

В скобках указано, каким классам рекомендуется задача (решать задачи более старших классов также разрешается), а также проверяется ли полное решение или достаточно ввести ответ.

1 (8; ответ).

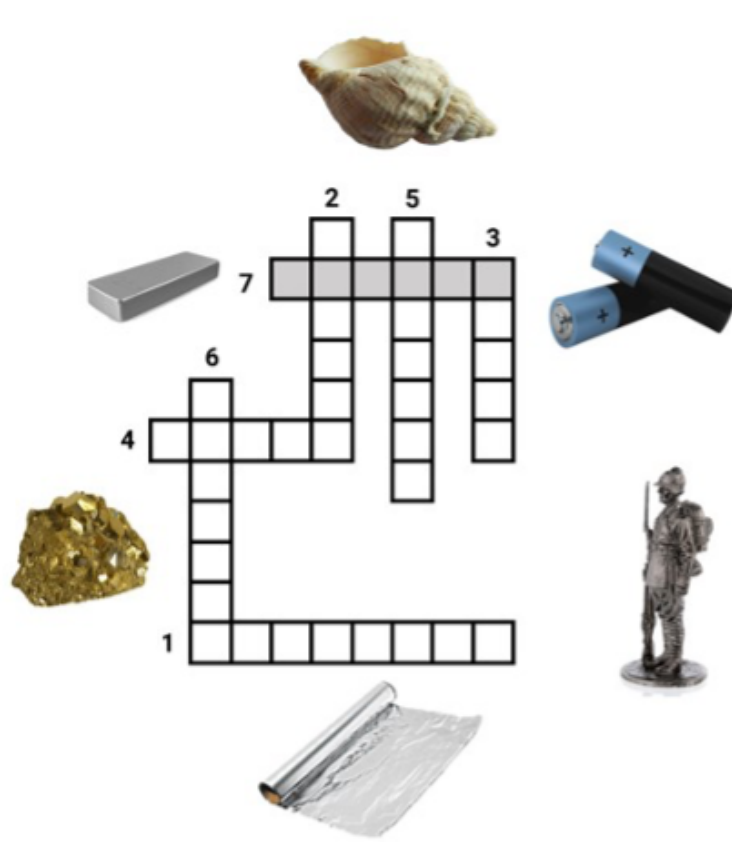
Ниже представлена фотография установки, предназначенной для синтеза хлора при капывании концентрированной соляной кислоты к твердому перманганату калия с последующей осушкой газа и осуществления его реакции с металлическим железом при нагревании (в кварцевой трубке).



Укажите на этой фотографии:

- а) Стержень штатива;
- б) Круглодонную колбу;
- в) Подъёмный столик;
- г) Кварцевую трубку;
- д) Капельную воронку;
- е) Лапку для штатива;
- ж) Спиртовку.

2 (8; ответ). В этой задаче вам предлагается разгадать кроссворд, посвященный одной тематике. В ответе запишите соответствующие слова.



1. Третий по распространенности химический элемент в земной коре.
2. Основной компонент стали и чугуна.
3. Лёгкий элемент, находящий применение в батареях и аккумуляторах.
4. Простое вещество, которое можно найти на поверхности консервных банок... и из которого можно сделать стойкого солдата!
5. Макроэлемент, входящий в состав скелетных образований – костей позвоночных и раковин моллюсков.
6. «Благородное» простое вещество серебристо-белого цвета. Его название в переводе с испанского означает «серебришко» (плохое серебро) – поскольку ранее оно не имело большой ценности – однако сегодня ситуация кардинально изменилась.
7. Представитель семейства химических элементов, в виде простых веществ обладающих характерными свойствами (высокой тепло- и электропроводностью, пластичностью, ковкостью).

3 (8; решение).

