



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«МИРЭА – Российский технологический университет»
РТУ МИРЭА

Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова

Методические рекомендации для учителей по прохождению теоретического этапа
Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный
мегаполис. Потенциал»
В номинации «Академический класс»
По направлению «Физико-химическое»
На основе разбора демонстрационного варианта

Гуревич Ксения Борисовна, к.х.н., доцент
Максимов Александр Дмитриевич, к.х.н., доцент

Москва, 2022

В предлагаемом методическом пособии разобрано решение демонстрационного варианта конкурсных заданий теоретического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «Академический класс» по физико-химическому направлению (далее – Конкурс), даны рекомендации по знаниям, необходимые для успешного участия в конкурсе. Методические рекомендации включают два раздела: по предметам «химия» и «физика».

Настоящее методическое пособие рекомендовано, в первую очередь, учителям химии и физики академических классов для базовой подготовки учащихся к участию в Конкурсе. Пособие будет полезно также и самим учащимся для повторения и закрепления пройденного материала.

Раздел 1. Содержание конкурсных заданий.

Демонстрационный вариант конкурсных заданий теоретического этапа Конкурса в 2022 году состоит из 12 заданий разного уровня сложности (табл. 1).

Таблица 1. Обобщённый план конкурсных материалов для проведения теоретического этапа Конкурса

№ задания	Уровень сложности	Уникальные кодификаторы Конкурса	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл
1.	Базовый	Химия 1.1 1.2 1.3-1.4	Анализировать текст, содержащий информацию о строении органических соединений (класса углеводов и кислородсодержащих веществ), зависимости их свойств от структуры молекул.	3
2.	Базовый	Физика 3.1.5 3.1.7	Решать задачи по теме «Газовые законы. Уравнение Клапейрона – Менделеева. Закон Дальтона».	3
3.	Базовый	Химия 1.3.6	Решать задачи определения концентрации ионов растворе	3
4.	Базовый	Химия 1.3.7 3.8.1	Решать задачи на расчет выхода продукта реакции	3
5.	Повышенный	Физика 2.1.5 2.4.3	Решать задачи на закон сохранения импульса и равноускоренного прямолинейного движения	4
6.	Базовый	Физика 7.3.2	Решать задачи на α -распад изотопов	4
7.	Повышенный	Физика 3.2.2 3.2.3 Химия 1.3.1 1.3.2 3.3.6	Решать задачи по термохимическим уравнениям, на теплоту реакции	7

8.	Повышенный	Химия 1.3.3 3.3.2	Решать задачи на химическое равновесие и применение принципа Ле Шателье.	7
9.	Повышенный	Химия 1.3.2	Решать задачи на расчет скорости реакции, уметь применять правило Вант-Гоффа.	6
10	Повышенный	Химия 1.3.6	Решать задачи на определение водородного показателя (рН)	6
11	Повышенный	Физика 5.4.10	Решать задачи по волновой оптике, включающие дифракционную решетку	7
12	Повышенный	Физика 4.1.4	Решать задачи по теме «Электрическое поле»	7
Сумма баллов:				60

Раздел 2. Методические рекомендации по решению задач по предмету «Химия»

Задание 1.

Уровень сложности - Базовый. 3 балла.

Контролируемые требования к проверяемым умениям

Умение анализировать текст, содержащий информацию о строении органических соединений (класса углеводородов и кислородсодержащих веществ), зависимости их свойств от структуры молекул.

Текст задания.

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) отличается от обычного тем, что в его молекуле сотни тысяч звеньев, а молекулярная масса составляет несколько миллионов. Благодаря этому сверхвысокомолекулярный полиэтилен обладает совсем другими свойствами, нежели обычный, и оказывается хорошим конструкционным материалом, способным заменить сталь, бронзу, а также гораздо более дорогостоящие полимеры — полиамид или фторопласт.

Благодаря сочетанию химической стойкости, высокой прочности, стойкости к истиранию и способности выдерживать температуру от $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$ он нашел применение во многих отраслях промышленности. В машиностроении из СВМПЭ изготавливают разнообразные тяжело нагруженные втулки и зубчатые колеса, в химической промышленности — детали насосов, кранов, клапанов, уплотнений, облицовки реакторов. Пластины из СВМПЭ пригодятся горнообогатительной промышленности: ими можно облицовывать кузова самосвалов и вагонов, транспортные желоба загрузочных бункеров. Среди возможных изделий из этого

полимера: броня боевых машин, эндопротезы, покрытия для лыж и сноубордов, искусственный лед для летних катков... Еще более привлекательными свойствами обладают композиты на основе СВМПЭ.

