Задание экспериментального тура РХО-2024 для 11 класса.
г. Павлодар

Иодометрическое определение содержания йода в поваренной соли

(Время для выполнения работы – 3 часа). ***Всего -30 баллов.***

Йод является одним из важных микроэлементов для жизнедеятельности человека. Нехватка йода в рационе населения угрожает снижением его психических и физических способностей. В Казахстане, на большей части ее территории, существует недостаток йода в почве, воде и местной продовольственной продукции. Существующий дефицит йода компенсируют либо приемом йодсодержащих медицинских препаратов, либо потреблением йодированных пищевых продуктов, в частности йодированной соли. В настоящее время йодирование соли осуществляют добавлением к поваренной соли иодата калия (KJO_3).

По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) оптимальные суточные дозы потребления йода составляют 120 мкг – для детей школьного возраста (6-12 лет) и 150 мкг – для взрослых (от 12 лет и старше). Однако, чрезмерно высокое потребление йода может иметь отрицательные последствия и привести к развитию ряда заболеваний. Поэтому при создании иодообогащенных продуктов питания необходимо осуществлять строгий контроль содержания этого микроэлемента в готовом изделии.

Реагенты и оборудование

1. Поваренная соль йодированная
2. Тиосульфат натрия, 0,0025 М стандартный раствор $Na_2S_2O_3$
3. Йодид калия, 10 %-й водный раствор KJ
4. Серная кислота, 1 М раствор H_2SO_4
5. Индикатор – раствор крахмала
6. Бюретка мерная на 20,00 или 25,00 мл
7. Колбы конические для титрования на 250-300 мл
8. Весы технические, аналитические

Методика выполнения работы

Бюретку заполняют стандартным раствором тиосульфата натрия. Навеску исследуемой пробы йодированной соли массой *10 г* растворяют приблизительно в 100-120 мл дистиллированной воды в конической колбе вместимостью 250-300 мл. К полученному раствору добавляют 1 мл раствора 1 М серной кислоты и 5 мл раствора йодида калия с массовой долей 10%. Раствор перемешивают, закрывают колбу часовым стеклом и оставляем на 10 минут. Исследуемый раствор приобретает желтую окраску.

При постоянном перемешивании раствор титруют 0,0025 М раствором $Na_2S_2O_3$ до перехода окраски в светло-желтую. Затем в исследуемый раствор добавляют примерно 2 мл индикатора – раствора крахмала, при этом смесь должна приобрести темно-синюю окраску. Продолжают титрование до обесцвечивания раствора. Отмечают объем израсходованного на титрование раствора $Na_2S_2O_3$. Одновременно проводят три параллельных определения одной и той же пробы соли.

Рассчитайте содержание йода (J) в мкг/г йодированной соли.

Лист ответа

Задача № _____

Результаты титрования: C($Na_2S_2O_3$) = _____

m(навеска), грамм: *Объемы раствора $Na_2S_2O_3$ (мл):*

m_1 = _____ V_1 = _____

m_2 = _____ V_2 = _____

m_3 = _____ V_3 = _____

Среднее: *m(навеска)*= _____ Среднее: V($Na_2S_2O_3$) = _____

5 баллов

1. Напишите уравнения всех протекающих при титровании химических реакций. Подберите их стехиометрические коэффициенты ионно-электронным методом. Укажите факторы эквивалентности ($f_э$) всех веществ, участвующих в данных реакциях.

а) $2KIO_3 + 10KI + 6H_2SO_4 = 6I_2 + 6H_2O + 6K_2SO_4$

$5 \mid 10 \mid 2J^- - 2e^- \rightarrow I_2$

$1 \mid 2 \mid 2IO_3^- + 12H^+ + 10e^- \rightarrow I_2 + 6H_2O$

$10J^- + 2IO_3^- + 12H^+ = 6I_2 + 6H_2O$ *(до э.т.т.)*

$f_э(IO_3^-) = 1/5;\ f_э(I^-) = 1;\ f_э(I_2) = 1/2;$

б) $I_2 + 2Na_2S_2O_3 = 2NaI + Na_2S_4O_6$ *(в э.т.т.)*

$1 \mid 2 \mid I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$

$1 \mid 2 \mid 2S_2O_3^{2-} - 2e^- \rightarrow S_4O_6^{2-}$

$I_2 + 2S_2O_3^{2-} = 2I^- + S_4O_6^{2-}$

$f_э(I_2) = 1/2;\ f_э(I^-) = 1;\ f_э$ *(тиос.)* $= 1;$

6 (3+3) баллов

---

2. К какому способу титрования относится данное определение, в чем его суть?

