



ФИПИ

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ



***Методика проверки и оценивания
выполнения заданий
с развернутым ответом КИМ ЕГЭ
по ФИЗИКЕ в 2021 г.***

Демидова Марина Юрьевна
руководитель комиссии
по разработке КИМ для ГИА по физике

Гиголо Антон Иосифович
член комиссии
по разработке КИМ для ГИА по физике

Вопросы для обсуждения

- ✓ Направления развития КИМ ЕГЭ по физике
- ✓ Схемы оценивания заданий КИМ ЕГЭ-2021
- ✓ Примеры оценивания работ

Проект КИМ ЕГЭ-2022

- ✓ Публикация перспективной модели КИМ ЕГЭ
- ✓ Апробация новых моделей заданий
- ✓ Общественно-профессиональное обсуждение проекта экзаменационной модели (отзывы из 57 субъектов РФ)
- ✓ Совершенствование моделей заданий, план двухлетнего введения новых моделей заданий
- ✓ Разработка проекта КИМ ЕГЭ-2022

Проект КИМ ЕГЭ-2022

Структура:

- №1 и №2 – интегрированные задания базового уровня сложности
- №3-№8 – механика (3 задания с кратким ответом, множественный выбор, изменение величин, соответствие)
- №9-№13 – молекулярная физика (3 задания с кратким ответом, множественный выбор, изменение величин или соответствие)
- №14-№19 – электродинамика (3 задания с кратким ответом, множественный выбор, изменение величин, соответствие)
- №20 и №21- квантовая физика (с кратким ответом и на изменение величин или соответствие)
- №22 и №23 – методология (без обновления)
- №24-№30 – часть 2 с развернутым ответом (качественная задача, две расчетные на 2 балла, 3 расчетные на 3 балла, 1 расчетная на 4 балла)

Проект КИМ ЕГЭ-2022

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При неупругом соударении тел выполняются закон сохранения импульса и закон сохранения механической энергии.
- 2) Явление резонанса наступает в колебательной системе при совпадении частоты вынуждающей силы с собственной частотой колебательной системы.
- 3) Хаотическое тепловое движение частиц тела прекращается при достижении термодинамического равновесия.
- 4) Напряжённость поля, создаваемого системой точечных зарядов, равна скалярной сумме напряжённостей поля каждого заряда.
- 5) Сила Лоренца не действует на заряженные частицы, влетающие параллельно линиям индукции однородного магнитного поля.

Ответ: _____

Результаты выполнения:

Средний процент выполнения	КД	Средний процент по баллам		
		0 баллов	1 балл	2 балла
49,6	38,4	22,6	55,7	21,7

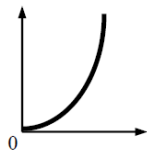
Проект КИМ ЕГЭ-2022

2

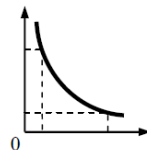
Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость модуля импульса равномерно движущегося тела от времени;
- Б) зависимость давления идеального одноатомного газа от его объема при изотермическом процессе;
- В) зависимость энергии фотона электромагнитного излучения от его частоты.

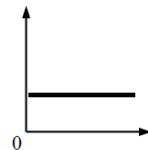
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



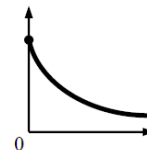
(1)



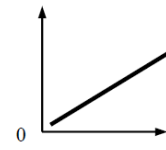
(2)



(3)



(4)



(5)

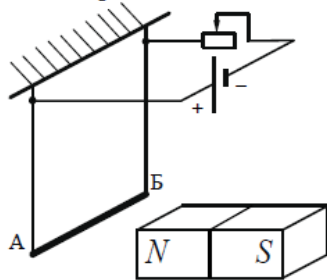
Ответ:

А	Б	В

Результаты выполнения:

Средний процент выполнения	КД	Средний процент по баллам		
		0 баллов	1 балл	2 балла
31,0	58,9	59,2	19,5	21,3

17 Электрическая цепь состоит из алюминиевого проводника АБ, подвешенного на тонких медных проволочках и подключенного к источнику постоянного напряжения через реостат так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится северный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают *вправо*.

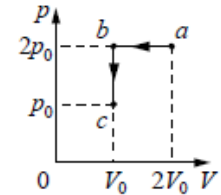


Из приведенного ниже списка выберите все верные утверждения, описывающие этот процесс. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Сопротивление реостата увеличивается.
- 2) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом, вблизи проводника АБ направлены влево.
- 3) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, увеличивается.
- 4) Силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, увеличиваются.
- 5) Сила тока, протекающего по проводнику АБ, увеличивается.

Ответ: _____

Идеальный газ переводят из состояния *a* в состояние *c* так, как показано на графике зависимости давления *p* газа от объема *V*. Масса газа в процессе остаётся постоянной. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процессы на графике.



- 1) Абсолютная температура газа минимальна в состоянии *c*.
- 2) В процессе *a-b* абсолютная температура газа изобарно увеличилась в 2 раза.
- 3) В процессе *b-c* абсолютная температура газа изохорно уменьшилась в 2 раза.
- 4) Концентрация газа минимальна в состоянии *a*.
- 5) В ходе процесса *a-b-c* среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа уменьшается в 4 раза.

Ответ: _____

Результаты выполнения:

Средний процент выполнения	КД	Средний процент по баллам		
		0 баллов	1 балл	2 балла
52,8	47,1	23,9	46,6	29,5

✓ Линия 30 – 4 балла (в 2022 г. только неупругое и упругое столкновение)

30

Снаряд массой 4 кг, летящий со скоростью 400 м/с, разрывается на две равные части, одна из которых летит в направлении движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличилась на 0,5 МДж. Найдите скорость осколка, летящего по направлению движения снаряда. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Какие законы Вы использовали для описания разрыва снаряда? Обоснуйте их применимость к данному случаю.

Возможное решение

Обоснование

Для описания разрыва снаряда использован закон сохранения импульса системы тел. Он выполняется в инерциальной системе отсчёта, если сумма внешних сил, приложенных к телам системы, равна нулю. В данном случае из-за отсутствия сопротивления воздуха внешней силой является сила тяжести mg , которая не равна нулю. Но этим можно пренебречь, считая время разрыва снаряда малым. За малое время разрыва импульс каждого из осколков меняется на конечную величину за счёт большой внутренней силы взрыва. По сравнению с этой большой силой конечная сила тяжести пренебрежимо мала.

Так как время разрыва снаряда считаем малым, то можно пренебречь и изменением потенциальной энергии снаряда и его осколков в процессе разрыва.

Решение

1. Введем инерциальную систему отсчёта, связанную с Землёй, и направим ось x системы координат в направлении начальной скорости движения снаряда. Запишем закон сохранения импульса в проекции на ось Ox и сохранения энергии для снаряда:

$$2m \cdot v_0 = mv_1 - mv_2; \quad (1)$$

$$2m \cdot \frac{v_0^2}{2} + \Delta E = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}, \quad (2)$$

где

$2m$ – масса снаряда до взрыва;

v_0 – модуль скорости снаряда до взрыва;

v_1 – модуль скорости осколка, летящего вперёд;

v_2 – модуль скорости осколка, летящего назад.

2. Выразим v_2 из первого уравнения: $v_2 = v_1 - 2v_0$ и подставим во второе уравнение. Получим: $v_1^2 - 2v_0v_1 + v_0^2 - \frac{\Delta E}{m} = 0$.

3. Из двух корней этого уравнения $(v_1)_{1,2} = v_0 \pm \sqrt{\frac{\Delta E}{m}}$ выбираем больший, что соответствует условию задачи $v_1 > v_0$.

4. Отсюда следует: $v_1 = v_0 + \sqrt{\frac{\Delta E}{m}} = 400 + \sqrt{\frac{0,5 \cdot 10^6}{2}} = 900$ м/с.

Ответ: $v_1 = 900$ м/с

Проект КИМ ЕГЭ-2022

✓ Два независимых критерия оценивания

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей)	1
В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0

<p>Критерий 2</p> <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – закон сохранения импульса, закон сохранения энергии);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2

✓ Абсолютные и относительные ошибки измерения

Результаты выполнения:

Средний процент выполнения	КД	Средний процент по баллам		
		0 баллов	1 балл	2 балла
48,7	23,6	26,6	49,5	23,9

Для определения коэффициента трения в лабораторной работе ученик использовал деревянные линейку, брусок массой $m = (50 \pm 2)$ г и набор грузов с одинаковой массой $m = (100 \pm 2)$ г. В работе определяется модуль горизонтальной силы тяги, приложенной к бруску, при его равномерном скольжении по деревянной линейке. При этом в опытах брусок последовательно нагружался грузами из набора, а сила тяги измерялась в первых четырех опытах динамометром с пределами измерений $0 \div 1$ Н и ценой деления 0,02 Н/дел., а в двух последних опытах динамометром с пределами измерений $0 \div 5$ Н и ценой деления 0,1 Н/дел. Данные измерений указаны в таблице. Погрешность измерения силы тяги равна цене деления используемого в опыте динамометра. По небрежности ученик не указал в таблице погрешности измерений.

№ опыта	Масса бруска с грузами, г	Сила тяги, Н
1	50	0,12
2	150	0,38
3	250	0,62
4	350	0,89
5	450	1,1
6	550	1,4

Выберите два верных утверждения, соответствующих результатам данных опытов. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Абсолютная погрешность измерения массы в опыте № 2 составляет ± 4 г.
- 2) Абсолютная погрешность измерения силы тяги в опыте № 4 составляет $\pm 0,1$ Н.
- 3) Относительная погрешность измерения массы в опыте № 1 составляет более 10%.
- 4) Относительная погрешность измерения силы тяги одинакова во всех опытах.
- 5) Измерения массы в исследовании проводятся с меньшей относительной погрешностью, чем измерения силы тяги.

Ответ:

--	--

Оценка согласованности проверки

Эталон – оценка третьего эксперта

- 1) Причина появления третьей проверки
- 2) Выявление характера расхождения
- 3) Учет всех ошибок эксперта

	28	29	30	31	32
Эксперт 1	3	2	3	X	2
Эксперт 2	3	1	2	2	X
Эксперт 3				X	2

	28	29	30	31	32
Эксперт 1	0	2	3	0	X
Эксперт 2	3	1	2	0	X
Эксперт 3	1				

	28	29	30	31	32
Эксперт 1	0	2	3	0	X
Эксперт 2	2	1	2	0	X
Эксперт 3	1				

	28	29	30	31	32
Эксперт 1	1	2	3	X	0
Эксперт 2	2	2	0	X	1
Эксперт 3			3		

Памятка для экспертов

Памятка для эксперта, проверяющего ответы на задания 27-32 по физике

Эксперт, проверяющий задания с развернутым ответом, располагает следующими материалами:

- тексты заданий;
- возможные варианты решения задач 27-32;
- критерии оценивания заданий 27-32;
- таблица справочных величин (аналогичная таблицам КИМ ЕГЭ по физике);
- кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для проведения единого государственного экзамена по физике (1 экземпляр на аудиторию).

При проверке заданий с развернутым ответом эксперт имеет право пользоваться *непрограммируемым калькулятором*.

Заполнение протоколов

- При оценивании экзаменационных работ эксперт рассматривает решения в выданных ему работах по заданиям: вначале решения задачи 27 во всех работах, затем все решения задачи 28, потом все решения задач 29, 30, 31 и 32. Тем самым обеспечивается более согласованное решение о выставлении баллов за одно и то же задание.
- При оценивании экзаменационных работ эксперт рассматривает решения в выданных ему работах по заданиям: вначале решения задачи 27 во всех работах, затем все решения задачи 28, потом все решения задач 29, 30, 31 и 32. Тем самым обеспечивается более согласованное решение о выставлении баллов за одно и то же задание.
- Перед проведением проверки каждого из заданий необходимо изучить критерии его оценивания в материалах для эксперта, обратив внимание на возможные отличия от обобщенной системы оценивания.
- При отсутствии решения или свидетельств попытки решения какой-либо задачи (отсутствуют любые записи о данном задании) в бланк вносится знак «X» в поле соответствующей задачи.
- Если в работе указан хотя бы номер задания (при отсутствии решения) в протокол ставится «0»
- **Если в работе введены неверные обозначения задания, то только за номер ставится «0» баллов, а вторая задача оценивается по существу решения. (Например, записано №29, а решается задача №30. В протокол под №29 ставится 0 баллов, а под №30 – балл по сути проверки)**

Оценивание №27 (качественная задача)

- 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.

Оценивание №27 (качественная задача)

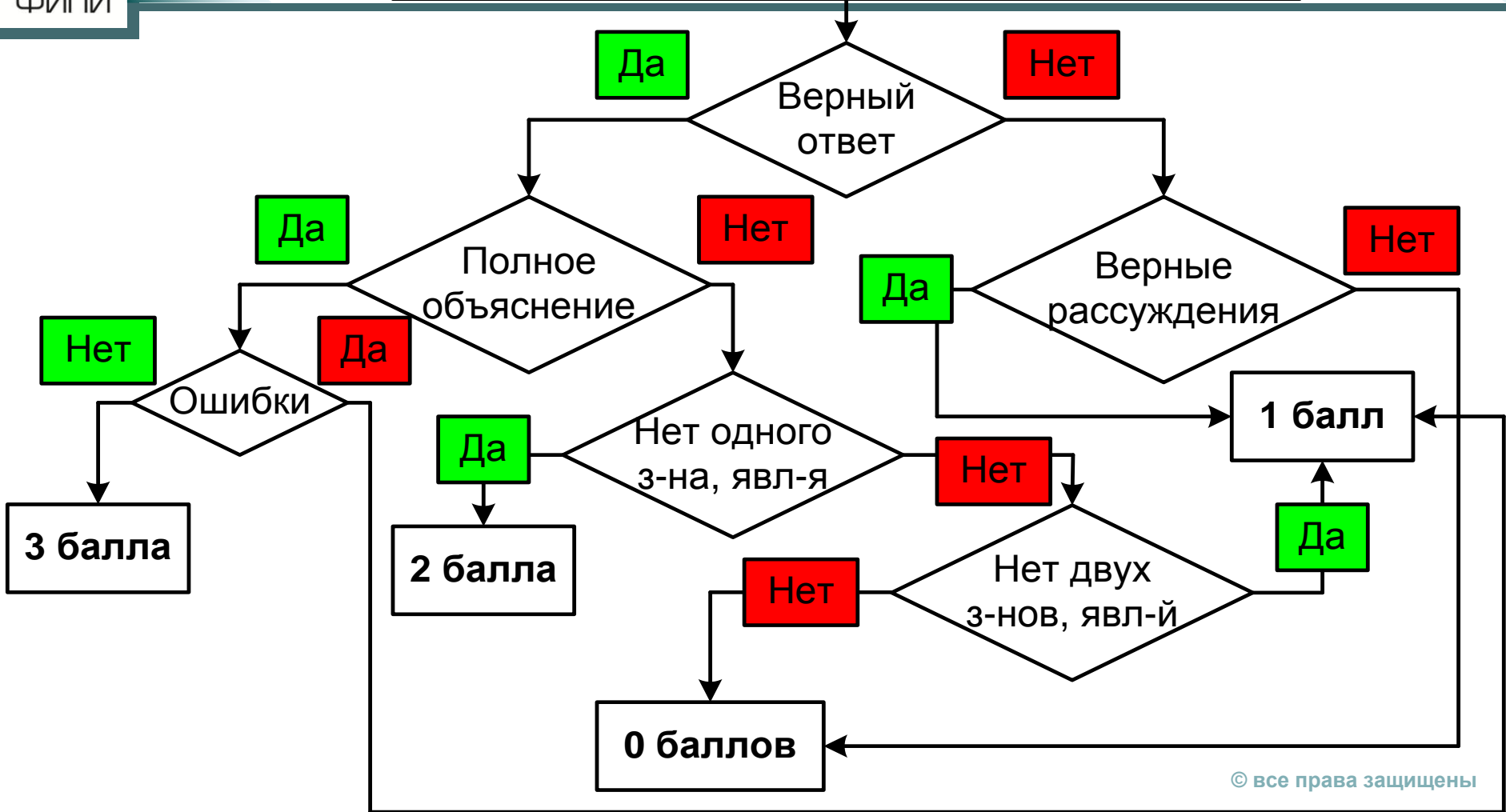
Обобщенная схема оценивания строится на основании трех элементов решения:

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



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

Алгоритм принятия решения экспертом при оценивании качественных задач № 27



Изменения в схеме оценивания №27

- **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 №27 Пример - 1



На рис. 1 приведена зависимость внутренней энергии U 1 моль идеального одноатомного газа от его объёма V в процессе 1–2–3. Постройте график этого процесса в переменных p – V (p – давление газа). Точка, соответствующая состоянию 1, уже отмечена на рис. 2. Построение объясните, опираясь на законы молекулярной физики.

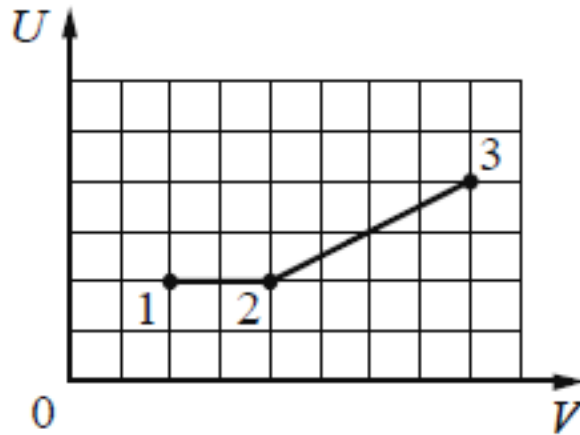


Рис. 1

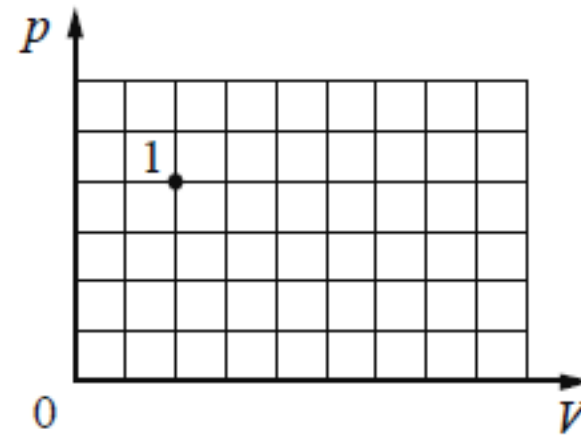
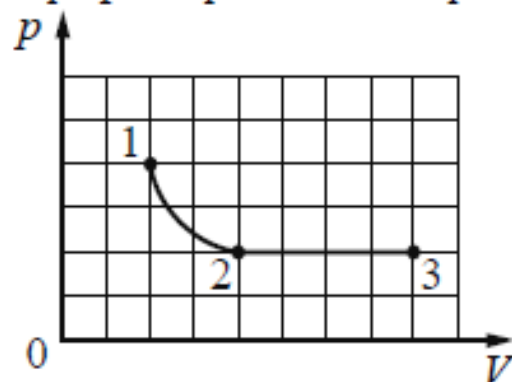


Рис. 2

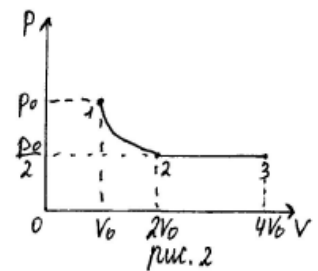
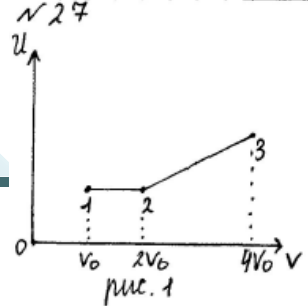
1. График процесса в переменных p – V имеет вид:



2. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа пропорциональна его абсолютной температуре: $U = \frac{3}{2} \nu RT$. Значит, на участке 1–2 температура газа не меняется, происходит изотермическое расширение, давление в этом процессе в соответствии с законом Бойля – Мариотта ($p_1 V_1 = p_2 V_2$) уменьшается в 2 раза. В координатах p – V график является гиперболой.
3. На участке 2–3 внутренняя энергия, а также температура пропорциональны объёму, процесс при постоянном количестве вещества согласно уравнению Клапейрона – Менделеева ($pV = \nu RT$) является изобарным расширением, давление в нём не меняется, а объём в соответствии с графиком на рис. 1 увеличивается в 2 раза. В координатах p – V график является отрезком горизонтальной прямой



Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <u><i>n. 1</i></u>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <u><i>связь между внутренней энергией идеального газа и абсолютной температурой, уравнение Клапейрона – Менделеева</i></u>)	3



$U = \frac{3}{2} \nu RT$
 $pV = \nu RT$ - закон Менделеева-Клапейрона
 ν - количество вещества

1) В процессе 12 $U = const$, значит $T = const$ (т.к. $U = \frac{3}{2} \nu RT$, а следовательно, зависит только от температуры). Тогда по закону Менделеева - Клапейрона $pV = \nu RT$ при $T = const$ $p_1 V_1 = p_2 V_2$, т.е.

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{2V_0}{V_0} = 2 \Rightarrow p_1 = 2p_2 \Rightarrow p_2 = \frac{p_1}{2} = \frac{p_0}{2}$$

p_1, p_2, p_3 - давление газа в состояниях соответственно 1, 2, 3
 V_1, V_2, V_3 - объем газа в состояниях 1, 2, 3 соответственно.