Отечественную технологию изготовления нанокompозитов из СВМПЭ предложили ученые из Красноярского Института химии и химической технологии СО РАН. Ее характерные черты — применение механической активации полимерных гранул и введение в состав полимера специально синтезированных наночастиц металлов или керамики. При этом Красноярские ученые создали несколько способов получения наночастиц. Частицы металлов, а также оксида и нитрида титана размером 5–10 нм они синтезировали в электрической дуге низкого вакуума. Частицы оксида вольфрама диаметром 10—100 нм — в высокочастотной плазме. Из золы, которая попадает в трубы тепловых электростанций, им удалось выделить стеклянные микросферы и разделить их на фракции. Все эти наполнители затем применили для получения разных марок нанокompозитов из СВМПЭ.

Когда были получены гранулы полиэтилена с добавками наночастиц, из них спрессовали десять партий пластин, которые затем испытали в различных изделиях. Результаты оказались весьма неплохими. Например, замена пластин из фторопласта на пластины модифицированного СВМПЭ увеличила ресурс работы насосов, перекачивающих шлам на химическом производстве, в десять раз. В целом износостойкость СВМПЭ с наночастицами выросла в 100–150 раз, модуль упругости, то есть степень жесткости материала, увеличился более чем в три раза, а стойкость к радиационному воздействию — в 1,6—1,8 раза. Если будет налажено производство нанокompозитов из СВМПЭ, то они смогут заменить металлоконструкции во многих областях техники, за счет чего получится немалый экономический эффект.

Установите соответствие между понятием и его свойством/характеристикой: для каждой позиции из первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца

Понятие

А) СВМПЭ

Б) Нанокompозиты на основе СВМПЭ

В) Износостойкость СВМПЭ с наночастицами

Свойство/характеристика

1) К наночастицам относятся частицы, размер которых составляет 1 — 100 нм

2) В его молекуле ок. тысячи звеньев, а молекулярная масса составляет десятки тысяч

3) Обладает химической стойкостью, высокой прочностью, стойкостью к истиранию и способностью выдерживать температуру от –200 °С до +65 °С

4) Материалы на основе СВМПЭ и нанодобавок различных веществ (металлов, оксидов металлов, керамики и т.д.)

5) Выше в 100-150 раз, чем аналогичная характеристика исходного СВМПЭ

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

А	Б	В

Ответ: 3, 4, 5

Решение.

Проанализировать информацию и данные в тексте, ответить на вопросы о свойствах веществ.

Задание 3.

Уровень сложности - Базовый. 3 балла.

Контролируемые требования к проверяемым умениям

Решать задачи определения концентрации ионов в растворе.

Текст задания.

В трех литрах раствора содержится 14,2 г сульфата натрия, 5,85 г хлорида натрия и 1,64 г фосфата натрия. Рассчитайте молярную концентрацию (моль/л) Na^+ -ионов в растворе (в ответе запишите только число с точностью до сотых).

Ответ: 0,11

Решение.

1) Рассчитываем количество вещества (ν , моль) каждого из веществ.

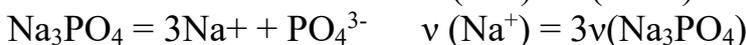
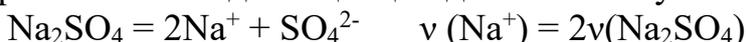
$$\nu = m/M$$

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ г/моль}; \nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 14,2 \text{ (г)}/142 \text{ (г/моль)} = 0,1 \text{ моль}$$

$$M(\text{NaCl}) = 58,5 \text{ г/моль}; \nu(\text{NaCl}) = 5,85 \text{ (г)}/58,5 \text{ (г/моль)} = 0,1 \text{ моль}$$

$$M(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 164 \text{ г/моль}; \nu(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 1,64 \text{ (г)}/164 \text{ (г/моль)} = 0,01 \text{ моль}$$

