



**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

**ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЭКЗАМЕН
для учащихся инженерных классов (11 класс) города Москвы**

*Консультация «Решение задач по теоретической части
предпрофессионального экзамена»
(Химия)*

*Авторы: Дмитриев А.Н., ассистент кафедры «Медико-технические
информационные технологии» МГТУ им. Н.Э. Баумана*



Типы задач

- **Задачи на концентрацию ионов вещества**
- **Задачи на оценку массовой доли вещества**
- **Задачи на расчет энергетических процессов**
- **Задачи на вычисления рН**
- **Задачи на полураспад**

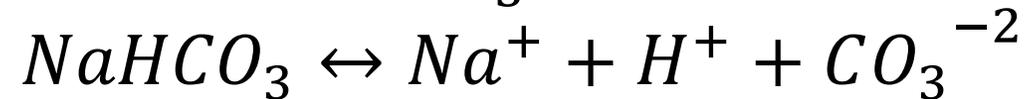
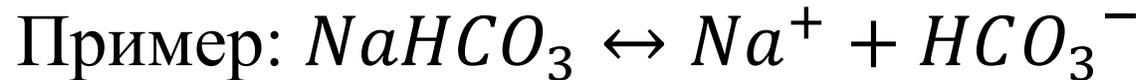
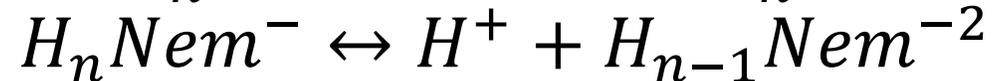


Вещество в растворе

Диссоциация соли



Многоступенчатая диссоциация:



Однако, степень диссоциации у разных веществ различна, так диссоциация $NaHCO_3$ преимущественно идет по первой ступени



Примеры диссоциации различных солей





Суммарная молярная концентрация ионов в растворе

Молярная концентрация это отношение количества вещества к единице объема раствора (моль/л)

Суммарная молярная концентрация ионов в растворе это отношение суммы количества вещества каждого их ионов в растворе к общему объему этого

раствора:
$$C_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n \nu_i}{V}$$

Например, в $\alpha = 0,9\%$ физиологическом растворе, плотностью $\rho = 1$ г/мл.

NaCl диссоциирует на катион и анион: $NaCl \leftrightarrow Na^+ + Cl^-$, тогда число ионов в растворе будет в 2 раза больше изначального числа молекул NaCl.

Суммарная молярная концентрация ионов в растворе



Масса $NaCl$ будет равна:

$$m_{NaCl} = \frac{\alpha \cdot m_{p-pa}}{100};$$

Масса раствора:

$$m_{p-pa} = \rho \cdot V;$$

Количество вещества $NaCl$:

$$\nu_{NaCl} = \frac{m_{NaCl}}{M_{NaCl}};$$

Суммарная молярная концентрация:

$$C_{\Sigma} = \frac{2 \cdot \nu_{NaCl}}{V};$$

Получаем систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_{NaCl} = \frac{\alpha \cdot m_{p-pa}}{100} \\ m_{p-pa} = \rho \cdot V \\ \nu_{NaCl} = \frac{m_{NaCl}}{M_{NaCl}} \\ C_{\Sigma} = \frac{2 \cdot \nu_{NaCl}}{V} \end{array} \right.$$

$$C_{\Sigma} = \frac{2 \cdot \alpha \cdot \rho}{100 \cdot M_{NaCl}}; [C_{\Sigma}] = \frac{\Gamma}{\text{мл} \cdot \left(\frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}}\right)} = \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{мл}}$$

$$C_{\Sigma} = \frac{2 \cdot \alpha \cdot \rho}{100 \cdot (M_{Na} + M_{Cl})} = \frac{2 \cdot 0.9 \cdot 1}{100 \cdot (23 + 35,5)} \approx 3 \cdot \frac{10^{-4} \text{МОЛЬ}}{\text{мл}} = 0.3 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{л}}$$

Пример решения задачи на оценку суммарной молярной концентрации (Условие)

