль оси  $ox$  равна нулю.

$$F_{3x} + F_{mx} = 0 \Rightarrow Eq - Bqv = 0 \quad Eq = Bqv \quad \boxed{E = Bv}$$



$\vec{F}_{31}$  - сила, действующая на протон со стороны электрического поля  $E_1$ ,  $|\vec{E}_1| > |E|$ .

$\vec{F}_{31} = q \vec{E}_1$ ,  $F_{31x} = q E_1$  - проекция силы  $\vec{F}_{31}$  на ось  $ox$ .

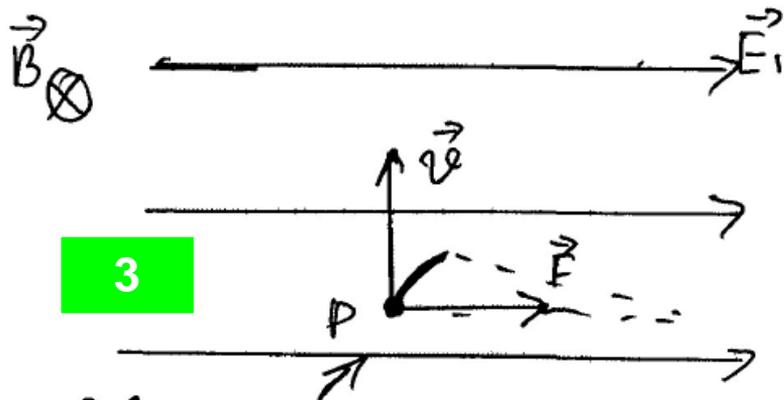
Сила  $\vec{F}_m$  со стороны магнитного поля не изменилась.

так как  $|\vec{E}_1| > |\vec{E}|$  (по условию поле <sup>электрическое</sup> ~~поле~~ ~~будет~~ (по условию напряженность электрического поля увеличивается), значит  $|\vec{F}_{э1}| > |\vec{F}_{э}|$ , Тогда  ~~$\vec{F}$  в этом случае равнодействующая сил  $\vec{F}_{э1}$  и  $\vec{F}_{э}$  не будет~~ на ось  $Ox$  не будет равна нулю.

$$F_x = F_{э1x} - F_{эx} > 0, \text{ т.к. } |\vec{F}_{э1}| > |\vec{F}_{э}|, \text{ а значит } |\vec{F}_{э1}| > |\vec{F}_{э}|.$$

$F_x$  - проекция равнодействующей сил на ось  $Ox$ .

~~$F_{м1}$  и  $F_{м2}$  - равнодействующая сил~~ ~~оборачивают~~ ~~сторону~~ ~~движения~~

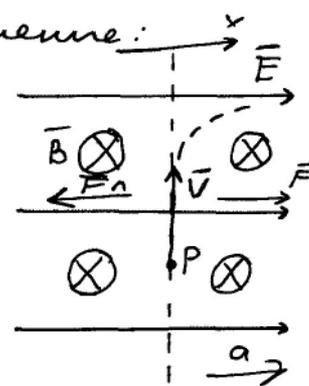


$\vec{F}$  - равнодействующая сил  $\vec{F}_{э1}$  и  $\vec{F}_{м}$   
 $\vec{F}$  в начальный момент  $\perp \vec{v}$   
 $\Rightarrow$  в начальный момент протон будет двигаться по части дуги окружности, а сила  $\vec{F}$  сообразно центру и радиально ускорение. ~~будет увеличиваться~~  
 Движение по части дуги окружности в начальный момент времени. при увеличении напряженности поля.

1. За проток действуют 2 силы. 1 сила со стороны электрического поля направленная вправо и 2 сила со стороны магнитного поля направленная влево. При увеличении напряжённости электрического поля сила направленная вправо возрастает так как эта сила прямо пропорциональна напряжённости. Сила со стороны магнитного поля не изменяется так как она не зависит от напряжённости. В итоге сила электрического поля перевесит и проток будет отклоняться вправо.

N27 Дано:  
 $\vec{E}, \vec{B} \quad \vec{E} \perp \vec{B}$   
 $\vec{v} \perp \vec{E}, \vec{v} \perp \vec{B}$   
 Р движение прямолинейное  
 $\vec{E} \uparrow$

Решение:



$$\vec{F}_L = q \vec{B} \hat{v} \sin \alpha$$

По правому правилу руки: можно узнать, что  $\vec{F}_L$  направлено влево.

