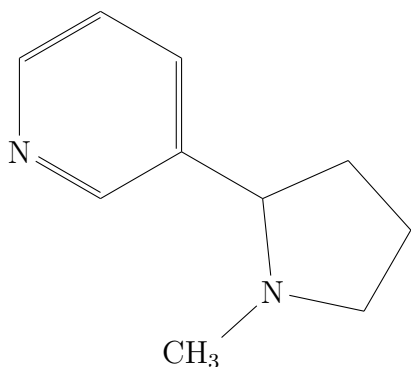


Задание 1. Основность никотина (*Имаш Инсар*)

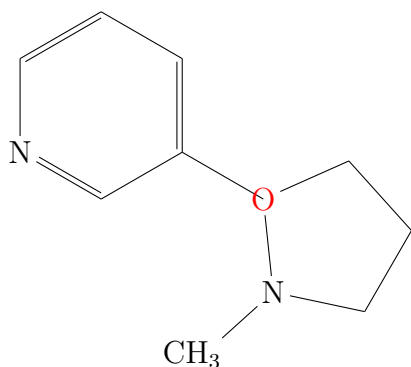
Никотин - вещество вызывающее привыкание у человека. Оно используется в основном в табачных изделиях и электронных сигаретах. Команда АСbВ призывает всех участников никогда не пробовать данное вещество на себе.

Структура никотина:

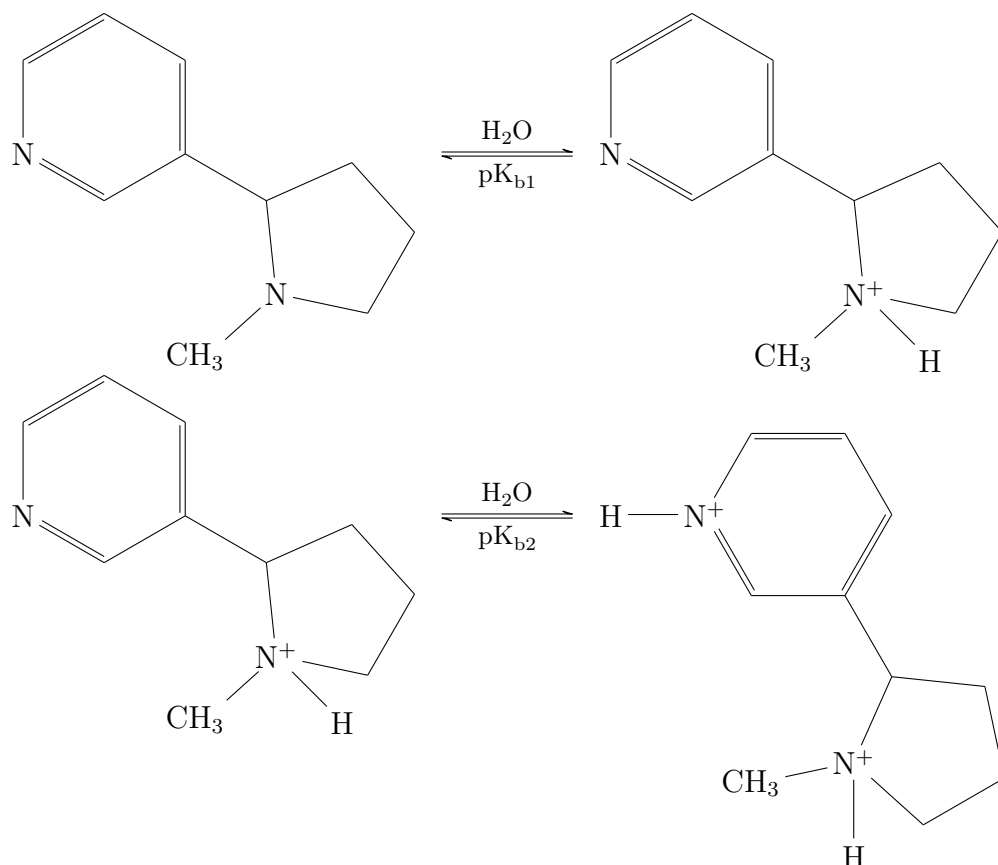


Исследования показали, что S изомер никотина биологически активнее, чем R изомер.

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

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

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

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

- (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. ДНК (Ким Кирилл)

ДНК - двухцепочечная спираль, которая содержит всю информацию о строении организма. Все эти терабайты данных состоят всего из 4 азотистых оснований (гуанин, тимин, аденин, цитозин) разбитых по комплиментарным парам, которые соединяются двумя, либо тремя водородными связями. Ниже приведен пример одной цепи ДНК:

ACGGTCCAGT

- (1) Напишите структуру комплиментарной цепи, пользуясь сокращенными названиями азотистых оснований. (2.5 балл)
 1. Аденин комплиментарен тимину, а гуанин цитозину, поэтому правильная комплиментарная цепь выглядит так: TGCCAGGTCA
- (2) Рассчитайте сколько энергии потребуется для разрушения данной спирали на две отдельные цепи, учитывая, что средняя энергия водородной связи 5,9 кДж/моль. (2.5 балл)
 Аденин связан с тимином двумя водородными связями, а тимин с цитозином тремя. Суммарная энергия на разрушение всех связей считается таким образом: $(2 \times 4 + 3 \times 6) \times 5.9 = 153.4$

Задание 3. 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 ступеней 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 $\text{pH} = 9$. Значения ЗРО_4 констант диссоциации приведены ниже: $\text{pK}_1=2.1$; $\text{pK}_2=7.2$; $\text{pK}_3=12.0$
(2 балл)

Подставляя цифры под формулу должны выйти значения:

$$\alpha_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 1,962 \cdot 10^{-9}$$

$$\alpha_{\text{H}_2\text{PO}_4^-} = 0,0156$$

$$\alpha_{\text{HPO}_4^{2-}} = 0,983$$

$$\alpha_{\text{PO}_4^{3-}} = 9,834 \cdot 10^{-4}$$

За каждую форму по 0.5 баллов

Задание 4. 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 $^{197}_{79}\text{Au}$

- (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.