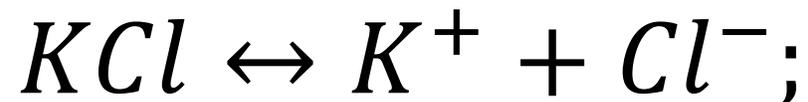


Препарат Трисоль – многокомпонентный раствор, который вводят внутривенно при холере, острой дизентерии и пищевой токсикоинфекции. Раствор содержит 5 г хлорида натрия, 1 г хлорида калия и 4 г гидрокарбоната натрия, доведенные до объема 1 л водой для инъекций. Рассчитайте суммарную молярную концентрацию ионов в этом растворе (моль/л). Диссоциацией и гидролизом иона гидрокарбоната можно пренебречь. Ответ приведите с точностью до тысячных.

Пример решения задачи на оценку суммарной молярной концентрации (Решение)



Запишем основные химические уравнения диссоциации
КОМПОНЕНТОВ:



Получается, что из n молей вещества $NaCl$ образуется $2n$ молей ионов, из t молей KCl образуется $2t$ молей ионов, а из k молей $NaHCO_3$ образуется, при неполной диссоциации (по условию задачи), $2k$ молей соответствующих ионов.

Пример решения задачи на оценку суммарной молярной концентрации (Решение)



$$C_{\Sigma} = \frac{2 \cdot (v_{NaCl} + v_{KCl} + v_{NaHCO_3})}{V};$$

$$v_{NaCl} = \frac{m_{NaCl}}{M_{NaCl}};$$

$$v_{KCl} = \frac{m_{KCl}}{M_{KCl}};$$

$$v_{NaHCO_3} = \frac{m_{NaHCO_3}}{M_{NaHCO_3}};$$

$$M_{NaCl} = M_{Na} + M_{Cl};$$

$$M_{KCl} = M_K + M_{Cl};$$

$$M_{NaHCO_3} = M_{Na} + M_H + M_C + 3M_O;$$

$$C_{\Sigma} = \frac{2}{V} \cdot \left(\frac{m_{NaCl}}{M_{Na} + M_{Cl}} + \frac{m_{KCl}}{M_K + M_{Cl}} + \frac{m_{NaHCO_3}}{M_{Na} + M_H + M_C + 3M_O} \right)$$

$$[C_{\Sigma}] = \frac{1}{L} \cdot \left(\frac{\Gamma}{\frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} + \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}}} + \frac{\Gamma}{\frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} + \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}}} + \frac{\Gamma}{\frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} + \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} + \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} + \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}}} \right) =$$

$$= \frac{1}{L} \left(\frac{\Gamma \cdot \text{МОЛЬ}}{\Gamma} + \frac{\Gamma \cdot \text{МОЛЬ}}{\Gamma} + \frac{\Gamma \cdot \text{МОЛЬ}}{\Gamma} \right) = \frac{\text{МОЛЬ}}{L}$$

$$C_{\Sigma} = \frac{2}{1} \cdot \left(\frac{5}{23 + 35,5} + \frac{1}{39 + 35,5} + \frac{4}{23 + 1 + 12 + 3 \cdot 16} \right)$$

$$= 2 \cdot \left(\frac{5}{58,5} + \frac{1}{74,5} + \frac{4}{84} \right) = 0,292 \frac{\text{МОЛЬ}}{L}$$



Задача на массовую долю. Условие

При внутривенном введении гипертонических растворов глюкозы повышается осмотическое давление крови, усиливается ток жидкости из тканей в кровь, повышаются процессы обмена, улучшается дезинтоксикационная функция печени, расширяются сосуды, увеличивается диурез. Рассчитайте массу глюкозы, которая необходима для приготовления 400 мл 40%-го раствора (плотность раствора 1540 кг/м^3). Ответ запишите с точностью до десятых.



Задача на массовую долю. Решение

$$\text{Массовая доля глюкозы: } \omega(C_6H_{12}O_6) = \frac{m(C_6H_{12}O_6)}{m_{\text{р-ра}}}$$

$$V_{\text{р-ра}} = 400 \text{ мл} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

При этом масса раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = \rho V_{\text{р-ра}} = 1540 \cdot 4 \cdot 10^{-4} = 616 \text{ г}$$

Значит, масса глюкозы:

$$m(C_6H_{12}O_6) = \omega m_{\text{р-ра}} = 0,4 \cdot 616 = 246,4 \text{ г}$$

Задача на удельную калорийность. Условие.