$\vec{v} \perp \vec{B}$  по условию, а следовательно  $\sin \angle \vec{v} \vec{B} = 1$

$$\Rightarrow \vec{F}_L = q \vec{B} \vec{v}$$

По третьему закону Ньютона если сила  $\vec{F} = \vec{F}_L$

$$\vec{F} = \frac{\vec{E}}{q} \quad \vec{F} \uparrow \vec{F}_L$$

$$x \cdot F = F_L$$

$$\frac{E}{q} = q B v \Rightarrow E = q^2 B v$$

При увеличении напряженности

силы будет увеличиваться  $\vec{F} = \frac{\vec{E}}{q}$ , а сила  $F_L$  будет увеличиваться и будет т.к.  $F_L$  не зависит от  $E$

Значит по 2-ому закону Ньютона появится ускорение сонаправленное с  $F$

$F - F_L = ma$ , а значит при увеличении напряженности будет двигаться по **по работе вправо.**

1) На влетающий в камеру протон действует сила Кулона со стороны электрического поля напряженностью  $\vec{E}$  и она вычисляется по формуле:  $\vec{F}_k = q \vec{E}$ , где  $q$  - заряд протона.

2) На влетающий в камеру протон еще действует сила Лоренца возникающая под действием магнитного поля с индукцией  $\vec{B}$  и она вычисляется по формуле:  $\vec{F}_l = q \vec{v} B \sin(\vec{v}; \vec{B})$  где  $q$  - заряд протона, а  $\vec{v}$  - его скорость.

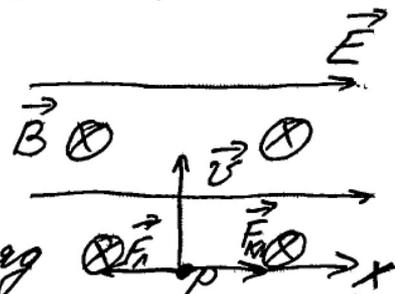
3) П.к. по условию  $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{v}$  то сила Кулона равна  $F_k = qE$ , а сила Лоренца равна  $F_l = qvB \sin 90^\circ$ .

4) П.к. по условию протон движется прямолинейно то сумма этих двух сил по второму закону Ньютона равна нулю, т.е.  $\overset{\text{Проекция на ось}}{qE - qvB = 0}$

Силу Лоренца определяем по правилу "левой руки", и так

как протон имеет положительный заряд

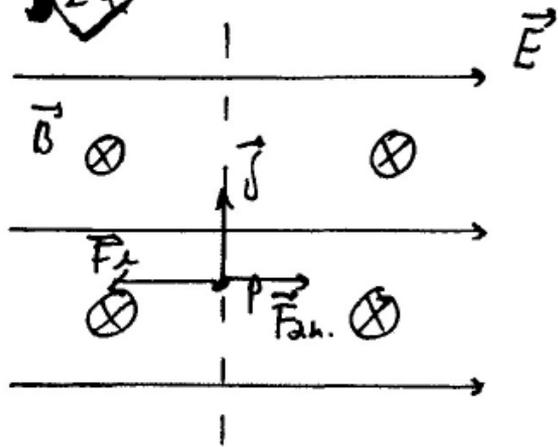
отопнутый на  $90^\circ$  большой палец показывает направление силы Лоренца.



5) Если увеличивать напряжённость электрического поля  $\vec{E}$ , то

по второму закону Ньютона  $\vec{F}_n + \vec{F}_{kn} = m\vec{a}$  (где  $m$  — масса протона), то протон будет двигаться по криволинейной траектории.

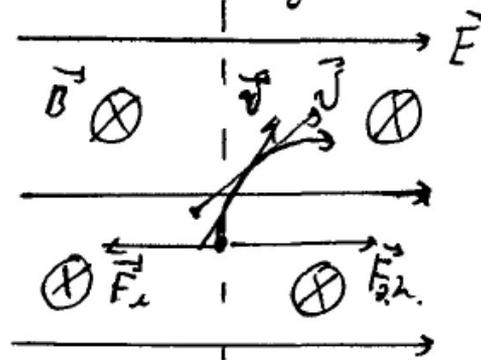
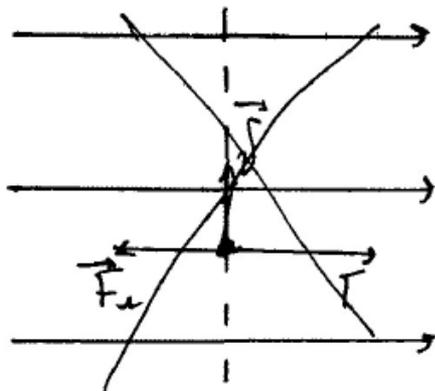
27



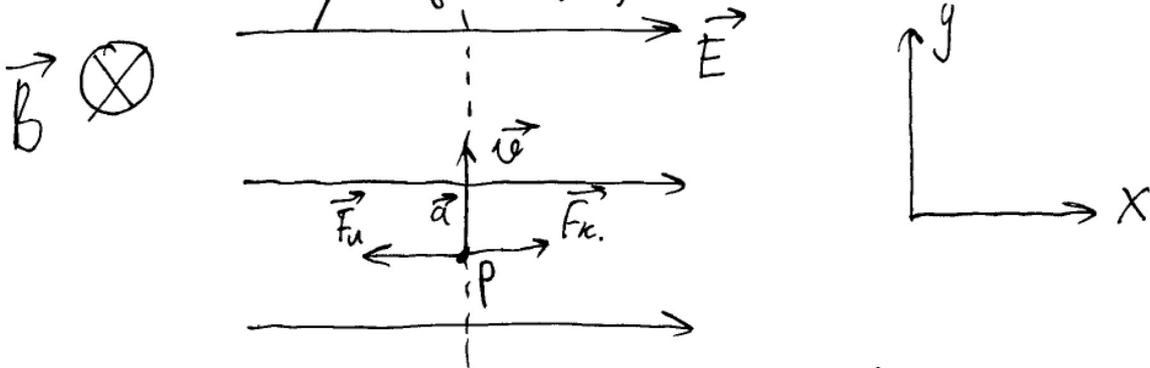
1) Это направление левой руки  $\Rightarrow$  сила Лоренца  $\vec{F}_L$  будет направлена либо перпендикулярно вектору скорости  $\vec{J}$  и вектору магнитного поля  $\vec{B}$

2) Сила, действующая на ток со стороны электрического поля, будет сравнена с вектором  $\vec{E}$ .  $\vec{F}_{эл.} \parallel \vec{E}$   $F_{эл.} = q_{эл} \cdot E$

3) Таким, при увеличении  $E$  ток пойдёт вправо над или под нулем, какой будет зависеть в зависимости от значения  $E$



По правилу левой руки выясним направление силы Лоренца ( $\vec{F}_L$ ), влево.



Тогда запишем второй закон Ньютона для протона:

$$m\vec{a} = \vec{F}_L + \vec{F}_k.$$

на  $ox$ :

$$0 = -F_L + F_k.$$

$$F_L = F_k.$$

$$F_L = B v q$$

$$F_k = Eq.$$

$$\left. \begin{array}{l} F_L = B v q \\ F_k = Eq. \end{array} \right\} \Rightarrow B v q = Eq.$$

$$B v = E.$$

$\Rightarrow$  При увеличении  $E$  ( $v$  и  $B = \text{const}$ )

$v$  увеличивается, что никак не скажется на траектории движения, значит, она останется прямой.

1.4

N27 Кривома тупоконусе взмекном свое кинувоме  
Так напремленоме электротикого норе увеличиме. Сообра  
свенно взаимодействием между полем по -  
летель, но со временем все становится хуже  
и протект нечет по тупоконусе

1) Траектория протона увеличится

2) ~~Вывести~~ Стоячая в электрическое поле, ~~протон~~  
~~на протон~~ на протон будет действовать сила  
равная  $qE$ , и она будет равна равнодействующей, то есть

$$ma = qE$$

Отсюда выразим ускорение

$$a = \frac{qE}{m}$$

Из этой формулы, мы видим, что при увеличении  
напряженности, возрастет ускорение, и так как, по  
правилу буравтика, протон будет перемещаться вдоль  
линий напряженности, то  $a > 0$ .

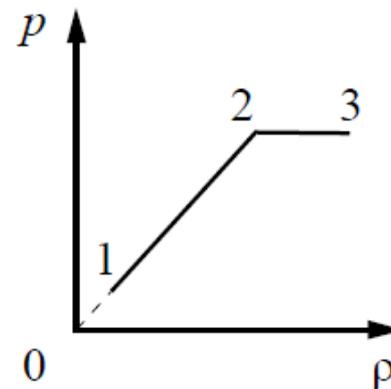
3) Из формулы равноускоренного движения видим,

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

что, при увеличении ускорения, перемещение возрастет,  
значит траектория увеличится.

## Задача №28 Пример - 3

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



### Возможное решение

1. Плотность газа  $\rho = \frac{m}{V}$ , где  $m$  – масса газа,  $V$  – его объём. В соответствии с уравнением Менделеева – Клапейрона  $p = \frac{m}{\mu V} RT = \frac{\rho}{\mu} RT$ . На участке 1–2 давление изменяется пропорционально плотности газа:  $p \sim \rho$ . Следовательно, в этом процессе температура газа не изменяется. Поскольку плотность газа на этом участке возрастает, объём газа уменьшается.
2. В процессе 2–3 плотность газа возрастает, что означает уменьшение его объёма. Давление газа при этом не изменяется, следовательно, согласно уравнению Менделеева – Клапейрона температура газа уменьшается.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <u>изменение температуры и плотности газа в процессах 1–2 и 2–3</u> ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <u>уравнение Менделеева – Клапейрона, формула плотности вещества</u> )	3

~ 27 по условию масса газа  $m$  не изменяется.

1) воспользуемся формулой  $p = \frac{pRT}{\mu} \Rightarrow \frac{p}{p} = \frac{RT}{\mu}$

Как видно из графика, в ходе процесса 1-2,  $\frac{p}{p} = \text{const}$ .  $\frac{R - \text{const}}{\mu - \text{const}} \Rightarrow \Delta T_{1-2} = 0$ .

$\Delta T_{1-2} = 0 \Rightarrow$  процесс 1-2 - изотермический.  $pV = \text{const}$

давление в ходе процесса увеличивается  $\uparrow p \downarrow V = \text{const} \Rightarrow$  объём  $V$  уменьшается.

2) Как видно из графика, в ходе процесса 2-3 давление  $p$  не меняется.

процесс 2-3 - изобарический  $\frac{p}{T} = \text{const}$ .

$\uparrow p = \frac{p\mu}{RT} \downarrow$  плотность газа в процессе 2-3 увеличивается  $\Rightarrow$  температура газа  $T$  уменьшается.

$\frac{\downarrow V}{\downarrow T} = \text{const}$  процесс изобарический  $\Rightarrow V$  уменьшается.

Ответ: 1-2: температура не изменяется, объём уменьшается.

2-3: температура уменьшается, объём уменьшается.

Воспользуемся уравнением Клапейрона - Менделеева  $PV = \frac{m}{M} RT$  и формулой плотности  $\rho = \frac{m}{V}$

процесс 1-2: возрастает давление и плотность

из формулы  $\rho = \frac{m}{V}$  выразим объем  $V = \frac{m}{\rho}$ , т.к.

$m = \text{const}$  (по условию), а плотность увеличивается, то объем будет уменьшаться

Теперь температура

выразим температуру из  $PV = \frac{m}{M} RT$ ,  $T = \frac{PVM}{mR}$

температура газа не изменилась, т.к.  $m = \text{const}$ , и во столько раз увеличивается давление, во столько раз уменьшится и объем (т.к. давление и плотность на участке 1-2 увелич. равномерно, а объем  $\propto$  обратнопропорционален плотности).

процесс 2-3:

Давление не изменяется, а плотность увеличивается.

из формулы плотности выразим объем  $V = \frac{m}{\rho}$ ,

$m = \text{const}$  (по условию), а плотность увеличивается, то объем уменьшается

из формулы  $PV = \frac{mR}{M}T$  выразим температуру  $T = \frac{PVM}{mR}$ ,

$m = \text{const}$ , давление не изменяется, а объем уменьшается, то и температура уменьшается.

