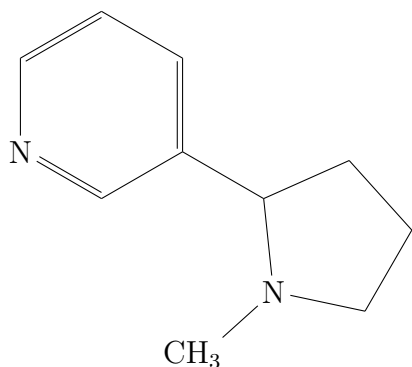


Задание 1. Основность никотина (*Имаш Инсар*)

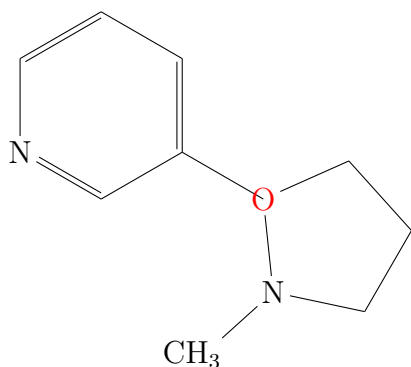
Никотин - вещество вызывающее привыкание у человека. Оно используется в основном в табачных изделиях и электронных сигаретах. Команда АСbВ призывает всех участников никогда не пробовать данное вещество на себе.

Структура никотина:

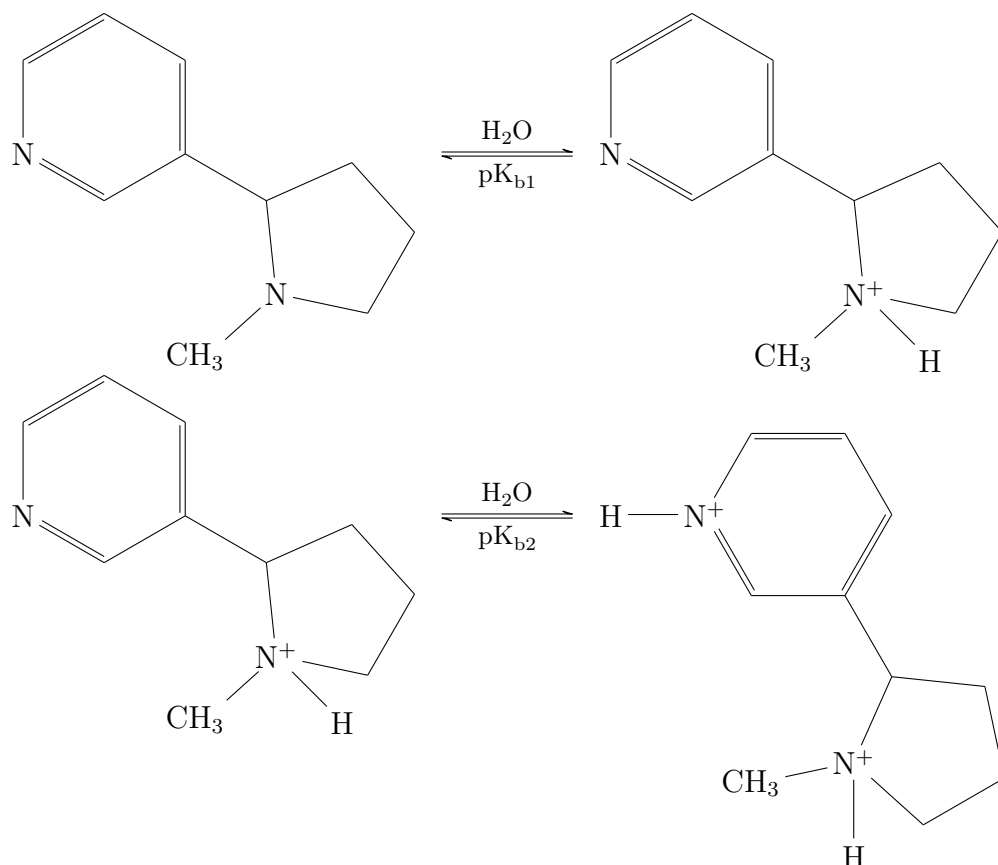


Исследования показали, что S изомер никотина биологически активнее, чем R изомер.

- (1) Укажите атом, который является хиральным центром в молекуле никотина (1 балл)



Сам никотин имеет 2 азота, которые могут протонироваться водой.