Заместительное титрование:
KIO_3 – окислитель, определяемое вещество;
I_2 – заместитель KIO_3;
KI, $Na_2S_2O_3$ – восстановители;
$Na_2S_2O_3$ – титрант;

$n_э(KIO_3) = n_э(I_2)$
$n_э(I_2) = n_э$ *(тиос.)*

$n_э(KIO_3) = n_э$ *(тиос.)*

2 б.

3. Какие условия необходимо соблюдать при выполнении йодометрического титрования?

1) Восстановление KIO_3 идет в кислой среде (H_2SO_4).

2) Избыток KI нужен: а) для смещения равновесия реакции (а) – вправо;
б) для увеличения растворимости $I_2\uparrow$ ($I_2 + I^- \rightarrow I_3^-$).

3) Индикатор крахмал нужно добавлять в конце титрования, когда основная часть I_2 будет оттитрована.

2 б.

4. Рассчитайте константы равновесии ($K_{равн.}$) всех химических реакции (а) и потенциал редокс-

системы в эквивалентной точке титрования ($E_{э.т.}$) (б).

$E^0(JO_3^-,H^+/J^0)$ = +1,20 В; $E^0(J_2/2J^-)$ = +0,54 В; $E^0(S_4O_6^{2-}/2S_2O_3^{2-})$= +0,22 В.

а) I – реакция: $lgK_p^{'} = \frac{\left(E^0_{\frac{IO_3^-}{I^0}} - E^0_{\frac{I_2}{2I^-}}\right)\cdot 10}{0,059} = \frac{(1,20-0,54)\cdot 10}{0,059}$

lg $lgK_p^{'}$ = 112; $K_p^{'} = 10^{112}$; $K_p^{'} = 10^{112} \gg 10^8$ – реакция идет до конца

II – реакция: $lgK_p^{''} = \frac{\left(E^0_{\frac{I_2}{2I^-}} - E^0_{\text{тиос.}}\right)\cdot n}{0,059} = \frac{2\cdot(0,54-0,22)}{0,059}$;

$lgk_p^{''}$ = 10,85≈11; $lgk_p^{''} = 10^{11} > 10^8$ - реакция идет до конца

3 б.

б) В эквивалентной точке в системе присутствуют редокс-пары $I_2/2I^-$ и $S_4O_6^{2-}/2S_2O_3^{2-}$:

$E_{э.т.} = \frac{n_1\cdot E^0_{\frac{I2}{2I^-}} + n_2\cdot E^0_{\text{тиос.}}}{n_1+n_2} = \frac{2\cdot 0,54+2\cdot 0,22}{2+2} = \frac{2\cdot 0,76}{4}$;

$E_{э.т.}$ = +0,38 В.

2 б.

5. Расчет содержания йода (*мкг/г*) в исходной навеске поваренной соли:

$m(I) = \frac{C_э^{\text{тиос.}}\cdot \overline{V}_{\text{тиос.}}\cdot M_э(I)\cdot 10^6}{1000\cdot m(\text{нав.})} = \frac{C_э^{\text{тиос.}}\cdot \overline{V}_{\text{тиос.}}\cdot M_э(I)\cdot 10^3}{m(\text{нав.})}$

$M_э(I^0) = f_э\cdot M(I) = 1/5\cdot 126,9 = 25,38$

3 б.

6. Какими другими химическими методами можно количественно определить содержание йода в пищевых продуктах? Приведите соответствующие реакции.

1) Аскорбинометрия:

$AK_{Red} + KIO_3 \xrightarrow{+6H^+} AK_{Ox} + KI + 3H_2O$

2) Титрование с солью Мора ($FeSO_4\cdot(NH_4)_2SO_4$)

$6FeSO_4+KIO_3+3H_2SO_4=3Fe_2(SO_4)_3+KI+H_2O$

Или $6Fe^{2+} + IO3^- + 6H^+ = 6Fe^{3+} + I^- + 3H_2O$

2 б.

---

7. Рассчитайте доверительный интервал значений масс йода, полученных в результате эксперимента.

Подсказка:

$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i-\bar{x})^2}{n-1}}$

$\bar{x} \pm t_{0,95}*\frac{S}{\sqrt{n}}$

$t_{0,95} = 4,303$

5 б.

Всего:

Члены жюри:

11-сыныпқа арналған РХО-2024 тәжірибелік турының тапсырмасы
Павлодар қаласы

Ас тұзындағы йодтың мөлшерін иодометрлік анықтау

(Жұмысты орындау уақыты - 3 сағат) **Барлығы - 30 балл**

Йод-адам өмірі үшін маңызды микроэлементтердің бірі. Адам ағзасында йодтың жетіспеушілігі оның психикалық және физикалық қабілеттерінің төмендеуіне әкеп соқтырады. Қазақстан аумағының көп бөлігінде топырақта, суда және жергілікті азық-түлік өнімдерінде йод жетіспейді. Йод тапшылығын құрамында йод бар медициналық препараттарды және йодталған тағамдық өнімдерді, соның ішінде йодталған тұзды пайдалану арқылы толтыруға болады. Қазіргі кезде тұзды йодтау үшін калий йодаты *(KJO_3)* қолданылады.

