

**Задача №1 (50)**

Вычислите объем раствора соляной кислоты с титром 0,0050 г/мл, требуемый для нейтрализации 0,2000 г карбоната натрия до углекислого газа.

Дано:	$2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
$T(\text{HCl}) = 0,0050 \text{ г/мл}$	$C(\text{HCl}) = T(\text{HCl}) * 1000 / M(\text{HCl}) = 0,0050 * 1000 / 36,5 = 0,1369 \text{ моль/л}$
$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,07 \text{ г}$	$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль}$
$V(\text{HCl}) - ?$	$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,2000 / 106 = 0,0019 \text{ моль}$ $n(\text{HCl}) = 2 * n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 * 0,0019 = 0,0038 \text{ моль}$ $C = n/V \rightarrow V = n/C$ $V(\text{HCl}) = 0,0038 / 0,1369 = 0,0278 \text{ л} = 27,8 \text{ мл}$

**Задача №2 (71)**

Вычислите рН раствора, полученного при добавлении к объему  $V_1$  20 мл раствора вещества  $\text{HNO}_3$ , с концентрацией  $C$  0,1 моль/л объема  $V_2$  25 мл. раствора вещества  $\text{KOH}$  с концентрацией  $C$  0,100 моль/л.

Дано:	В 20 мл (0,02 л) 0,1 моль/л раствора $\text{HNO}_3$ содержится
$V_1(\text{HNO}_3) = 20 \text{ мл}$	$n = 0,02 * 0,1 = 0,002 \text{ моль HNO}_3$
$C_1(\text{HNO}_3) = 0,1 \text{ моль/л}$	$\text{HNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
$V_2(\text{KOH}) = 25 \text{ мл}$	Степень оттитрованности:
$C_2(\text{KOH}) = 0,1 \text{ моль/л}$	$f = C_{\text{щ}} V_{\text{щ}} / C_{\text{к}} V_{\text{к}} = 25 * 0,1 / 20 * 0,1 = 1,25, f > 1 \text{ тогда}$
$\text{pH}_{\text{р-ра}} - ?$	$[\text{H}^+] = (K_w / C_{\text{щ}} * (f - 1)) * (V_{\text{к}} / (V_{\text{к}} + V_{\text{щ}}))$ $[\text{H}^+] = (1 * 10^{-14} / 0,1 * (1,25 - 1)) * (20 / (20 + 25)) = 1,8 * 10^{-13}$ $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 1,8 * 10^{-13} = 12,74$

**Задача №3 (90)**

Рассчитайте степень чистоты ( в %) пробы, загрязненной  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , если для титрования 0,4 г этого вещества требуется 28,6 мл раствора  $\text{KMnO}_4$ , 1 мл которого содержит 5,98 мг  $\text{KMnO}_4$

Дано:	$M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 126 \text{ г/моль}$
-------	--

$m_{\text{пробы}}=0,4 \text{ г}$	
$V(\text{KMnO}_4) = 28,6 \text{ мл}$	$M(\text{KMnO}_4) = 158 \text{ г/моль}$
$\rho(\text{KMnO}_4) = 5,98 \text{ мг/мл}$	$m(\text{KMnO}_4) = \rho \cdot V = 5,98 \cdot 28,6 = 171,028 \text{ мг}$
$x - ?$	$\frac{158 \text{ г/моль}}{126 \text{ г/моль}} = \frac{171,028 \text{ г}}{m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})}$ $m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 126 \cdot 171,028 / 158 = 136,4 \text{ г}$ $\omega_{\text{ч.пр.}} = 263,6 \cdot 100\% / 400 = 65,9\%$

#### Задача №4 (110)

При титровании к объему 50 мл раствора вещества  $\text{TlCl}$  с молярной концентрацией эквивалента 0,10 моль/л добавили раствор вещества  $\text{CeCl}_4$  с молярной концентрацией эквивалента 0,10 моль/л. Рассчитайте потенциал в точках, соответствующим добавленному объему раствора В: а) 25 мл, б) 50 мл, в) 51 мл.