2) Все соли являются сильными электролитами, поэтому все растворимые в воде соли в растворах целиком распадаются на ионы. Запишем уравнения электролитической диссоциации для солей из условия задачи:



3) Рассчитаем общее количество моль Na^+ -ионов в растворе. Для этого сложим вклад каждой из солей с учетом коэффициентов из уравнения диссоциации:

$$\Sigma v(\text{Na}^+) = 0,1 \text{ моль} \cdot 2 \text{ (из Na}_2\text{SO}_4) + 0,1 \text{ моль} \cdot 1 \text{ (из NaCl)} + 0,01 \text{ моль} \cdot 3 \text{ (из Na}_3\text{PO}_4) = 0,33 \text{ моль}$$

4) Для расчета концентрации Na^+ -ионов в полученном растворе найдем отношение общего количества моль Na^+ -ионов к объему раствора:

$$C(\text{Na}^+) = 0,33 \text{ моль} / 3 \text{ л} = 0,11 \text{ моль/л}$$

Задание 4.

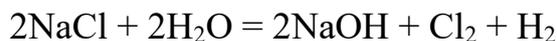
Уровень сложности - Базовый. 3 балла.

Контролируемые требования к проверяемым умениям

Решать задачи на расчет выхода продукта реакции.

Текст задания.

Хлор образуется на аноде при электролизе раствора хлорида натрия по уравнению:



Оцените выход продукта в процентах от теоретически возможного, если из 46,8 г хлорида натрия получили 8,4 л хлора, измеренных при $p = 101,325 \text{ кПа}$, $T = 273,15 \text{ К}$ (в ответе запишите только число с точностью до десятых).

Ответ: 93,8

Решение.

1) Рассчитаем количество вещества хлорида натрия (v , моль).

$$v = m/M$$

$$M(\text{NaCl}) = 46,8 \text{ г/моль};$$

$$v(\text{NaCl}) = 46,8(\text{г}) / 58,5(\text{г/моль}) = 0,8 \text{ моль}$$

2) Теоретический выход реакции. Согласно уравнению электролиза, из двух моль хлорида натрия получается 1 моль хлора. Рассчитаем сколько моль хлора может получиться из заданного количества соли при проведении реакции в идеальных условиях (теоретический выход):

$$v(\text{Cl}_2) = 0,8 / 2 = 0,4 \text{ моль (теоретический выход)}$$

Рассчитаем какой объем хлора соответствует теоретическому выходу реакции. Так как объем хлора измеряли при нормальных условиях ($p = 101,325 \text{ кПа}$, $T = 273,15 \text{ К}$), можем применить закон Авогадро:

$$V(\text{Cl}_2) = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 0,4 \text{ моль} = 8,96 \text{ л (теоретический выход)}$$

3) Чтобы найти выход продукта от теоретически возможного, найдем отношение между реально собранным объемом газа и теоретически рассчитанной величиной:

$$\omega\% = V(\text{Cl}_2)_{\text{практич}} / V(\text{Cl}_2)_{\text{теоретич}} = 100\% \cdot 8,4 / 8,96 = 93,75 \approx 93,8\%$$

Задание 7.

Уровень сложности - Повышенный. 7 баллов.

Контролируемые требования к проверяемым умениям

Решать задачи по термохимическим уравнениям, на теплоту реакции.

Текст задания.

В соответствии с законом Гесса, тепловой эффект химической реакции, проводимой при постоянных температуре и давлении, зависит только от вида и состояния исходных веществ и продуктов реакции и не зависит от пути её протекания. Руководствуясь законом Гесса и используя данные, представленные в таблице, определите чему равна теплота образования жидкого гексана $C_6H_{14}(ж)$ из простых веществ Q , кДж/моль (определение теплоты образования проводится при $T= 298,15$ К, $p= 1$ атм).