- (2) Посчитайте pH в жиже вейпа с 0.1M содержанием никотина. (Предположите, что жижа это водный раствор никотина, $pK_{b1}=5.9$, $pK_{b2}=10.59$, вторую ступень протонирования можете не учитывать) (3 балл)

Соответственно: $10^{-pK_{b1}} = \frac{[HA^+][OH^-]}{[A]}$

$$10^{-pK_{b1}} = \frac{[OH^-]^2}{0.1 - [OH^-]}$$

$$10^{-5.9} = \frac{[OH^-]^2}{0.1 - [OH^-]}$$

$$[OH^-] \approx 3.54 \cdot 10^{-4} \Rightarrow pOH = -\log_{10}[OH^-] \approx 3.45 \Rightarrow pH = 10.55$$

- (3) pH крови равен 7.4, какая форма никотина будет преобладать в крови человека? (1 балл)

$pK_{b1} = 5.9$ и $pK_{b2} = 10.59$, значение находится между этими значениями, значит преобладающая форма никотина будет единожды, то есть HA^+

Примечание: принимать доказательство расчётом значений $\alpha(HA^+)$, графиком зависимости $\alpha(HA^+)$ от pH или другими методами которые имеют аналитический смысл.

Задание 2. Логика в аналитике (Шакир Жаксылык)

Выражение для мольной доли одной из форм кислоты от общей концентраций кислоты можно вывести исходя из уравнения материального баланса и выражения констант диссоциации кислот. Например, для одноосновной кислоты с константой диссоциации K выражения 1 мольных долей A и будут:

$$a_{A^-} = \frac{K_1}{K_1 + [H^+]}$$

$$a_{HA} = \frac{K_1}{K_1 + [H^+]}$$

В случае двухосновных кислот с константами диссоциации K_1 и K_2 для первой и второй степеней соответственно, уравнения для мольных долей трех разных форм кислоты будут:

$$a_{A^{2-}} = \frac{K_1 K_2}{K_1 K_2 + K_1 [H^+] + [H^+]^2}$$

$$a_{HA^-} = \frac{K_1 [H^+]}{K_1 K_2 + K_1 [H^+] + [H^+]^2}$$

$$a_{H_2A} = \frac{[H^+]^2}{K_1 K_2 + K_1 [H^+] + [H^+]^2}$$

- (1) Напишите выражения для мольных долей всех форм H_3PO_4 (3 балл)

По примерам выше, очевидно что тут есть тренд и выражение для мольных долей 4-ех форм H_3PO_4 будут:

$$\alpha_{H_3PO_4} = \frac{[H^+]^3}{K_1 K_2 K_3 + K_1 K_2 [H^+] + K_1 [H^+]^2 + [H^+]^3}$$

$$\alpha_{H_2PO_4^-} = \frac{K_1 [H^+]^2}{K_1 K_2 K_3 + K_1 K_2 [H^+] + K_1 [H^+]^2 + [H^+]^3}$$

$$\alpha_{HPO_4^{2-}} = \frac{K_1 K_2 [H^+]}{K_1 K_2 K_3 + K_1 K_2 [H^+] + K_1 [H^+]^2 + [H^+]^3}$$

$$\alpha_{PO_4^{3-}} = \frac{K_1 K_2 K_3}{K_1 K_2 K_3 + K_1 K_2 [H^+] + K_1 [H^+]^2 + [H^+]^3}$$

За каждую форму по 0.75 баллов

- (2) Рассчитайте значения мольных долей всех форм H_3PO_4 при pH = 9. Значения K_1, K_2, K_3 констант диссоциации приведены ниже: $pK_1=2.1$; $pK_2=7.2$; $pK_3=12.0$ (2 балл)

Подставляя цифры под формулу должны выйти значения:

$$\alpha_{H_3PO_4} = 1,962 \cdot 10^{-9}$$

$$\alpha_{H_2PO_4^-} = 0,0156$$

$$\alpha_{HPO_4^{2-}} = 0,983$$

$$\alpha_{PO_4^{3-}} = 9,834 \cdot 10^{-4}$$

За каждую форму по 0.5 баллов

Задание 3. Алхимия (Имаш Инсар)

История химии начинается с алхимии. Помимо игры Genshin Impact, где Алхимией занимается Альбедро, эта псевдонаука была популярна в Китае, Индии и Египте.

Чаще всего алхимики хотели получить из неблагородных металлов, по типу свинца, благородные, вроде золота.