Халықаралық денсаулық сақтау ұйымының шешімі бойынша адам ағзасындағы йодтың тәуліктік дозасы: мектеп жасындағы балалар (6-12 жас) үшін 120 мкг; ересек азаматтар (12 жастан жоғары) үшін – 150 мкг құрайды. Дегенмен йодты шамадан тыс пайдалану көптеген аурулар түрлерін тудырады. Сол себепті йодпен байытылған тағамды дайындамас бұрын оның құрамын қатаң түрде бақылауға алу керек.

Реагенттер мен құрал-жабдықтар

1. Йодталған ас тұзы
2. Натрий тиосульфатының стандартты ерітіндісі, $C(Na_2S_2O_3) = 0{,}0025$ М
3. Калий йодидінің сулы ерітіндісі, 10 % *KJ*
4. Күкірт қышқылы ерітіндісі, 1 М H_2SO_4
5. Индикатор – крахмал ерітіндісі
6. 20,00 не 25,00 мл көлемге арналған өлшеуіш бюретка
7. Титрлеуге арналған сиымдылығы 250-300 мл конустық колбалар
8. Техникалық, аналитикалық таразылар

Жұмыстың орындалуы

Өлшеуіш бюретка натрий тиосульфаты ерітіндісімен толтырылады. Зерттелетін йодталған тұз үлгісінен массасы *10 г* өлшенді алынып, ол көлемі 250 мл-лік титрлеу колбасында шамамен 100-120 мл дистелденген суда ерітіледі. Алынған ерітіндіге 1 мл 1М H_2SO_4 және 5 мл 10% *KJ* ерітінділері қосылады. Ерітінді жақсылап араластырылып, беті шынымен жабылып, 10 минутқа қалдырылады. Зерттелетін ерітіндінің түсі сары түске ауысады.

Зерттелетін ерітінді үнемі араластырыла отырылып, 0,0025 М $Na_2S_2O_3$ ерітіндісімен түсі ашық сарыға ауысқанша титрленеді де, оған шамамен 2 мл крахмал индикаторы қосылады, бұл кезде қоспаның түсі қою көк түске боялады. Титрлеу әрмен қарай ерітіндінің түсі түссізденгенше жалғастырылады да, жұмсалған титрант көлемі жазып алынады. Титрлеу үдерісі үш рет қайталанылады.

Йодталған тұз құрамындағы йодтың (J) мөлшерін (мкг/г) есептеңіз.

Жауап парағы

Есеп № _____

Титрлеу нәтижелері: $C(Na_2S_2O_3)$ = _____ ;

m(үлгі), грамм:	*$Na_2S_2O_3$ ерітіндісінің көлемі (мл):*
m_1 = _____	V_1 = _____
m_2 = _____	V_2 = _____
m_3 = _____	V_3 = _____

Орташасы: *m(үлгі)* = _____ Орташасы: $V(Na_2S_2O_3)$ = _____

5 балл

1. Титрлеу кезінде жүзеге асатын барлық химиялық реакциялардың теңдеулерін жазыңыз. Олардың стехиометриялық коэффициенттерін иондық электронды әдіспен таңдаңыз. Осы реакцияларға қатысатын барлық заттардың эквиваленттік факторларын ($f_э$) көрсетіңіз.

а) $2KIO_3 + 10KI + 6H_2SO_4 = 6I_2 + 6H_2O + 6K_2SO_4$

$5 \mid 10 \mid 2J^- - 2e^- \rightarrow I_2$

$1 \mid 2 \mid 2IO_3^- + 12H^+ + 10e^- \rightarrow I_2 + 6H_2O$

$10J^- + 2IO_3^- + 12H^+ = 6I_2 + 6H_2O$ *(т.э.н. дейін)*

$f_э(IO_3^-) = 1/5;\ f_э(I^-) = 1;\ f_э(I_2) = 1/2;$

б) $I_2 + 2Na_2S_2O_3 = 2NaI + Na_2S_4O_6$ *(т.э.н.)*

$1 \mid 2 \mid I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$

$1 \mid 2 \mid 2S_2O_3^{2-} - 2e^- \rightarrow S_4O_6^{2-}$

$I_2 + 2S_2O_3^{2-} = 2I^- + S_4O_6^{2-}$

$f_э(I_2) = 1/2;\ f_э(I^-) = 1;\ f_э$ *(тиос.)* $= 1;$

6 (3+3) балл

2. Бұл анықтау титрлеудің қандай тәсіліне жатады, оның мәні неде?