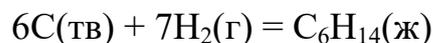
Уравнение реакции	Тепловой эффект реакции при $T= 298,15$ К, $p= 1$ атм
$C(тв) + O_2(г) = CO_2(г)$	$Q = 394$ кДж/моль
$H_2(г) + 1/2O_2(г) = H_2O(ж)$	$Q = 286$ кДж/моль
$C_6H_{14}(ж) + 9 1/2O_2(г) = 6CO_2(г) + 7H_2O(ж)$	$Q = 4160$ кДж/моль

- 1) 3480
- 2) -3480
- 3) 206
- 4) -206

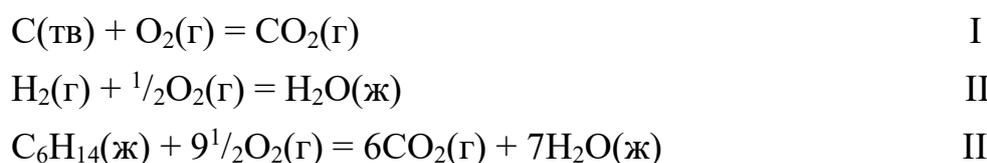
Ответ: 3

Решение.

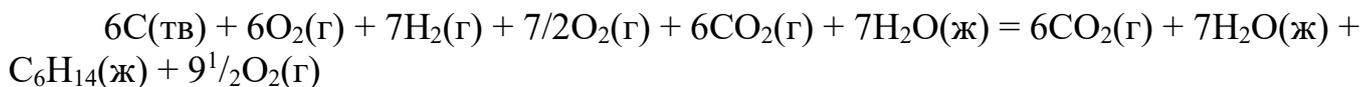
1) Запишем уравнение образования жидкого гексана из простых веществ:



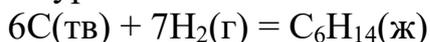
Поскольку тепловой эффект реакции при фиксированном давлении и температуре не зависит от пути процесса, а только от исходных в-в и конечных продуктов, попробуем представить это уравнение в виде комбинации трех уравнений, приведенных в условии задачи:



Возьмем первое уравнение с коэффициентом 6, второе уравнение с коэффициентом 7 и третье уравнение с коэффициентом -1 (для этого поменяем местами в уравнении III исходные вещества и продукты реакции), получим:



Приведя одинаковые члены и сократив то, что можно сократить, получим искомое уравнение:



Теперь можно использовать полученные коэффициенты для алгебраического сложения тепловых эффектов:

$$Q(C_6H_{14}(\text{ж})\text{образования}) = 6 \cdot Q_I + 7 \cdot Q_{II} - Q_{III} = 6 \cdot 394 + 7 \cdot 286 - 4160 = 206 \text{ кДж/моль}$$

Задание 8.

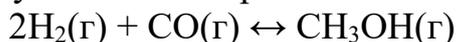
Уровень сложности - Повышенный. 7 баллов.

Контролируемые требования к проверяемым умениям

Решать задачи на химическое равновесие и применение принципа Ле Шателье.

Текст задания.

Водород и монооксид углерода были смешаны в мольном соотношении 2:1. Через какое-то время при постоянной температуре и общем давлении $1,75 \cdot 10^4$ кПа в системе установилось равновесие в соответствии с уравнением реакции:



Равновесная смесь содержит 0,430 моль CO и 0,085 моль CH₃OH.

А) Рассчитайте количество моль водорода в равновесной смеси (в ответе запишите только число с точностью до сотых).

Б) Рассчитайте мольную долю водорода в процентах в равновесной смеси (в ответе запишите только число с точностью до целых).

Ответ: А) 0,86, Б) 63

Решение.

1) Обозначим количество моль CO в исходной смеси за x и запишем известные нам данные в виде таблицы, руководствуясь закон сохранения масс:

		H ₂	CO	CH ₃ OH
Количество моль в исходной смеси	A	2x	x	0
Прореагировало к моменту	B	2*0,085	0,085	0,085

установления равновесия				
Количество моль в равновесной смеси	(A-B) для исходных (A+B) для продуктов	2x - 2*0,085	0,430	0,085

Так как в соответствии с уравнением реакции $2\text{H}_2(\text{г}) + \text{CO}(\text{г}) \leftrightarrow \text{CH}_3\text{OH}(\text{г})$

Количество образовавшегося метанола (0,085 моль по условию задачи) равно количеству прореагировавшего монооксида углерода, вставим соответствующее значение в таблицу в соответствующую строку (рассчитанные значение обозначим зеленым цветом).

Опять же по уравнению реакции, водорода расходуется в два раза больше, чем монооксида углерода, значит к моменту установления равновесия водорода прореагирует $2*0,085$ моль.