Давайте предположим, что нам это получилось, и в результате β^+ распада мы получили стабильный изотоп $^{197}_{79}Au$

- (1) Из какого элемента мы получили золото? Напишите реакцию радиоактивного распада. (1 балл)

Золото мы получили из ртути(Hg) (0.5 балл)

Реакция распада: ${}^{197}_{80}\text{Hg} \rightarrow {}^{197}_{79}\text{Au} + {}^0_{+1}\beta$ (0.5 балл)

Алхимик, открывший данный распад очень обрадовался, ведь теперь можно получать золото! Но к сожалению период полураспада изотопа из пункта 1 равен 2 годам.

- (2) Расчитайте массу золота, который мы получили реакцией из 1 подпункта. Наш алхимик варил золото на протяжении недели из 2 килограмм исходного вещества. (3 балл)

Если за $t_{1/2}$ распадается половина, значит за t распадается $1 - (1/2)^{t/t_{1/2}}$ часть (разрешается любое решение если оно имеет математический смысл и верна идейно)

Количество секунд в году $2 * 365 * 24 * 60 * 60 = 63072000$ секунд (0.5 балл)

Количество секунд в неделе $7 * 24 * 60 * 60 = 604800$ секунд (0.5 балл)

Количество вещества ртути $n(\text{Hg}) = 2 * 1000 / 197 \approx 10.1523$ моль (0.5 балл)

Часть которая распалась $\Delta n(\text{Hg}) = n(\text{Hg}) * (1 - (1/2)^{t/t_{1/2}}) \approx 0.067255$ моль (0.5 балл)

Масса распавшейся части $\Delta n(\text{Hg}) = \Delta n(\text{Au}) \Rightarrow m(\text{Au}) = \Delta n(\text{Au}) * M_r(\text{Au}) \approx 13.25$ грамм золота (1 балл)

Пенализировать за использования атомных масс из таблицы менделеева, т.к. в нашем случае присутствует только 1 специфический изотоп элемента.

Хотя на тот момент люди не задумывались об этом, но золото имеет 79 протонов каждый из которых имеет положительный заряд.

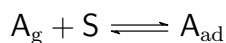
- (3) Расчитайте, сколько протонов образовалось из подпункта 2. Какой заряд получится если сложить заряды всех полученных алхимией протонов? (1 балл)

Из предыдущего подпункта количество вещества золота который выделился $n(\text{Au}) = 0.067255$ значит $N(p) = 79 * N(\text{Au}) = 79 * n(\text{Au}) * N_A = 79 * 0.067255 * 6.02 * 10^{23} \approx 3.20 * 10^{24}$ (0.5 балл)

Значит общий заряд $Q = N(p) * e = 3.2 * 10^{24} * 1.6 * 10^{-19} \approx 511$ кС (0.5 балл)

Задание 4. Адсорбция для чайников (*Жаксылык Шакир*)

Модель адсорбции Ленгмюра объясняет адсорбцию, предполагая, что адсорбат ведет себя как идеальный газ в изотермических условиях. Согласно модели, адсорбция и десорбция являются обратимыми процессами. Эта модель даже объясняет влияние давления, т.е. в этих условиях парциальное давление адсорбата, p_A зависит от его объема V , адсорбированного на твердом адсорбенте. Предполагается, что адсорбент, как показано на рисунке, представляет собой идеальную твердую поверхность, состоящую из ряда отдельных участков, способных связывать адсорбат. Связывание адсорбата рассматривается как химическая реакция между газообразной молекулой адсорбата A_g и пустое место сорбции S . Эта реакция дает адсорбированные частицы A_{ad} с соответствующей константой равновесия K_{eq} :



Уравнение адсорбции Ленгмюра имеет следующий вид:

$$\theta_A = \frac{K_{eq} p_A}{1 + K_{eq} p_A}$$

Модель предполагает, что адсорбция и десорбция являются элементарными процессами, где скорость адсорбции r_{ad} и скорость десорбции r_d определяются выражениями:

$$r_{ad} = k_{ad} p_A [S]$$

$$r_d = k_d [A_{ad}]$$

- (1) В состоянии равновесия скорость адсорбции равна скорости десорбции. Выведите выражение для K_{eq} (2 балл)

$$\begin{aligned} r_{ad} &= r_d \\ k_{ad} p_A [S] &= k_d [A_{ad}] \\ \frac{[A_{ad}]}{p_A [S]} &= \frac{k_{ad}}{k_d} = K_{eq} \end{aligned}$$

- (2) Выведите выражение для уравнение адсорбции Ленгмюра, если мы определяем θ_A , как:

$$\theta_A = \frac{[A_{ad}]}{[S_0]}.$$

(подсказка: $[S_0] = [S] + [A_{ad}]$.)