Полним обратим, график 12 в системе координат $p-V$ - парабола (часть гиперболы)

2) В процессе 23 объем газа увеличивается прямо пропорционально внутренней энергии, а следовательно, прямо пропорционально температуре. По закону Менделеева-Клапейрона такое явление происходит при $p = const$ (т.к. $pV = \nu RT$, V прямо пропорционален T , ν и R - величины постоянные). Значит, $p_3 = p_2 = \frac{p_0}{2}$; V_3 , судя по рис 1, равен $4V_0$; график в $p-V$ координатах - прямая линия (горизонтальная)

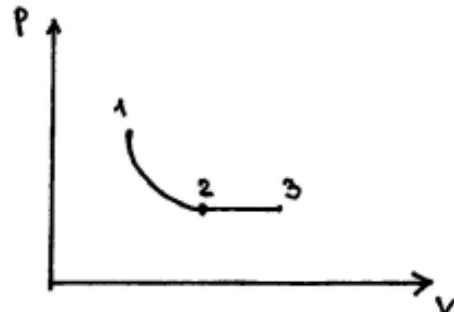
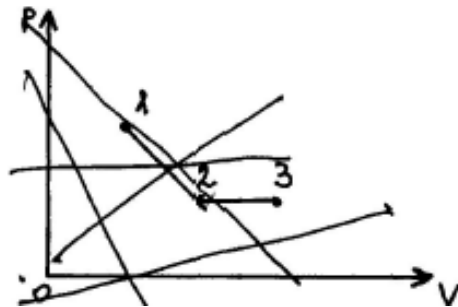
Ответ: график представлен на рис. 2, где \uparrow 12 - это участок гиперболы (парабола ($T=const$)), участок 23 - прямая линия (горизонтальная или $p=const$)

Примеры решения

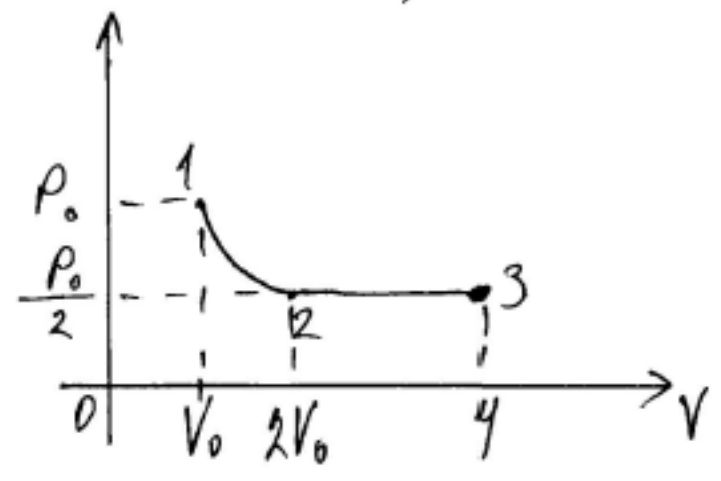
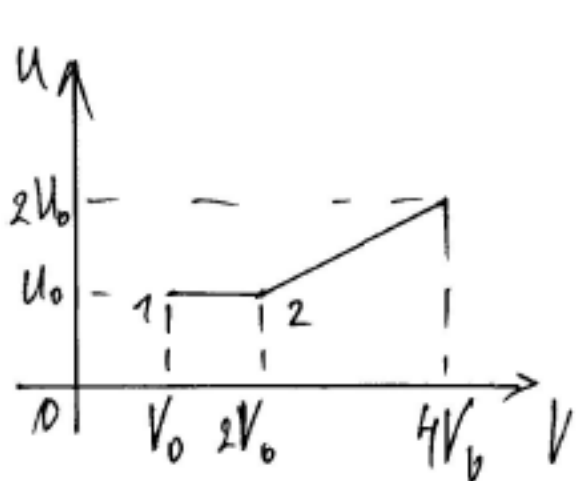
27) 1) В процессе 1-2 внутренняя энергия U не изменяется. Если U не изменяется, то и температура T не изменяется ($U = \frac{3}{2} \nu RT$ - формула внутренней энергии). Следовательно, процесс 1-2 - изотермический $T = \text{const}$, поэтому $pV = \text{const}$. Так как объем V увеличился в 2 раза, то давление p уменьшилось в 2 раза. График такого процесса - гиперболола

В процессе 2-3 внутренняя энергия U увеличивается в 2 раза, поэтому температура T тоже увеличивается в 2 раза ($U = \frac{3}{2} \nu RT$). А также объем V увеличился в 2 раза. Можно утверждать, что $\frac{V}{T} = \text{const}$, поэтому $p = \text{const}$. Процесс 2-3 изобарный. График процесса - прямая

2) График:



№ 27
 Дано
 $\nu = 1$ моль



процессе 1-2: внутренняя энергия $U = \text{const} \Rightarrow \Delta T = 0$
 $\Rightarrow T = \text{const} \Rightarrow PV = \text{const}$, изотермический процесс
 т.к. $V_2 = 2V_0 \Rightarrow P_2 = \frac{P_0}{2}$

процессе 2-3: $\Delta U = U_0 = \frac{3}{2} \nu R T_0$ $\frac{V}{T} = \text{const}$
 $\Rightarrow P = \text{const}$ - изобарный процесс;

2.1

и т.к. $V_3 = 2V_2 = 4V_0 \Rightarrow$ аналогично отмечаем точку 3 на ~~$4V_0$~~ втором графике с коорд $(4V_0; \frac{P_0}{2})$

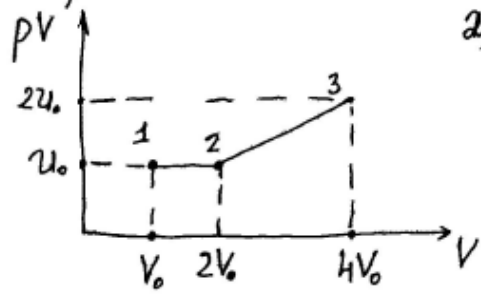
№27



1) По уравнению Менг.-Клапейрона $pV = \nu RT$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT \Rightarrow U = \frac{3}{2} pV$$

→ получается, что исходный график - это график зависимости pV от V



2) в процессе 1-2 $U = const$

$\Rightarrow pV = const \Rightarrow$ по закону Бойля-Мариотта $T_{12} = const$, т.е. $V \uparrow \uparrow$

\Rightarrow график в координатах $p(V)$ - гиперболы
процесс 1-2 - изотермический

4) в процессе 2-3 $U \uparrow \uparrow$
 $\Rightarrow pV \uparrow \uparrow$

в точке 2: $U_0 = \frac{3}{2} p_2 \cdot 2V_0$

в точке 3: $2U_0 = \frac{3}{2} p_3 \cdot 4V_0$

$\Rightarrow p_2 = p_3$

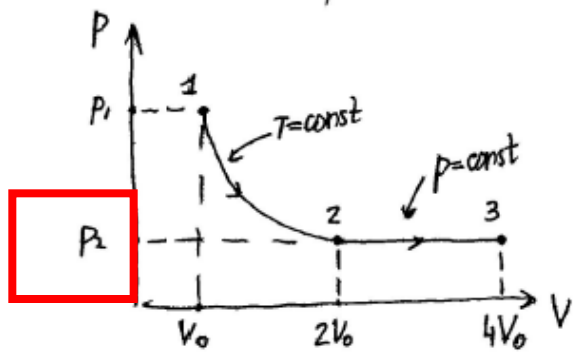
3) Пусть в точке 2 - n -моль U_0 , тогда в точке 3 - $2n$ -моль $2U_0$ т.е. в т. 2 $V = V_0$

\Rightarrow в т. 2 $V = 2V_0$

а в точке 3 $V = 4V_0$

(исходный из представленного графика)

\Rightarrow в процессе 2-3 $p = const$ - изобарный процесс



2.1



№27 Внутренняя энергия $U = \frac{3}{2} \nu R T$, т.к. ν и $R = \text{const}$, то изменение U на графике равносильно изменению T .

Обозначим p, V и T в точке 1 как p_0, V_0, T_0 .

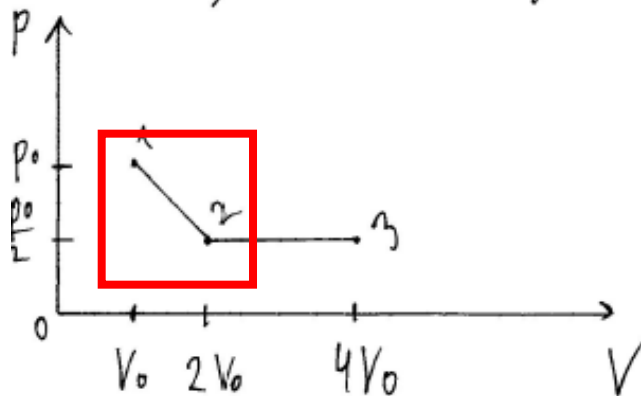
Разберём каждый процесс:

1-2: $U = \text{const} \Rightarrow T = \text{const} \Rightarrow$ изотермический процесс

По закону Бойля-Мариотта и из-за того что $V_2 = 2V_0$,
то $p_2 = \frac{p_0}{2}$ ($p_0 V_0 = \frac{p_0}{2} \cdot 2V_0$)

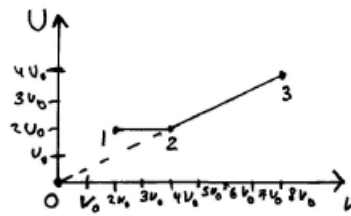
2-3: Прямая 23 проходит через начало координат (продолжение прямой)

\Rightarrow это изобарный процесс, по клеточкам видим, что $V_3 = 4V_0$
а $U_3 = 2U_0 \Rightarrow T_3 = 2T_0$. Строим график.



27)

$\nu = 1 \text{ моль}$
построим
P-V график



1-2 процесс

т.к. $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ $\nu = 1 \text{ моль}$ и $U_1 = U_2 \Rightarrow T_2 = T_1 \Rightarrow$

\Rightarrow процесс изотермический.

$T_1 = T_2$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$V_1 = 2V_0$

$V_2 = 4V_0$

$P_1 = 4P_0$

$$\frac{4P_0 \cdot 2V_0}{T_1} = \frac{P_2 \cdot 4V_0}{T_1} \Rightarrow P_2 = 2P_0$$

2-3 процесс

т.к. прямая линия с ~~точками~~ нулевой тангенс координат

нам

и

$U_2 = 2U_0$

$U_3 = 4U_0$

$\Rightarrow T_3 = 2T_2$

$P_2 = 2P_0$

$V_3 = 8V_0$

$V_2 = 4V_0$

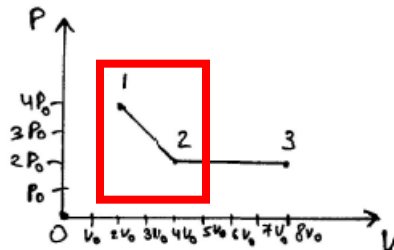
$$\frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = \frac{P_3 \cdot V_3}{T_3}$$

$$\frac{2P_0 \cdot 4V_0}{T_2} = \frac{P_3 \cdot 8V_0}{2T_2}$$

$P_3 = 2P_0$

это изобарический

процесс $P_2 = P_3$



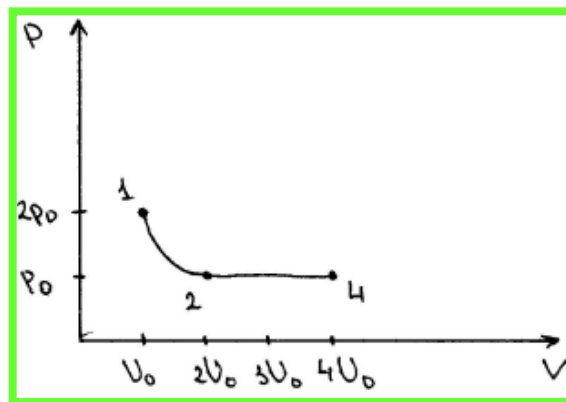
1.3

1) При процессе 1-2 видно, что U остается постоянной, но если $U = \text{const}$, а V увеличивается, так что: $U_2 = 2U_1$ или $U_0 \rightarrow 2U_0$.

Так как внутренняя энергия не изменяется, следовательно $T = \text{const}$ и это изотермический процесс, значит если $U_0 \rightarrow 2U_0$, то $2p_0 \rightarrow p_0$.

2) При процессе 2-3 видно, что график проходит через 0 оси координат $U-V$, это значит, что U увеличивается и V тоже увеличивается ($T_0 \rightarrow 2T_0$; $2U_0 \rightarrow 4U_0$), а давление постоянно, p это значит, что процесс 2-3 - изобарный.

3) построим график в координатах $p-V$.

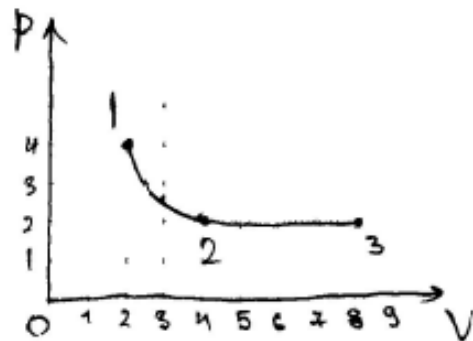
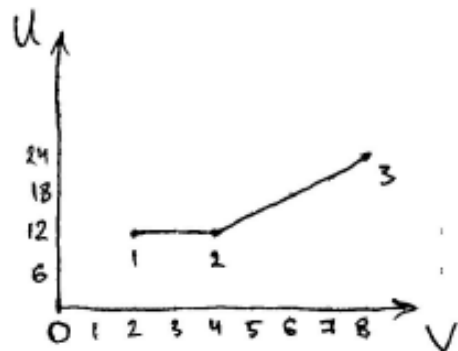




$$27. \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T; p \Delta V = \nu R \Delta T; \Delta U = \frac{3}{2} p \Delta V; pV = \text{const}$$

Пусть в начале процесса $p = 4 \text{ y.e.}, V = 2 \text{ y.e.}$ тогда

$$U = \frac{3}{2} pV = \frac{3}{2} \cdot 4 \cdot 2 = 12 \text{ y.e.}$$



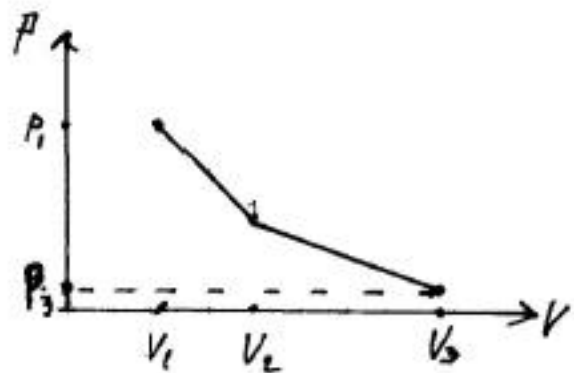
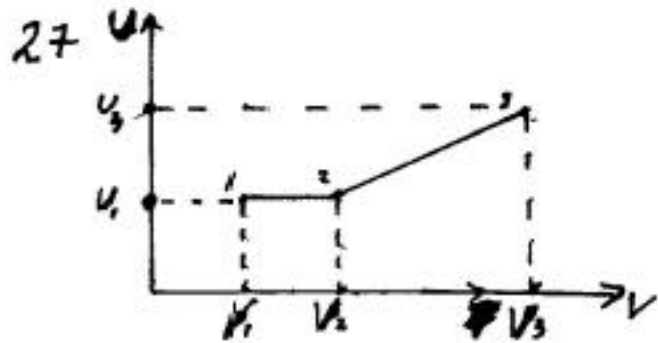
Процесс 1-2: $U = \frac{3}{2} pV \Rightarrow p = \frac{2}{3} \cdot \frac{U}{V} = \frac{2 \cdot 12}{4 \cdot 3} = \frac{24}{3 \cdot V}$
(изотермический, так как $\Delta U = 0$)

Процесс 2-3: $p = \frac{2 \cdot 4}{3 \cdot V}$

1) при $U = 18, V = 6, p = \frac{2 \cdot 18}{3 \cdot 6} = 2$

2) при $U = 24, V = 8, p = \frac{2 \cdot 24}{3 \cdot 8} = 2$

Значит процесс 2-3 - изобарный.



1) в процессе 1-2 внутренняя энергия
остаётся неизменной, значит $PV = \text{const}$

$$V_2 = 2V_1 \Rightarrow P_2 = \frac{1}{2}P_1$$

2) в процессе 2-3 внутренняя энергия
увеличилась, при этом увеличилась V

$$PV = \nu RT$$

$$P_3 = \frac{1}{4}P_2$$

$$T_3 = 2T_2 \quad V_3 = 2V_2$$

$$\left(\text{т.к. } \nu = \frac{3}{2} \nu_{\text{д.т.е.}} \right)$$

Задача №27 Пример - 2

В одном сосуде под поршнем в объёме V_0 при комнатной температуре находится только насыщенный водяной пар и вода, которая занимает малый объём. В другом сосуде под поршнем в объёме V_0 при том же давлении p_0 находится сухой воздух. Воздух и водяной пар изотермически сжимают так, что объём под поршнем уменьшается в 2 раза. Постройте графики этих двух процессов в переменных p – V . Опираясь на законы молекулярной физики, объясните построение графиков.

Возможное решение

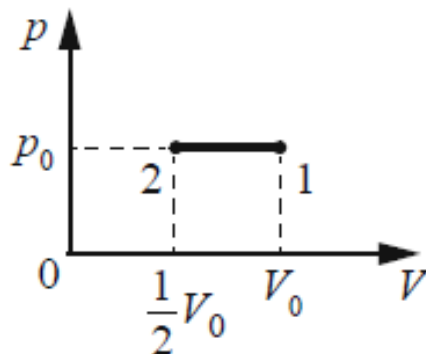
1. При изотермическом сжатии давление насыщенного водяного пара остаётся постоянным, поэтому процесс изображается на pV -диаграмме горизонтальным отрезком 1–2.

При комнатной температуре плотность водяного пара ничтожна по сравнению с плотностью воды, поэтому объёмом сконденсированной воды можно пренебречь и случай соприкосновения поршня с водой – исключить.

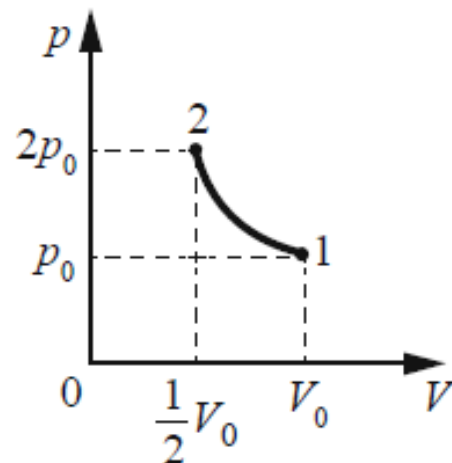
2. Изотермическое сжатие сухого воздуха описывается законом Бойля – Мариотта ($pV = \text{const}$), поэтому процесс изображается на pV -диаграмме фрагментом гиперболы 1–2, начинающимся также в точке 1.

3. Графики процессов в переменных p – V представлены на рисунках.

Водяной пар



Сухой воздух



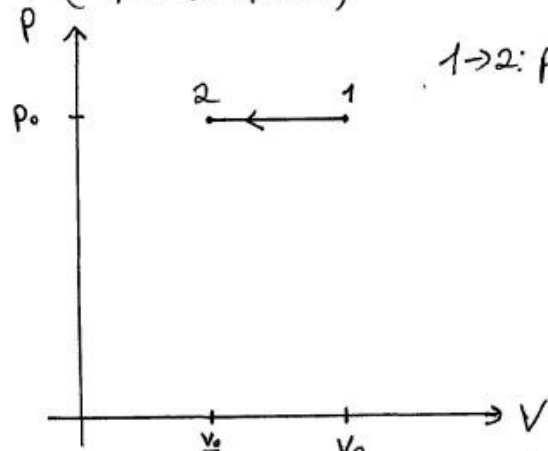


Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <u>в переменных p–V два графика процессов, п. 3) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <u>зависимость давления насыщенного пара от объёма. закон Бойля – Марриотта</u>)</u>	3

Примеры решения

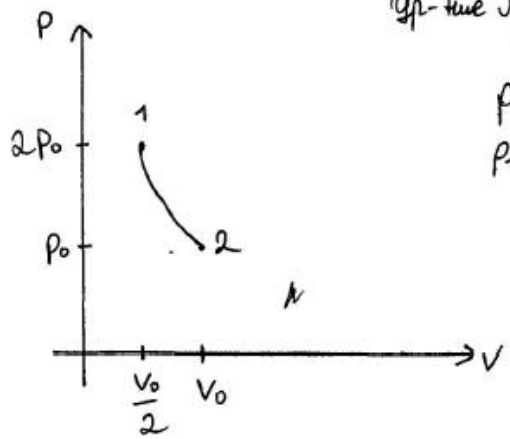
№ 27

1) Тл.к. пар насыщенный, а его температура не меняется в ходе изотермического сжатия, то давление водяного пара также не меняется. Изменяется только объём и масса пара (пар конденсировался)



$1 \rightarrow 2: p = \text{const}, T = \text{const}$

2) С воздухом произошло изотермическое сжатие ($T = \text{const} \Rightarrow pV = \text{const}$)



Ур-ние Менделеева-Клапейрона для газа:

$p_0 V_0 = \nu R T$ — полная масса

$p_1 \cdot \frac{V_0}{2} = \nu R T$

$p_1 \frac{V_0}{2} = p_0 V_0$

$p_1 = 2p_0$

При одной и той же температуре у водяного пара всегда одинаковое давление, и при уменьшении объема в два раза часть пара конденсируется; появившаяся вода займет пренебрежимо мало объема в сравнении с паром и это изменение можно не учитывать.

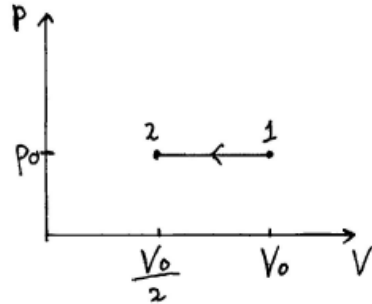


График для сосуда с водой и паром

В случае с сухим воздухом произойдет изотермическое сжатие газа, и по закону Бойля-Мариотта давление увеличится в два раза (т.к. объём уменьшили в два раза):

$$p_0 V_0 = p_2 \frac{V_0}{2} \quad p_2 = 2 \frac{p_0 V_0}{V_0} = 2 p_0$$

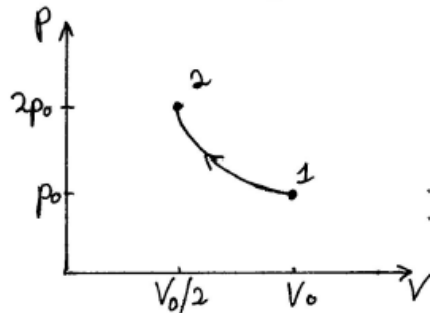


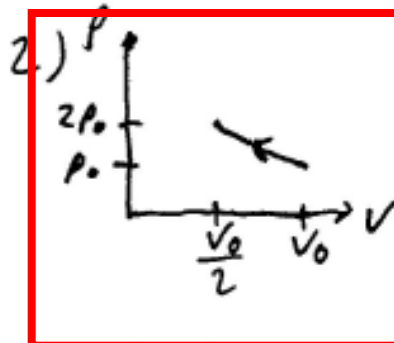
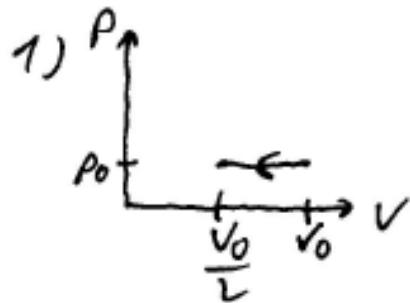
График для сосуда с сухим воздухом

~ 27

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$pV = \nu RT$$

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



по уравнению
Менделеева -
Клапейрона.