Для CO получаем следующее выражение: $x - 0,085 = 0,430$, откуда $x = 0,515$ моль

Зная x , можем рассчитать все значения таблицы:

		H_2	CO	CH_3OH
Количество моль в исходной смеси	A	1,03	0,515	0
Прореагировало к моменту установления равновесия	B	0,17	0,085	0,085
Количество моль в равновесной смеси	(A-B) для исходных (A+B) для продуктов	0,86	0,430	0,085

2) Для расчета мольной доли водорода в равновесной смеси найдем отношение количества моль водорода к общему количеству моль:

$$v(\text{H}_2)_{\text{равн}} = 0,86 \text{ моль (см. таблица)}$$

$$\Sigma v_{\text{равн}} = 0,86 + 0,43 + 0,085 = 1,375 \text{ моль (см. таблица)}$$

$$\text{мольная доля } \text{H}_2, \% = 100\% * 0,86/1,375 = 62,545\% \approx 63\%$$

3) Как видно из решения задачи, указанное в условии общее давление не влияет на ход решения.

Задание 9.

Уровень сложности - Повышенный. 6 баллов.

Контролируемые требования к проверяемым умениям

Решать задачи на расчет скорости реакции, уметь применять правило Вант-Гоффа.

Текст задания.

На сколько градусов нужно увеличить температуру, чтобы скорость реакции возросла в 12,25 раз, если температурный коэффициент реакции равен 3,5? (в ответе запишите только число с точностью до целых).

Ответ: 20

Решение.

Математическим выражением эмпирического правила Вант-Гоффа является выражение:

$$V(T_1)/V(T_2) = \gamma^{(T_2-T_1)/10}, \text{ где}$$

$V(T_1)$ – скорость реакции при T_1

$V(T_2)$ - скорость реакции при T_2

γ - температурный коэффициент реакции

Подставив значения из условия задачи, получим: $12,25 = 3,5^{(T_2-T_1)/10}$

Простым перебором найдем, что $12,25 = 3,5^2$, из чего следует:

$$(T_2-T_1)/10 = 2$$

$$T_2-T_1 = 20 \quad \text{Т.е. температуру нужно увеличить на } 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

Задание 10.

Уровень сложности - Повышенный. 6 баллов.

Контролируемые требования к проверяемым умениям

Решать задачи на определение водородного показателя (рН).

Текст задания.

Определите рН раствора, полученного при смешивании равных объемов 0,5М раствора гидроксида натрия и 0,2М раствора серной кислоты (в ответе запишите только число с точностью до сотых).

Ответ: 12,70

Решение.

1) Концентрацию компонента раствора после смешения можно рассчитать по формуле:

$$C = C_1 * V_1 / (V_1 + V_2), \text{ так как по условию задачи } V_1 = V_2$$

выражение упрощается до $C = C_1/2$

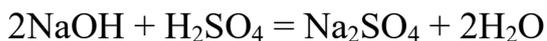
Таким образом, после смешения получим раствор со следующими концентрациями

$$C(\text{NaOH}) = 0,25 \text{ моль/л}$$

$$C(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1 \text{ моль/л}$$

2) При смешении растворов гидроксида натрия и серной кислоты происходит реакция нейтрализации в соответствии с уравнением:

0,25M 0,1M (по условию задачи)



2 : 1 (из стехиометрии)

Из соотношения реагентов $0,25/2 > 0,1/1$ следует, что NaOH взят в избытке (0,05моль/л), поэтому по окончании реакции нейтрализации, в растворе будет щелочная среда.

3) Расчет pH 0,05M раствора NaOH.

Гидроксид натрия является сильным электролитом, поэтому в растворах полностью диссоциирует на ионы по уравнению:



Поэтому можно считать, что в 0,05M растворе NaOH образуется 0,05M Na^+ и 0,05M OH^-

Ионное произведение воды при комнатной температуре: $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$

Поскольку концентрация ионов OH^- в чистой воде очень мала (порядка 10^{-7} моль/л), то концентрацию гидроксид-ионов в растворе NaOH можно смело приравнять 0,05 моль/л.

Тогда получаем следующее выражение для концентрации H^+ :

$$[\text{H}^+] = 10^{-14}/0,05 = 2 \cdot 10^{-13}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(2 \cdot 10^{-13}) = -\lg 2 + 13 = -0,3 + 13 = 12,70$$

Раздел 3. Методические рекомендации по решению задач по предмету «Физика»

Задание 2.