Дано:	$2\text{TlCl} + 4\text{CeCl}_4 \rightarrow 4\text{CeCl}_3 + 2\text{TlCl}_3$
$V(\text{TlCl})=20 \text{ мл}$	$\text{Tl}^+ - 2e \rightarrow \text{Tl}^{3+};$
$C(\text{TlCl})=0,1 \text{ моль/л}$	$\text{Ce}^{4+} + e \rightarrow \text{Ce}^{3+}$
$C(\text{CeCl}_4)=0,1 \text{ моль/л}$	а) рассчитываем количество окислителя и восстановителя до
$V_1(\text{CeCl}_4)=25 \text{ мл}$	реакции:
$V_2(\text{CeCl}_4)=50 \text{ мл}$	$n = C_{\text{H}} \cdot V$
$V_3(\text{CeCl}_4)=51 \text{ мл}$	$n(\text{Tl}^+) = 50 \cdot 0,1 = 5 \text{ ммоль}$
$E_{1,2,3} - ?$	$n(\text{Ce}^{4+}) = 25 \cdot 0,1 = 2,5 \text{ ммоль} > n(\text{Tl}^+)$
	Рассчитываем количество веществ после проведения реакции:
	$n(\text{Tl}^+) = 5 - 2,5 = 2,5 \text{ ммоль}$
	$n(\text{Tl}^{3+}) = n(\text{Ce}^{4+}) = 2,5 \text{ ммоль}$
	$E = E_{\text{Tl}^+/\text{Tl}^{3+}} + \frac{0,059}{2} \lg \frac{[\text{Tl}^+]}{[\text{Tl}^{3+}]} = 1,25 + \frac{0,059}{2} \lg \frac{2,5}{2,5} = 1,25 \text{ В}$
	б) рассчитываем количество окислителя и восстановителя до

реакции:

$$n(\text{Ce}^{4+}) = 50 \cdot 0,1 = 5 \text{ ммоль} = n(\text{Ti}^{+})$$

$$E_{\text{м.э.}} = \frac{z_1 \cdot E_{\text{ок}}^0 + z_2 \cdot E_{\text{вос}}^0}{z_1 + z_2} = \frac{1,25 \cdot 2 + 1,61 \cdot 1}{2 + 1} = 1,37 \text{ В}$$

в) рассчитываем количество окислителя и восстановителя до реакции:

$$n(\text{Ce}^{4+}) = 51 \cdot 0,1 = 5,1 \text{ ммоль} < n(\text{Ti}^{+})$$

Рассчитываем количество веществ после проведения реакции:

$$n(\text{Ce}^{4+}) = 5,1 - 5 = 0,1 \text{ ммоль}$$

$$n(\text{Ce}^{3+}) = 0,1 \cdot 50 = 5 \text{ ммоль}$$

$$E = E_{\text{Ce}} = E_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}} = 1,61 + 0,059 \cdot \lg \frac{0,1}{5} = 1,51 \text{ В}$$

### Задача №5 (120)

Рассчитайте потенциал в точке эквивалентности и скачок  $\pm 1\%$  при титровании в кислой

среде ( $[\text{H}^+] = 0,1 \text{ моль/л}$ )  $V_1$  10 мл раствора вещества  $\text{MnSO}_4$  с молярной концентрацией эквивалента  $C_1$  0,1 моль/л раствором вещества  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  с молярной концентрацией эквивалента  $C_2$  0,1 моль/л.

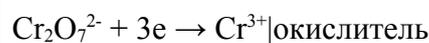
Дано:

$$V(\text{MnSO}_4) = 10 \text{ мл}$$

$$C(\text{MnSO}_4) = 0,1 \text{ моль/л}$$

$$C(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,1 \text{ моль/л}$$

E - ?



$$E_{\text{Mn}^{2+}/\text{MnO}_2}^0 = +1,228$$

$$E_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}} = 1,333 \text{ В}$$

1. Расчет потенциала до точки эквивалентности

$$E_{\text{Mn}^{2+}/\text{MnO}_2}^{\square} = 1,228 + \frac{0,059}{3} \cdot \lg \frac{\text{Mn}^{2+}}{\text{MnO}_2}$$

$$Mn^{+2} = \frac{C_H(MnSO_4) * V(MnSO_4) - C_H(K_2Cr_2O_7) * V(K_2Cr_2O_7)}{V(MnSO_4) + V(K_2Cr_2O_7)}$$

$$MnO_2 = \frac{C_H(K_2Cr_2O_7) * V(K_2Cr_2O_7)}{V(MnSO_4) + V(K_2Cr_2O_7)}$$

1% от 10 мл равняется 1 мл, тогда

$$E_{H.C.} = E_{\frac{Mn^{+2}}{MnO_2}}^{\square} = 1,228 + \frac{0,059}{1} * \lg \frac{0,1 * 9}{0,1 * 10 - 0,1 * 9} = 1,284 B$$

## 2. Расчет потенциала в точке эквивалентности

$$E_{T.Э.} = z_1 * E_{Mn^{+2}/MnO_2}^0 + z_2 * E_{Cr_2O_7^{2-}} = \frac{1 * 1,228 + 3 * 1,333}{1 + 3} = 1,307 \text{ В}$$

## 3. Расчет потенциала после точки эквивалентности

После точки эквивалентности в растворе в избытке находится титрант, поэтому потенциал раствора рассчитываем для пары

$Cr_2O_7^{2-}$ :

$$E_{K.C.} = E_{Cr_2O_7^{2-}} = 1,333 + \frac{0,059}{3} * \lg \frac{Cr_2O_7^{2-}}{Cr^{3+}} = 1,333 + \frac{0,059}{3} * \lg \frac{0,1 * 10,10 - 0,1 * 10}{0,1 * 10} = 1,294 B$$