В первом ~~сосуде~~ ^{изменяется} ~~сосуде~~ ^{увеличивается} давлении не
возрастает, т.к. маленький пар
возрастает пар конденсируется в воду.

Во втором сосуде давление
увеличится, так как сухой воздух
2) $pV = \text{const.}$

27) I сосуд:

По уравнению Менделеева-Клапейрона:

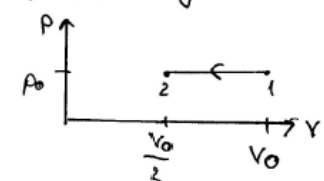
$$pV = \frac{m}{M} RT$$

Так как процесс изотермический, значит $T = \text{const}$.

Так как под поршнем находится насыщенный пар, значит

$\varphi = 100\%$ (абсолютная влажность) и пар достиг максимального значения давления.

Из этого следует, что при уменьшении объема в сосуде давление будет оставаться первоначальным. Масса пара будет уменьшаться, так как он будет выпадать в росу из-за того, что абсолютная влажность достигла своего максимума и давление пара больше не может увеличиваться.



$p_0 V_0 = \frac{m}{M} RT$, т.к. объем уменьшается в 2 раза \Rightarrow
 $\Rightarrow p_0 \cdot \frac{V_0}{2} = \frac{m}{2} RT$ $V_0 \downarrow m \downarrow$
 $T = \text{const}$ $p_0 = \text{const}$

II сосуд:

По уравнению Менделеева-Клапейрона:

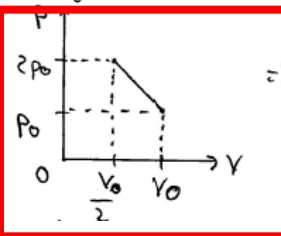
$$pV = \frac{m}{M} RT$$

Так как процесс изотермический, значит $T = \text{const}$.

Так как воздух сухой, значит $\varphi < 100\%$ (абсолютная влажность)

1.3

Из этого следует, что при уменьшении объема в сосуде давление будет увелич. (т.к. ~~изотермический~~ $\frac{m}{M} RT = \text{const} \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_2$), т.к. давление этого воздуха не достигло своего максимума (максимумом является ~~то~~ давление насыщенных паров при той же температуре) и масса воздуха не будет уменьшаться, т.к. он (воздух) не будет выпадать в росу.



$p_0 V_0 = \frac{m}{M} RT$, т.к. объем уменьш. в 2 раза \Rightarrow
 $= 2p_0 \cdot \frac{V_0}{2} = \frac{m}{M} RT$ $V_0 \downarrow p_0 \uparrow$
 $m = \text{const}$ $T = \text{const}$

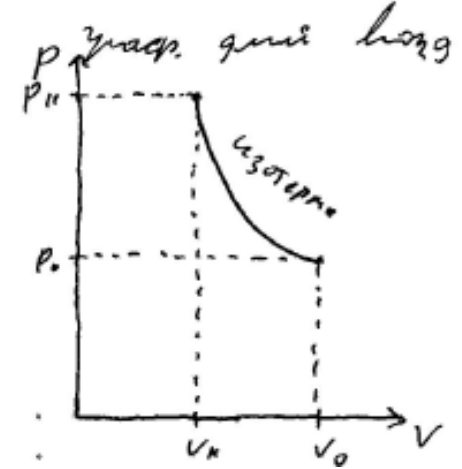
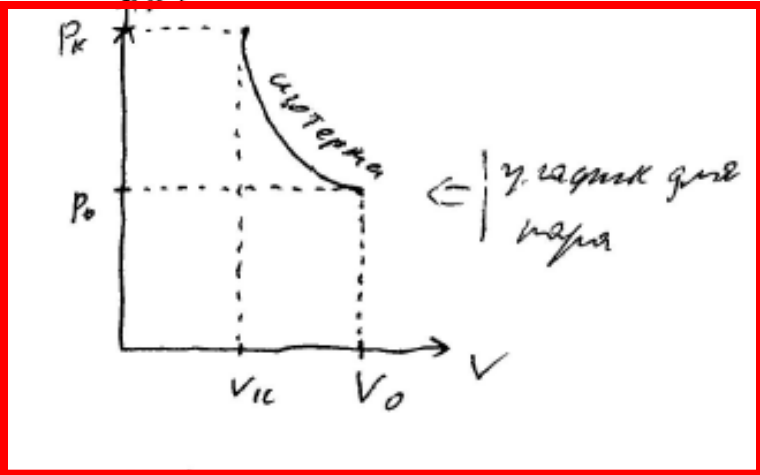
№ 27

Дано

V_0, T_K
 P_0
 $V' = \frac{V_0}{2}$

Решение:

т.к. ~~в~~ воздух и пар можно считать изотермически, то процесс происходящий при $\Delta T = 0$, описано из 3-й Клаузиуса обратна $\frac{pV}{T}$ const видно, что при ~~и~~ уменьшении диаметра в 2 раза, давление увеличится в 2 раза, аналогично и 2-ю сосуда.



№ 27.

1) Рассмотрим сосуд под поршнем с сухим воздухом. Сухой воздух подчиняется уравнению Менделеева - Клапейрона.

$$p_0 v_0 = \nu R T$$

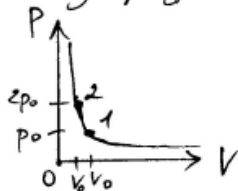
При изотермическом сжатии ($T = \text{const}$) согласно 3-му закону Гюль-Мариотта $p v = \text{const}$ значение p при уменьшении объема в 2 раза увеличивается в 2 раза: $p_0 v_0 = 2 p_1 v_1 = \text{const}$

значит $\frac{v_1}{v_0} = \frac{p_0}{p_1} = 2$

Пифокавальное состояние (1): $p_0 v_0 = \text{const}$

После сжатия (2): $2 p_0 v_0 = \text{const}$

Изобразим это на графике $p-v$:



2) Рассмотрим сосуд с насыщенным паром. Насыщенный пар - пар, в котором количество вылетевших (из ширины) молекул равно сконденсировавшимся.

~~При $v = \text{const}$ явление пара также будет~~
При изотермическом сжатии больше молекул вылетело пара будут конденсироваться, что приведет к увеличению воды в сосуде, однако равновесие будет сохраняться ($n_{\text{выл}} = n_{\text{вхл}} = \text{const}$)

При сжатии увеличивается явление (показано в 1 пункте) ~~оттого должно явление, чем~~
~~система не равновесна пар растет фазовый состав и больше воды не вылетит. т.к. $\varphi = 100\%$~~

1.2

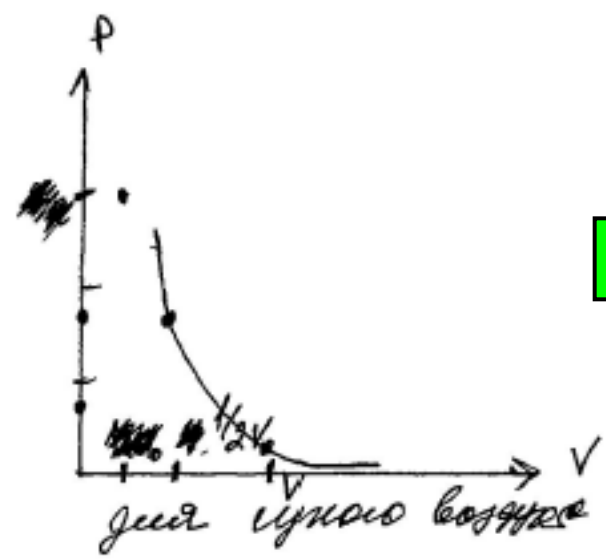
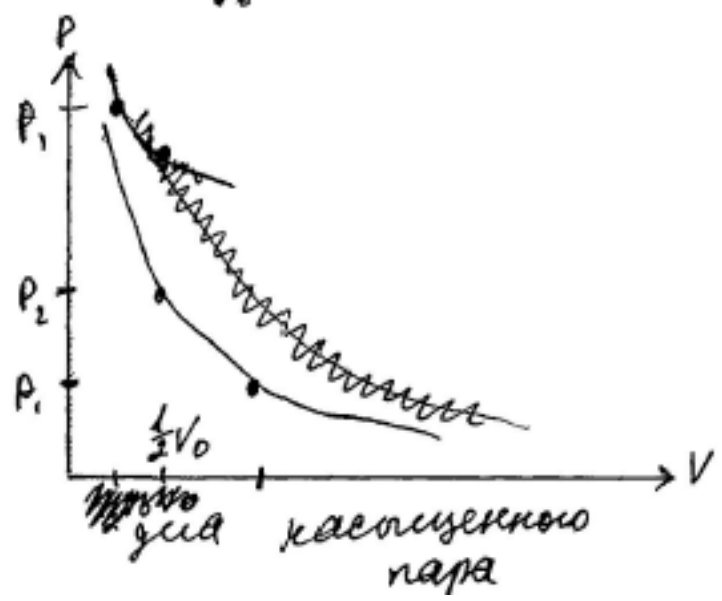


~ 27

1) $\rho_{\text{воздуха пара}} > \rho_{\text{воздуха}}$

процесс изотермический, но есть $T = \text{const}$ в первом и втором случаях

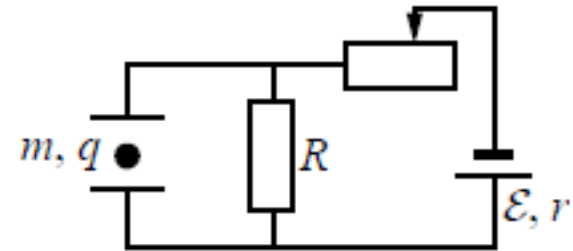
$\rho = \frac{1}{V_0}$ - функция



0

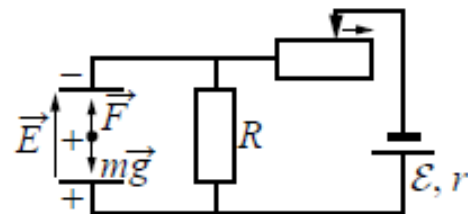
Задача №27 Пример - 3

Две параллельные металлические пластины, расположенные горизонтально, подключены к электрической схеме, приведённой на рисунке. Между пластинами находится в равновесии маленькое заряженное тело массой m и зарядом q . Электростатическое поле между пластинами считать однородным. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как и в каком направлении начнёт двигаться тело, если сдвинуть ползунок реостата вправо.



Возможное решение

1. Поскольку пластины подключены к источнику ЭДС, то между ними имеется разность потенциалов, в пространстве между ними создаётся однородное электростатическое поле. Согласно электрической схеме нижняя пластина имеет положительный заряд, а верхняя – отрицательный; следовательно, вектор напряжённости поля направлен вертикально вверх. По условию задачи заряженное тело находится в равновесии; следовательно, сила тяжести скомпенсирована силой Кулона, направленной вертикально вверх. Отсюда делаем вывод, что тело имеет положительный заряд.



2. Если сдвинуть ползунок реостата вправо, то сопротивление реостата возрастёт. Поскольку реостат соединён с резистором R последовательно, то и общее сопротивление цепи также возрастёт.

3. Согласно закону Ома для полной цепи: $\mathcal{E} = I(R_{\text{цепи}} + r)$ – при увеличении сопротивления внешней цепи сила тока в ней уменьшится. Таким образом, по закону Ома для участка цепи: $U = IR$ – напряжение на резисторе R также уменьшится. Поскольку пластины соединены с резистором R параллельно, то, соответственно, напряжение между ними уменьшится. Следовательно, уменьшится и напряжённость поля между пластинами: $E = \frac{U}{d}$.

4. Уменьшение напряжённости поля приведёт к уменьшению силы Кулона, действующей на тело: $F = qE$. Равновесие нарушится, сила тяжести станет больше силы Кулона, и тело начнёт двигаться вниз с ускорением.

Ответ: тело начнёт двигаться вниз с ускорением



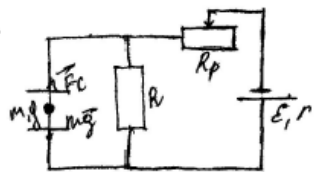


Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>тело начнёт двигаться вниз с ускорением, п. 4</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием	3
наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>закон Ома для полной цепи и участка цепи, условие равновесия тела в электростатическом поле, общее сопротивление при последовательном соединении резисторов, связь разности потенциалов с напряжённостью однородного электрического поля, формула для силы Кулона</i>)	

Примеры

решения

д.з.
х
0



когда пазунок движется вправо фронтальное сопротивление R_p увеличивается, т.к. $R = \frac{l}{S}$ (д.л.) \Rightarrow

\Rightarrow по закону Ома для полной цепи

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \mathcal{U} (R_p + R + r) \\ \varepsilon &= \text{const} \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \mathcal{U} \downarrow$$

напряжения на конденсатор равно напряжению на резисторе (и соединении) $\Rightarrow U = U_k = \mathcal{U} R$ (по зак. Ома для участка цепи) U - напряжение на конденсаторе

$$\begin{aligned} R &= \text{const} \\ \mathcal{U} \downarrow \\ U &= \mathcal{U} R \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad U \downarrow \Rightarrow \text{между пластинами}$$

~~повышается эл. поле с интенсивностью, направленной от нижней пластины к верхней~~

~~если тело имеет положительный заряд,~~

$$\begin{aligned} F_k &= qE = q \frac{U}{d} \\ q &= \text{const} \\ d &= \text{const} \\ U \downarrow \\ F_k &\downarrow \Rightarrow \text{тело выйдет из состояния равновесия} \\ F_k &\neq 0 \end{aligned}$$

когда тело ~~состояние~~ ^{будет} в равновесии (! для первонач. сост.)

$$\begin{aligned} m\vec{a} &= \vec{F}_k + m\vec{g} \\ \vec{a} &= 0 \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} \text{ок: } 0 &= F_k - mg \\ \frac{qU}{d} &= mg \end{aligned}$$

где g - константа состояния:

$$m\vec{a} = \vec{F}_{k2} + m\vec{g} \quad \text{ок: } ma = \frac{qU_2}{d} - mg$$

$$U \downarrow \Rightarrow U_2 < U_1 \Rightarrow \frac{qU_2}{d} < mg \Rightarrow a < 0 \Rightarrow$$

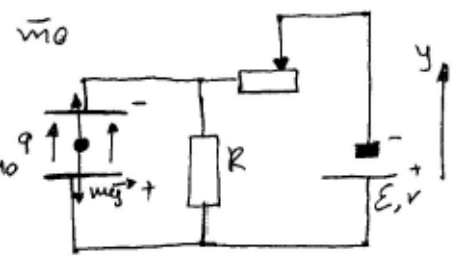
\Rightarrow ускорение направлено вверх \Rightarrow

\Rightarrow тело будет двигаться вверх \uparrow с ускорением $a = \frac{qU_2}{m d} - g$ перпенд. к пласт.

Ответ: вверх перпендикулярно к пластинкам равномерно.

3

23) 1) Так как прошло продолжительное время, то конденсатор заряжен нижней пластиной отрицательно, а верхней положительно, а верхняя отрицательно (возникает разность потенциалов)



Значит между пластинками возникло электростатическое поле линии которого направлено вверх, значит на него действует сила $F_{\text{э}} = E \cdot q$

$$F_{\text{э}} = E \cdot q$$

2) По второму закону Ньютона $\vec{F}_{\text{э}} + m\vec{g} = \vec{0}$; $0,4 \cdot F_{\text{э}} = mg$
 $\Rightarrow Eq = mg$.

3) При увеличении нагрузки сопротивление вольтметра увеличивается, значит, по закону Ома для полной цепи:

~~$$I = \frac{\varepsilon}{R + R_{\text{в}} + r}$$~~

$$\downarrow I = \frac{\varepsilon}{R + R_{\text{в}} + r} \Rightarrow \text{Ток в цепи уменьшится.}$$

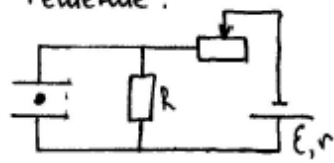
4) Из-за уменьшения тока в цепи, напряженность поля между пластинками ослабнет, значит $\downarrow E_{\text{э}} = mg$; значит $mg > E_{\text{э}}q$, значит тело начнет двигаться вниз равноускоренно

Ответ: согласно второму закону Ньютона; $mg - E_{\text{э}}q = ma$

Ответ - равноускоренно вниз

27. Дано: электрическая схема $m_1 = m$ $q_1 = q$ m_1 - масса тела
 q_1 - заряд тела

Решение: по закону Ома для полной цепи: $I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{об}} + r}$, где $R_{\text{об}}$ - общее сопротивление цепи, r - сопротивление внутри источ. тока

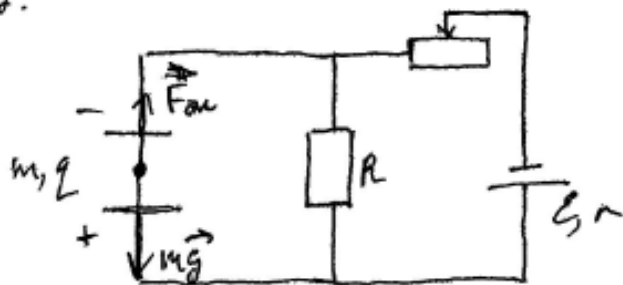


$R_{\text{об}} = R + R_p$. R_p - сопротивление реостата, а если сдвинуть ползунок реостата вправо, то $R_p \uparrow$
 (т.к. они подключены посл.)

т.к. $R = \frac{\rho l}{S}$, а при движении вправо ползунка l увелич. $\Rightarrow R_p$ увелич. $\Rightarrow R_{\text{об}}$ увеличивается \Rightarrow при $\mathcal{E} = \text{const}$ I будет уменьшаться, т.к. I связано с $R_{\text{об}}$ обратно пропорционально.

Тело находится в равновесии, потому что все силы скомпенсированы: $mg \approx F_{\text{тяж}} = F_{\text{кул}} = qI$, а если I уменьш. $\Rightarrow F_{\text{кул}}$ уменьш. и $F_{\text{тяж}} > F_{\text{кул}} \Rightarrow$ тело начнет падать вниз на нижнюю пластину, причем по II закону Ньютона: $m\vec{a} = \vec{F}_{\text{тяж}} + \vec{F}_{\text{кул}}$ если до движения ползунка $F_{\text{тяж}} \approx F_{\text{кул}} \Rightarrow m\vec{a} = 0 \Rightarrow a = 0$, то теперь $F_{\text{тяж}} \neq F_{\text{кул}} \Rightarrow$ появляется $a \Rightarrow$ тело равноускоренно движется вниз.
 Ответ: тело равноускоренно движется вниз.

27.



1) При перемещении ползунка вправо, увеличиваемое длина проводника $l \Rightarrow R$ увеличится
 $(R \uparrow = \frac{\rho l \uparrow}{S}) \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{\mathcal{I} R}{\cos} \Rightarrow$

\Rightarrow сила тока \mathcal{I} уменьшается \Rightarrow возникает магнитный ток \mathcal{P} .

1.3

2) По II з. Ньютона: $R = ma$

$$F_{эл} = mg \quad (a=0) \quad (\text{до перемещения})$$

$$Eq = mg$$

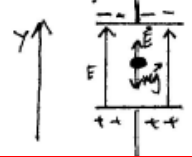
3) Сила тока \mathcal{I} уменьшается $\Rightarrow U_c$ уменьшается $(U_c \downarrow = \frac{\mathcal{I} R}{\cos})$

4) $F_{эл} = Eq = \frac{U_c q}{d} \Rightarrow$ т.к. U_c уменьшается, то $F_{эл}$ также

уменьшается $\Rightarrow F_{эл} < mg \Rightarrow$ тело начнет двигаться вниз.

Ответ: тело начнет двигаться вниз

1). Так как шарик находится в равновесии это значит, что сумма сил, действующих на него равна 0. получаем:



$$\vec{E} + m\vec{g} = 0 \Rightarrow E - mg = 0 \Rightarrow E = mg$$

2). При увеличении расстояния возникает увеличение длины проводника, что приводит к увеличению сопротивления цепи $R = \frac{\rho L}{S}$.

Так как сопротивление внешней цепи возрастает, то ток, протекающий в ней уменьшается $I = \frac{E}{R+r}$; $R \uparrow \Rightarrow I \downarrow$

3). Уменьшение тока в цепи будет вызывать уменьшение напряжения на резисторе R , по закону Ома для участка цепи $I = \frac{U}{R}$; $I \downarrow \Rightarrow U \downarrow$

4). Параллельно резистору подключены лампы и из-за ~~чего~~ уменьшения напряжения на резисторе напряжение на лампах тоже ~~будет~~ уменьшится, это приводит к уменьшению напряженности эл. поля между пластинами $E = U/d$, $U \downarrow \Rightarrow E \downarrow$

5). Уменьшение напряженности эл. поля приводит к нарушению равновесия тела, находящегося в нем. Так $E = mg$, то при уменьшении E тело начнет относительно земли движение вниз; $mg > E$

$$\vec{F} = \frac{q\vec{E}}{m} \Rightarrow \frac{E - mg}{m} \Rightarrow a < 0$$

Вывод:
~~Ответ:~~ относительно земли вниз.

Оценка экспертов

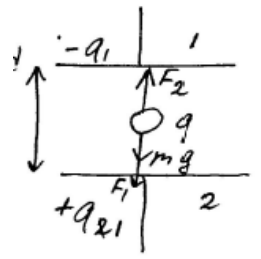
3 балла!!!

1.3

27. 1) Если сдвинуть ползунком резистора влево, во сопротивлении стает максимальным, сила тока согласно закону Ома для полной цепи уменьшится. $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R + R_p}$.

~~Тогда напряжение во внешней цепи вырастет. Напряжение во внутренней цепи равно напряжению во внешней.~~

2) На тело в жидкой среде действуют сила тяжести, направленная вертикально вниз, и сила электростатического поля.



Так как сила тока уменьшается; то заряд на пластинках тоже уменьшится.

Согласно Закону Кулона:

$$F = \frac{k q q_1}{r^2}$$

$m g = 2|F_k| - m g$, следовательно, сила Кулона если $2|F_k| < m g$, уменьшится и тело начнет то тело сдвигаться вниз под действием силы тяжести, движение равноускоренное.

От лет: тело будет двигаться вниз

1.3
или
1.4



27. 1) Если сдвинуть ползунок реостата вправо, то сопротивление увеличивается: $R = \rho \frac{l}{S}$, l - становится больше, следовательно и сопротивление.

2) Если сопротивление увеличивается, значит сила тока будет уменьшаться: $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}$

3) Т.к. сила тока ^{уменьшилась} ~~увеличилась~~, то тисо будет двигаться к верхней пластине конденсатора, равномерно.



Оценивание №28 (расчетной задачи на 2 балла)

Обобщенная схема оценивания строится на основании четырех элементов решения:

- ***Исходные формулы и законы (кодификатор);***
- ***Обозначения физических величин (рисунок);***
- ***Математические преобразования и расчеты;***
- ***Правильный числовой ответ, размерность.***

Обобщенная схема оценивания задания 28

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае:</p> <p><i>перечисляются необходимые законы и формулы</i></p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), <u>приводящие к правильному числовому ответу</u> (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2

Обобщенная схема оценивания задания 28

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.

Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.

1.1

И (ИЛИ)

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.

1.2

И (ИЛИ)

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.

1.3

И (ИЛИ)

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка

1.4

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла

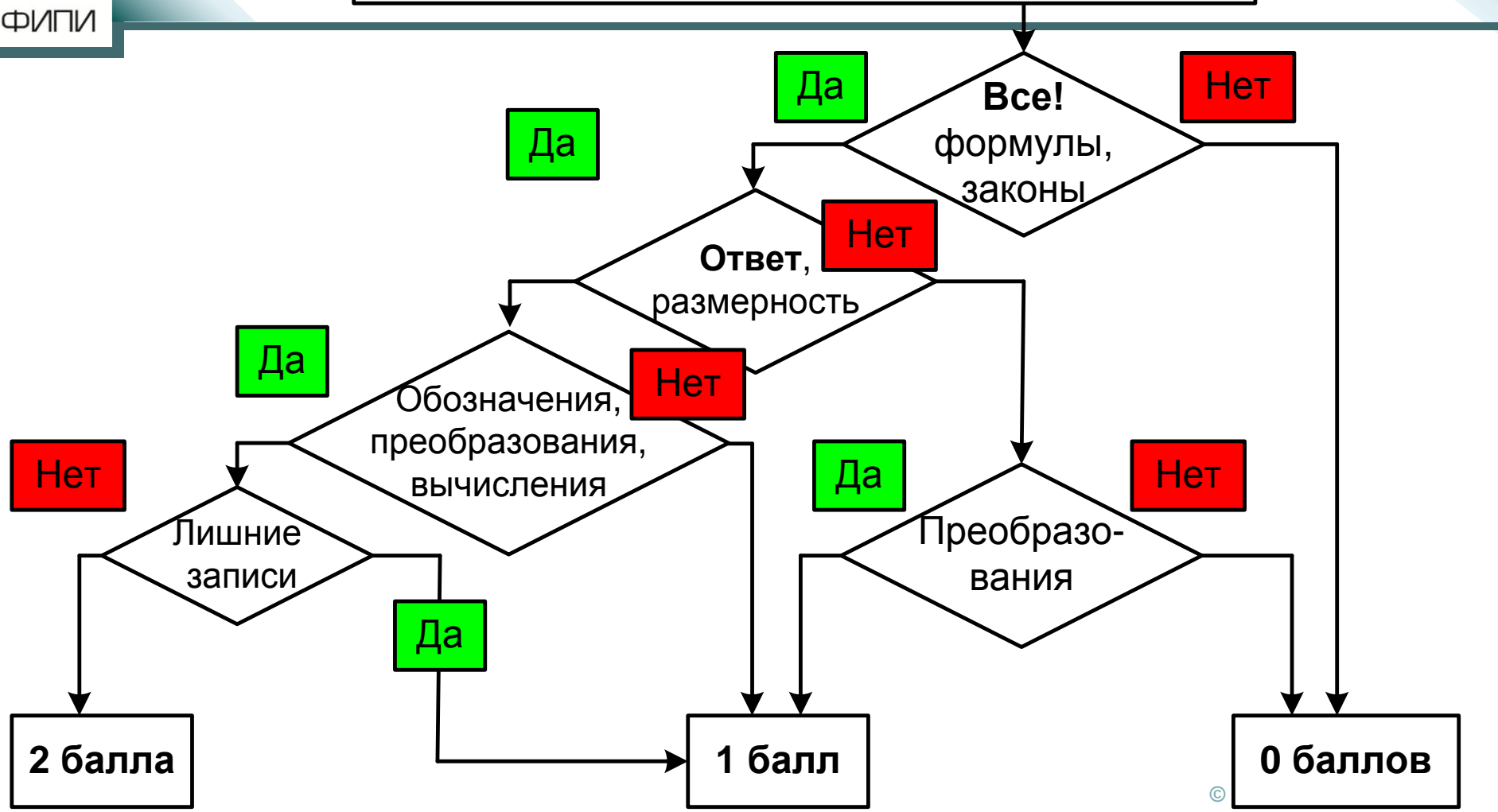
0

Максимальный балл

2



Алгоритм принятия решения экспертом при оценивании расчетной задачи № 28



Комментарии к обобщённой системе оценивания расчетных задач

Решение учащегося может иметь логику, отличную от авторской логики решения (альтернативное решение). В этом случае эксперт оценивает возможность решения конкретной задачи тем способом, который выбрал учащийся. Если ход решения учащегося допустим, то *эксперт оценивает полностью и правильность этого решения на основании того списка основных законов, формул или утверждений, которые соответствуют выбранному способу решения.*

Оценивание №29-32 (расчетных задач)

Обобщенная схема оценивания строится на основании четырех (пяти) элементах решения:

- *Исходные формулы и законы (кодификатор);*
- *Обозначения физических величин (рисунок);*
- *Рисунок с указанием сил (если требуется);*
- *Математические преобразования и расчеты;*
- *Правильный числовой ответ, размерность.*

Обобщенная схема оценивания заданий 29-32

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p data-bbox="314 220 1663 262">Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p data-bbox="314 268 1663 418">I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае:</p> <p data-bbox="372 479 1605 575"><i>перечисляются необходимые законы и формулы</i>);</p> <p data-bbox="314 581 1257 629">II) сделан правильный рисунок с указанием сил;</p> <p data-bbox="314 635 1663 888">III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p data-bbox="314 894 1663 1099">IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (<u>подстановка числовых данных в конечную формулу</u>), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p data-bbox="314 1105 1663 1195">V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	<p data-bbox="1744 220 1779 256">3</p>

Обобщенная схема оценивания заданий 29-32

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.

2

Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.

2.1

И (ИЛИ)

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.

2.2

И (ИЛИ)

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.

2.3

И (ИЛИ)

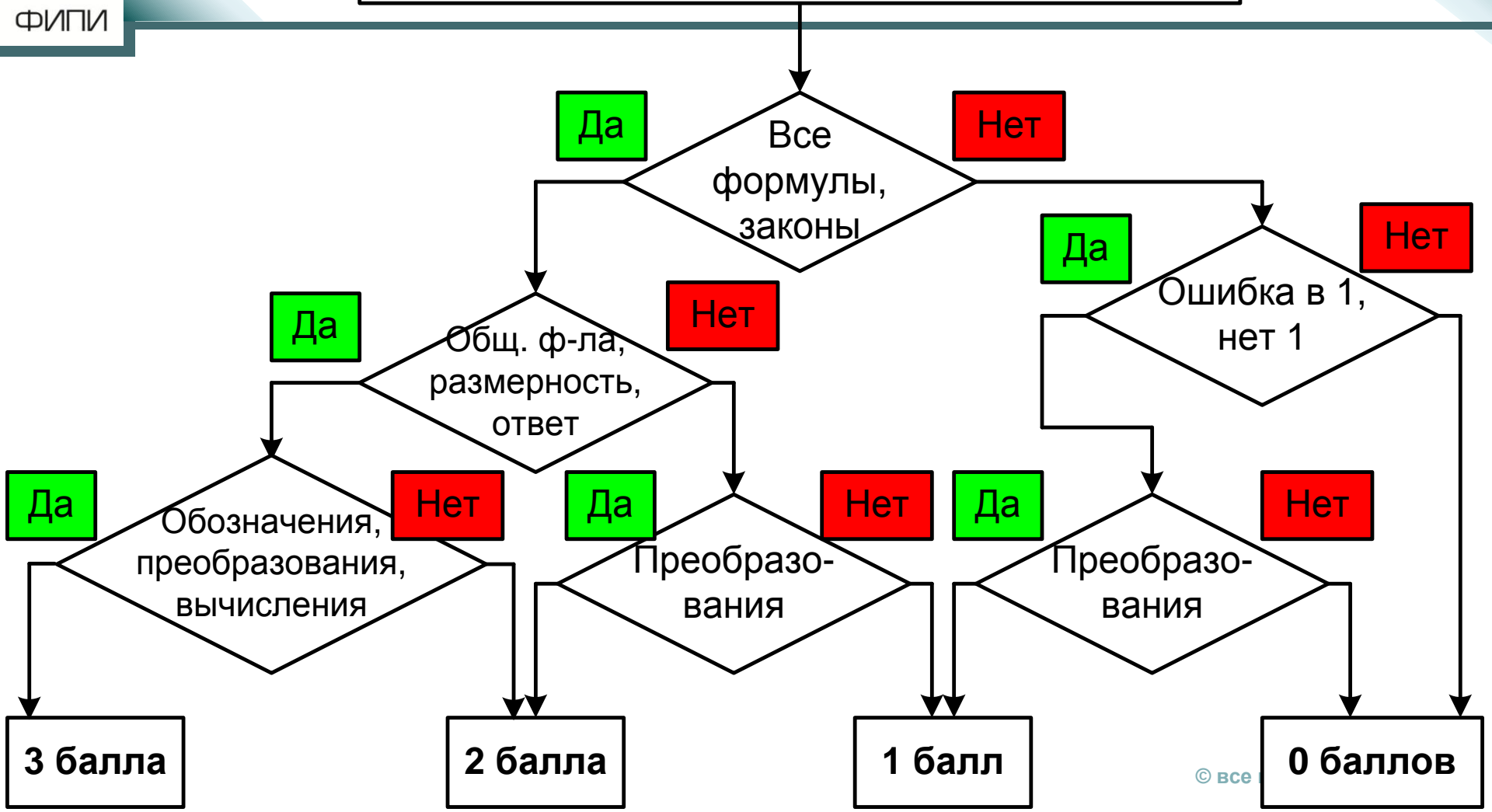
Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка

2.4

Обобщенная схема оценивания заданий 29-32

Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.	1
Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых <u>необходимо и достаточно</u> для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.	1.1
ИЛИ	
В решении отсутствует <u>ОДНА</u> из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1.2
ИЛИ	
В <u>ОДНОЙ</u> из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1.3
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

Алгоритм принятия решения экспертом при оценивании расчетных задач №№ 29-32



Возможные изменения в схеме оценивания заданий 29-32

- а) Требуется дополнительно сделать **рисунок с указанием сил**, действующих на тело. В этом случае включается требование к правильности рисунка в описание полного правильного ответа, а также дополнительные условия к выставлению **2 баллов**.
- б) Требуется изобразить **схему электрической цепи или оптическую схему**. В этом случае включается требование к правильности рисунка в описание полного правильного ответа, а также дополнительные условия к выставлению **2 и 1 баллов**.
- в) В задании **не требуется получения числового ответа**. В этом случае в описании полного верного решения снимается требование к указанию числового ответа, и вносятся изменения в критерии оценивания **на 2 балла**.
- г) Условие задачи предполагает **определение данных по графику, таблице или рисунку экспериментальной установки**. В этом случае в описание полного верного решения вносится дополнительное требование к правильности определения исходных данных по графику, таблице или рисунку экспериментальной установки, а также указывается дополнительное требование к выставлению **2 баллов**.

Комментарии к обобщённой системе оценивания расчетных задач

Решение учащегося может иметь логику, отличную от авторской логики решения (альтернативное решение). В этом случае эксперт оценивает возможность решения конкретной задачи тем способом, который выбрал учащийся. Если ход решения учащегося допустим, то *эксперт оценивает полностью и правильность этого решения на основании того списка основных законов, формул или утверждений, которые соответствуют выбранному способу решения.*



В качестве исходных формул принимаются только те, которые указаны в кодификаторе. При этом форма записи формулы значения не имеет (например: $Q = cm\Delta T$, $c = \frac{Q}{m\Delta T}$ и т.п.). Если же учащийся использовал в качестве исходной формулы ту, которая не указана в кодификаторе, то работа оценивается исходя из отсутствия одной из необходимых для решения формул. (Например, учащийся может в качестве исходной использовать формулу для изменения внутренней энергии одноатомного идеального газа $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$, поскольку она есть в кодификаторе. Однако, формулу для количества теплоты, полученного газом в изобарном процессе $Q = \frac{5}{2} p \Delta V$, в качестве исходной использовать нельзя (отсутствует в кодификаторе). В этом случае даже такая работа оценивается по критерию отсутствия одной из основополагающих формул и оценивается в 1 балл, даже при наличии верного числового ответа.

Встречаются случаи, когда ученик представляет решение задачи, в котором «подменяется» условие задачи и определяет другую физическую величину. Здесь можно рассматривать три варианта:

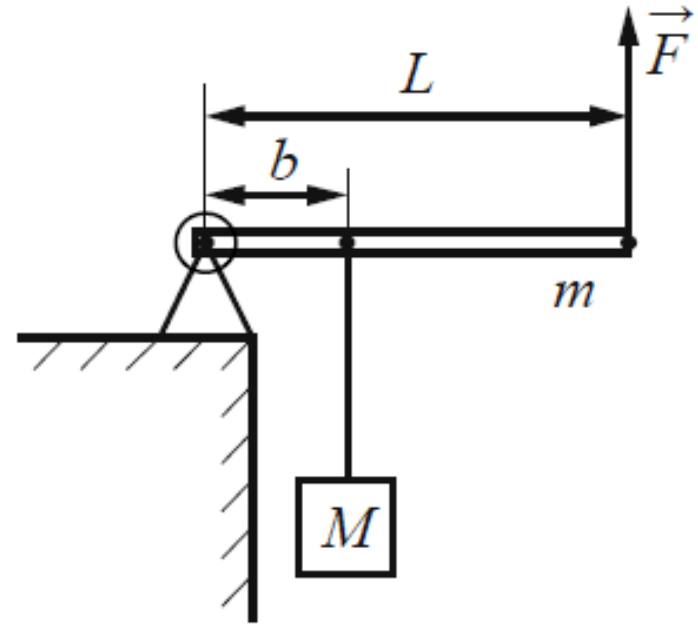
- * Если в задании требовалось определить отношение величин « A/B », а участник экзамена определил значение отношения « B/A », то это не считается ошибкой или погрешностью.
- * Если подмена сводится к тому, что учащийся определил не ту величину, которую требовалось рассчитать по условию задачи, а другую (при условии, что полученный ответ можно считать промежуточным этапом при определении требуемой величины и при этом в других вариантах не требуется определить именно найденную тестируемым величину), то это может быть отнесено к ошибке того же порядка, что и ошибки в преобразованиях.
- * Если же подмена сводится к решению задачи, представленной в другом варианте экзаменационной работы, то такое решение оценивается 0 баллов.

	2.1.7	Абсолютная температура: $T = t^{\circ} + 273 \text{ К}$
	2.1.8	Связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его частиц: $\overline{\varepsilon_{\text{пост}}} = \left(\frac{m_0 v^2}{2} \right) = \frac{3}{2} kT$
	2.1.9	Уравнение $p = nkT$
	2.1.10	Модель идеального газа в термодинамике: { Уравнение Менделеева – Клапейрона { Выражение для внутренней энергии Уравнение Менделеева – Клапейрона (применимые формы записи): $pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT = NkT, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}$ Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа (применимые формы записи): $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT = \nu c_{\nu} T = \frac{3}{2} pV$
	2.1.11	Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов: $p = p_1 + p_2 + \dots$

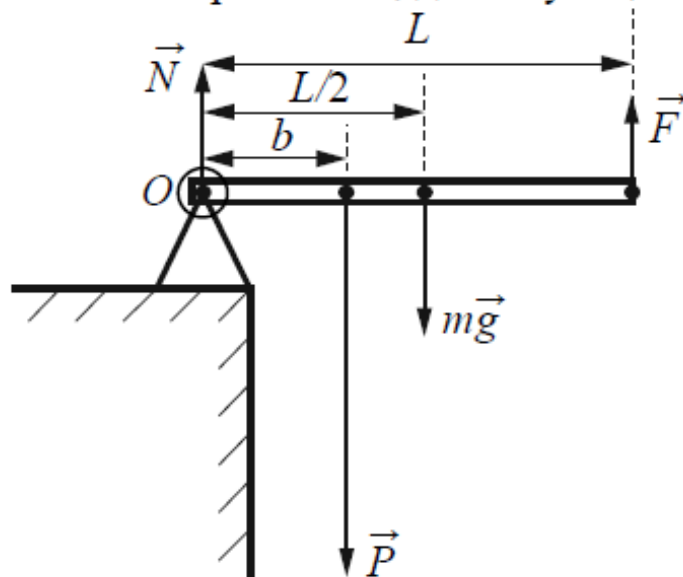
При работе с формулами, помещенными в кодификатор следует иметь в виду, что учащиеся не обязаны писать эти формулы в точном соответствии с записью в кодификаторе.

Задача №28 Пример - 1

Груз массой $M = 75$ кг медленно поднимают с помощью рычага, приложив вертикальную силу \vec{F} (см. рисунок). Рычаг, сделанный из однородного стержня массой $m = 10$ кг и длиной $L = 4$ м, шарнирно закреплён. Определите модуль силы \vec{F} , если расстояние b от оси шарнира до точки подвеса груза равно 1,6 м. Считать, что трение в шарнире отсутствует.



1. Рассмотрим силы, действующие на рычаг (см. рисунок).



Считая, что рычаг поднимает груз медленно и равномерно, примем, исходя из третьего и второго законов Ньютона, что $|\vec{P}| = |M\vec{g}|$.

2. Рассмотрим равновесие рычага относительно оси вращения – шарнира O , указав плечи сил на рисунке.

$$O: Mg \cdot b + \frac{1}{2}mgL - FL = 0.$$

$$\text{Отсюда } F = Mg \cdot \frac{b}{L} + \frac{1}{2}mg = 75 \cdot 10 \cdot \frac{1,6}{4} + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 10 = 350 \text{ Н.}$$

Ответ: $F = 350 \text{ Н}$





Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>условие равновесия абсолютно твёрдого тела с закреплённой осью вращения</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2

№28

Дано:

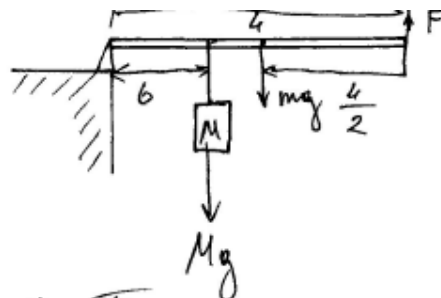
$$M = 75 \text{ кг}$$

$$m = 10 \text{ кг}$$

$$L = 4 \text{ м}$$

$$b = 1,6 \text{ м}$$

$$F = ?$$



1) Так как стержень имеет массу, мы можем нарисовать ~~силу~~ тяжесть от центра стержня

2) Тригониаль моментим

$$M_{(mg)} + M_{(Mg)} = M_{(F)}$$

$$mg \cdot \frac{L}{2} + Mg \cdot b = F \cdot L$$

$$F = \frac{g \left(m \cdot \frac{L}{2} + M \cdot b \right)}{L} = \frac{10 \cdot (10 \cdot 2 + 75 \cdot 1,6)}{4}$$

$$= 350 \text{ Н}$$

Ответ: 350 Н.

Примеры решения

№ 28

Дано:

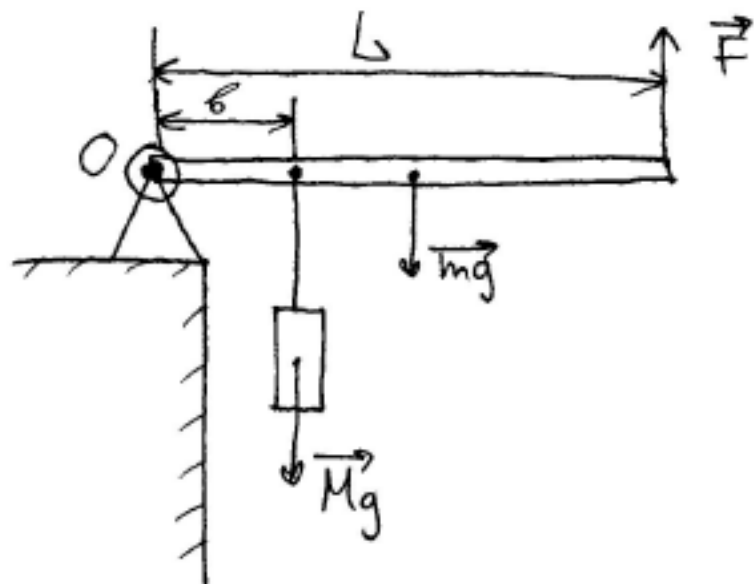
$$M = 75 \text{ кг}$$

$$m = 10 \text{ кг}$$

$$L = 4 \text{ м}$$

$$b = 1,6 \text{ м.}$$

$$F = ?$$



1) уравнение моментов относительно O.