*Начиная со второй половины 2006 года монета номиналом 50 копеек изготавливается из стали, плакированной с обеих сторон сплавом меди и цинка желтого цвета (томпак). Монета, изготавливавшаяся ранее из латуни, остаётся законным средством платежа.*

*Сообщение пресс-службы Банка России*

Постоянный рост мировых цен на цветные металлы стимулировал замену материала практически всех выпускаемых ныне монет на сталь. Так, монеты номиналом 50 копеек, полностью состоявшие из латуни — медно-цинкового сплава, содержащего до 40 % цинка, теперь выполняют из стали и покрывают томпаком — одним из видов латунных сплавов, содержащим до 10 % цинка. Химически различить монеты можно, например, реакцией с раствором персульфата аммония  $(NH_4)_2S_2O_8$  в присутствии аммиака  $NH_3$  — в такой системе медь и цинк, в отличие от железа, растворятся — причем образующийся комплекс меди имеет красивую темно-синюю окраску. Схема протекающих реакций выглядят так:



Благодаря упомянутой реакции можно селективно растворить покрытие монеты 2006 года, и, измерив массу монеты до и после снятия, оценить толщину покрытия. Так, в ходе эксперимента было определено, что масса монеты до снятия покрытия 2,769 г, а после снятия составила 2,567 г при диаметре монеты 19,5 мм.

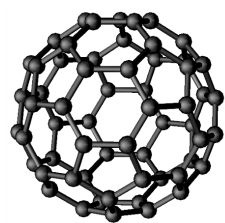
1. Запишите уравнение протекающей реакции для меди. В ответе приведите сумму минимальных целочисленных коэффициентов. Помните, что единица — тоже коэффициент!

2. Оцените толщину покрытия, если плотность сплава томпак составляет  $8,8 \text{ г/см}^3$ . Площадью граней можно пренебречь. Ответ выразите в микрометрах ( $1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$ ), округлив до целых.

3. Каким способом можно различить монеты, выпускавшиеся до и после 2006 года, основываясь только на их физических свойствах и не проводя никаких расчетов?

4 (8–9; ответ). Элемент **X** на Земле представлен в виде только трёх изотопов, причем один из них радиоактивен. Однако он образует самое большое число аллотропных модификаций, резко отличающихся друг от друга по своим физическим свойствам. Рассмотрим несколько таких аллотропов – вещества **A**, **B**, и **B**. Вещество **A** имеет слоистую структуру, слои состоят из повторяющихся шестиугольных фрагментов, в вершинах которых атомы **X**. Благодаря такой структуре вещество **A** довольно мягкое, имеет металлический блеск и хорошо проводит электрический ток, кроме того, оно жирное на ощупь. Вещество **A** обладает высокой химической стойкостью, а также термостойкостью при нагревании в отсутствие воздуха. **A** широко применяется в промышленности: от изготовления твердых смазочных материалов, электродов, тиглей для плавки металлов до замедлителей нейтронов в ядерных реакторах и тепловой защиты носовой части космических аппаратов. Кроме того, вещество **A** используется для получения «синтетического» вещества **B**.

Вещество **B** – самый твердый минерал по шкале Мооса, и, одновременно с этим, самый хрупкий. Его твердость обусловлена структурой: это атомы **X**, каждый из которых находится в центре тетраэдра, вершинами которого служат четыре других атома **X**. Исключительная твердость вещества **B** нашла свое применение: его используют для изготовления ножей, резцов и прочих инструментов, а мелкий порошок **B** применяется как абразив для изготовления режущих и точильных дисков. Однако наиболее известно вещество **B** благодаря применению его ограненных минералов в ювелирной сфере.



Вещество **B** (молекула которого представлена на рисунке) довольно необычно с точки зрения своей структуры – она похожа на футбольный мяч и состоит из 60 атомов **X**. В отличие от **A** и **B**, оно было открыто относительно недавно – в 1985 году. Сейчас известно, что существует целый ряд веществ **B** аналогичной структуры с большим числом атомов. **B** и его аналоги применяются в основном в качестве добавок: в аккумуляторах и литиевых батареях, в составе огнезащитных красок, а также в синтезе **B** из **A**. Имеются сведения о том, что антиоксидантные свойства **B** могут оказаться полезными в медицине и даже, возможно, увеличить продолжительность жизни.

1. Определите элемент **X**, а также вещества **A**, **B** и **B**. Приведите их названия.
2. Как называется ограненный минерал вещества **B**?
3. Напишите химические уравнения следующих реакций:
  - 1) сгорание простого вещества, образованного элементом **X**, в избытке кислорода;
  - 2) восстановление оксида железа (III) элементом **X** до простого вещества
  - 3) взаимодействие диоксида элемента **X** с гашеной известью;
  - 4) взаимодействие средней натриевой соли высшей кислоты элемента **X** с соляной кислотой.

В ответе укажите сумму минимальных целочисленных коэффициентов реакций. Помните, что единица – тоже коэффициент!