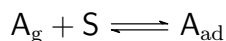
- (3) Расчитайте, сколько протонов образовалось из подпункта 2. Какой заряд получится если сложить заряды всех полученных алхимией протонов? (1 балл)

Из предыдущего подпункта количество вещества золота который выделился $n(Au) = 0.067255$ значит $N(p) = 79 * N(Au) = 79 * n(Au) * N_a = 79 * 0.067255 * 6.02 * 10^{23} \approx 3.20 * 10^{24}$ (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 5. 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)

$$r_{ad} = r_d$$

$$k_{ad} p_A [S] = k_d [A_{ad}]$$

$$\frac{[A_{ad}]}{p_A [S]} = \frac{k_{ad}}{k_d} = K_{eq}$$

- (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)

$$[S_0] = [S] + [A_{ad}]$$

$$[S_0] = \frac{[A_{ad}]}{K_{eq} p_A} + [A_{ad}] = \frac{1 + K_{eq} p_A}{K_{eq} p_A} [A_{ad}]$$

$$\theta_A = \frac{[A_{ad}]}{[S_0]} = \frac{K_{eq} p_A}{1 + K_{eq} p_A}$$

Задание 6. Мамина серёжка (*Жаксылык Шакир*)

Юный химик Санжар увидел что его мама забыла свою серёжку и захотел побаловаться. На серёжке было написано что она содержит только цинк и серебро. Он забрал ее в школьную лабораторию и измерил вес. Масса серёжки была равна $m = 8.65$ г. После этого Санжар приготовил 252 граммов 5 процентного раствора азотной кислоты и кинул туда серёжку, после окончания реакций от серёжки 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 серёжке, если известно что выделившийся газ бинарный и его молярная масса равна 30 г/моль. (3 балла)

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 $n(NO) = \frac{1.12}{22.4}$ моль. Обозначим моль 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 $m(Ag) = 5,4g$ и $m(Zn) = 3,25g$ (по 0.5 баллов за каждую массу)

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

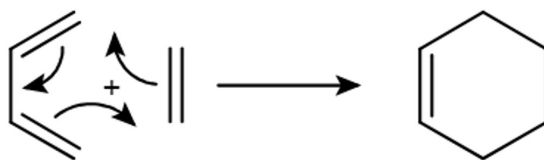
Конечная масса раствора будет $m(\text{раствора}) + m(\text{смеси}) - m(NO)$. Масса будет $m = 252 + 8,65 - 0,05 \cdot 30 = 259,15$ г. Количество оставшейся кислоты $n(HNO_3) = 252 \cdot 0,0563 - 43 \cdot 0,05 - 83 \cdot 0,05 = 0$. Кислота прореагировала полностью, следовательно в растворе есть только $AgNO_3$ и $Zn(NO_3)_2$. $m(AgNO_3) = 0,05 \cdot 170 = 8,5g$ и $m(Zn(NO_3)_2) = 0,05 \cdot 189 = 9,45g$. Массовые доли соответственно:

$$\alpha(AgNO_3) = 3,28\%$$

$$\alpha(Zn(NO_3)_2) = 3,65\%$$

(по 1 баллу за каждую массовую долю)

Задание 7. Кинетика (*Махмудов Мансур*)



Реакция Дильса-Альдера является элементарной реакцией, т.е. порядок реакции по веществу равен его стехеометрическому коэффициенту. Начальная концентрация диена равна 2М, алкена - 3М, начальная скорость реакции $r(t=0)=0.01525$ моль/(л×мин). Найдите скорость реакции когда образовалось 0.5М циклогексена. (5 балл)

Для удобства обозначим алкадиен и диен, как A и B , соответственно.

Найдем константу скорости:

$$k = \frac{0.1525}{2 \cdot 3} = 2.54 \cdot 10^{-3} \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$$

Найдем скорость, когда образовалось 0.5М циклогексена:

$$r = k [A] [B] = k (3 - 0.5) (2 - 0.5) = 9.1875 \cdot 10^{-3} \text{ М} \cdot \text{мин}^{-1}$$

1 балл за реакцию; 1 балл за константу скорости; 3 балла за скорость.

Задание 8. pH

Нурлан Сайлаубекулы не смог посчитать pH раствора $c(\text{HCl}) = 0.01\text{М}$, и попросил Мади посчитать. какой pH?: (5 балл)

a)2

b)4

c)1

d)0.2

Задание 9. Термодинамика (Махматов 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:

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

(1 балл)

Найдем количество воды:

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

(1 балл)

Найдем молярную теплоту и следовательно энтальпию испарения:

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

(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.