Ответ. участок 1-2: объем уменьшается, температура не изменяется  
участок 2-3: объем уменьшается, температура уменьшается

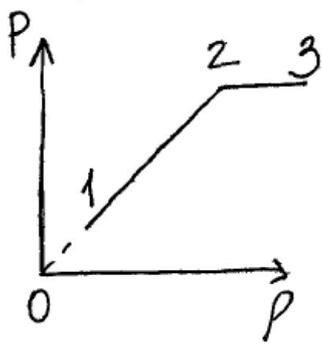
1.  $m_2 = \text{const}$ , на участках 1-2 и 2-3  $\rho$  увеличивается  $\Rightarrow$  из формулы плотности по определению  $\rho = \frac{m}{V}$ , объём уменьшается пропорционально увеличению плотности.

2. Участок 1-2 - изотерма (по графику), начало участка уходит в 0. Значит, на участке 1-2  $T = \text{const}$ , т.е.  $m = \text{const}$ ,  $pV = \text{const}$ .

3. Участок 2-3 - изобара, так как  $p = \text{const}$ , то если  $\frac{V}{T} = \text{const}$ . Так как  $V$  уменьшается (по сказанному в пункте 1), то  $T$  тоже уменьшается.

Ответ: в процессе 1-2 объём уменьшается, а температура не изменяется; в процессе 2-3 и объём, и температура газа уменьшаются.

27.



- 1)  $m = \text{const}$  (по условию);  $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho \sim \frac{1}{V}$
- 2) процесс 1-2  ~~$PV = \nu RT$~~   $P \uparrow$  (увеличивается);  $\rho \uparrow$  (уб.)  
 $\Rightarrow V \downarrow$  (уменьшается)  $\Rightarrow T = \text{const}$  ( $P_1 V_1 = P_2 V_2$  по уравнению Клапейрона)
- 3) процесс 2-3  $P = \text{const}$ ;  $\rho \uparrow$  (уб.)  $\Rightarrow V \downarrow$  (уб.)  
 $\Rightarrow T \downarrow$  (уб.) ( $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ ) по уравнению Клапейрона

Объем: 1-2  $V$  - уменьшается;  $T = \text{const}$ ; 2-3  $V$  и  $T$  - уменьшаются

2.1

+

2.3

27) Основное уравнение МКТ:  $p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2 = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2$ , где  $p$  - давление газа,  $m_0$  - масса одной молекулы,  $n$  - концентрация молекул,  $\bar{v}$  - средний квадрат скорости молекул,  $\rho$  - плотность газа.

Закон Кельвина-Гельмгольца:  $\bar{E}_k = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} kT$ ,  $\bar{E}_k$  - ср. кинетич. энергия движения молекул газа,  $T$  - абсолютная температура.

Процесс (1-2): зависимость  $p(p)$  прямая. Из формулы  $p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2$  следует, что  $T = \text{const}$ . Значит,  $T$  не изменяется, т.к.  $\frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} kT$ ,  $m_0 = \text{const}$ ,  $k = \text{const}$ .

$\frac{1}{3} \rho \bar{v}^2 = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2 \Rightarrow \rho = m_0 n = \frac{m_0 N}{V}$ , где  $N$  - количество молекул,  $V$  - объем.

т.к.  $N = \text{const}$  и  $m_0 = \text{const}$ , то  $\rho \sim \frac{1}{V} \Rightarrow$  значит  $V$  увеличивается, т.к.  $\rho$  увеличивается.

Процесс (2-3): Из осн. ур. МКТ:  $p = \frac{\rho \bar{v}^2}{3}$ , т.к.  $p = \text{const}$ , а  $\rho$  увеличивается, то  $\bar{v}^2$  уменьшается, следовательно,  $T$  уменьшается, т.к.  $\frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} kT$ ,  $m_0 = \text{const}$ ,  $k = \text{const}$ . Из процесса (1-2):  $\rho \sim \frac{1}{V} \Rightarrow V$  увеличивается, т.к.  $\rho$  увеличивается.

Ответ: в процессе (1-2): температура газа не изменяется; объем увеличивается. в процессе (2-3): температура газа уменьшается, объем газа увеличивается.