Удельная калорийность сахарозы Q равна 19 кДж/г. Рассчитайте количество сахара, необходимое бегуну, чтобы пробежать 5 км со скоростью 10 км/час, если средний расход энергии ($E_{\text{ср}}$) при беге составляет 38 кДж/мин.



Задача на удельную калорийность. Условие

Рассчитываем количество минут необходимое бегуну для преодоления дистанции в 5 км.

$$t = 5/10 = 1/2 \text{ часа} = 30 \text{ мин}$$

$$E = E_{\text{ср}} \cdot t = 38 \frac{\text{кДж}}{\text{мин}} \cdot 30 \text{ мин} = 1140 \text{кДж}$$

Количество сахара необходимое бегуну:

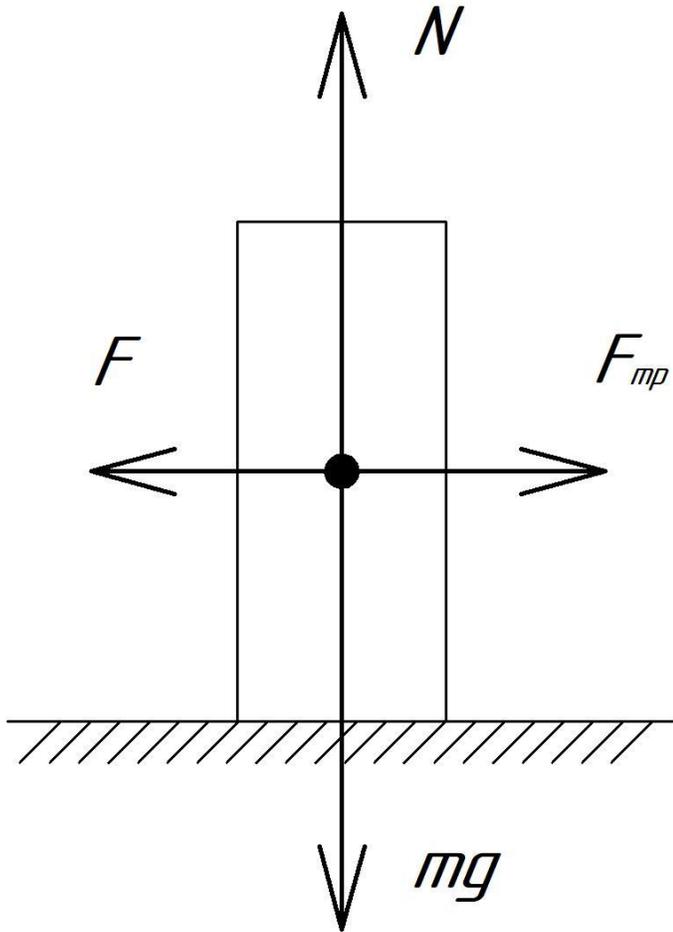
$$m = \frac{E}{Q} = \frac{1140 \text{кДж}}{19 \frac{\text{кДж}}{\text{г}}} = 60 \text{ г}$$



Задача на энергетические процессы. Условие

Конькобежец, массой 50 кг, после интенсивной тренировки проехал еще 10 км, в результате чего в мышечных клетках происходит гликолиз. В ходе гликолиза при расщеплении 1 молекулы глюкозы синтезируется 2 молекулы АТФ. При совершении активного движения происходит выделение 40 кДж энергии из 1 моля АТФ, часть энергии расходуется на движение, а часть выделяется в тепло, КПД принять равным 60%. Оцените массу расщепленной глюкозы при гликолизе, если коэффициент трения скольжения равен 0.02. Ответ округлите до целых.

Задача на энергетические процессы. Решение.



Запишем уравнения для сил, действующих на конькобежца:

$$F_{\text{тр}} = N \cdot \mu;$$

$$N - mg = 0;$$

Работа по преодолению силы трения будет равна:

$$A = F_{\text{тр}} \cdot l;$$

Эта работа совершается за счет образовавшийся энергии E при гликолизе:

$$A = E\eta;$$

Эта энергия образуется при расщеплении АТФ:

$$E = Q_c \cdot \nu_{\text{АТФ}};$$



Задача на энергетические процессы. Решение

Масса глюкозы будет равна:

$$m_{C_6H_{12}O_6} = \nu_{C_6H_{12}O_6} \cdot M_{C_6H_{12}O_6};$$
$$M_{C_6H_{12}O_6} = 6M_C + 12M_H + 6M_O;$$

Так как при гликолизе при расщепления 1 молекулы глюкозы синтезируется 2 молекулы АТФ, то можно записать соотношение количества соответствующих веществ:

$$\nu_{C_6H_{12}O_6} = \frac{1}{2} \cdot \nu_{\text{АТФ}};$$

Таким образом получаем систему уравнений:

$$m_{C_6H_{12}O_6} = \frac{1}{2} \cdot (6M_C + 12M_H + 6M_O) \cdot \frac{mg\mu l}{\eta Q_c}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{\text{тр}} = N \cdot \mu; \\ N - mg = 0; \\ A = F_{\text{тр}} \cdot l \\ A = E\eta; \\ E = Q_c \cdot \nu_{\text{АТФ}}; \\ m_{C_6H_{12}O_6} = \nu_{C_6H_{12}O_6} \cdot M_{C_6H_{12}O_6}; \\ M_{C_6H_{12}O_6} = 6M_C + 12M_H + 6M_O; \\ \nu_{C_6H_{12}O_6} = \frac{1}{2} \cdot \nu_{\text{АТФ}} \end{array} \right.$$



Задача на энергетические процессы. Решение

$$\begin{aligned} [m_{C_6H_{12}O_6}] &= 1 \cdot \left(\frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} + \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} + \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} \right) \cdot \frac{\text{КГ} \cdot \text{М} \cdot \text{М}}{c^2 \left(\frac{\text{ДЖ}}{\text{МОЛЬ}} \right)} = \\ &= \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} \cdot \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}^2 \cdot \text{МОЛЬ}}{c^2 \cdot \text{КГ} \left(\frac{\text{М}^2}{c^2} \right)} = \frac{\Gamma \cdot \text{КГ} \cdot \text{М}^2 \cdot c^2}{c^2 \cdot \text{КГ} \cdot \text{М}^2} = \Gamma \end{aligned}$$

$$m_{C_6H_{12}O_6} = \frac{1}{2} \cdot (6 \cdot 12 + 12 + 6 \cdot 16) \cdot \frac{50 \cdot 10 \cdot 0.02 \cdot 10 \cdot 10^3}{0.6 \cdot 4 \cdot 10^4} = 180 \cdot \frac{10 \cdot 10 \cdot 10^3}{4.8 \cdot 10^4} = 375g$$



Задача на рН. Условие

При повышенном содержании соляной кислоты в желудке применяют различные фармацевтические средства для нейтрализации кислой среды. Одним из них является выпускаемый в таблетках гидрокарбонат натрия. Такие средства обладают определенными недостатками при применении, однако могут быть использованы для некоторых случаев. Оцените массу препарата необходимого для изменения *pH* от *1.7* до *2.1*, объем желудка *1л*, *pH* – кислотный показатель, численно равный отрицательному десятичному логарифму концентрации ионов водорода. Ответ округлите до десятых.

Задача на рН. Решение



Запишем выражения для рН до и после нейтрализации кислой среды желудка, соответственно: $pH_1 = -\lg(C_{H_1^+})$ (1); $pH_2 = -\lg(C_{H_2^+})$ (2);

Соответствующие концентрации будут равны: $C_{H_1^+} = \frac{V_{H_1}}{V}$ и $C_{H_2^+} = \frac{V_{H_2}}{V}$

Ионы водорода образуются за счет диссоциации: $HCl \leftrightarrow H^+ + Cl^-$;

Таким образом, основной вклад в формирование рН среды желудка вносит концентрация соляной кислоты.