Орынбасу титрлеуі:
KIO_3 – тотықтырғыш; анықталатын зат;
I_2 – KIO_3 -тің орнын басушы;
KI, $Na_2S_2O_3$ – тотықсыздандырғыштар;
$Na_2S_2O_3$ – титрант;

$n_э(KIO_3) = n_э(I_2)$
$n_э(I_2) = n_э$ *(тиос.)*

$n_э(KIO_3) = n_э$ *(тиос.)*

2 б.

3. Йодометрлік титрлеуді орындау кезінде қандай шарттарды сақтау керек?

1) KIO_3 тотықсыздануы қышқылдық ортада (H_2SO_4) жүреді.
2) KI артық мөлшері: а) (а) – реакциясының тепе-теңдігін оңға ығыстыру үшін қажет;
б) иодтың ерігіштігін арттыру үшін қажет, $I_2\uparrow$ $(I_2 + I^- \rightarrow I_3^-)$.
3) Крахмал индикаторын титрлеудің соңында, яғни I_2-нің негізгі бөлігі титрленіп болғанда қосу қажет.

2 б.

4. Барлық химиялық реакциялар үшін тепе-теңдік тұрақтыларын ($К_{т-т}$) (а) және титрлеудің эквивалентті нүктесіндегі редокс жүйенің потенциалын ($Е_{э.н.}$) (б) есептеңіз.

$E^0(JO_3^-, H^+/J^0)$ = +1,20 В; $E^0(J_2/2J^-)$ = +0,54 В; $E^0(S_4O_6^{2-}/2S_2O_3^{2-})$= +0,22 В.

а) I – реакция: $lgK_p' = \frac{\left(E^0_{\frac{IO_3^-}{I^0}} - E^0_{\frac{I_2}{2I^-}}\right)\cdot 10}{0{,}059} = \frac{(1{,}20-0{,}54)\cdot 10}{0{,}059}$

lg lgK_p' = 112; K_p' = 10^{112}; K_p' = $10^{112} \gg 10^8$ – реакция соңына дейін жүреді

(56)

II – реакция: $lgK_p'' = \frac{\left(E^0_{\frac{I_2}{2I^-}} - E^0_{\text{тиос.}}\right)\cdot n}{0{,}059} = \frac{2\cdot(0{,}54-0{,}22)}{0{,}059}$;

lgk_p'' = 10,85≈11; lgk_p'' = 10^{11} > 10^8 – реакция соңына дейін жүреді

3 б.

б) эквивалентті нүктеде жүйеде $I_2/2I^-$ және $S_4O_6^{2-}/2S_2O_3^{2-}$ редокс-жұптары болады:

$E_{э.т.} = \frac{n_1\cdot E^0_{\frac{I2}{2I^-}} + n_2\cdot E^0_{\text{тиос.}}}{n_1+n_2} = \frac{2\cdot 0{,}54 + 2\cdot 0{,}22}{2+2} = \frac{2\cdot 0{,}76}{4}$;

$E_{э.т.}$ = *+0,38В.*

2 б.

5. Бастапқы ас тұзы үлгісіндегі йод мөлшерін (*мкг/г*) есептеу:

$m(I) = \frac{C_э^{\text{тиос.}}\cdot \overline{V}_{\text{тиос.}}\cdot M_э(I)\cdot 10^6}{1000\cdot m(\text{нав.})} = \frac{C_э^{\text{тиос.}}\cdot \overline{V}_{\text{тиос.}}\cdot M_э(I)\cdot 10^3}{m(\text{нав.})}$

$M_э(I^0) = f_э \cdot M(I) = 1/5\cdot 126{,}9 = 25{,}38$

3 б.

6. Азық-түлік құрамындағы йодтың мөлшерін басқа қандай химиялық әдістермен анықтауға болады? Тиісті реакцияларды келтіріңіз.

1) Аскорбинометрия:

$AK_{Red} + KIO_3 \xrightarrow{+6H^+} AK_{Ox} + KI + 3H_2O$

2) ($FeSO_4\cdot(NH_4)_2SO_4$) Мор тұзымен титрлеу:

$6FeSO_4+KIO_3+3H_2SO_4=3Fe_2(SO_4)_3+KI+H_2O$

Или $6Fe^{2+} + IO3^- + 6H^+ = 6Fe^{3+} + I^- + 3H_2O$

2 б.

---

7. Тәжірибе нәтижесінде алынған йод массасы мәндері бойынша сенімділік аралығын есептеңіз.

Кеңес:

$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$

$\bar{x} \pm t_{0,95} * \frac{S}{\sqrt{n}}$

$t_{0,95} = 4{,}303$

5 б.

Жалпы:

Қазылар алқасының мүшелері: