Константы

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

Задача №1. Молекулярная Трансформация

Всего	Вес(%)
5	9

Автор: Мадиева М.

1.1 (5 баллов)

Начнем с конца задачи. Светло-голубой газ с резким запахом — это озон O_3, который в промышленности получают из кислорода в озонаторах с использованием электрического разряда:

$$3\,O_2 \longrightarrow 2\,O_3$$

Соответсвенно, бесцветное вещество – газообразный кислород O_2, который при температуре −183°C переходит в жидкую фазу. Жидкий кислород имеет характерный светло-голубой цвет и обладает парамагнитными свойствами, что связано с наличием двух неспаренных электронов в молекуле.
За полный правильный ответ и уравнение реакции – 5 баллов.

Задача №2. Погоня

2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	Всего	Вес(%)
2	1	4	4	3	14	14

Автор: Бисенәли С.

2.1 (2 балла)

Разница в скорости между волком и химиком равна $v_w - v_c$, а начальная дистанция d_0. Поэтому время будет $t = \frac{d_0}{v_w - v_c}$.

2.2 (1 балл)

$$CaCO_3 + 2\,HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$$

2.3 (4 балла)

Чтобы волк не догнал юного химика, его скорость должна как минимум увеличиться до v_w. Поэтому закон сохранения момента можно расписать как:

$$\sum p_{in} = \sum p_f$$
$$m_0 \cdot v_c = m_f \cdot v_w$$
$$m_f = \frac{m_0 \cdot v_c}{v_w} \quad (1\text{ балл})$$

Разница в массах будет:

$$\Delta m = m_0 - m_f = m_0 - \frac{m_0 \cdot v_c}{v_w} = m_0\left(1 - \frac{v_c}{v_w}\right) \quad (1\text{ балл})$$

Эта масса должна выделиться как CO_2, который в 1 : 1 соотношении с $CaCO_3$. Отсюда вывод, что

$$m(CaCO_3) = \Delta m \cdot \frac{100}{44} = m_0\left(1 - \frac{v_c}{v_w}\right) \cdot \frac{100}{44} = m_0\left(1 - \frac{v_c}{v_w}\right) \cdot \frac{25}{11} \quad (2\text{ балла})$$

2.4 (3 балла)

Юный Химик выливает HCl массой $1000n$ см^3 мин$^{-1}$ $\cdot$ 1.18 г см$^{-3}$ = $1180n$ г мин$^{-1}$ (1 балл). За t минут масса составит $m(\text{HCl}) = 1180n \cdot t$. В мольном соотношении 1 к 1 это приводит к выделению CO_2 массой $m(CO_2) = \frac{44}{36.5} \cdot 1180n \cdot t$ (1 балл) за время t в минутах. Поэтому, изменение массы на единицу времени будет t $\Delta m = \frac{44}{36.5} \cdot 1180n$ г мин$^{-1}$ (1 балл).

2.5 (4 балла)

Из пункта 1 если химик ничего не предпримет, то волк догонит его через t:

$$t = \frac{d_0}{v_w - v_c} = \frac{1000}{15 - 10} = 200\,\text{с} \quad (1\ \text{балл})$$

Из пункта 3 минимальная масса Δm, которую надо потерять химику:

$$\Delta m = m_0(1 - \frac{v_c}{v_w}) = 100(1 - \frac{10}{15}) = 33.3\,\text{кг} \quad (1\ \text{балл})$$

Из пункта 4, изменение массы за временя t:

$$\Delta m = \frac{44}{36.5} \cdot 1180n \cdot t$$

Чтобы потерять 33.33 кг необходимо время t:

$$t = \frac{\Delta m \cdot 36.5}{44 \cdot 1180 \cdot n} = \frac{33.33 \cdot 10^3 \cdot 36.5}{44 \cdot 1180 \cdot 10} = 2.34\,\text{мин} \approx 140\,\text{с} \quad (1\ \text{балл})$$

Вывод: Юный Химик сумеет доставить HCl, $CaCO_3$ на практический тур, хоть и не в полном количестве (1 балл).

Задача №3. Дело об убийстве благородного кузнеца

Всего	Вес(%)
14	17

Автор: Молдағұл Ә.

3.1 (14 баллов)

При сжигании As_2S_3 получается As_2O_3:
1) $2\,As_2S_3 + 9\,O_2 \longrightarrow 2\,As_2O_3 + 6\,SO_2$
Водород получаемый при растворении металла в кислоте - сильный восстановитель. При этом мышьяк (III) восстанавливается до арсина AsH_3:
2) $As_2O_3 + 6\,Zn + 12\,HCl \longrightarrow 6\,ZnCl_2 + 2\,AsH_3 + 3\,H_2O$
При пропускании арсина через стеклянную трубку происходит его разложение:
3) $2\,AsH_3 \longrightarrow 2\,As + 3\,H_2$
Мышьяк окисляется перокидом водорода до мышьяка (V).
4) $2\,As + 8\,H_2O_2 + 8\,NH_3 \longrightarrow 2\,(NH_4)_3AsO_4 + 8\,H_2O + N_2$
Арсин восстанавливает серебро (I):
5)$AsH_3 + 6\,AgNO_3 + 3\,H_2O \longrightarrow 6\,Ag + H_3AsO_3 + 6\,HNO_3$

A–As_2O_3, **B**–AsH_3, **C**–As

За определение **A, B, C – 2 балла**

За реакции 1 и 3 по – **1 баллу**; За остальные реакции по – **2 балла**
Итого **14 баллов**

Примечание:
Если ученик вместо арсина пишет As_2H_4 выдается полный балл и за вещество **B** и за реакции с его участием. Если в **5-ой реакции** ученик пишет $As,H_3AsO_4,As_2O_3,As_2O_5$ вместо H_3AsO_3 выдается полный балл. Если ученик пишет As_2O_5 вместо As_2O_3 выдается полбалла за вещество **A** и **реакцию 1** при этом за реакцию 2 выставляется полный балл.

Задача №4. pH Кислотных Растворов

4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	Всего	Вес(%)
1	3	4	1	3	12	15

Автор: Илюсизов Р.

4.1 (1 балл)

$$pH = -\lg([H_3O^+]) = -\lg(C_0) = -\lg(0.15) = 0.82$$

4.2 (3 балла)

Без пренебрежения получается квадратное уравнение:

$$[H_3O^+]^2 + K_a \cdot [H_3O^+] - K_a \cdot C_0 = 0$$

Положительным корнем будет $[H_3O^+] = 1.61 \cdot 10^{-3}$, тогда $pH = 2.79$

Если пренебречь $[H_3O^+]$ в знаменателе, то $pH = -\lg(\sqrt{K_a \cdot C_0}) = 2.79$. При данных условиях пренебрежение оправдано. 2 балла за первый ответ, 1 за второй. 0 баллов за ответы без решения.

4.3 (4 балла)

Нужно решить уравнение:

$$\left|\frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4 \cdot K_a \cdot C_0}}{2} - \sqrt{K_a \cdot C_0}\right| = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4 \cdot K_a \cdot C_0}}{2} \cdot 0.05$$

Отсюда:

$$C_0 = 0.00182M$$

2 балла за составление уравнения, 2 за решение. Итого 4 балла за пункт

4.4 (1 балл)

$$[H_3O^+] = [OH^-] + [A^-]$$

4.5 (3 балла)

Можно выразить $[A^-]$ как $C_0 \cdot \alpha_{A^-}$, $\alpha_{A^-} = \frac{K_a}{K_a + [H_3O^+]}$, а $[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]}$

$$[H_3O^+] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} + \frac{C_0 \cdot K_a}{K_a + [H_3O^+]}$$

$$[H_3O^+] = 1.61 \cdot 10^{-3} M$$

За выражение всех членов уравнения – 2 балла, за решение – 1 балл. 0 баллов за ответ без решения.

Задача №5. Синтез Жизни

5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	Всего	Вес(%)
1	3	4	1	3	12	15

Автор: Илюсизов Р.

5.1 (1 балл)

Тогда на одно ядро гелия (2 протона и 2 нейтрона) приходилось 12 протонов. (1 балл за расчет)

$$w_{He} = \frac{1 \cdot 4}{1 \cdot 4 + 12} = 0.25 = 25\%$$

5.2 (3 балла)

Изначально имелись протоны и нейтроны, из которых нужно как-то получить гелий-4. Изначально возможна лишь одна реакция (Здесь и далее, любые реакции, в которых хотя-бы один из продуктов или реагентов является несуществующим изотопом, по типу ^2He, оцениваются в 0 баллов).

$$p + n \longrightarrow d$$

Слияние двух ядер дейтерия может приводить к двум возможным вариантам:

$$d + d \longrightarrow {}^3H + p$$

$$d + d \longrightarrow {}^3He + n$$

В дальнейших реакциях образуется гелий-4:

$$d + {}^3H \longrightarrow {}^4He + n$$

$$d + {}^3He \longrightarrow {}^4He + p$$

Далее могут получаться бериллий-7 и литий-7

$$^3He + {}^4He \longrightarrow {}^7Be$$

$$^3H + {}^4He \longrightarrow {}^7Li$$

За 2 и более реакций, имеющих смысл (к таковым относятся содержащие подходящие ядра и не содержащие несуществующих изотопов) выдается 1 балл. Если приведена имеющая смысл последовательность реакций, ведущая от протона и нейтрона к гелию-4, выдается еще 1 балл. За разумные предположения о формировании других ядер и соотвествующие реакции – еще 1 балл. Итого 3 балла за пункт.

5.3 (3 балла)

Запишем обе реакции:

$$^4He + {}^4He \longrightarrow {}^8Be$$

$$^8Be + {}^4He \longrightarrow {}^{12}C$$

$\Delta m_1 = 2 \cdot 4.002602 - 8.005305 = -1.01 \cdot 10^{-4}$ а.е.м.

$E_1 = 931.5 \cdot (-1.01 \cdot 10^{-4}) = -0.094$ МэВ

$\Delta m_2 = 4.002602 + 8.005305 - 12.000000 = 7.907 \cdot 10^{-3}$ а.е.м.

$E_2 = 931.5 \cdot 7.907 \cdot 10^{-3} = 7.37$ МэВ

$E_{общая} = E_1 + E_2 = 7.27$ МэВ

По 1.25 балла за значения первых двух энергий, 0.5 за общую. Итого 3 балла.

5.4 (1 балл)

Можно заметить, что они не формируются в основных процессах нуклеосинтеза. 1 балл за это или аналогичное обьяснение.

5.5 (4 балла)

$$^{12}C + {}^1H \longrightarrow {}^{13}N$$

$$^{13}N \longrightarrow {}^{13}C + e^+$$

$$^{13}C + {}^1H \longrightarrow {}^{14}N$$

$$^{14}N + {}^1H \longrightarrow {}^{15}O$$

$$^{15}O \longrightarrow {}^{15}N + e^+$$

$$^{15}N + {}^1H \longrightarrow {}^{12}C + {}^4He$$

За полностью правильный цикл – 4 балла. Если есть отдельные правильные реакции – 0.5 балла за каждую.