

## Константы

Число Авогадро, $N_A$	$6.022 \times 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Элементарный заряд, $e$	$1.602 \times 10^{-19}$ Кл
Универсальная газовая постоянная, $R$	$8.314$ Дж моль <sup>-1</sup> К <sup>-1</sup>
Постоянная Фарадея, $F$	$96\,485$ Кл моль <sup>-1</sup>
Постоянная Планка, $h$	$6.626 \times 10^{-34}$ Дж с
Температура в Кельвинах (К)	$T_K = T_{\circ C} + 273.15$
Ангстрем, Å	$1 \times 10^{-10}$ м
пико, п	$1 \text{ пм} = 1 \times 10^{-12}$ м
нано, н	$1 \text{ нм} = 1 \times 10^{-9}$ м
микро, мк	$1 \text{ мкм} = 1 \times 10^{-6}$ м

1																	18
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -



Республиканская юниорская олимпиада по химии

Заключительный этап (2022-2023).

Официальный комплект решений 8-класса.

## Содержание

Задача №1. Тест (10%)	3
Задача №2. Несостыковка (21%)	4
Задача №3. Записи (25%)	5
Задача №4. Физика в химии (22%)	6
Задача №5. pH (22%)	8

## Задача №1. Тест

Автор: Галикберова М.

За каждый верный ответ	Всего	Вес(%)
1	10	10

1. Какой цвет приобретает лакмус в растворах серной и азотной кислоты?

- A. Фиолетовый
- B. Желтый
- C. Бесцветный
- D. Красный

Ответ: D.

2. Каково процентное содержание серы в серной кислоте?

- A. 32.7%
- B. 35.8%
- C. 31.2%
- D. 37.2%

Ответ: A.

3. Какого цвета раствор перманганата калия?

- A. Синий
- B. Желтый
- C. Малиновый
- D. Бесцветный

Ответ: C.

4. Историческое название гидроксида натрия

- A. Натриевая селитра
- B. Едкий натр
- C. Гашеная известь
- D. Поташ

Ответ: B.

5. Низкая активность азота объясняется

- A. Величиной молекулы
- B. Радиусом атома
- C. Электроотрицательностью атома
- D. Прочностью связи

Ответ: D.

6. На какой газ известковая вода является качественным реактивом?

- A. Углекислый газ
- B. Сернистый газ
- C. Угарный газ
- D. Хлор

Ответ: A.

7. Какой инертный газ присутствует в воздухе?

- A. Криптон
- B. Гелий
- C. Ксенон
- D. Аргон

Ответ: D.

8. В трех молекулах углекислого газа содержится атомов

- A. 9
- B. 8
- C. 6
- D. 4

Ответ: A.

9. Для какого вещества характерно явление адсорбции?

- A. Алмаз
- B. Уголь
- C. Серебро
- D. Графит

Ответ: B.

10. Какая медаль пострадает в результате попадания в соляную кислоту?

- A. Золотая
- B. Серебряная
- C. Бронзовая
- D. Ни одна из вышеперечисленных

Ответ: C. Золото и серебро стоят справа от водорода в электрохимическом ряду напряжения металлов, поэтому они не реагируют с соляной кислотой. Бронза — это сплав меди с оловом (или другими более активными металлами). Медь также не вступает в реакцию с HCl, однако олово растворяется в кислоте, что и является повреждением медали.

## Задача №2. Несостыковка

Автор: Касьянов А.

### 2.1 (4 балла)

Реакция растворения меди в концентрированной серной кислоте при нагревании протекает по следующей схеме:



Отсутствие давления в шкафу, где протекает реакция позволяет узнать количество газообразных веществ, выделившихся в течение реакции. Газообразным продуктом в вышеприведенной реакции является сернистый газ  $\text{SO}_2$ , количество которого,  $n_{\text{SO}_2}$ , можно вычислить по приведённому уравнению состояния идеального газа.

$$p_a V_a = n_a R_a T_a \implies n_{\text{SO}_2} = \frac{p_{\text{SO}_2} V_{\text{SO}_2}}{RT} = \frac{28 \times 10^3 \times 25 \times 10^{-3}}{8.314 \times (25 + 273)} = 0.283 \text{ моль}$$