Уровень сложности - Базовый. 3 балла.

Контролируемые требования к проверяемым умениям

Решать задачи по теме «Газовые законы. Уравнение Клапейрона – Менделеева. Закон Дальтона».

Текст задания.

Формовочный газ представляет из себя смесь водорода и азота. Он применяется в технологических процессах, где требуется восстановительная атмосфера. Характерная массовая доля водорода H_2 от азота N_2 в формовочном газе составляет 5%, при этом он сохраняет восстановительные свойства, но в отличие от чистого водорода не является взрывоопасным. Полагая смесь газов идеальной, определите, сколько граммов водорода и азота потребуется для заполнения баллона объемом 50л при

$T=300\text{K}$, находящегося при давлении $p=0,5\text{МПа}$. В ответе укажите массу азота в граммах в виде числа с точностью до целых.

Ответ: 165

Решение.

Из уравнения Менделеева-Клапейрона для смеси газов имеем:

$$PV = \left(\frac{m_{H_2}}{\mu_{H_2}} + \frac{m_{N_2}}{\mu_{N_2}} \right) RT$$

Т.к. $m_{H_2} = 0,05m_{N_2}$, то $m_{N_2} = \frac{PV\mu_{H_2}\mu_{N_2}}{RT(0,05\mu_{N_2} + \mu_{H_2})} = \frac{0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,002 \cdot 0,028}{8,31 \cdot 300 \cdot (0,05 \cdot 0,028 + 0,002)} = 0,165\text{кг} = 165\text{г}$

Задание 5.

Уровень сложности - Повышенный. 4 балла.

Контролируемые требования к проверяемым умениям

Решать задачи на закон сохранения импульса и равноускоренного прямолинейного движения.

Текст задания.

Снаряд массой 0,5 кг, летевший вверх со скоростью 50 м/с, на высоте 1 км разорвался на 2 осколка. Первый осколок массой 0,2 кг полетел горизонтально со скоростью 100 м/с. Второй осколок полетел вертикально вниз (90° относительно первого осколка). Через какое время в секундах второй осколок упадет на землю? Ускорение свободного падения принять $10,0 \text{ м/с}^2$. Ответ запишите в виде числа с точностью до целых.

Ответ: 10

Решение.

$$p = 0,5 \cdot 50 = 25 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}$$

$$p_1 = 0,2 \cdot 100 = 20 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}$$

$$p_2 = \sqrt{p^2 - p_1^2} = 15 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}$$

$$m_2 = 0,5 - 0,2 = 0,3 \text{ кг} \Rightarrow v_2 = 50 \text{ м} / \text{с}$$

$$0 = 1000 - 50t - \frac{10t^2}{2}$$

$$t^2 - 10t - 200 = 0$$

$$t = 10 \text{ с}$$

Задание 6.

Уровень сложности - Базовый. 4 балла.

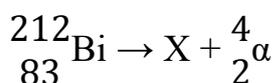
Контролируемые требования к проверяемым умениям

Решать задачи на α -распад изотопов.

Текст задания.

Ниже приведено уравнение α -распада изотопа висмута ${}_{83}^{212}\text{Bi}$.

Определите изотоп какого элемента образуется. В ответе укажите два числа, 1 — число протонов в ядре образующегося изотопа, 2 — массовое число атомного ядра изотопа, а также обозначение элемента в периодической таблице (две буквы латинского алфавита) через запятую без пробелов..



Ответ: 81,208,Tl

Решение.

1) При составлении уравнений ядерных реакций необходимо учитывать закон сохранения массы веществ и закон сохранения заряда. Таким образом, масса и заряд всех частиц слева и справа от знака равенства должны быть равны.

Исходя из вышесказанного,

- заряд ядра неизвестного элемента должен быть равен: $q = 83 - 2 = 81$

- массовое число неизвестного элемента: $M = 212 - 4 = 208$

2) Находим в таблице Менделеева элемент с порядковым номером 81 — это таллий.

Задание 11.

Уровень сложности - Повышенный. 7 баллов.

Контролируемые требования к проверяемым умениям

Решать задачи по волновой оптике, включающие дифракционную решетку.