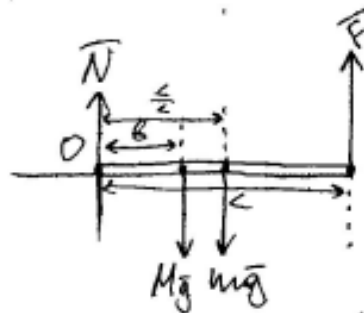
$$bMg + mg \frac{L}{2} = F \cdot L$$

$$F = \frac{bMg + mg \frac{L}{2}}{L}$$

$$F = \frac{1,6 \cdot 75 \cdot 10 + 10 \cdot 10 \cdot \frac{4}{2}}{4} = 350 \text{ Н.}$$

Ответ: 350 Н.

№28.
 $M = 75 \text{ кг}$
 $m = 10 \text{ кг}$
 $L = 4 \text{ м}$
 $b = 1,6 \text{ м}$
 $F = ?$



рычаг находится в равновесии \Rightarrow
 \Rightarrow выполняются условия равновесия:
 сумма моментов всех сил равна нулю
 относительно любой точки и равно-

действующая все всех сил, действующих на него
 равна нулю: $M(F) - M(mg) - M(Mg) + M_N = 0$, так как сила тяжести
 направлена относительно точки O (точка крепления стержня к
 шарниру) $M(F) - M(mg) - M(Mg) + M_N = 0$, так как сила тяжести
 приложена к центру $\Rightarrow L \cdot F - L \cdot \frac{1}{2} \cdot mg - b \cdot Mg + 0 = 0$

$$L \cdot F - \frac{L}{2} \cdot mg - b \cdot Mg = 0 \Leftrightarrow LF = \frac{L}{2} \cdot mg + b \cdot Mg$$

$$\text{тогда. } F = \frac{1}{2} mg + \frac{b \cdot Mg}{L} = \frac{10 \cdot 10}{2} + \frac{1,6 \cdot 75 \cdot 10}{4} =$$

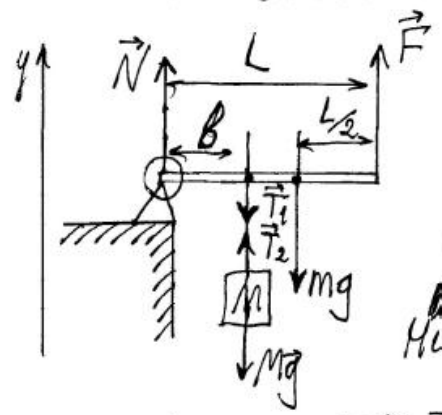
$$= 350 \text{ Н}$$

Ответ: 350 Н



№28
 Дано:
 $M = 75 \text{ кг}$
 $m = 10 \text{ кг}$
 $L = 4 \text{ м}$
 $b = 1,6 \text{ м}$
 $F = ?$

Решение:



По II з. Ньютона
 для груза:
 $Mg + T_2 = 0$
 $y: -Mg + T_2 = 0$
 $Mg = T_2$
~~Нить нерастяжима~~
 $\Rightarrow T_1 = T_2$

~~Условие равновесия рычага:
 Правило моментов относ. шарнира:
 $FL - bT_1 = 0$~~

Т.к. рычаг однородный, будем считать, что сила тяжести mg приложена к середине.
 Условие равновесия рычага (правило моментов):

$$FL - mg \cdot \frac{L}{2} - T_1 b = 0$$

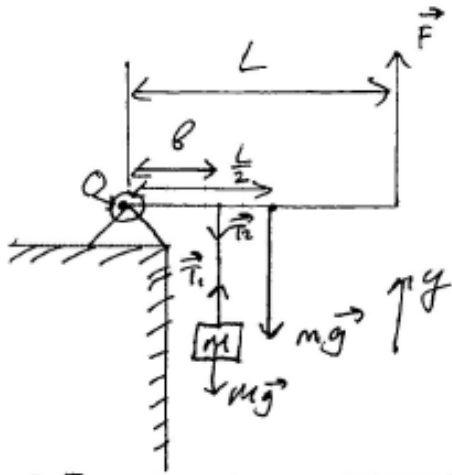
$$FL = \frac{mgL}{2} + T_1 b$$

$$F = \frac{mg}{2} + \frac{Mgb}{L}$$

$$F = \frac{10 \cdot 10}{2} + \frac{75 \cdot 10 \cdot 1,6}{4} = 350 \text{ Н}$$

Ответ: 350 Н.

√28
 дано:
 $M = 75 \text{ кг}$
 $m = 10 \text{ кг}$
 $L = 4 \text{ м}$
 $b = 1,8 \text{ м}$
 $F = ?$



1) Из-за Ньютона мятепа
 масои m:

$$\begin{aligned}
 M\vec{g} + \vec{T}_1 &= 0 \\
 (Oy): T_1 - Mg &= 0 \\
 T_1 &= Mg
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_1 &= T_2 = T \quad (\text{т.к. это одно тело}) \\
 T &= Mg
 \end{aligned}$$

2) Так как груз поднимается медленно: применим 1 закон Ньютона; применим условие моментов для оси, проходящей через точку O (ось шарнира):

$$FL - mg \cdot \frac{L}{2} - bT = 0$$

$$F \cdot L = mg \frac{L}{2} + b \cdot T$$

$$F = \frac{mg}{2} + \frac{b \cdot T}{L} = \frac{mg}{2} + \frac{b \cdot Mg}{L} = \text{(момент или } F \text{ должен)}$$

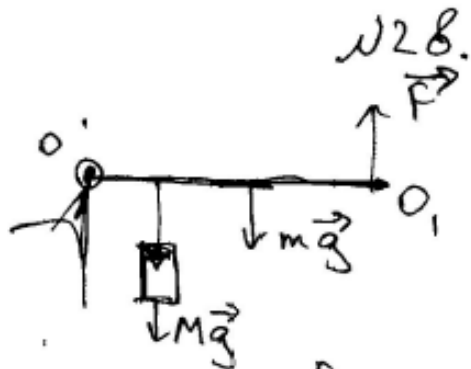
$$= 350 \text{ Н}$$

знак равенства так поднимать происходит медленно (момент или F должен) превзойти или быть равен моменту mg и

Ответ: 350 Н



Дано:
 $M = 75 \text{ кг}$
 $m = 10 \text{ кг}$
 $L = 4 \text{ м}$
 $b = 1,6 \text{ м}$
 и-ти F



расс з.к. ось z ось однород-
 ный, точка приложения
 силы $m\vec{g}$ - середина OO_1 ,

$$\vec{F} + m\vec{g} + M\vec{g} = 0$$

Рассмотрим плечи всех сил

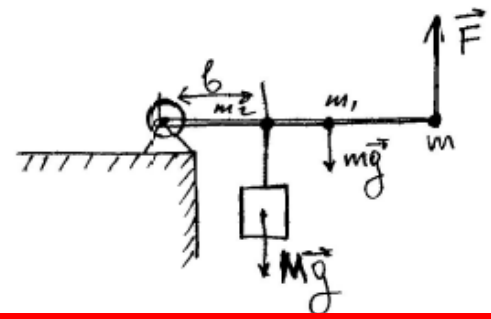
отнош. O : $F \cdot L = mg \cdot \frac{L}{2} + Mg \cdot b \Rightarrow$

$$\Rightarrow F = \frac{mg \cdot \frac{L}{2} + Mg \cdot b}{L} =$$

$$= \frac{100 \cdot 2 + 750 \cdot 1,6}{4} = 350 \text{ Н.}$$

Ответ: 350 Н.

№28. Дано:
 $M = 75 \text{ кг}$
 $m = 10 \text{ кг}$
 $l_1 = 4 \text{ м}$
 $b = 1,6 \text{ м}$
 $\vec{F} = ?$



Решение:

1. Данная конструкция представляет собой по сути рычаг. Так как стержень сам по себе тоже имеет массу, необходимо учесть массу каждого отдельного плеча:
 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{l_1 - b}{b} = \frac{2,4}{1,6} = \frac{3}{2} \Rightarrow m_1 = \frac{3}{2} m_2 \Rightarrow \frac{5}{2} m_2 = 40$
 $m_2 = 16 \text{ кг}$
 $\Rightarrow m_1 = 6 \text{ кг}$

2. Используем правило (закон) моментов:

$$M_1 = M_2 \Rightarrow F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

3. Пусть F_0 - сила, действующая для удержания только стержня без груза:
 $F_0 \cdot l_1 = m g \cdot l_1 \Rightarrow F_0 = \frac{m g}{2} = \frac{100 \text{ Н}}{2} = 50 \text{ Н}$

4. Теперь рассмотрим с грузом:
 $F_1 l_1 = F_2 l_2$
 $\frac{m g b}{l_1} = F_2 = \frac{75 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 1,6 \text{ м}}{4 \text{ м}} = 300 \text{ Н}$

5. Искомая сила с учётом m стержня:

$$F_{\text{иск}} = F_0 + F_2 = 300 \text{ Н} + 50 \text{ Н} = 350 \text{ Н}$$

Ответ: 350 Н.

1.1+
1.2

№ 28

Дано:

$$M = 75 \text{ кг}$$

$$F \quad m = 10 \text{ кг}$$

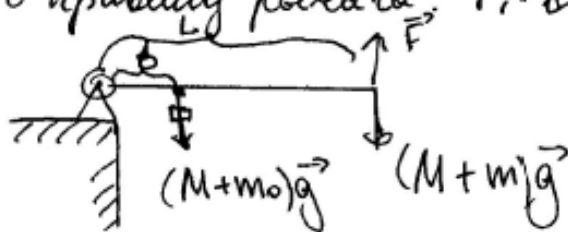
$$L = 4 \text{ м}$$

$$b = 1,6 \text{ м}$$

$$F = ?$$

Решение:

По правилу рычага: $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$



Пусть m_0 — это масса
кабели однородного
стержня длиной $1,6 \text{ м}$

Т.к стержень однородный,

$$m_0 \frac{L}{b} = \frac{m}{m_0} \Rightarrow m_0 = 4 \text{ кг}$$

$$\text{У-во: } (M+m_0)g \cdot b = ((M+m)g - F) \cdot L$$

$$(M+m)g - F = \frac{(M+m_0)g \cdot b}{L}$$

$$F = (M+m)g - \frac{(M+m_0)g \cdot b}{L} =$$

$$= 850 - 316 = 534 \text{ Н}$$

Ответ: 534 Н

Задача №28 Пример - 2



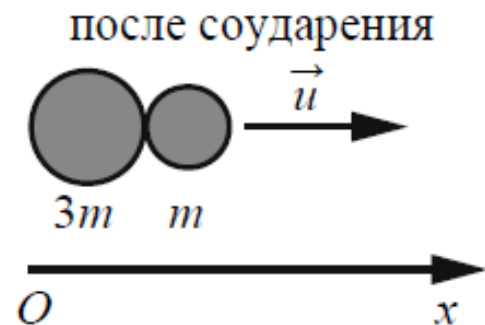
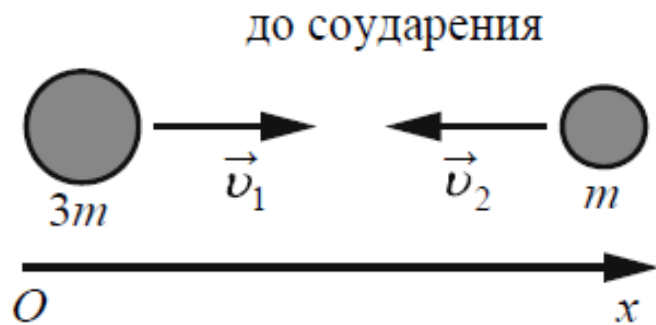
ФИПИ

Два пластилиновых шарика с массами $3m$ и m , летящие навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями, при столкновении слипаются. Каким был модуль скорости каждого из шариков перед столкновением, если сразу после столкновения скорость шариков стала равной $0,5$ м/с? Временем взаимодействия шариков пренебречь.



Возможное решение

1. Шарики испытывают абсолютно неупругое соударение. Для системы из двух шариков выполняется закон сохранения импульса (ЗСИ), так как при малом времени взаимодействия действием внешней силы (силы тяжести) можно пренебречь.
2. Взаимодействие шаров можно изобразить так, как показано на рисунке.



3. С учётом того, что $|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = v$, а совместная скорость после соударения равна u , запишем ЗСИ в проекциях на ось Ox :

$3mv - mv = 4mu$, откуда

$$v = 2u = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ м/с.}$$

Ответ: $v = 1 \text{ м/с}$

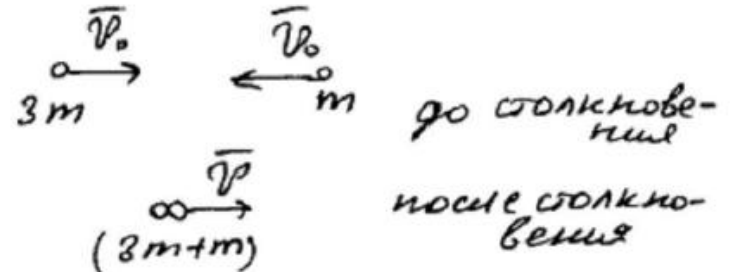


Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>абсолютно неупругий характер соударения, закон сохранения импульса</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2

28) Дано:
 $3m; m; v = 0,5 \text{ м/с}$
 модули скоростей
 шариков до столкновения
 равны (v_0)

 $v_0 = ?$

Решение:



$$(P = mV)$$

$$\sum \bar{P}_{до} = \sum \bar{P}_{после}$$

$$3m v_0 - m v_0 = (3m + m) v$$

$$v_0 (3m - m) = 4m v$$

$$v_0 = \frac{4m v}{2m} = 2v = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ м/с}$$

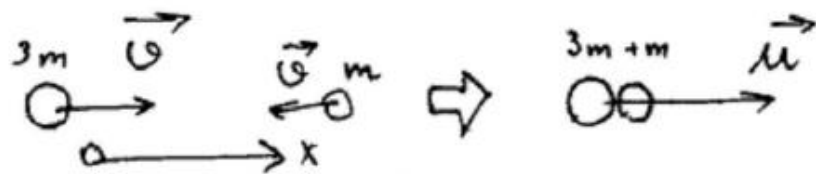
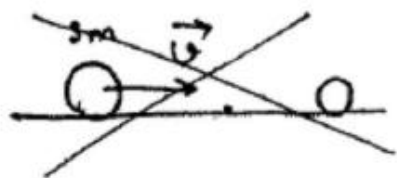
Ответ: 1 м/с



Идд Дано
 $3m$
 m
 $\mu = 0,5 \text{ м/с}$

 $v = ?$

Решение:



По закону сохранения импульса:

$$3m\vec{v} + m\vec{\mu} = (3m+m)\vec{u}$$

$$\text{ОХ: } 3mv - m\mu = 4mu \Rightarrow v = \frac{4m\mu}{2m}; v = \frac{4 \cdot 0,5}{2} = 1 \text{ м/с.}$$

Ответ: $v = 1 \text{ м/с.}$

(28) Дано
 m
 $3m$
 $u = 0,5 \text{ м/с}$

 $v = ?$

Запишем закон сохранения импульса!

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_3$$

p_1 - импульс шара массой m

p_2 - импульс шара массой $3m$

p_3 - импульс после взаимодействия

$$3mv - mv = (m + 3m)u$$

$$2mv = 4mu$$

$$v = 2u$$

Ответ: $v = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ м/с}$
 1 м/с

28. Дано:
 $m_1 = 3 \text{ кг}$
 $m_2 = 4 \text{ кг}$
 $v' = 0,5 \text{ м/с}$

$|\vec{v}_1|$; $|\vec{v}_2|$
 - ?

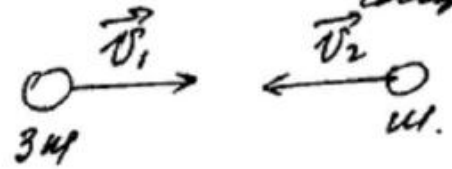
Ответ: 1 м/с

Решение:
 закон сохр. импульса при столкновении шариков
 лобов (это сумма масс двух шариков)
 $|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2|$

$$3m v_1 + 4m v_1 = 4m_{\text{обш}} v^2$$

$$2 \cdot 4 v_1 = 2 \cdot 4$$

$$v_1 = 1$$

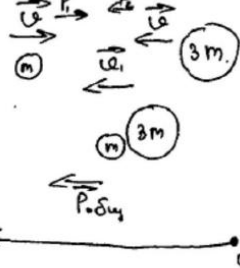


28.

Дано:

 $3m, m,$ $u = 0,5 \text{ м/с}$ $u_1 = ?$

Решение:



По закону сохранения импульса для системы,
"2 шарика":

$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_{общ}$, где p_1 - импульс шарика массой m .

p_2 - импульс шарика массой $3m$.

$p_{общ}$ - импульс системы шариков "м" и "3м" после соударения.

Дано: $-p_1 + p_2 = p_{общ}$

$$p_1 = m u$$

$$p_2 = 3m u$$

$$p_3 = (m + 3m) u_1$$

$$3m u - m u = 4m u_1$$

$$u_1 = \frac{2 m u}{4 m}$$

$$u_1 = \frac{u}{2}$$

$$u_1 = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ м/с}$$

Ответ: $u_1 = 0,25 \text{ м/с}$.

1.3

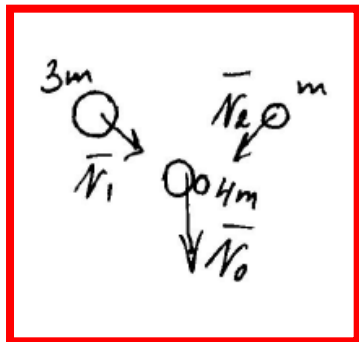
№ 28

Дано:

$3m$
 m

$v_0 = 0,5 \frac{m}{c}$

$v_1 = ?$
 $v_2 = ?$



Решение:

Используем закон сохранения импульса:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_0$$

или скалярно:
 $p = mv$

С учётом направления скоростей.

$$p_1 - p_2 = p_0$$

$$3mv_1 - mv_2 = 4mv_0$$

$$m(3v_1 - v_2) = m \cdot 4v_0$$

$$\begin{cases} 3v_1 - v_2 = 4v_0 \\ 3v_1 - v_2 = 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3v_1 - v_2 = 4v_0 \\ v_1 = \frac{2+v_2}{3} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 3 \cdot \frac{2+v_2}{3} - v_2 = 4v_0 \\ v_1 = \frac{2+v_2}{3} \end{cases}$$

Из данного уравнения можно сделать вывод, что $v_1 = v_2 = 1 \frac{m}{c}$, т.к.

$$\begin{cases} 3 \cdot 1 - 1 = 4 \cdot (0,5) \\ 1 = \frac{2+1}{3} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2 = 2 \\ 1 = 1 \end{cases} \text{ Ответ: } v_1 = v_2 = 1 \frac{m}{c}$$



28) Дано:

$$m_1 = 3m$$

$$m_2 = m$$

$$v_1 = v_2 = v_0$$

$$v_0' = v_2' = 0,5 \text{ м/с}$$

$$v_0 = ?$$

$$\Rightarrow 4m v_0^2 = 8m (v_0')^2 \Rightarrow v_0 = \sqrt{2} v_0' = \sqrt{2} \cdot 0,5 \approx 0,7 \text{ м/с}$$

Ответ: 0,7 м/с.