**5** (8–9; ответ). Подушка безопасности ежегодно спасает множество жизней. При аварии устройство срабатывает, если замедление достигает уровня, свидетельствующего о столкновении. Датчик посылает сигнал детонатору, который взрывает пиротехнический патрон, и выделяющийся газ быстро надувает подушку. Большое количество газа образуется за счёт разложения бинарного соединения **A**, содержащего 64,62 % азота по массе и щелочной металл (его частицы также образуются при разложении **A**).

1. Определите соединение **A**. Рассчитайте массу **A**, (в г.), которую необходимо использовать, чтобы выделяющийся газ полностью заполнил подушку безопасности объёмом 60 л при н.у., ответ округлите до целых.

Также в состав пиротехнического патрона включают нитрат калия, который связывает образующийся при разложении самовоспламеняющийся металл. В этой реакции выделяется дополнительный объём газа, а также химически активные оксиды **B** и **B**. Для их нейтрализации в смесь добавляют порошок диоксида кремния, превращающий их в негорючие и безопасные соединения **Г** и **Д** соответственно.

2. Определите соединения **B-Д**, если известно, что молярная масса соединения **B** меньше, чем молярная масса соединения **B**.

3. Вычислите, какая масса стехиометрической смеси **A**, нитрата калия и диоксида кремния, г, необходима, чтобы выделяющийся газ полностью заполнил подушку безопасности объёмом 60 л при 25 °С и атмосферном давлении, ответ округлите до целых.

6 (9; ответ). Разработка новых материалов для производства техники и электроники является актуальной и важной задачей для многих корпораций, постоянно конкурирующих и стремящихся оптимизировать свои продукты. Перспективными для использования в корпусах мобильных телефонов являются алюмомагниево-кремниевые сплавы, в частности, авиаль — сплав алюминия, магния и кремния. Этот легкий и прочный сплав активно используется в авиационной и автомобильной промышленности.

Валера прочитал задачи про юных химиков и, заинтересовавшись этим сплавом, решил провести его количественный анализ. Для этого он разобрал свой старый телефон и отпилил кусочек корпуса с помощью дедушкиной болгарки, взвесил его на ювелирных весах, масса составила 0,628 г. Юный химик Валера растворил сплав в избытке концентрированного раствора гидроксида натрия и собрал выделяющийся газ в перевернутый мерный цилиндр методом вытеснения воды, его объём составил 770 мл (н.у.). После завершения протекания реакций химик отфильтровал и высушил нерастворившийся остаток, его масса составила 0,012 г.

1. Определите массовые доли каждого компонента в сплаве. Ответ приведите в процентах, с точностью до сотых.

2. Юный химик собирался использовать для растворения сплава серную кислоту, но не смог найти её среди подручных материалов. Какой минимальный объём 20% раствора серной кислоты, имеющей плотность  $1,14 \text{ г/см}^3$ , потребовался бы химику на растворение его образца? Ответ приведите в миллилитрах, округлите до целых.

3. Щёлочь юный химик приобрел в отделе бытовой химии. Какой продукт он купил?

- 1) Средство для мытья пола
- 2) Жидкое мыло
- 3) Средство для прочистки труб
- 4) Средство для мытья посуды
- 5) Олифу
- 6) Репеллент

4. Что нужно было приобрести юному химику, чтобы получить в распоряжение серную кислоту?

- 1) Антифриз
- 2) Жидкое стекло
- 3) Моторное масло
- 4) Тормозную жидкость
- 5) Аккумуляторный электролит
- 6) Фунгицид

7 (9–10; решение). Дезинфекция воды в бассейне необходима для комфортного и безопасного купания. Если проводить её ненадлежащим образом, в чаше бассейна начинается активное размножение болезнетворных бактерий, грибков, водорослей, которые не только делают купание неприятным, но и могут спровоцировать появление различных заболеваний. Одним из самых старых способов обеззараживания воды, который применяется уже более 100 лет благодаря экономичности и эффективности, является растворение в ней жёлто-зелёного газа **X**, получаемого электролизом водного раствора соли **A** (*реакция 1*). Конструкция бассейна обычно предусматривает наличие мембранного электролизера и узла смешения газа с водой. При неверных параметрах проведения процесса вода может приобрести резкий знакомый запах водопроводной воды.