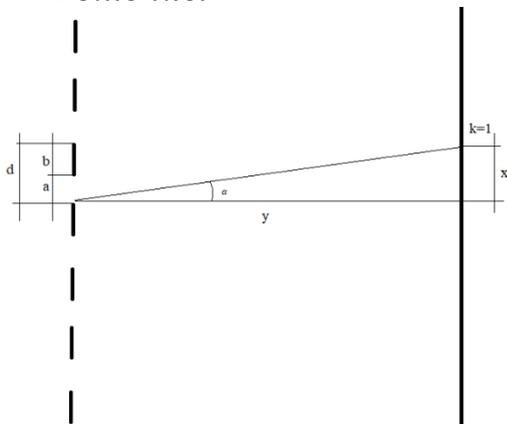
Текст задания.

Дифракционная решетка — это важный элемент оптических спектральных приборов, которые обеспечивают неразрушающий контроль состава и структуры материалов. Найти ширину непрозрачного участка между щелями дифракционной решетки в миллиметрах если при прохождении монохроматического света с длиной волны 550 нм на экране наблюдается первый дифракционный максимум на расстоянии 3 мм от центра дифракционной картины, а расстояние от решетки до экрана составляет

3 м. При решении считаем, что ширина щели равна ширине непрозрачного участка. В ответ запишите число с точностью до сотых.

Ответ: 0,28

Решение.



$$d \sin \alpha = \pm k \lambda$$

$$b = a, \sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{y}, \text{ тогда}$$

$$b = \frac{\lambda y}{2x} = \frac{550 \cdot 10^{-9} \cdot 3}{2 \cdot 0.003} = 0.000275 \text{ м} \approx 0,28 \text{ мм}$$

Задание 12.

Уровень сложности - Повышенный. 7 баллов.

Контролируемые требования к проверяемым умениям

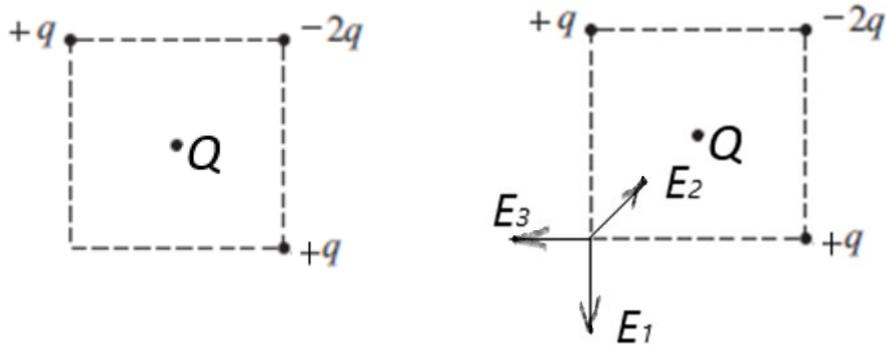
Решать задачи по теме «Электрическое поле».

Текст задания.

В трех вершинах квадрата со стороной $a = 10$ см находятся точечные заряды $+q$, $-2q$ и $+q$ ($q = 1$ нКл). Свободная вершина и отрицательный заряд лежат по диагонали квадрата. Какой заряд Q по знаку и величине в нКл надо поместить в центре квадрата, чтобы в свободной вершине напряженность была равной нулю? Ответ запишите в виде знака и числа с точностью до сотых, например +1,15

Ответ: -0,21

Решение.



$$1. E_1 = E_3 = k \frac{q_1}{a^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{10^{-9}}{10^{-2}} = 900 \frac{B}{m}$$

$$E_{13} = E_1 \sqrt{2} = 1273 \frac{B}{m} \quad (\text{от центра})$$

$$2. b^2 = 2a^2, \quad E_2 = k \frac{2q}{b^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-2}} = 900 \frac{B}{m} \quad (\text{к центру})$$

$$E = E_{13} - E_2 = 1273 - 900 = 373 \frac{B}{m} \quad (\text{от центра})$$

3. Заряд Q **отрицательный** и создает напряженность, равную $E=373$ В/м и направленную к центру

$$x^2 = \frac{a^2}{2}, \quad E = k \frac{Q}{x^2}, \quad Q = E \frac{x^2}{k} = E \frac{1}{k} \frac{a^2}{2} = 0,207 \text{ нКл}$$