Решение: по ЗСЧ. $p_1 + p_2 = p_3$

$$\begin{aligned} 3m \cdot v_0 + m v_0 &= (3m + m) v_1' \Rightarrow (3m + m) v_0 = \\ &= (3m + m) v_1' \end{aligned}$$

масса удваивается $\Rightarrow E_{к0} = 2 E_{к0}'$

$$\Rightarrow \frac{3m \cdot v_0^2}{2} + \frac{m v_0^2}{2} = 2 \cdot \frac{(m + 3m) v_0'^2}{2}$$



$$\begin{array}{l} \text{№ 28. } m_1 = m, \\ m_2 = 3m, \\ v' = 0,5 \text{ м/с} \\ \hline v = ? \end{array}$$

Ответ: 0,5 м/с

Решение:

По закону сохранения импульса:

$$m_1 v + m_2 v = v' (m_1 + m_2);$$

$$m v + 3m v = v' (m + 3m);$$

$$4m v = 4m v';$$

$$v' = v; \quad v = 0,5 \text{ м/с}.$$



Задача №28 Пример – 3

В калориметре находятся в тепловом равновесии вода и лёд. После опускания в калориметр болта, имеющего массу 165 г и температуру $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 20% воды превратилось в лёд. Удельная теплоёмкость материала болта равна $500\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. Какая масса воды первоначально находилась в калориметре? Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

Возможное решение

Так как вода и лёд находятся в тепловом равновесии, то и до опускания болта, и после его нагревания температура в сосуде $t_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Согласно уравнению теплового баланса количество теплоты, выделившееся при замерзании воды, было затрачено на нагревание болта:

$0,2m \cdot r = cm_1(t_0 - t)$, где m – масса воды в сосуде, m_1 – масса болта, c – удельная теплоёмкость болта, r – удельная теплота плавления льда, t – начальная температура болта.

$$\text{Получим: } m = \frac{cm_1(t_0 - t)}{0,2r} = \frac{500 \cdot 0,165 \cdot 40}{0,2 \cdot 3,3 \cdot 10^5} = 0,05 \text{ кг.}$$

Ответ: $m = 0,05\text{ кг}$



Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>условие теплового равновесия воды и льда, формулы для расчёта количества теплоты при нагревании и кристаллизации, уравнение теплового баланса</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2

Примеры решения

ФИПИ

№ 28

Дано:
 $m = 165 \text{ г} = 0,165 \text{ кг}$
 $t_1 = -40^\circ\text{C}$
 $m_n = 0,2 \text{ м}_0$
 $c = 500 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$
 $m = ?$

t_1 - начальная температура льда
 m_n - масса превратившейся воды
 m - масса воды изначально
 c - удельная теплоемкость
 материала льда

Решение

П.к. вода и лед находятся в тепловом равновесии
 \Rightarrow температура в калориметре $t_0 = 0^\circ\text{C}$
 После теплового обмена еще осталась вода \Rightarrow
 температура в калориметре осталась равной t_0
 Запишем уравнение теплового баланса

$$Q_1 + Q_2 = 0 \text{ (1)}, \text{ где } Q_1 - \text{теплота кристаллизации воды}$$

$$Q_2 - \text{теплота нагревания льда}$$

$$Q_1 = -\gamma_n m_n, \text{ где } \gamma_n - \text{удельная теплота крист. воды}$$

$$Q_2 = c m (t_0 - t_1) \quad \text{Подставим } Q_1 \text{ и } Q_2 \text{ в (1)}$$

~~$$- \gamma_n m_n + c m (t_0 - t_1) = 0$$~~

$$- \gamma_n m_n + c m (t_0 - t_1) = 0 \Rightarrow \gamma_n m_n = c m (t_0 - t_1)$$

$$m_n = \frac{c m (t_0 - t_1)}{\gamma_n}$$

$$m_n = \frac{500 \cdot 0,165 (0 - (-40))}{3,3 \cdot 10^5}$$

Температуру подставим в $^\circ\text{C}$
 П.к. изменение темп. по К
 равно изменению по $^\circ\text{C}$

$$m_n = \frac{82,5 \cdot 40}{3,3 \cdot 10^5} = 0,01 \text{ кг} \Rightarrow m_0 = \frac{m_n}{0,2} = \frac{0,01}{0,2} = 0,05 \text{ кг}$$

Ответ: $m_0 = 0,05 \text{ кг}$



28) Дано:

$$m_0 = 165 \text{ г}$$

$$t_0 = -40^\circ \text{C}$$

$$c_0 = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$c_0 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$\lambda_0 = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$m_0 = ?$$

СИ

$$0,165 \text{ кг}$$

$$233 \text{ К}$$

Решение

$$Q = cm(\Delta T) \quad Q = \lambda m$$

$$Q = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,2 m_0$$

$$Q_0 = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 0,165 \cdot (40) = 3300 \text{ Дж}$$

~~$$Q = 4200 \cdot 0,8 m_0 (\Delta T)$$~~

~~$$4200 \cdot 0,8 m_0 (\Delta T) = 3300 (1 + 100 \cdot 0,2 m_0)$$~~

~~$$\Delta T = \frac{3300 (1 + 100 \cdot 0,2 m_0)}{4200 \cdot 0,8 m_0}$$~~

~~$$Q = 4200$$~~

Ответ: $m_0 = 50 \text{ г}$

$$3300 = 3,3 \cdot 10^5 \cdot 0,2 m_0$$

$$m_0 = \frac{3300}{330000 \cdot 0,2} = 0,05 \text{ кг}$$



28) Дано

$$m_0 = 0,165 \text{ кг}$$

$$t_0 = -40^\circ \text{C}$$

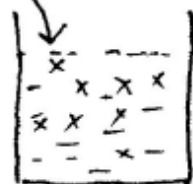
$$c = 500 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$$

 $m_{\text{в}} = ?$

сш

$$233 \text{ K}$$

Решение.

 t_0 

x - лёд

- вода.

$$Q = cm\Delta t$$

$$t_1 = 0^\circ \text{C} = 273 \text{ K.} - \text{вода со льдом.}$$

$$Q = \lambda m$$

$$cm(0 - t_0) = \lambda \cdot m_{\text{л}}$$

$$500 \cdot 0,165 \cdot 40 = 3,3 \cdot 10^5 \cdot m_{\text{л}}$$

$$1000 = 10^5 m_{\text{л}}$$

$$0,01 = m_{\text{л}}$$

$$Q = cm(0 - t_0)$$

$$Q = \lambda \cdot m_{\text{л}}$$

$$m_{\text{л}} = 0,01 - \text{это } 10\% \text{ воды}$$

$$m_{\text{в}} = 0,01 \cdot 5 = 0,05$$



28.

Дано:

$$m = 0,165 \text{ кг}$$

$$t = -40^\circ \text{C}$$

513

$$c_0 = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$$

m = ?

Решение:

$$Q = c_0 m \Delta t \quad Q = 500 \cdot 0,165 \cdot (-40) = -3300 \text{ (модуль Дж. воды)}$$

$$Q = c m \Delta t \quad Q = c \frac{m}{5} \Delta t$$

$$m = \frac{5Q}{c \Delta t}$$

$$m = \frac{5 \cdot (-3300)}{4200 \cdot (-40)} \approx 0,1 \text{ кг}$$

Ответ: 100 г.

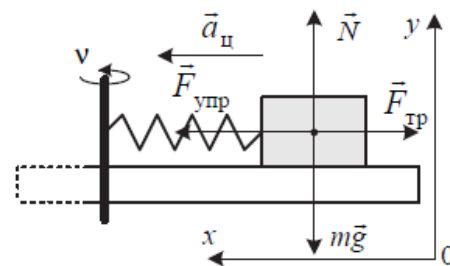
0



Имеется недеформированная пружина длиной $L = 20$ см и жёсткостью $k = 30$ Н/м, груз массой $m = 0,2$ кг, а также вращающийся с частотой $\nu = 1$ Гц массивный диск. На каком максимальном расстоянии от центра диска можно положить на него груз, прикрепив его пружиной к центру диска, чтобы груз оставался неподвижным относительно диска? Коэффициент трения между грузом и диском $\mu = 0,3$. Размерами груза пренебречь. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на груз.

Возможное решение

1. На груз действуют четыре силы: сила тяжести $m\vec{g}$, нормальная составляющая силы реакции опоры \vec{N} , сила упругости $\vec{F}_{\text{упр}}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$. По условию задачи груз должен находиться на максимальном расстоянии от центра диска; значит, пружина должна быть растянута, сила упругости направлена влево (см. рисунок), а сила трения – вправо. Поскольку пружина максимально растянута, а груз при этом находится в покое относительно диска, сила трения покоя принимает максимальное значение:



$$F_{\text{тр}} = \mu N. \quad (1)$$

2. Второй закон Ньютона в проекциях на оси инерциальной системы отсчёта xOy имеет вид:

$$Ox: ma_{\text{ц}} = F_{\text{упр}} - F_{\text{тр}}; \quad (2)$$

$$Oy: 0 = N - mg. \quad (3)$$

Сила упругости определяется законом Гука:

$$F_{\text{упр}} = k\Delta x. \quad (4)$$

Центростремительное ускорение груза выражается формулой

$$a_{\text{ц}} = \frac{V^2}{R_{\text{max}}} = 4\pi^2 v^2 R_{\text{max}}. \quad (5)$$

3. Из формул (1)–(5) получаем: $4\pi^2 v^2 R_{\text{max}} m = k\Delta x - \mu mg$, где $R_{\text{max}} = L + \Delta x$.

$$\text{Окончательно получим: } R_{\text{max}} = \frac{\mu mg + kL}{k - 4\pi^2 v^2 m} = \frac{0,3 \cdot 0,2 \cdot 10 + 30 \cdot 0,2}{30 - 4 \cdot 3,14^2 \cdot 1^2 \cdot 0,2} \approx 0,3 \text{ м}$$

Ответ: $R_{\text{max}} \approx 0,3 \text{ м}$



Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: второй закон Ньютона в проекциях, закон Гука, формулы для центростремительного ускорения и силы трения)</u>;</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием сил, действующих на груз;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3



Дано:

$$L = 0,2 \text{ м}$$

$$k = 30 \text{ Н/м}$$

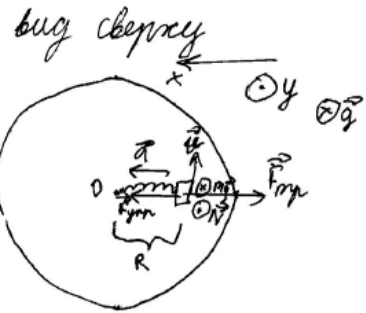
$$m = 0,2 \text{ кг}$$

$$v = 1 \text{ Гц}$$

$$\mu = 0,3$$

$$R = ?$$

№29
Решение:



т.к. $v = \text{const}$, то $a = a_{ц.с} = \omega^2 R$, где ω - угловая скорость до центра гиря до центра $R = l + \Delta x$ (мм)

2) По закону Гука $F_{упр} = k \Delta x$

1) По второму закону Ньютона. $\vec{F}_{упр} + \vec{mg} + \vec{N} + \vec{F}_{тр} = m\vec{a}$

спроецируем силы на

$$x: F_{упр} - F_{тр} = ma_x$$

$$y: N - mg = 0 \Rightarrow N = mg$$

R - расстояние от центра гиря до центра гири (Δx - удлинение пружины)

$$3) F_{тр} = \mu N = \mu mg \Rightarrow$$

$$F_{упр} - F_{тр} = ma \Rightarrow k \Delta x - \mu mg = m \omega^2 R, \text{ где } \omega = 2\pi v \Rightarrow$$
$$k \Delta x - \mu mg = m \omega^2 \Delta x + m \omega^2 L$$

$$\Delta x (k - m \omega^2) = m \omega^2 L + \mu mg$$
$$\Delta x = \frac{m \omega^2 L + \mu mg}{k - m \omega^2} = \frac{m 4\pi^2 v^2 L + \mu mg}{k - m 4\pi^2 v^2}$$

$$4) R = L + \frac{m 4\pi^2 v^2 L + \mu mg}{k - m 4\pi^2 v^2} = 0,2 \text{ м} + \frac{0,2 \text{ кг} \cdot 4 \cdot 3,14^2 \cdot (1 \text{ Гц})^2 \cdot 0,2 \text{ м} + 0,3 \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{30 \frac{\text{Н}}{\text{м}} -}$$

$$\frac{0,2 \cdot 39,4784 \cdot 0,2 + 0,6}{30 - 0,2 \cdot 39,4784} = 0,208 \text{ м} \approx 20,8 \text{ см}$$

$$\text{Ответ: } R = L + \frac{m \cdot 4\pi^2 v^2 L + \mu mg}{k - m \cdot 4\pi^2 v^2} = 20,8 \text{ см}$$

3

Примеры решения

N29

Дано:
 $L = 0,2 \text{ м}$
 $k = 30 \text{ Н/м}$
 $m = 0,2 \text{ кг}$
 $v = 1 \text{ Гц}$
 $\mu = 0,3$
 $l = ?$

Решение.



1) $v = \frac{1}{T}$ (1) $T = \frac{2\pi l}{v}$ (2), где v - скорость вращения диска.
 $v = \frac{v}{2\pi l}$
 Подставляем (1) в (2) $\Rightarrow v = \frac{v}{2\pi l}$
 Выразим $v = \frac{2\pi l}{v}$ (3).

2) Вторым закон Ньютона в проекции на оси.
 на ox : $F_{упр} - F_{тр} = ma_x$ (4); $F_{упр}$ - сила упругости, $F_{тр}$ - сила трения бруска о диск. a_x - центростремительное ускорение.
 на oy : $N = mg$ (5), где N - сила реакции опоры.
 3) $a_y = \frac{v^2}{l}$ (6) $F_{упр} = k\Delta x$, $\Delta x = l - L$ (7), где Δx - растяжение пружины.

$F_{тр} = \mu N$ (8).

Подставляем (6); (7); (8) в (4).

$k(l-L) - \mu N = m \frac{v^2}{l}$ (9)

Подставляем (5); (3) в (9).

$k(l-L) - \mu mg = m \frac{4\pi^2 l^2}{v^2}$

$k(l-L) - \mu mg = \frac{4m\pi^2 l^2}{v^2}$

$kl - kL - \mu mg - \frac{4m\pi^2 l^2}{v^2} = 0$

$l(k - \frac{4m\pi^2}{v^2}) = kL + \mu mg$

$l = \frac{kL + \mu mg}{k - \frac{4m\pi^2}{v^2}} = \frac{30 \cdot 0,2 + 0,3 \cdot 0,2 \cdot 10}{30 - \frac{4 \cdot 0,2 \cdot 3,14^2}{1^2}} \approx 0,3 \text{ м}$

Ответ: 0,3 м.

20.

Дано:

$$L = 0,2 \text{ м}$$

$$k = 30 \text{ Н/м}$$

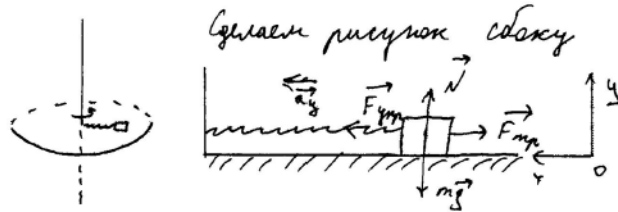
$$m = 0,2 \text{ кг}$$

$$v = 1 \text{ Гц}$$

$$\mu = 0,3$$

$$L + x = ?$$

Решение

Запишем II з. Ньютона $m \vec{a}_y = \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{спр}} + \vec{F}_{\text{тр}}$

$$Oy: 0 = N - mg$$

$$Ox: ma_y = F_{\text{спр}} - F_{\text{тр}} \quad (4)$$

$$N = mg$$

По закону Гука $F_{\text{спр}} = kx$, По закону Кулона-Ампера $F_{\text{тр}} = \mu N$ (скалярные)

$$a_{y,c} = \omega^2 R = (2\pi v)^2 R = (2\pi v)^2 (L+x) \quad (3)$$

Подставим 1), 2) и 3) в (4)

$$m 4\pi^2 v^2 (L+x) = kx + \mu mg$$

$$4m\pi^2 v^2 L + 4m\pi^2 v^2 x - kx = \mu mg$$

$$x \cdot (4m\pi^2 v^2 - k) = m \cdot (\mu g - 4\pi^2 v^2 L)$$

$$x = \frac{m(\mu g - 4\pi^2 v^2 L)}{4m\pi^2 v^2 - k}$$

$$x = \frac{0,2 \cdot (0,3 \cdot 10 - 4 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 0,2)}{4 \cdot 10 \cdot 0,2 - 30} \approx 0,05 \text{ м}$$

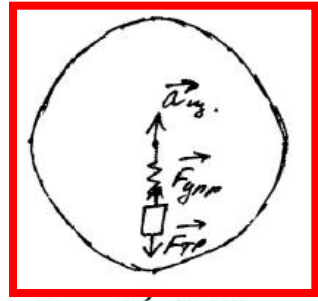
$$L + x = 0,2 + 0,05 = 0,25 \text{ м}$$

Ответ: 25 см

2.1

29. Дано: CM
 $k = 30 \frac{H}{cm}$
 $L = 20 \text{ cm}$
 $m = 0,2 \text{ kg}$
 $\nu = 1 \text{ Гц}$
 $\mu = 0,3$

Решение.



Для того чтобы
 угол был постоянен
 относительно оси
 качения, то $\omega_g = \omega_{сп}$

$R_{max} - ?$

$\omega_g = \nu \cdot 2\pi$
 По II, N:

$$m \vec{a}_{cm} = \vec{F}_{\text{сп}} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

$$\vec{a}_{цс} = \omega^2 R; \text{ где } R = L + \Delta x$$

$$\vec{F}_{\text{сп}} = k \Delta x, \text{ где } \Delta x \text{ — растяжение пружины.}$$

$$\vec{F}_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}} = -\mu N$$

$$N = mg; F_{\text{тр}} = -\mu mg.$$

$$m \nu^2 \cdot 4\pi^2 (L + \Delta x) = k \Delta x - \mu mg$$

$$\Delta x = \frac{\mu mg + m \cdot 4\pi^2 L}{k - m \cdot 4\pi^2} = \frac{0,6 + 0,2 \cdot 0,4 \cdot 9,65 \cdot 0,2}{30 - 4 \cdot 0,2 \cdot 9,85} =$$

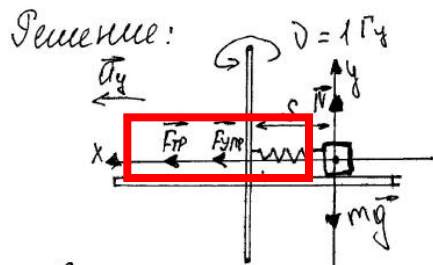
$$= \frac{2,176}{30 - 7,88} \approx 0,098 \text{ м}$$

$$R_{\text{max}} = L + \Delta x = 0,2 + 0,098 = 0,298 \text{ м}$$

Ответ: 0,298 м

2.1+
2.3

$n = 2 \text{ ч}$
 Дано:
 $L = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
 $k = 30 \text{ Н/м}$
 $m = 2 \text{ кг}$
 $\nu = 1 \text{ Гц}$
 $\mu = 0,3$



1. Систему отсчета, связанную с землей будем считать инерциальной.

2. Сошлемся второму закону Ньютона:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{F}_{упр} + \vec{F}_{тр} + m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$$

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси OX и OY:

$$OX: F_{тр} + F_{упр} = ma \quad ; \quad a = a_y = \frac{v^2}{s} \quad (r = s)$$

$$OY: N - mg = 0$$

$$F_{тр} = \mu N; \quad F_{упр} = kL; \quad ma = \mu 4\pi^2 S^2 \nu^2$$

$$v = 2\pi r \nu$$

из OY следует, что $N = mg$, тогда $F_{тр} = \mu mg$.

3. Подставим все значения в уравнение OX и выразим S-искомое расстояние:

$$\mu mg + kL = 4m\pi^2 S^2 \nu^2$$

$$S^2 = \frac{\mu mg + (kL \cdot \frac{1}{m})}{4\pi^2 \nu^2}$$

$$S = \sqrt{\frac{\mu g + \frac{kL}{m}}{4\pi^2 \nu^2}} = \sqrt{\frac{0,3 \cdot 10 + \frac{30 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{2}}{4 \cdot (3,14)^2 \cdot 1}} = \sqrt{\frac{3,3}{39,4384}} = 0,289 \text{ м}$$

1.3

$$S \approx 0,3 \text{ м}$$

Ответ: $S \approx 0,3 \text{ м}$

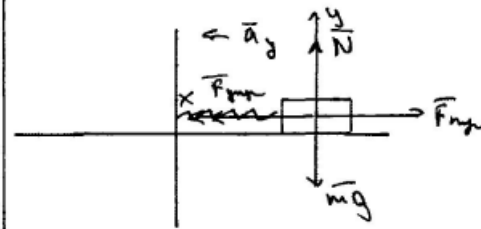
~2g

Дано:

$$L = 0,2 \text{ м} \quad m = 0,2 \text{ кг}$$

$$k = 304 \text{ Н/м} \quad \mu = 0,3$$

$$v = 1 \text{ Гц} \quad R = ?$$



1) Запишем II з-н. Ньютона:

Ox:

$$F_{\text{spr}} - F_{\text{tr}} = ma_y$$

Oy: $N = mg$

$$F_{\text{spr}} - F_{\text{tr}} = ma_y$$

$$F_{\text{spr}} = kL$$

$$F_{\text{tr}} = \mu N$$

$$N = mg$$

$$\Rightarrow kL - \mu mg = ma_y$$

$$a_y = \frac{v^2}{R}$$

$$v = 2\pi R v$$

$$\Rightarrow kL - \mu mg = \frac{m \cdot 4\pi^2 R^2 \cdot v^2}{R}$$

$$3) kL - \mu mg = m \cdot 4\pi^2 \cdot R v^2$$

$$R = \frac{kL - \mu mg}{m \cdot 4\pi^2 \cdot v^2} = \frac{30 \cdot 0,2 - 0,3 \cdot 10 \cdot 0,2}{0,2 \cdot 40 \cdot 1} = \frac{6 - 0,6}{8} = 0,675 \text{ м}$$

Ответ: 0,675 м

R - расстояние, на котором
расположен груз от центра
гибка

29. Дано:

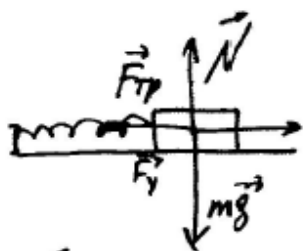
$$L = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

$$k = 30 \text{ Н/м}$$

$$m = 0,2 \text{ кг}$$

$$\nu = 1 \text{ Гц}$$

l - ?
нах расстояние



$$m a = \frac{v^2}{R} = m \frac{v^2}{R}$$

Решение

По III закону Ньютона

$$\mu = 0,3$$

$$N = mg$$

$$v = \frac{l}{T}$$

$$F_y + F_{\text{тр}} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$\frac{2\pi R \nu}{R} = m \frac{2\pi}{T}$$

Проекция по оси Ox N и $m\vec{g}$ равны 0 т.к. $N \perp Ox$,

$m\vec{g} \perp Ox$.

$$F_{yx} + F_{\text{тр}x} = m \frac{2\pi}{T}$$

$$F_y + F_{\text{тр}} = m \frac{2\pi}{T} = kx + \mu N \Rightarrow x = \frac{m \frac{2\pi}{T} - \mu N}{k} =$$

$$= \frac{0,2 \cdot 6,28 - 0,3 \cdot 0,2 \cdot 10}{30} = \frac{1,256 - 0,6}{30} = \frac{0,656}{30} \approx 0,022 \text{ (м)}$$

$$l = L + x = 0,2 \text{ м} + 0,022 \text{ м} = 0,222 \text{ м.}$$

Ответ: $l = 0,222 \text{ м.}$

Решение 160/



В комнате при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ относительная влажность воздуха составляет 40%. В состоянии покоя через лёгкие человека проходит 5 л воздуха за 1 мин. Выдыхаемый воздух имеет температуру $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительную влажность 100%. Давление насыщенного водяного пара при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ равно 2,34 кПа, а при $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 5,32 кПа. Какое количество воды теряет тело человека за 1 ч за счёт дыхания? Считать, что выдыхаемый воздух имеет такой же объём, какой проходит через лёгкие человека. Влажность воздуха в комнате не изменяется.

1. Водяной пар в воздухе до момента конденсации является разреженным газом и описывается уравнением Менделеева – Клапейрона: $pV = \frac{m}{M}RT$, где

p – парциальное давление пара, m – масса пара в рассматриваемом объёме V , T – абсолютная температура, $M = 18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль – молярная массы воды. При комнатной температуре T_1 и парциальном давлении p_1 в выделенном объёме V содержится $m_1 = M \frac{p_1 V}{RT_1}$ водяного пара, а в выдыхаемом воздухе

при температуре T_2 и парциальном давлении p_2 содержится $m_2 = M \frac{p_2 V}{RT_2}$.