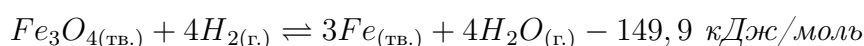
Содержание **X** в воде строго нормировано и в общественных бассейнах осуществляется его постоянный контроль. Для этого к пробе воды добавляют избыток раствора иодида калия, при этом раствор приобретает коричневую окраску из-за образования иода (*реакция 2*), количество которого определяют иодометрическим титрованием с микробюреткой.

Более современным альтернативным методом обеззараживания воды является использование вещества **B**, получаемого при поглощении газа **X** холодным раствором гидроксида натрия (*реакция 3*). При этом также образуется соль **A**, о которой известно, что обработка её порошка избытком концентрированной серной кислоты приводит к выделению резко пахнущего газа **B** (*реакция 4*), образующего белый творожистый осадок **Г** при пропускании через раствор нитрата серебра (*реакция 5*).

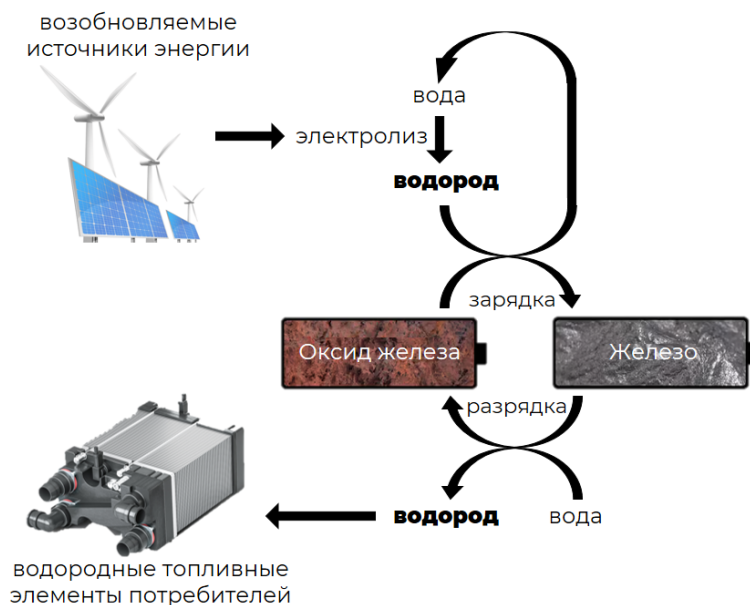
1. Установите формулы веществ **X**, **A-Г**.
2. Напишите уравнения *реакций 1-5*, в ответе приведите сумму наименьших целых коэффициентов для каждой реакции. Помните, что единица – тоже коэффициент!
3. Установите содержание **X** в воде, мг/л, если при анализе пробы 500 мл выделяется 0,9 мг иода. Ответ округлите до сотых.
4. В чем заключается преимущество использования вещества **B**, а не газа **X** для обеззараживания воды?

8 (9–10; решение). Возобновляемые источники энергии (солнечная энергия, ветер) имеют четкую суточную, сезонную структуру и обладают существенным недостатком – неравномерностью генерации энергии: например, летом солнечной энергии очень много, в зимний сезон же, наоборот, мало – а нагрузка на энергосистему возрастает из-за необходимости отопления. Большие надежды связывают с накоплением и использованием энергии в форме водорода – однако серьёзным препятствием является организация его хранения и транспортировки.

Хранение свободного газообразного водорода проблематично из-за проблем с герметичностью, а использование жидкого водорода требует постоянного охлаждения и затрат энергии. Потенциальным решением для долгосрочного аккумулирования водорода может быть использование веществ, способных выделять его в химических реакциях. Один из вариантов такой «батарейки» основан на обратимой реакции железно-парового синтеза, открытой ещё в 1784 году:



Реакция не требует повышенного давления, железо и его оксид являются распространенными веществами и могут долго храниться без потребности в энергии, а запасенный водород может быть извлечен в нужном количестве при обработке железа паром и легко конвертирован в электроэнергию или тепло.



1. Определите количество тепла, необходимое для «зарядки» батареи в процессе запасаения 10 л (н.у.) водорода. Ответ выразите в кДж, округлите до десятых.