Запишем уравнения нейтрализации:



Таким образом, часть соляной кислоты прореагирует с гидрокарбонатом, это уменьшит концентрацию ионов водорода. Запишем уравнение изменения количества ионов водорода:

$$V_{H_1} - V_{H_2} = V_{NaHCO_3}$$



Задача на рН. Решение

Масса гидрокарбоната, соответственно, будет равна:

$$m_{NaHCO_3} = v_{NaHCO_3} \cdot M_{NaHCO_3};$$
$$M_{NaHCO_3} = M_{Na} + M_H + M_C + 3M_O;$$

Перепишем формулы вычисления рН (1),(2), чтобы выразить концентрации:

$$pH_1 = -\lg(C_{H_1^+}); \quad pH_2 = -\lg(C_{H_2^+});$$

Потенцируем приведенные выше выражения:

$$10^{pH_1} = 10^{-\lg(C_{H_1^+})}; \quad 10^{pH_2} = 10^{-\lg(C_{H_2^+})};$$

$$10^{pH_1} = \frac{1}{C_{H_1^+}}; \quad 10^{pH_2} = \frac{1}{C_{H_2^+}};$$

$$C_{H_1^+} = \frac{1}{10^{pH_1}}; \quad C_{H_2^+} = \frac{1}{10^{pH_2}};$$

Таким образом получаем систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{H_1^+} = \frac{1}{10^{pH_1}}; \\ C_{H_2^+} = \frac{1}{10^{pH_2}}; \\ C_{H_1^+} = \frac{v_{H_1}}{V}; \\ C_{H_2^+} = \frac{v_{H_2}}{V}; \\ v_{H_1} - v_{H_2} = v_{NaHCO_3}; \\ m_{NaHCO_3} = v_{NaHCO_3} \cdot M_{NaHCO_3}; \\ M_{NaHCO_3} = M_{Na} + M_H + M_C + 3M_O; \end{array} \right.$$



Задача на рН. Решение

Решая систему уравнений получаем:

$$m_{NaHCO_3} = (M_{Na} + M_H + M_C + 3M_O) \cdot (10^{-pH_1} - 10^{-pH_2}) \cdot V;$$

$$[m_{NaHCO_3}] = \left(\frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} + \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} + \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} + \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} \right) \cdot \left(\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} - \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} \right) \cdot \text{Л} = \frac{\Gamma}{\text{МОЛЬ}} \cdot \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} \cdot \text{Л} = \Gamma$$

$$m_{NaHCO_3} = (23 + 1 + 12 + 3 \cdot 16) \cdot (10^{-1.7} - 10^{-2.1}) \cdot 1 \approx 1\text{г};$$



Задача на период полураспада. Условие

Натрия иодид 131 используется в клинической практике как радионуклидное средство при терапии различных онкологических заболеваний. Период полураспада составляет 8 суток. Оцените массу (ответ выразите в 10^{-9} г) распавшегося за неделю 131 , если в начальный момент времени пациенту ввели $2 \cdot 10^{-9}$ г иодида натрия. Ответ запишите с точностью до десятых.



Задача на период полураспада. Решение

Запишем закон радиоактивного распада:

$$N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

Так как число распавшихся атомов прямо пропорциональна массе распавшихся атомов:

$$m(t) = M \cdot \frac{N(t)}{N_0};$$

То можно переписать закон радиоактивного распада в виде:

$$m(t) = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

Выразим массу радиоактивного йода из Иодида натрия:

$$m_{I^{131}} = \frac{m_{NaI^{131}}}{M_{NaI^{131}}} \cdot M_{I^{131}};$$

$$M_{NaI^{131}} = M_{Na} + M_{I^{131}};$$

По условию задачи нужно найти массу именно распавшегося йода:

$$m_r(t) = m_0 - m(t);$$

Решая уравнения получаем:

$$m_r(t) = \left(\frac{m_{NaI^{131}}}{M_{Na} + M_{I^{131}}} \cdot M_{I^{131}} \right) \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \right);$$

Подставляя численные значения получаем:

$$m_r \approx 0,77 \cdot 10^{-9} \approx 0,8 \cdot 10^{-9} \text{ г}$$

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!