27) В процессе 1-2 увеличивается  $\uparrow p$  и увеличивается  $\uparrow p$  (масса постоянна), если при  $m = \text{const}$  уменьш.  $p = \frac{m}{V}$ , то  $V$  тоже уменьшается, т.е. масса из объема испаряемого вещества имеет столько же  $\downarrow V$  и соответственно все

при условии  $\uparrow p$  (из условия) тоже увеличиваем свою температуру  $\uparrow T$  (уравнение состояния  $Q = \Delta U + A_{\text{вн}}$ , где  $Q$  количество тепла переданное на работу внеш. сил и изменение внутренней энергии)

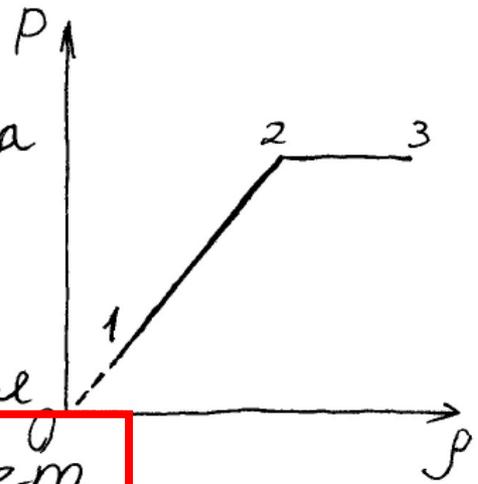
На процесс 2-3, процесс изобарный  $p = \text{const}$ ,  $\uparrow p$  увеличивается (из условия), масса при  $m = \text{const}$   $p = \frac{m}{V}$ ;  $V$  тоже уменьшается; если  $p = \text{const}$ , то из уравнения  $Q = \Delta U + A_{\text{вн}}$ , все количество теплоты идет на изменение внутренней энергии  $\Delta U$  (взглянув на уравнение  $-\Delta U = A_{\text{вн}}$ ) т.е.  $\Delta U$  увеличивается и соответственно увеличивается и температура

Ответ: процесс 1-2: температура увеличивается; объем - уменьшается; процесс 2-3: температура увеличивается; объем - уменьшается.

27. Процесс 1-2 — изохорный,  
 $V = \text{const}$  (т.к. прямая 1-2 направлена  
в начало координат).

$$p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2 = nkT \Rightarrow$$

с ростом плотности и давлением  
газа температура тоже растет.



Из графика видно, что процесс 2-3 — изобарный,  
 $p = \text{const}$ . Следовательно, температура газа с  
ростом плотности будет уменьшаться (по  
формулам давления). При изобарном процессе  
выполняется уравнение Гей-Люссака:

$$\frac{V}{T} = \text{const}. \quad \text{Плотность объема будет уменьшаться}$$

вместе с температурой газа.

Ответ: в процессе 1-2  $V = \text{const}$ ,  $T$  увеличивается;  
в процессе 2-3  $V$  и  $T$  уменьшаются  
с ростом плотности газа.

№ 27) На ~~рис~~ рисунке представлена зависимость от давления и температуры ( $P$ ) и ( $T$ ), в отрезке 1-2  $T = \text{const}$ , температура не изменяется значит это изотермический процесс, 2-3  $P = \text{const}$ , давление не меняется изостатный процесс

0

- а) В процессе 1-2 температура и объём газа увеличиваются
- б) В процессе 2-3 температура остаётся неизменной, а объём газа увеличивается.

0

В процессе 1-2: объём уменьшается т.к.  $\rho$  и  $P$  возрастают т.е. молекулы становятся ближе к друг другу. А температура ~~возрастает т.к. средняя внутренняя энергия~~ <sup>не изменяется.</sup> ~~возрастает.~~

$$\cancel{U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1 ; U_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2.}$$

$$\cancel{P_1 V_1 = \nu R T_1 ; P_2 V_2 = \nu R T_2.}$$

$$\cancel{P_1 < P_2 \Rightarrow T_2 > T_1.}$$

В процессе 2-3 объём тоже уменьшается т.к.  $\rho$  возрастает. Температура ~~во~~ не изменяется т.к. вещество переходит в более твердое состояние.

# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Исакова Наталья Петровна,  
e-mail: [vasvas25@mail.ru](mailto:vasvas25@mail.ru)