(3 балл)

$$\begin{aligned} [S_0] &= [S] + [A_{ad}] \\ [S_0] &= \frac{[A_{ad}]}{K_{eq} p_A} + [A_{ad}] = \frac{1 + K_{eq} p_A}{K_{eq} p_A} [A_{ad}] \\ \theta_A &= \frac{[A_{ad}]}{[S_0]} = \frac{K_{eq} p_A}{1 + K_{eq} p_A} \end{aligned}$$

Задание 5. Мамина серёжка (Жаксылык Шакир)

Юный химик Санжар увидел что его мама забыла свою сережку и захотел побаловаться. На сережке было написано что она содержит только цинк и серебро. Он забрал ее в школьную лабораторию и измерил вес. Масса сережки была равна $m = 8.65$ г. После этого Санжар приготовил 252 граммов 5 процентного раствора азотной кислоты и кинул туда сережку, после окончания реакций от сережки и следа не осталось и Санжар собрал весь газ и его объем составил 1.12 (н.у).

- (1) Вычислите массовые доли каждого из металлов в сережке, если известно что выделившийся газ бинарный и его молярная масса равна 30 г/моль. (3 балл)

В реакций металлов с азотной кислотой могут выделяться только газы N_2 , NO , NO_2 . В нашем же случае $M(\text{газа}) = 30 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Получается в реакции азотной кислоты с обеими металлами в качестве продукта выделяется именно NO (0.5 балл):



(0.5 балл)

Общее количество NO будет $n(\text{NO}) = \frac{1,12}{22,4}$ моль. Обозначим моль к Ag как x и моль Zn как y . Количество NO образовавшихся из Ag и Zn будут соответственно $13x$ и $23y$ $= 0,05$. А масса исходной смеси будет соответственно $108x + 65y = 8,65$. Получается система уравнений:

$$\begin{cases} \frac{1}{3}x + \frac{2}{3}y = 0,05 \\ 108x + 65y = 8,65 \end{cases}$$
$$x = 0,05$$

(0.5 балл)

$$y = 0,05$$

(0.5 балл)

А дальше массы будут $m(\text{Ag}) = 5,4\text{г}$ и $m(\text{Zn}) = 3,25\text{г}$ (по 0.5 баллов за каждую массу)

(2) Вычислите массовые доли солей в образовавшемся растворе. (2 балла)

Конечная масса раствора будет $m(\text{раствора}) + m(\text{смеси}) - m(\text{NO})$. Масса будет $m = 252 + 8,65 - 0,05 \cdot 30 = 259,15\text{ г}$. Количество оставшейся кислоты $n(\text{HNO}_3) = 252 \cdot 0,0563 - 43 \cdot 0,05 - 83 \cdot 0,05 = 0$. Кислота прореагировала полностью, следовательно в растворе есть только AgNO_3 и $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$. $m(\text{AgNO}_3) = 0,05 \cdot 170 = 8,5\text{г}$ и $m(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 0,05 \cdot 189 = 9,45\text{г}$. Массовые доли соответственно:

$$\alpha(\text{AgNO}_3) = 3,28\%$$

$$\alpha(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 3,65\%$$

(по 1 баллу за каждую массовую долю)

Задание 6. Простая неорганика (Коршымбек Диас)

Образец сплава двух элементов при нагревании в избытке концентрированной азотной кислоты дает смесь газов, которые пропустили через избыток раствора гидроксида кальция при этом выпало белого осадка. При разложении этого белого осадка выделяется газ с резким запахом. К оставшемуся раствору добавили избыток раствора гидроксида натрия, в результате выпал бурый осадок, при прокаливании которого образуется коричневый осадок. Запишите все упомянутые в задаче реакции, а также определите неизвестные элементы.

(5 балл)

Смесь элементов дает смесь газов, обычно при растворении элементов в азотной кислоте выделяется лишь NO_2 , это наводит на мысль, что один из элементов неметалл. Возможные варианты неметалла: углерод и сера. Газовая смесь при пропускании через гидроксид кальция дает белый осадок, получается осадок у нас CaCO_3 либо CaSO_3 . При разложении осадка выделяется газ с резким запахом, под это описание подходит CaCO_3 , которое выделяет SO_2 . Элемент - сера. Нитрат второго элемента при реакции с гидроксидом натрия образует бурый осадок. Возможные варианты: марганец и железо. Но при прокаливании образуется коричневый осадок. Остается лишь один вариант и это марганец.

Реакции:





За каждую реакцию 0.5 баллов. За нахождение NO_2 , S, SO_2 , Mn, CaSO_3 , $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mn}(\text{O}(\text{OH})_2$, MnO_2 по 0.5 баллов

Задание 7. Газовые смеси (Коршыбек Диас)

Газовая смесь, состоящая из водорода, оксида углерода (II) и этена, имеет плотность по водороду 7,5. Определите состав этой смеси в процентах по объему, если известно, что на сжигание одного объема этой смеси требуется 1,125 объема кислорода (н. у.).

(5 балл)

Смесь H_2 , CO, C_2H_4

Реакции:



$$M_{\text{cp}} = 7.5 \cdot 2 = 15$$

$$2x + 28y + 28z = 15$$

$$x + y + z = 1$$

$$0.5x + 0.5y + 3z = 1.125$$

$$x = 0.5, \quad y = 0.25, \quad z = 0.25$$

$$\chi(\text{H}_2) = 50\%, \quad \chi(\text{CO}) = 25\%, \quad \chi(\text{C}_2\text{H}_4) = 25\%$$

За каждую реакцию и за среднюю массу газа по 0.25 баллов, за верное составление системы уравнения 2.5 балла, за каждую мольную долю по 0.5 балл.

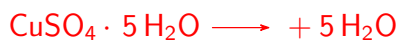
Задание 8. Криссталогидрат (Коршыбек Диас)

При растворении пентагидрата X образуется голубой раствор. При добавлении к этому раствору гидроксида натрия выпадает синий осадок.

- (1) Определите вещество X и напишите упомянутые реакции. Насыщенный раствор при 600° массой 300 г охладил до 200° , в результате этого выпал пентагидрат X массой m г. (1.5 балл)

X это $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0.5 балл)

Реакции:



За каждую реакцию по 0.5 баллов

- (2) Вычислите m, если растворимость X при 600° 50 г, а при 200° равна 25 г. (3.5 балл)

$$m(\text{CuSO}_4) = 300 \times \frac{50}{150} = 100 \text{ г}$$

$$\frac{100 - 160x}{300 - 250x} = \frac{25}{125}$$

$$50x = m, \quad x = 0.3636, \quad m = 90.91 \text{ г}$$

За массу CuSO_4 0.5 балл, за составление правильного уравнения 1 балл, за правильную массу 2 балла.

Задание 9. Термодинамика (Махмудов Мансур)

Через проводник, опущенный в сосуд с водой, объемом 1.8л стали пропускать электрический ток, силой 3А, за 300 минут вся вода испарилась. Найдите молярную энтальпию испарения воды, если сопротивление всего проводника 24 Ом, а сопротивление источника тока - 1 Ом. $Q = I^2 R t$ (5 балл)

Найдем общее сопротивление, оно складывается из сопротивления проводника и источника тока:

$$R = 24 + 1 = 25 \Omega$$

(1 балл)

Теперь можем найти количество теплоты по закону Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 R t = 9 \cdot 25 \cdot 18000 = 4050 \text{ kJ}$$

(1 балл)

Найдем количество воды:

$$\nu(H_2O) = \frac{m}{M} = \frac{1800}{18} = 100 \text{ mol}$$

(1 балл)

Найдем молярную теплоту и следовательно энтальпию испарения:

$$Q = \Delta H = \frac{4050 \text{ kJ}}{100 \text{ mol}} = 40.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

(2 балл)

Задание 10. Что за это элемент? (Диас Қоршыбек)

Элемент А имеет несколько аллотропных модификации встречающихся в природе. Оксид элемента А переходит из одной фазы в другую при минус 78° . Причем конечная фаза часто обнаруживается в газированных напитках.

- (1) Напишите 3 аллотропных модификации элемента А. (3 балл)

Описание А подходит углероду. Аллотропные модификации: графит, алмаз, фуллерен (другие указанные аллотропные модификации тоже считаются). По 1 баллу за каждое название аллотропного вещества

- (2) Как называется описанный фазовый переход оксида элемента А. (1 балл)

Сублимация

- (3) Напишите 2 вещества входящих в состав Coca-cola. (1 балл)

Фосфорная кислота, кофеин, бензоат натрия. По 0.5 баллов за каждое название.