2. Ограничением метода является необходимость осуществления реакции при высокой температуре (400 °С). Рассчитайте, какое количество теплоты потребуется для нагрева реагентов при подготовке «разрядки» для высвобождения 10 л (н.у.) водорода, если теплоемкость железа составляет 25,1 Дж/(моль·°С), теплоемкость жидкой воды 75,4



Дж/(моль·°С), теплота парообразования воды при 100 °С 40,7 кДж/моль, теплоемкость пара 39,6 Дж/(моль·°С). Считайте, что теплоемкость от температуры не зависит, а исходная температура реагентов составляет 20°С. Ответ выразите в кДж, округлите до десятых. Сколько процентов энергии, с точностью до целых, получаемой при окислении водорода, затрачивается на его высвобождение из батареи? Теплоту сгорания водорода с образованием жидкой воды принять 286 кДж/моль.

3. Рассчитайте минимальный теоретический объем батареи, м<sup>3</sup>, с точностью до десятых, способной обеспечить за счет водорода годовое потребление 1 домохозяйства (в России составляет около 3 тыс. кВтч), кг/м<sup>3</sup>, если насыпная плотность оксида железа составляет 2800 кг/м<sup>3</sup>, 1 Втч равен 3,6 кДж. Общие потери энергии при окислении водорода принять 50 %.

4. Как вы думаете, в чём главное преимущество, помимо описанных в задаче факторов, хранения водорода в химически связанном состоянии, по сравнению с хранением в жидком или газообразном состоянии?

9 (10–11; ответ). Бинарные вещества **А**, **Б**, **В** и **Г** имеют одинаковый качественный состав (состоят из одних и тех же двух элементов). Вещество **А** может быть получено обработкой нерастворимого в воде соединения **Д** стехиометрическим количеством жидкой кислоты **Е**, содержащей 2,33 % водорода по массе.

В результате протекания реакции масса смеси уменьшается на 15,55 % и наблюдается выделение бесцветного газа **Ж**, вызывающего помутнение известковой воды.

Соединения **Б**, **В** и **Г** можно получить разложением **А** при разных условиях протекания реакций:

Соединение	Условия реакции	Потеря массы, %
<b>Б</b>	550 °С, инертная среда, $P = 300$ атм.	25,34
<b>В</b>	825 °С, запаянная ампула	33,79
<b>Г</b>	140 °С, вакуумированная ампула	29,56

Во всех трёх указанных в таблицах реакциях выделяется один и тот же бесцветный малореакционноспособный газ **И**, а в качестве твёрдых продуктов образуются только вещества **Б-Г**. Дополнительно известно, что соединение **Д** окрашивает пламя горелки в зелёный цвет.

Определите формулы веществ **А-И**. В ответе для каждого вещества укажите его формулу с помощью цифр, скобок и латинских букв (например,  $\text{CaCl}_2$  или  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ). Примечание: в расчетах молярные массы элементов используйте с точностью до целых.

**10** (10–11; решение).

Раствор хлорида калия массой 300 г (массовая доля соли составляет 6,21 %) в течение некоторого времени подвергали электролизу с диафрагмой, разделяющей катодное и анодное пространство. При этом было собрано

4,48 л (при нормальных условиях) газовой смеси. Затем эту газовую смесь пропустили через 22,4 % раствор гидроксида калия массой 150 г при комнатной температуре. Полученный раствор смешали с раствором, оставшимся после электролиза.

1. Определите массовую долю, %, с точностью до десятых, щелочи в полученном растворе.

2. Что будет происходить, если проводить электролиз без диафрагмы?

11 (10–11; ответ).

1,68 л (при 185°C и атмосферном давлении) смеси двух газов **A** и **B** в объёмном соотношении 1:3 соответственно полностью сожгли в избытке кислорода, а полученные продукты пропустили последовательно через склянку с оксидом фосфора (V), а затем через промывную склянку с избытком известковой воды. Масса первой склянки увеличилась на 3,82 г, во второй склянке образовалось 16,76 г белого осадка. Второй образец смеси выдержали над твёрдым хлоридом алюминия при той же температуре и давлении,

в результате чего качественный состав смеси изменился: в ней образовалось некоторое количество газа **B**, но при этом плотность смеси не изменилась и составила 1,45 г/л (в условиях эксперимента). Известно, что газы **A** и **B** не обесцвечивают бромную воду, но могут реагировать с бромом на свету.