По уравнению реакции, при расходе  $n$  моль меди образуется  $n$  моль сернистого газа. Таким образом, масса меди составляет:

$$m_{\text{Cu}} = n_{\text{Cu}} \times M_{\text{Cu}} = 0.283 \times 63.55 = 17.985 \text{ г}$$

**1 балл** за схему реакции (-0.5 балла если коэффициенты неверны или вовсе отсутствуют)

**3 балла** за массу меди, при условии, что приведено соответствующее решение. Не более **1 балла** при отсутствии решения и/или финального ответа

## 2.2 (5 баллов)

При погружении никелевой пластинки в раствор сульфата меди происходит замещение меди никелем по следующей схеме:



При растворении  $x$  моль никеля, на пластинке выделяется  $x$  моль меди. Таким образом, увеличение массы на 1.458 г можно выразить так:

$$\Delta m = 1.458 = -m_{\text{Ni}} + m_{\text{Cu}} = -58.69x + 63.55x = 4.86x$$

$$x = 0.3 \text{ моль}$$

Отсюда, масса меди составляет:

$$m_{\text{Cu}} = 63.55 \times 0.3 = 19.065 \text{ г}$$

Разницу с первым пунктом в массе меди можно объяснить тем, что давление **реального** газа, которое, как правило, меньше идеальных значений, было использовано в уравнении состояния **идеального** газа.

**3 балла** за массу меди, при условии, что приведено соответствующее решение. Не более **1 балла** при отсутствии решения и/или финального ответа

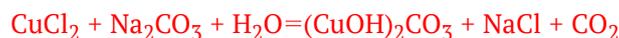
**2 балла** за идею о реальном/идеальном газе. **1 балл** за любое другое объяснение, имеющее химический смысл.

## Задача №3. Записи

Автор: Бегдаир С.

### 3.1 (18 баллов)

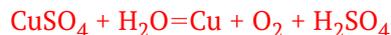
Первая реакция включает в себя реакцию между одной из соли меди ( $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ) и карбоната натрия, так как оба реагируя в растворе одновременно образуют синий осадок ( $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ ) и газ ( $\text{CO}_2$ ). Целесообразным будет использование именно хлорида меди (II), так как по условиям других реакции хлорид меди (II) не подходит.



Вторая реакция включает в себя растворения  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  с помощью кислоты. В нашем случае у нас имеется лишь одна кислота —  $\text{H}_2\text{SO}_4$



Третья реакция является электролизом одной из соли меди —  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  или  $\text{CuSO}_4$ . Из обеих подходящим будет сульфат меди, так как если прочесть условия пятой реакции, можно догадаться что идет реакция разложение нитрата меди.



Четвертая реакция является термическим разложением  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ .



Пятая реакция является термическим разложением  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ .



В шестой реакции были использованы растворы  $\text{CuSO}_4$  и  $\text{NaI}$ , взаимодействия которых дает два осадка.



За определение одной реакции в уравненном виде — 3 баллов

За определение одной реакции не уравненном виде — 2 балла

## Задача №4. Физика в химии

Автор: Жақсылықов А.

### 4.1 (2 балла)

Сгорание метана сопровождается выделением энергии, значит реакция экзотермическая (1 балл).

По уравнению реакции видно, что при сгорании 1 моль метана выделяется 890 кДж энергии. Составив пропорцию, можно найти количество сгоревшего метана:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ моль} - 890 \text{ кДж} \\ x - 9.5 \text{ кДж} \end{array}$$

---

$$x = 0.01 \text{ моль}$$

За нахождение количества сгоревшего метана 1 балл. Соответствующие ответы в единицах измерения массы, в количестве атомов или в объеме при указанных условиях принимаются. Здесь и далее число значимых цифр не оценивается. Всего за пункт — 2 балла.

### 4.2 (4 балла)

Для начала найдем количество теплоты, нужное для разогрева воды. Поскольку плотность воды равна  $1 \text{ г см}^{-3}$ , 1.7 л воды соответствуют 1.7 кг воды. Количество теплоты, которое уходит на нагревание воды без изменения фазы высчитывается по формуле  $Q = mc\Delta T$ , до которой можно догадаться, основываясь на единицах измерения удельной теплоемкости воды. Подставляя значения, получаем нужное количество теплоты (2 балла).

$$Q = 1.7 \text{ кг} \cdot 4184 \text{ Дж кг}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot (95 - 20) \text{ }^\circ\text{C} = 533.46 \text{ кДж}$$

С помощью метода из первого пункта вычисляем нужное количество метана (1 балл).

$$n = \frac{533.46 \text{ кДж}}{890 \text{ кДж}} = 0.599 \text{ моль}$$

При н.у. 1 моль газа занимает объем в 22.4 л. В таком случае находим нужный объем метана для разогрева воды (1 балл).

$$V = 0.599 \text{ моль} \cdot 22.4 \text{ л моль}^{-1} = 13.4 \text{ л}$$

Всего за пункт — 4 балла. За ответ без вычислений 0 баллов.