2. Количество испарённой воды в этом объёме

$$m = m_2 - m_1 = M \frac{p_2 V}{RT_2} - M \frac{p_1 V}{RT_1} = \frac{MV}{R} \left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right).$$

При $t = 20^\circ\text{C}$ ($T_1 = 273 + 20 = 293$ К) и относительной влажности 40% парциальное давление водяного пара $p_1 = 0,4 p_{\text{н}1} = 0,4 \cdot 2,34 \cdot 10^3$ Па = 936 Па, а при $t_2 = 34^\circ\text{C}$ ($T_2 = 273 + 34 = 307$ К) и относительной влажности 100% парциальное давление водяного пара $p_2 = p_{\text{н}2} = 5320$ Па.

Здесь $p_{\text{н}1} = 2,34 \cdot 10^3$ Па – давление насыщенного водяного пара при $t_1 = 20^\circ\text{C}$, а $p_{\text{н}2} = 5320$ Па – давление насыщенного водяного пара при $t_2 = 34^\circ\text{C}$.

3. Через лёгкие за 1 мин. проходит 5 л воздуха, а за 1 ч – 300 л, т.е. $V = 0,3$ м³. Подставляя значения физических величин, получим количество потерянной за час воды:

$$m = \frac{MV}{R} \left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right) = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3}{8,31} \cdot \left(\frac{5320}{307} - \frac{936}{293} \right) \approx 9,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 9,2 \text{ г}.$$

Ответ: $m \approx 9,2$ г





Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение Менделеева – Клапейрона, формулы относительной влажности воздуха для двух случаев</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3

Примеры решения

$\omega = 20$
 $T_0 = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$
 $\varphi_0 = 40\% = 0,4$
 $V_n' = 5 \frac{\text{л}}{\text{мин}} = 0,005 \frac{\text{м}^3}{\text{мин}}$
 $T_1 = 30^\circ\text{C} = 307\text{K}$
 $\varphi_2 = 100\% = 1$
 $p_0 = 2340\text{Па}$
 $p_1 = 5320\text{Па}$
 $t = t_2 = 60\text{мин}$

$m_b = ?$
 $M_b = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
 (в 30 секундах)

071

По закону Менделеева-Клапейрона

$$pV = \frac{m}{\mu} RT ; m = \frac{pV\mu}{RT}$$

Для влажного воздуха $p = \varphi \cdot p_n$

$$m_{\text{вых}} = \frac{\varphi_0 \cdot p_0 \cdot \mu}{R \cdot T_0} \cdot V$$

$$m_{\text{вх}} = \frac{\varphi_1 \cdot p_1 \cdot \mu}{R \cdot T_1} \cdot V$$

$$m_b = m_{\text{вх}} - m_{\text{вых}} = \frac{\mu \cdot V}{R} \cdot \left(\frac{\varphi_1 p_1}{T_1} - \frac{\varphi_0 p_0}{T_0} \right)$$

$$V = V_n' \cdot t \quad m_b = \frac{\mu V_n' t}{R} \left(\frac{\varphi_1 p_1}{T_1} - \frac{\varphi_0 p_0}{T_0} \right)$$

$$m_b = \frac{0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 0,005 \frac{\text{м}^3}{\text{мин}} \cdot 60\text{мин}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}} \cdot \left(\frac{1 \cdot 5320\text{Па}}{307\text{К}} - \frac{0,4 \cdot 2340\text{Па}}{293\text{К}} \right)$$

$$m_b = 9,185 \cdot 10^{-3} \text{кг} = 9,185 \text{ г}$$

Ответ: 9,185 г



№ 30. Дано: С. и

$t_{\text{влага}} = 20^\circ\text{C}$

$\phi_{\text{влага}} = 40\%$

$V_{\text{га 1 мин}} = 5 \text{ л}$

$t_{\text{влаг}} = 34^\circ\text{C}$

$\phi_{\text{влаг}} = 100\%$

$p_{\text{расч. вл}} = 2,34 \text{ кПа}$

$p_{\text{расч. вл}} = 5,32 \text{ кПа}$

$t = 1 \text{ ч}$

$m_b = ?$

Решение.

Найдем все $V_{\text{влага}}$, который пройдет через трубку
миллиметр за 1 час

$V = V_{\text{га 1 мин}} \cdot t_{\text{в мин}}$, $V = 0,005 \text{ м}^3 \cdot 60 \text{ мин} = 0,3 \text{ м}^3$

Условно найдем m_b , чтобы узнать массу воды в
~~этом~~ V до и после сушки, и вычесть из
из суше сушка.

$\frac{p_{\text{влаг}}}{p_{\text{расч. вл}}}$, откуда $p_{\text{влаг}} = \phi_{\text{влага}} \cdot p_{\text{расч. вл}}$

$p_{\text{влаг}} = 0,4 \cdot 2,34 \text{ кПа} = 936 \text{ Па}$

$p_{\text{влаг}} = p_{\text{расч. вл}} = 5320 \text{ Па}$

1: до $p_{\text{влаг}} \cdot V = \nu_{\text{влаг}} R T_{\text{влаг}}$, $\nu = \frac{m_{\text{влаг}}}{M_{\text{влаг}}}$, $T_{\text{влаг}} = t_{\text{влаг}} + 273$

Выразим $m_{\text{влаг}}$: $m_{\text{влаг}} = \frac{p_{\text{влаг}} \cdot V \cdot M_{\text{влаг}}}{R T_{\text{влаг}}}$, $m_{\text{влаг}} = \frac{936 \cdot 0,3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 293}$

$\approx 2,076 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$

2: после $p_{\text{влаг}} \cdot V = \nu_{\text{влаг}} R T_{\text{влаг}}$, $m_{\text{влаг}} = \frac{p_{\text{влаг}} \cdot V \cdot M_{\text{влаг}}}{R T_{\text{влаг}}}$

$m_{\text{влаг}} = \frac{5320 \cdot 0,3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 307} \approx 11,2607 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$

$m_{\text{влаг}} - m_{\text{влаг}} = m_b$, ~~то~~ $m_b = 11,2607 \cdot 10^{-3} - 2,076 \cdot 10^{-3} \approx 9,185 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$

Ответ: $m_b = 9,185 \text{ г}$.



ν_{30} раз	СИ
$t_1 = 20^\circ\text{C}$	293 K
$\varphi_1 = 40\%$	0,4
$V = 5 \text{ л}$	$5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
$\tau = 1 \text{ мин}$	60 с
$t_2 = 34^\circ\text{C}$	307 K
$\varphi_2 = 100\%$	1
$P_{H_2} = 2,34 \text{ кПа}$	2340 Па
$P_{H_2O} = 5,32 \text{ кПа}$	5320 Па
$T_0 = 1 \text{ час}$	3600 с
$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$	
$M = 18 \cdot 10^{-3}$	
$\Delta V = ?$	

Решение
 согласно уравнению Менделеева-Клапейрона
 $PV = \nu RT$, где ν - кол-во вещества
 P - давление водяных паров; V - объём
 R - универсальная газовая постоянная
 T - абсолютная температура
 $\varphi_2 P_{H_2O} V = \nu_2 RT_2$ - уравнение для во-
 дяных паров, которые выдыхает человек
 $\varphi_1 P_{H_2O} V = \nu_1 RT_1$ - уравнение для вода-
 ных паров, которые вдыхает человек

$$\begin{cases} \nu_2 = \frac{\varphi_2 P_{H_2O} V}{RT_2} \\ \nu_1 = \frac{\varphi_1 P_{H_2O} V}{RT_1} \end{cases}, \text{ за } 1 \text{ час человек} \\ \text{вдохнет}$$

$$n = \frac{T_0}{\tau} \text{ раз}$$

\Rightarrow кол-во воды, которое человек ^м теряет за час за счёт дыхания = $\Delta V = (\nu_2 - \nu_1) \cdot n$

$$\Rightarrow \Delta V = \left(\frac{\varphi_2 P_{H_2O} V}{RT_2} - \frac{\varphi_1 P_{H_2O} V}{RT_1} \right) \frac{T_0}{\tau} = \frac{VT_0}{R\tau} \left(\frac{\varphi_2 P_{H_2O}}{T_2} - \frac{\varphi_1 P_{H_2O}}{T_1} \right)$$

$$= \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 \text{ с}}{8,31 \cdot 60 \text{ с}} \left(\frac{1 \cdot 5320 \text{ Па}}{307 \text{ К}} - \frac{0,4 \cdot 2340 \text{ Па}}{293 \text{ К}} \right) = 0,51 \text{ моль}$$

Ответ: $\Delta V = \frac{VT_0}{R\tau} \left(\frac{\varphi_2 P_{H_2O}}{T_2} - \frac{\varphi_1 P_{H_2O}}{T_1} \right) = 0,51 \text{ моль}$

№30 → $n_{\text{возд}} = \frac{0,3 \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}} \left(\frac{5,32 \cdot 10^3 \text{ Па}}{307 \text{ К}} - \frac{0,4 \cdot 2,34 \cdot 10^3}{293 \text{ К}} \right)$

№30
 Дано:
 $T_1 = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ К}$
 $\varphi_1 = 40\% = 0,4$
 $k = 5 \text{ ч/мин}$
 $T_2 = 34^\circ\text{C} = 307 \text{ К}$
 $\varphi_2 = 100\% = 1$
 $p_{\text{нп}1} = 2,34 \text{ кПа}$
 $p_{\text{нп}2} = 5,32 \text{ кПа}$
 $t = 1 \text{ ч} = 60 \text{ мин}$



1) $m_{\text{возд}} = m_{\text{возд}1} + m_{\text{возд}2}$
 $\Rightarrow m_{\text{возд}1} = m_{\text{возд}} - m_{\text{возд}2}$
 $m_{\text{возд}1} = m_1, m_{\text{возд}} = m_2$
 $m_{\text{возд}} = m_2 - m_1$

≈ 0,5 моль
мберн: 0,5 моль

2) $\varphi = \frac{p_1}{p_{\text{нп}1}}$
 для выдыхания $\varphi_2 = 0,4 = \frac{p_2}{p_{\text{нп}2}} \Rightarrow p_2 = 0,4 p_{\text{нп}2}$
 для выдыхания $\varphi_2 = 1 \Rightarrow p_2 = p_{\text{нп}2}$

3) По уравнению Менг. - Клапейрона

$pV = \frac{m}{\mu} RT$
 $\Rightarrow p_1 V = \frac{m_1}{\mu} RT_1$
 $p_2 V = \frac{m_2}{\mu} RT_2$
 $\Rightarrow 0,4 p_{\text{нп}2} V = \frac{m_2}{\mu} RT_1$
 $p_{\text{нп}2} V = \frac{m_2}{\mu} RT_2 \Rightarrow m_1 = 0,4 \frac{p_{\text{нп}2} V \mu}{RT_1}$
 $m_2 = \frac{p_{\text{нп}2} V \mu}{RT_2}$

4) Объем всего вдыхаемого и выдыхаемого воздуха
 $V = k \cdot t = 5 \text{ ч/мин} \cdot 60 \text{ мин} = 300 \text{ ч} = 0,3 \text{ м}^3$

$n_{\text{возд}} = ?$

5) $m_{\text{возд}} = \frac{V \mu}{R} \left(\frac{p_{\text{нп}2}}{T_2} - \frac{0,4 p_{\text{нп}2}}{T_1} \right)$
 $n_{\text{возд}} = \frac{m_{\text{возд}}}{\mu} \Rightarrow n_{\text{возд}} = \frac{V}{R} \left(\frac{p_{\text{нп}2}}{T_2} - \frac{0,4 p_{\text{нп}2}}{T_1} \right) \rightarrow \text{см. ответ}$



30) Дано

$$T_1 = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$$

$$T_2 = 100^\circ\text{C} = 373\text{K}$$

$$\varphi_1 = 40\%$$

$$\varphi_2 = 100\%$$

$$p_{\text{н1}} = 2340\text{Па}$$

$$p_{\text{н2}} = 5320\text{Па}$$

$$V' = 0,005\text{ м}^3$$

$$t' = 60\text{с}$$

$$t = 3600\text{с}$$

 $\Delta m = ?$

$$\text{за } 1\tau: V = \frac{V' \cdot t'}{t}$$
$$V = \frac{0,005\text{ м}^3 \cdot 60\text{с}}{3600\text{с}} = 0,3\text{ м}^3$$

3) Уравнение Менделеева-Клапейрона при вдохе:

$$p_1 V = \frac{m_1}{M} R T_1$$
 где M - молярная масса воды.

$$\text{Отсюда } m_1 = \frac{p_1 V M}{R T_1} \quad (1)$$

Уравнение Менделеева-Клапейрона при выдох:

$$p_2 V = \frac{m_2}{M} R T_2$$

$$\text{Отсюда } m_2 = \frac{p_2 V M}{R T_2} \quad (2)$$

Вычитая

~~Сложив~~ (2) из (1), получаем

$$m_2 - m_1 = \Delta m = \frac{p_2 V M}{R T_2} - \frac{p_1 V M}{R T_1} \quad \Delta m = \frac{V M}{R} \left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right)$$

$$\Delta m = \frac{0,3\text{ м}^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}}$$

$$\left(\frac{5320\text{Па}}{373\text{К}} - \frac{936\text{Па}}{293\text{К}} \right) = 0,01\text{ кг} = 10\text{г}$$

Ответ: 10г

Решение

1) Влажность воздуха - $\varphi = \frac{p}{p_{\text{н}}} \cdot 100\%$ Влажность воздуха при T_1 : $\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{\text{н1}}} \cdot 100\%$, где p_1 - парциальное давление при T_1 : $p_1 = \frac{\varphi_1 p_{\text{н1}}}{100\%}$

$$p_1 = \frac{40\% \cdot 2340\text{Па}}{100\%} = 936\text{Па}$$

Влажность воздуха при T_2 : $\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{\text{н2}}} \cdot 100\%$, где p_2 - парциальное давление при T_2 : $p_2 = \frac{\varphi_2 p_{\text{н2}}}{100\%}$

$$p_2 = \frac{100\% \cdot 5320\text{Па}}{100\%} = 5320\text{Па}$$

2) Количество вдыхаемого воздуха в единицу времени - постоянна величина. Поэтому $\frac{V'}{t'} = \frac{V}{t}$,где V - объем воздуха, выдыхаемого человеком

2.4

$$30) \quad m = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 34^\circ\text{C}$$

$$\varphi_1 = 40\%$$

$$\varphi_2 = 100\%$$

$$V = S \cdot l = 0,005 \text{ м}^3$$

$$P_{\text{нп1}} = 2,34 \text{ кПа}$$

$$P_{\text{нп2}} = 5,32 \text{ кПа}$$

$$Z = 14 = 60 \text{ мм}$$

$$\Delta m \cdot Z = ?$$

$$T_1 = t_1 + 273 = 293 \text{ K}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$T_2 = t_2 + 273 = 307 \text{ K}$$

$$\Delta P V = \frac{\Delta m R \Delta T}{M}$$

$$\Delta m = \frac{\Delta P V \cdot M}{R \Delta T}$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$\eta = \frac{P}{P_{\text{нп}}} \cdot 100$$

$$\eta_1 = \frac{P_1}{P_{\text{нп1}}} \cdot 100\%$$

$$P_1 = \frac{\eta_1 \cdot P_{\text{нп1}}}{100\%} = \frac{40\% \cdot 2,34 \text{ кПа}}{100\%} = 936 \text{ Па}$$

$$P_2 = \frac{\eta_2 \cdot P_{\text{нп2}}}{100\%} = \frac{100\% \cdot 5,32 \text{ кПа}}{100\%} = 5320 \text{ Па}$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 5320 \text{ Па} - 936 \text{ Па} = 4384 \text{ Па}$$

$$\Delta m = \frac{\Delta P V \cdot M}{R \cdot \Delta T} = \frac{4384 \cdot 0,005 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 14} = \frac{4384 \cdot 5 \cdot 18 \cdot 10^{-6}}{8,31 \cdot 14} =$$

$$\approx 3391 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \approx 0,0034 \text{ г}$$

$$\Delta m \cdot Z = 0,0034 \cdot 60 \approx 0,204 \text{ г}$$

Ответ: за 1 час человек потеряет $\approx 0,204 \text{ г}$ воды.

1.3

30. Дано:

$$V = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$t_0 = 60 \text{ с}$$

$$T = 307 \text{ К}$$

$$T_0 = 293 \text{ К}$$

$$\varphi_0 = 0,4$$

$$\varphi = 1$$

$$p_{\text{к.н}} = 2,34 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$p_{\text{ч.н}} = 5,32 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$t = 3600 \text{ с}$$

$$m = ?$$

m_0 - масса воды, которая испаряется за 1 мин, тогда.

$$m = \frac{3600 \text{ м.в.}}{\text{с}} \cdot \frac{t \text{ м.в.}}{t_0} = \frac{t (p - p_0) V \cdot M}{t_0 \cdot RT} = \frac{3600 (5320 - 936) \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 8,31 \cdot 307} = 9,28 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 9,28 \text{ мг}$$

Ответ: 9,28 мг.

Решение:

$$\varphi_0 = \frac{p_0}{p_{\text{к.н}}} \Rightarrow p_0 = \varphi_0 p_{\text{к.н}} = 0,4 \cdot 2,34 \cdot 10^3 = 936 \text{ Па}$$

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{ч.н}}} = 1 \Rightarrow p = p_{\text{ч.н}} = 5,32 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

p_0 - давление в комнате, выходящего воздуха,
 p - давление выходящего в воздух.

$$\Delta p = p - p_0$$

$$\Delta p V = \frac{m_0 R T}{M}; \quad (p - p_0) V = \frac{m_0 R T}{M} \Rightarrow m_0 = \frac{(p - p_0) V \cdot M}{R T}$$



30.

Дано:

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$\varphi_1 = 40\%$$

$$V_1 = 5\text{ л}$$

$$\gamma_1 = 1\text{ мм}$$

$$t_2 = 34^\circ\text{C}$$

$$\varphi_2 = 100\%$$

$$P_H = 2,34\text{ кПа}$$

$$P_{H_2} = 5,32\text{ кПа}$$

$$\gamma_2 = 12$$

Найти:

$$V_2 = ?$$

См

$$5 \cdot 10^{-3}\text{ м}^3$$

$$2,34 \cdot 10^3\text{ Па}$$

$$5,32 \cdot 10^3\text{ Па}$$

$$3600\text{ с}$$

Решение:

$$\varphi_1 = \frac{P_1}{P_H} \cdot 100\%$$

$$P_1 = \frac{P_H \varphi}{100\%} = 0,4 P_H \text{ - парциальная давление в воздухе}$$

$$P_2 = P_H \text{ - в легких}$$

Воспользуемся уравнением Менделеева
Клапейрона. $pV = \nu R T$

$$pV = \nu R T$$

$$V = \frac{m}{M}, \quad m = pV$$

$$pV = \frac{pV}{M} R T \quad || : V$$

$$p = \frac{m R T}{M V}$$

$$m = \frac{p M}{R T}, \quad m_1 =$$

Круговой виток провода радиусом $r = 10$ см, расположенный в однородном магнитном поле перпендикулярно его вектору индукции \vec{B} , растянули вдоль диаметра так, что он превратился в прямой проводник. При этом через виток прошёл заряд $q = 5$ мКл. Отношение сопротивления проводника к его длине $\rho_l = 0,1$ Ом/м. Определите величину индукции магнитного поля.



Возможное решение

1. При растяжении кругового витка в магнитном поле в соответствии с законом электромагнитной индукции в витке возникает индукционный ток

величиной $I = \frac{|\mathcal{E}_{\text{инд}}|}{R} = \frac{|\Delta\Phi|}{R\Delta t}$, где $\Delta\Phi$ – изменение магнитного потока через площадь витка, R – сопротивление витка.

2. Заряд, протекший через поперечное сечение витка за время растяжения

витка, $q = I\Delta t = \frac{|\Delta\Phi|}{R}$.

3. Учитывая, что $|\Delta\Phi| = B\pi r^2$, а сопротивление витка $R = \rho_l 2\pi r$, получим:

$q = \frac{B\pi r^2}{\rho_l 2\pi r} = \frac{Br}{2\rho_l}$. Отсюда искомая величина индукции магнитного поля

$$B = \frac{2q\rho_l}{r} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1}{0,1} = 10^{-2} \text{ Тл.}$$

Ответ: $B = 10^{-2} \text{ Тл}$



Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p data-bbox="208 142 1537 185">Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p data-bbox="208 193 1638 515">I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи <u>выбранным</u> способом (в данном случае: <i>закон электромагнитной индукции Фарадея; закон Ома для полной цепи; выражение для магнитного потока; связь заряда, протекающего через поперечное сечение проводника, с силой тока</i>);</p> <p data-bbox="208 527 1638 787">II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p data-bbox="208 799 1638 955">III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p data-bbox="208 968 1638 1052">IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3

(231) Дано: $r = 10 \text{ см}$
 $\Delta \varphi = 5 \text{ мкКл}$
 $\frac{Q}{L} = 0,1 \frac{\text{мк}}{\text{м}}$

По закону Гаусса имеем

Примеры решения

$|\epsilon_i| = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{B \Delta S(t)}{\Delta t}$; $\Delta S = S_{\text{сеч}} = 2\pi r^2(3)$
 $L = 2\pi r(4)$

По определению силы тока $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ (а)
 По закону Ома $|\epsilon_i| = I \cdot R$; (б)
 $R = \frac{L}{\epsilon}$

(1) и (2) и (3): $B \cdot 2\pi r^2 = I \cdot \frac{L}{\epsilon} \Rightarrow$ соединим (а)

$$\frac{2\pi r^2 B}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \frac{L}{\epsilon} \Rightarrow B = \frac{Q}{\epsilon} \cdot \frac{L \cdot \Delta Q}{2\pi r^2} \quad (5)$$

$$\Rightarrow B = \frac{Q}{\epsilon} \cdot \frac{2\pi r}{\pi r^2} \cdot \Delta Q = 2 \frac{Q}{\epsilon} \cdot \frac{\Delta Q}{r}$$

$$\left[B = 2 \frac{Q}{\epsilon} \cdot \frac{\Delta Q}{r} \right] = 2 \cdot 0,1 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-2}} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{10^{-1}} = 10^{-2} (\text{мТл}) = 10 (\mu\text{Тл})$$

Ответ: $B = 10 (\mu\text{Тл})$.

ω31

Дано
 $z = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$
 $I = 5 \text{ А}$
 $\rho_l = 0,1 \text{ Ом/м}$
 $|B| = ?$

$\Phi_1 = |B| S$
 $S = \pi z^2$
 $l = 2\pi z$
 $\Phi_2 = 0$
 $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$
 $\mathcal{E}_1 = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$
 $I = \frac{q}{\Delta t}$
 $I = \frac{\mathcal{E}_1}{R}$
 $R = \rho_l \cdot l$

$\mathcal{E}_1 = \frac{|B| S}{\Delta t}$
 $I = \frac{q}{\Delta t}$
 $I = \frac{\mathcal{E}_1}{\rho_l l}$
 $l = 2\pi z$
 $S = \pi z^2$

$I = \frac{q}{\Delta t}$
 $I = \frac{|B| \pi z^2}{\Delta t \cdot \rho_l \cdot 2\pi z}$

$\frac{q}{\Delta t} = \frac{z|B|}{\Delta t \cdot \rho_l \cdot 2}$

$|B| = \frac{2q \rho_l}{z} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1}{0,1} = 10^{-2}$

Ответ: $0,01 \text{ Тл}$

I - ток протекающий через провод
 Φ_1 - магнитный поток через виток до разрыва
 Φ_2 - магнитный поток через виток после разрыва
 $\Delta\Phi$ - разность магн. пот.
 l - длина витка
 S - площадь сечения витка
 \mathcal{E}_1 - ЭДС индукции
 Δt - время за которое протек заряд q

№31

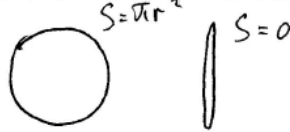
Дано:

$$R = 0,1 \text{ м}$$

$$q = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$$

$$\rho = 0,1 \text{ Ом/м}$$

В = ?



$$\Delta S = \pi r^2$$

1) ЭДС возникающая в проводке считается по формуле $\mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$; где $\Delta \Phi$ - магнитный поток, который равен $B \cdot \Delta S$

$$\mathcal{E} = \frac{B \cdot \Delta S}{\Delta t}, \text{ где } \Delta S = \pi R^2$$

2) Ток, возникающий в катушке равен заряду, протекшему через него, делить на время

$$I = \frac{q}{\Delta t}$$

3) С другой стороны \mathcal{E} равен $I \cdot R$, где $R = \rho \cdot l$, где $l = 2\pi R$ (длина катушки)

4) Подставим 1, 2 и 3

$$\frac{B \Delta S}{\Delta t} = \frac{q}{\Delta t} \cdot \rho \cdot 2\pi R$$

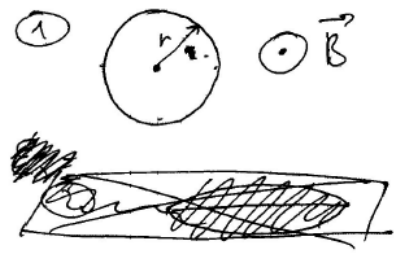
$$B \cdot \pi R^2 = q \cdot \rho \cdot 2\pi R$$

$$B = \frac{2q \cdot \rho}{R} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1}{0,1} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл} = 10^{-2} \text{ Тл}$$

$$\text{Ответ: } 5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл} = 0,01 \text{ Тл}$$

$N \approx 31$

Дано:
 $r = 10 \text{ см} = 10 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
 $q = 5 \text{ мкКл} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$
 $\rho_1 = 0,1 \text{ Ом/м}$
 $B = ?$



2

прямой проводник.

1. при рассмотрении кругового витка провода
 перпендикулярно измен. потока, а значит величине
 $E_i = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta (B \cdot S \cos \alpha)}{\Delta t} =$
 $= \frac{B \cdot \Delta S \cos \alpha}{\Delta t} =$

$$= \frac{B \pi r^2}{\Delta t}$$

Так же $E_i = I R$
 где $R = 2\pi r \cdot \rho_1$

Получаем:

$$\frac{B \pi r^2}{\Delta t} = 2\pi r \cdot \rho_1 \cdot I$$

$$\frac{B r}{\Delta t} = 2 \rho_1 I \quad | \cdot \Delta t$$

Также $I = \frac{q}{\Delta t} \Rightarrow q = I \cdot \Delta t$

$$B r = 2 \rho_1 q$$

$$B = \frac{2 \rho_1 q}{r} \Rightarrow B = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-2}} = 0,01 \text{ Тл}$$

Ответ: $0,01 \text{ Тл}$

№31.

$$r = 0,1 \text{ м}$$

$$q = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$$

$$\rho_1 = \frac{R}{l} = 0,1 \text{ (Ом/м)}$$

$B = ?$

Так как виток ~~сделан~~ — это растянута, превратив его в прямой проводник, но его площадь измерилась от конца-к концу со стороны донца.

При этом магнитный поток, ~~создаваемый~~ виток уменьшится, но Φ -е $\downarrow \Phi = B \downarrow S \cos \alpha$, поэтому по закону Фарадея возникла ЭДС индукции

$$\mathcal{E}_i = - \Phi'(t) = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{B \Delta S}{\Delta t} \cdot \cos \alpha = \frac{B \Delta S}{\Delta t} \quad (\text{м.д.д.} \cdot \sin \alpha)$$

из-за возникновения ЭДС индукции по витку пойдет ток по 3-му Ома для данной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$

$R = \frac{\rho l}{S} \Rightarrow \frac{R}{l} = \frac{\rho}{S} = \rho_1$, тогда $R = \rho_1 l$, где l — это длина окружности $\Rightarrow l = 2\pi r$. Объединим все формулы

вместе, получим:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{B \Delta S}{\Delta t \rho_1 2\pi r} \quad ; \quad \text{но определено } I = \frac{q}{\Delta t}, \text{ тогда}$$

$$\frac{q}{\Delta t} = \frac{B \Delta S}{\Delta t \rho_1 2\pi r} \Rightarrow B = \frac{q \rho_1 2\pi r}{S}, \text{ где } S \text{ — площадь окружности} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S = \pi r^2, \text{ тогда.}$$

$$\text{тогда } B = \frac{q \cdot \rho_1 \cdot 2\pi \cdot r}{\pi r^2} = 2 \frac{q \cdot \rho_1}{r} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1}{0,1} = 10 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Кл} \cdot \text{Ом}}{\text{м}^2}$$

$$= 0,01 \frac{\text{Кл} \cdot \text{Ом}}{\text{м}^2}$$

Ответ: $0,01 \frac{\text{Кл} \cdot \text{Ом}}{\text{м}^2}$

2.2



n 31

Дано:

$$r = 0,1 \text{ м}$$

$$q = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$$

$$\rho_1 = 0,1 \frac{\text{Ам}}{\text{м}}$$

 $B = ?$

Решение:

$$(1) R = \frac{\rho l}{S}$$

, так круговой виток растягивают
вдоль диаметра, то $l = 2\pi r$ (2)

$$S = \pi r^2 \quad (3)$$

подставим (2) и (3) в (1):

$$R = \frac{\rho \cdot 2\pi r}{\pi r^2} = \frac{2\rho}{r} = \frac{2 \cdot 0,1}{0,1} = 2 \text{ Ом}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \quad I = \frac{q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{q}{I}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta \varphi I}{q}, \text{ так } \varphi = \mu S$$

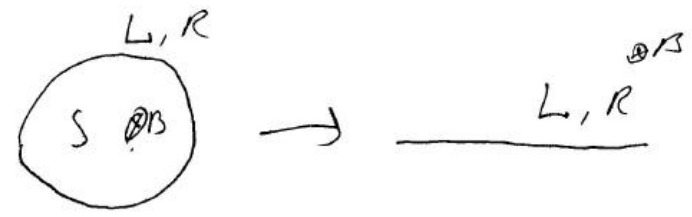
$$\varepsilon = \frac{\mu S I}{q} \Rightarrow B = \frac{\varepsilon q}{S I}, \text{ где } \frac{\varepsilon}{I} = R$$

по закону Ома

$$\Rightarrow B = \frac{R q}{S}$$

1.3

$N \gg 1$
 зато:
 $F = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$
 $q = 5 \text{ мкКл} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$
 $\rho = 0,10 \frac{\text{м}}{\text{м}}$
 Найти:
 $B = ?$



S - площадь проводника
 в магнитном поле считаем
 ~~$S = \pi r^2$~~ $S = \pi R^2$, его длина

$L = 2\pi R$ \Rightarrow его сопротивление $R =$
 $= L \cdot \rho = \rho \cdot 2\pi R$, тогда м.т. по-
 лоза проводника износостойка
 (длина с стала 0), но $BS = q \cdot R \Rightarrow$

$$\Rightarrow B = \frac{qR}{S} = \frac{q \rho 2\pi R}{\pi R^2} = \frac{2q\rho}{R} = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot 2}{0,1} = 0,01 \frac{\text{Кл} \cdot \text{Ом}}{\text{м}^2}$$

Ответ: $B = 0,01 \frac{\text{Кл} \cdot \text{Ом}}{\text{м}^2}$

№ 31

Дано:

$$r = 10 \text{ см}$$

$$q = 5 \text{ мкКл}$$

$$\frac{v}{e} = 0,1 \text{ Ом/см}$$

$$B = ?$$

Решение:

т.к. через виток прои́и́и́ заряд, то вокруг про-
водника возникает магнитное поле с электромаг-
нитной индукцией \vec{B} .

т.к. электроны брeзжаются, то $qBv = m\sigma \Rightarrow B = \frac{m\sigma}{qv}$
Найдём кол-во электронов, чтобы найти массу.

$$N = \frac{q}{q_e}, \text{ где } q_e - \text{ заряд электрона следовательно } N = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,125 \cdot 10^{16}$$

Найдём массу: $m = N \cdot m_e$, где m_e - масса одного электрона.

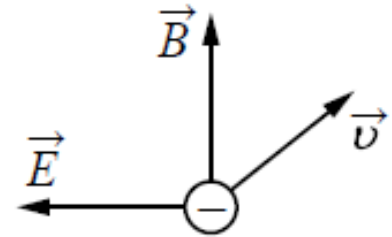
$$\text{следовательно } m = 3,125 \cdot 10^{16} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 28,4 \cdot 10^{-15} \text{ кг}$$

$$B = \frac{m\sigma}{qv} = \frac{28,4 \cdot 10^{-15} \cdot \sigma}{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1} = 56,8 \cdot 10^{-12} \sigma$$

0



Монохроматический свет частотой $6,2 \cdot 10^{14}$ Гц падает на поверхность фотокатода с работой выхода 2,39 эВ. Электроны, вылетевшие с поверхности фотокатода горизонтально в северном направлении, попадают в электрическое и магнитное поля. Электрическое поле направлено горизонтально на запад, а магнитное – вертикально вверх (см. рисунок). Индукция магнитного поля равна 10^{-3} Тл. При каких значениях напряжённости электрического поля самые быстрые электроны в момент попадания в область полей отклонялись бы на восток?



Возможное решение

Для того чтобы электроны отклонялись на восток, должно быть

$$|F_э| > |F_л|. \quad (1)$$

Модуль силы, действующей на электрон со стороны электрического поля,

$$|F_э| = |e| \cdot E. \quad (2)$$

Модуль силы Лоренца

$$|F_л| = |e|vB. \quad (3)$$

Скорость самых быстрых электронов определяем по уравнению Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A + \frac{mv_{\max}^2}{2}, \quad (4)$$

где $v_{\max} = v$.

Из (1)–(4), получаем:

$$E > B \sqrt{\frac{2(h\nu - A)}{m}} = 10^{-3} \sqrt{\frac{2(6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6,2 \cdot 10^{14} - 2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 243 \text{ В/м.}$$

Ответ: $E > E_0 \approx 243 \text{ В/м}$



Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p data-bbox="175 208 1663 260">Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p data-bbox="175 260 1663 543">I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формулы для силы, действующей на электрон со стороны электрического и магнитного полей; уравнение Эйнштейна для фотоэффекта</i>);</p> <p data-bbox="175 543 1663 825">II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p data-bbox="175 825 1663 976">III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p data-bbox="175 976 1663 1084">IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3

Примеры решения

Ответ: мощность уменьшится в 2,56 раза.

32. Дано.

$$v = 6,2 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$A_{\text{вых}} = 2,39 \text{ Вт}$$

$$B = 10^{-3} \text{ Тл}$$

$E = ?$

Решение.

1) Направим вдоль силы действия электрического поля на электрон ось x .

По правилу правой руки (поскольку частица заряжена отрицательно) сила Лоренца будет направлена против оси x .

2) Самые быстрые электроны будут отклоняться на восток, если ~~действующая~~ равнодействующая сил, приложенных к электрону, будет придавать частице ускорение с отрицательной проекцией на ось x : $F_{эл} - F_{\text{Лор}} \geq 0 \Rightarrow E |q| \geq B v \Leftrightarrow E \geq B v$. (1)

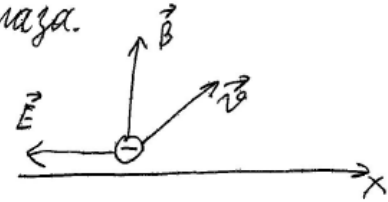
3) Скорость самых быстрых электронов можно найти через уравнение Эйнштейна для фотэффекта:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_0 v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2(h\nu - A_{\text{вых}})}{m_e}} \quad (2)$$

4) Подставляя (2) в (1), получаем: $E \geq B \sqrt{\frac{2(h\nu - A_{\text{вых}})}{m_e}}$

$$E \geq 10^3 \sqrt{\frac{2(6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6,2 \cdot 10^{14} - 2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 0,243 \cdot 10^3 \text{ В/м}$$

Ответ: $E \geq 243 \text{ В/м}$





№32 1) Электронки будут отклоняться на восток при условии, что $F_{эл} > F_{л}$, где $F_{эл}$ - сила со стороны эл. поля, а $F_{л}$ - сила Лоренца.

№32 (продолжение) 2) Сила Лоренца по определению:
 $F_{л} = Bqv \sin \alpha$, где α - угол между векторами магнитной индукции и скоростью \vec{v} . $\vec{B} \perp \vec{v} \Rightarrow \sin \alpha = 1 \Rightarrow F_{л} = Bqv$
 Сила со стор. эл. поле: $F_{эл} = Eq$
 отсюда получаем, что $Eq > Bqv \rightarrow E > Bv$ (1)

3) По уравнению Шрёдингера: $E_{ф} = A\psi_{хх} + E_{к}$, где $E_{к} = \frac{mv^2}{2}$,

$$E_{ф} = h\nu \Rightarrow h\nu = A\psi_{хх} + \frac{mv^2}{2} \rightarrow \frac{mv^2}{2} = h\nu - A\psi_{хх} \rightarrow$$

$$\rightarrow v = \sqrt{\frac{2(h\nu - A\psi_{хх})}{m}} \quad (2)$$

4) Подставим (2) в (1): $E > B \sqrt{\frac{2(h\nu - A\psi_{хх})}{m}} \rightarrow$

$$\rightarrow E > 10^{-3} \sqrt{\frac{2 \cdot (6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6,2 \cdot 10^{14} - 2,38 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})}{9,1 \cdot 10^{-31}}}$$

$$E > 242,4 \frac{В}{М}$$

Ответ: при $E > 242,4 \frac{В}{М}$.

Заметим!

Это уравнение Эйнштейна для фотоэффекта
на.

$$h\nu = A_{\text{вых}} + E_{\text{кин max}}$$

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m v_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\frac{m v_{\text{max}}^2}{2} = h\nu - A_{\text{вых}}$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2(h\nu - A_{\text{вых}})}{m}}$$

Чтобы электрон отклонился нулю

чтобы выполнялось $F_k > F_a$.

$$F_a = qBv; \quad F_k = E \cdot q$$

$$qBv < E \cdot q \quad | : q \quad \text{т.к. } q \text{ отрицательный}$$

$$Bv > E$$

$$E < B \cdot \sqrt{\frac{2(h\nu - A_{\text{вых}})}{m}}$$

$$E < 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{2(6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6,2 \cdot 10^{14} - 2,39)}{9,1 \cdot 10^{-31}}}$$

$$E < 3,3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$3,1 \cdot 10^{-34}$$

Полем! $E < 3,3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{В}}{\text{м}}$

2.3



32. Дано

$$V = 6,2 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$A\phi = 2,39 \text{ эВ}$$

$$B = 10^{-3} \text{ Тл}$$

$$E = ?$$

Решение ~~для~~ (сфер. шест)

Решение

$$hV = A\phi + \frac{mv^2}{2}$$



$$\frac{mv^2}{2} = hV - A\phi ; v = \sqrt{\frac{2(hV - A\phi)}{m}}$$

Условие для того, чтобы электрон отклонился на восток, число Лоренца сила электрического поля была равна силе Лоренца

$$F_{эл} = F_L ; E = \frac{F_{эл}}{q} ; F_{эл} = E \cdot q ; F_L = Bvq \cdot \sin 90 = Bvq \cdot \sin 90 = Bvq$$

$$Eq = Bvq$$

$$E = Bv = 10^{-3} \sqrt{\frac{2(hV - A\phi)}{m}} = 10^{-3} \sqrt{\frac{2(6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6,2 \cdot 10^{14} - 2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})}{9,1 \cdot 10^{-31}}}$$

$$10^{-3} \sqrt{\frac{2(40,92 \cdot 10^{-20} - 38,24 \cdot 10^{-20})}{9,1 \cdot 10^{-31}}}$$

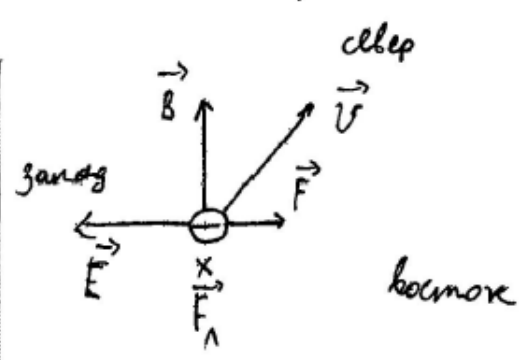
$$10^{-3} \sqrt{\frac{5,36 \cdot 10^{-20}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx$$

$$10^{-3} \cdot \frac{2,42}{9,1} \cdot 10^{10} = 242 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Ответ: $242 \frac{\text{В}}{\text{м}}$



$N 32$
 $J = 6,2 \cdot 10^{14} \text{ ГГц}$
 $A_{\text{вых}} = 2,39 \text{ В м}$
 $\nu = 10^{-3} \text{ ПГц}$
 $E = ?$



по правилу правой руки для отриц. заряженных частиц F_A направлено от нас

1) $F = Eq$ будет единственной отклоняющей на восток силой

При этом F_A никак не отклоняет электрон в направлении запад-восток
 \Rightarrow при любой $E > 0$ электрон будет отклоняться на восток

2) Проверим происходит ли фотоэффект:

$$E = A_{\text{вых}} + \frac{m v^2}{2}$$

$$\frac{m v^2}{2} = h \nu - A_{\text{вых}}$$

$$\frac{m v^2}{2} = 6,6 \cdot 10^{-34} = 6,2 \cdot 10^{14} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} - 2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 0,268 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \Rightarrow \text{фотоэффект происходит}$$

Ответ: да при $E > 0$.

1.2

32. Дано:
 $\nu = 6,2 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$
 $A_{\text{вых}} = 2,39 \text{ эВ}$

Решение:

$$\frac{B = 10^{-3} \text{ Тл}}{E = ?}$$

1) По ур-ю Эйнштейна для фотоэффекта:

$$E_{\text{к}} = A_{\text{вых}} + \frac{m v^2}{2}, \text{ где } E_{\text{к}} \text{ по формуле Планка}$$

$$E = h\nu$$

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 h\nu - 2 A_{\text{вых}}}{m}}$$

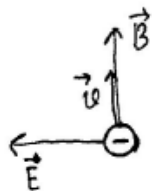
$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6,2 \cdot 10^{14} - 2 \cdot 2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}}$$

$$= \sqrt{\frac{81,84 \cdot 10^{-20} - 76,48 \cdot 10^{-20}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = \sqrt{\frac{5,36 \cdot 10^{-20}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = \sqrt{0,6 \cdot 10^{11}}$$

$$= 2,5 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Электрон влетает в область полей в сев напр

$$\vec{F}_A = q v \vec{B} = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-3} \cdot 2,5 \cdot 10^6 =$$



32.

По 3-му Эйнштейна $E_{\text{эф}} = A\beta + E_K \Rightarrow h\nu = A\beta + \frac{m v^2}{2} = A\beta + qU$

$$h\nu - A\beta = qU \frac{m v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{(h\nu - A\beta) \cdot 2}{m}}$$

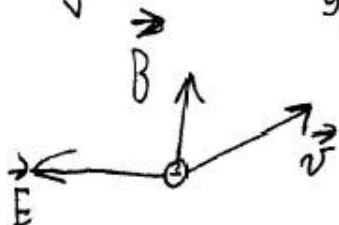
$$6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6,2 \cdot 10^{14} - 2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ U}$$

(перевод эВ в Дж)

$$2,568 \cdot 10^{-34} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ U}$$

$$U = 1,675 \cdot 10^{-15} \Rightarrow E = \frac{q}{v} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19}}{1,675 \cdot 10^{-15}} = 0,95 \cdot 10^{-4}$$

$$v = \sqrt{\frac{(6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6,2 \cdot 10^{14} - 2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot 2}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 0,76 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



по правилу параллелограмма

$$\vec{B} = \vec{v} + \vec{E}$$

$$10^{-3} \text{ Тл} = 0,76 \cdot 10^8 + E$$

$$E = 10^{-3} - 0,76 \cdot 10^8 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$



$$32. E_{\text{ф}} = h\nu + E_k.$$

Дано:

$$h\nu = 2,396 \text{ В}$$

$$\nu = 10^{-3} \text{ (Гц)}$$

$$\nu = 6,2 \cdot 10^{14} \text{ (Гц)}$$

Найти: U - ?

Решение:

$$E_{\text{ф}} = h\nu + E_k$$

$$h\nu = h\nu + eU$$

$$6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6,2 \cdot 10^{14} = 2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + 1,6 \cdot 10^{-19} U$$

$$40,92 \cdot 10^{-20} = 3,824 \cdot 10^{-19} + 1,6 \cdot 10^{-19} U$$

$$0,256 \cdot 10^{-20} = 1,6 \cdot 10^{-19} U$$

$$0,16 \cdot 10^{-1} = U$$

$$U = 0,016$$

Ответ: $U = 0,016 \text{ (В)}$



ФИПИ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!