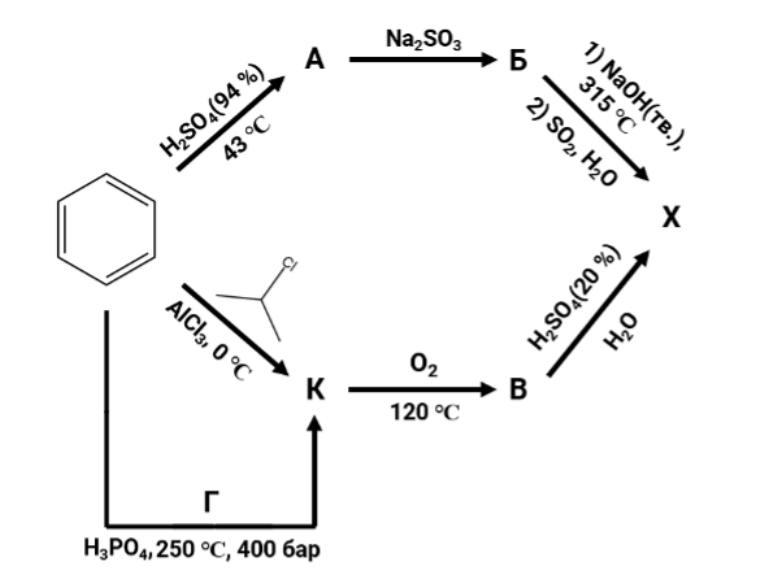
1. Рассчитайте среднюю молярную массу исходной смеси, г/моль.
2. Определите брутто-формулы газов **A-B**.
3. Приведите названия газов **A-B**.
4. Какое количество монобромпроизводных могут образовать газы **A**, **B** и **B**?

12 (11; ответ).

При стандартных условиях вещество **X** — бесцветные игольчатые кристаллы, розовеющие на воздухе. **X** находит широкое применение в химической технологии пластмасс, резин и смол, занимая 17-ое место по объёму производства среди органических веществ. Ниже представлена схема, отражающая методы синтеза **X** из бензола.

Исторически первый метод промышленного получения **X** заключался в сульфировании бензола для получения вещества **A**, превращаемого в натриевую соль **B** и далее сплавления с едким натром. После плава растворяют в воде и обрабатывают сернистым газом, в результате чего образуется вещество **X**.

В настоящее время основным методом производства **X** является кислотный гидролиз **B** — продукта окисления вещества **K**, получаемого при взаимодействии бензола с 2-хлорпропаном либо газом **Г**.



Установите структурные формулы веществ **A**, **B**, **B**, **Г**, **K** и **X**, если известно, что **Г** является продуктом крупнотоннажного процесса пиролиза углеводородного сырья. В ответе приведите молярные массы веществ с точностью до целых.

13 (11; ответ).

Ниже представлены данные о радиоактивном распаде образцов урана  $^{238}\text{U}$  и его оксидов массой 1,00 г. Все соединения содержат изотопно-чистый  $^{238}\text{U}$ .

Образец	Скорость распада, Бк	Время, через которое в образце останется 0,10 г урана, млрд лет
Чистый уран ( $^{238}\text{U}$ )	$12,4 \cdot 10^3$	
<b>A</b>		13,9
<b>B</b>		14,1
<b>B</b>	$10,3 \cdot 10^3$	

1. Вычислите период полураспада  $^{238}\text{U}$  в годах. Ответ запишите с точностью до десятых в миллиардах лет.
2. Определите неизвестные оксиды. В ответ запишите их формулы.

*Справка:*

Зависимость массы радиоактивного изотопа от времени:

$m_t = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{t_{1/2}}}}$ , где  $m_t$  – масса образца в момент времени  $t$ ,  $m_0$  – масса образца в начальный момент времени,  $t_{1/2}$  – период полураспада.

Активность радиоактивного источника  $A$  – число радиоактивных распадов в единицу времени. В Международной системе единиц (СИ) измеряется в беккерелях (Бк). Один беккерель определяется как активность источника, в котором за одну секунду происходит в среднем один радиоактивный распад.

Зависимость активности  $A$ , Бк, от количества атомов изотопа  $N$ , шт, описывается соотношением:  $A = \frac{N \ln 2}{t_{1/2}}$ , где  $N$  – количество атомов изотопа,  $t_{1/2}$  – период полураспада, с.

---

Задания, решения, результаты будут появляться на сайте <https://turlom.olimpiada.ru>