#### 4.3 (2 балла)

При более высокой температуре молекулы газа движутся быстрее. Из-за этого количество столкновений со стенками контейнера повышается и сами столкновения становятся сильнее, что вызывает увеличение давления. Давление газа превышает внешнее давление, поэтому газ расширяется до того момента, пока его давление снова не окажется равным внешнему давлению. За полное объяснение с использованием МКТ — 2 балла.

#### 4.4 (2 балла)

КПД является отношением полезной работы к общему количеству теплоты, переданной от нагревателя газу. Таким образом:

$$\eta = \frac{1300 \text{ кДж} - 780 \text{ кДж}}{1300 \text{ кДж}} = 0.4 \text{ (или 40\%)}$$

За верное КПД — 2 балла.

#### 4.5 (2 балла)

Колба открыта, значит давление равно давлению помещения, в котором она находится, то есть атмосферному давлению. Масштабы реакции проходящей в колбе не так велики, чтобы выделяющиеся газы заметным образом повлияли на давление помещения, поэтому давление с очень хорошей точностью можно считать постоянным (2 балла). За любой ответ без верного объяснения 0 баллов.

#### 4.6 (3 балла)

Вычисляем изменение энергии Гиббса для этой реакции (1 балл):

$$\Delta_r G = -98\,000 \text{ Дж} - 298 \text{ К} \cdot 63 \text{ Дж К}^{-1} = -116.8 \text{ кДж}.$$

Изменение энергии Гиббса отрицательное, значит реакция будет протекать самопроизвольно при комнатной температуре (1 балл).

В задаче указано, что энтальпия равна тепловому эффекту реакции с отрицательным знаком. Тогда тепловой эффект положительный, тепло в ходе реакции выделяется, значит она экзотермическая (1 балл).

Всего за пункт — 3 балла.

**4.7 (5 баллов)**

Если на систему будет действовать внешняя сила, которая тянет молекулы газа в сторону одной из стенок, молекулы газа начнут скапливаться около этой стенки контейнера вместо того, чтобы равномерно распределяться по всему контейнеру. Скапливаться будут до того момента, пока никакая молекула уже не сможет подойти ближе к стенке (1 балл).

Примером с прохожим процессом может послужить атмосфера нашей планеты. Молекулы воздуха распределены в ней не равномерно — чем дальше мы отходим от планеты (выше, если говорить об одной точке на Земле), тем более разреженным становится воздух (4 балла). За другой обоснованный пример ставится полный балл.

Всего за пункт — 5 баллов.

## Задача №5. pH

Автор: Бекхожин Ж.

**5.1 (2 балла)**

$$\begin{aligned} [H^+] &= [OH^-] \\ [H^+] &= \sqrt{K_w} = 10^{-7} \text{ М} \\ \text{pH} &= 7 \end{aligned} \tag{1}$$

**2 балла** за правильный pH, **1.5 балла** если указана только концентрация ионов водорода.

**5.2 (1 балл)**

$$[H^+] = 10^{-6} \text{ М}$$

**1 балл**

**5.3 (1 балл)**

$$[H^+] = 10^{-2} \text{ М}$$

**1 балл**

**5.4 (3 балла)**

$$\text{pH} = \frac{\text{pK}_a - \log_{10}(0.1)}{2} = \frac{4.75 - (-1)}{2} = 2.875$$

**3 балла** за любой ответ в пределах  $\pm 5\%$  от данного значения, 0 за все остальное.

**5.5 (3 балла)**

Для pH 2:

$$\frac{[\text{протонирован}]}{[\text{депротонирован}]} = 10^{4-2} = 100$$

Для pH 7:

$$\frac{[\text{протонирован}]}{[\text{депротонирован}]} = 10^{4-7} = 0.001$$

**1.5 балла** за каждое соотношение.