

ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ТКТ

Формулы для расчета $[H^+]$ при титровании
сильных кислот (НА) сильными основаниями (МОН) и наоборот

Участок ТКТ	Титруемое вещество	
	Сильная к-та НА	Сильное осн-е МОН
1. До начала титрования	$[H^+] \approx c_{НА}$	$[H^+] = \frac{K_W}{c_{МОН}}$
2. До ТЭ	а) $[H^+] = \frac{(V(НА)_{исх} - V(МОН)_{мек})c(НА)}{V(НА)_{исх} + V(МОН)_{мек}}$ б) $[H^+] = c_{НА}(1 - \tau)$	а) $[H^+] = \frac{K_W(V_{МОН} + V_{НА})}{(V_{МОН} - V_{НА})c_{МОН}}$ б) $[H^+] = K_W/[c_{МОН}(1 - \tau)]$
3. В ТЭ	$pH = 7$	$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$
4. После ТЭ	а) $[H^+] = \frac{K_w(V(НА)_{исх} + V(МОН)_{мек})}{(V(МОН)_{мек} - V(НА)_{исх})c(МОН)}$ б) $[H^+] = K_W/[c_{МОН}(\tau - 1)]$	а) $[H^+] = \frac{V_{НА}^{изб}}{V_{МОН} + V_{НА}}$ б) $[H^+] = c_{НА}(\tau - 1)$

Формулы для расчета $[H^+]$ при титровании
слабой кислоты НАн (слабого основания ВОн)
сильным основанием МОН (сильной кислотой НА)

Участок ТКТ	Титруемое вещество	
	Слабая кислота НАн	Слабое основание ВОн
1. До начала титрования	$[H^+] = \sqrt{K(НАн)c(НАн)}$	$[H^+] = \frac{K_W}{\sqrt{K_{ВОн}}}$
2. До ТЭ	а) $[H^+] = K(НАн) \frac{c(НАн)}{c(МАН)}$ б) $[H^+] = c_{НА}(1 - \tau)/\tau$	а) $[H^+] = \frac{K_W(V_{ВОн} + V_{НА})}{(V_{ВОн} - V_{НА})c_{ВОн}}$ б) $[H^+] = K_W\tau/[c_{ВОн}(1 - \tau)]$
3. В ТЭ	$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w K(НАн)}{c(МАН)}}$	$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$
4. После ТЭ	а) $[H^+] = \frac{K_w(V(НА)_{исх} + V(МОН)_{мек})}{(V(МОН)_{мек} - V(НАн)_{исх})c(МОН)}$ б) $[H^+] = K_W/[c_{МОН}(\tau - 1)]$	а) $[H^+] = \frac{V_{НА}^{изб}}{V_{ВОн} + V_{НА}}$ б) $[H^+] = c_{НА}(\tau - 1)$

**Формулы для расчета $[H^+]$ при титровании
слабой двухосновной кислоты H_2An сильным основанием MOH**

Участок ТКТ	Титруемое вещество	
	Слабая кислота H_2An	
1. До начала титрования	$[H^+] = \sqrt{K_1(HAn) c(H_2An)}$	
2. До ТЭ	а) $[H^+] = K_1(HAn) \frac{c(H_2An)}{c(MHAn)}$ б) $[H^+] = c_{H_2An}(1 - \tau)/\tau$	
3. В ТЭ	$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w K_2(H_2An)}{c(M_2An)}}$	
4. После ТЭ	а) $[H^+] = \frac{K_w (V(H_2A)_{уцх} + V(MOH)_{мек})}{(V(MOH)_{мек} - V(H_2An)_{уцх})c(MOH)}$ б) $[H^+] = \frac{K_w(1+\tau)}{c_{MOH}(\tau-2)}$	

**Формулы для расчета $[H^+]$ при титровании
однозамещенных средних солей**

Участок ТКТ	Титруемое вещество	
	Соль MA_n слабой кислоты HA_n и сильного основания MOH	Соль BA слабого основания BOH и сильной кислоты HA
1. До начала титрования	$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w K(HAn)}{c(MAn)}}$	$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w c(BA)}{K(BOH)}}$
2. До ТЭ	а) $[H^+] = K(HAn) \frac{c(HAn)}{c(MAn)}$ б) $[H^+] = K_{HAn} \tau / (1 - \tau)$	а) $[H^+] = \frac{K_w c_{BA}}{K_{BOH} c_{MOH}}$ б) $[H^+] = \frac{K_w(1-\tau)}{K_{BOH} \tau}$
3. В ТЭ	$[H^+] = \sqrt{K(HAn) c(HAn)}$	$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w}{K(BOH)c(MOH)}}$
4. После ТЭ	а) $[H^+] = \frac{V_{HA}^{изб} c_{HA}}{V_{p-ра}}$ б) $[H^+] = \frac{c_{HA}(\tau-1)}{(\tau+1)}$	а) $[H^+] = \frac{K_w V_{p-ра}}{V_{MOH}^{изб} c_{MOH}}$ б) $[H^+] = \frac{K_w(\tau+1)}{c_{MOH}(\tau-1)}$

Формулы для расчета индикаторных погрешностей кислотно-основного метода

Тип погрешности	Причина погрешности	Расчетная формула погрешности, %
Водородная	Избыток ионов H^+ при недотитровании сильной кислоты или перетитрования сильной кислотой	$\Delta_{H^+} = \frac{10^{-pT} \cdot V_2 \cdot 100}{c \cdot V_1}$
Гидроксильная	Избыток ионов OH^- при недотитровании сильного основания или перетитровании сильным основанием	$\Delta_{OH^+} = \frac{10^{-(14-pT)} \cdot V_2 \cdot 100}{c \cdot V_1}$
Кислотная	Избыток молекул слабой кислоты HA при её недотитровании	$\Delta_{HA} = \frac{10^{pK-pT} \cdot 100}{1+10^{pK-pT}}$
Щелочная	Избыток молекул слабого основания MOH при его недотитровании	$\Delta_{MOH} = \frac{10^{pK+pT-14} \cdot 100}{1+10^{pK+pT-14}}$

где V_1 и V_2 – объемы анализируемого раствора до и после титрования; c – молярная концентрация эквивалента вещества анализируемого раствора; pK – показатель константы диссоциации слабого электролита; pT – показатель титрования индикатора; $V_1/V_2 = 2$.

Формулы для расчета редокс-ТКТ

Участок ТКТ	Титруемое вещество	
	восстановитель	окислитель
До ТЭ	$E = E_1^{\circ} + \frac{0,059}{z_1} \lg \frac{\tau}{1-\tau}$	$E = E_1^{\circ} + \frac{0,059}{z_1} \lg \frac{\tau-1}{\tau}$
В ТЭ	$E_{экс} = \frac{z_1 E^{\circ}(OX_1 / Re d_1) + z_2 E^{\circ}(OX_2 / Re d_2)}{z_1 + z_2}$	
После ТЭ	$E = E_2^{\circ} + \frac{0,059}{z_2} \lg(\tau-1)$	$E = E_2^{\circ} + \frac{0,059}{z_2} \lg \frac{1}{\tau-1}$

Формулы для расчета индикаторной погрешности в редоксиметрии

Причина погрешности	Формула расчета погрешности при титровании	
	восстановителя	окислителя
Недотитрование	$\frac{100}{1+10^a}$	$\frac{10^{a+2}}{1+10^a}$
Перетитрование	$100(10^a - 1)$	$10^{2-a}(1-10^a)$

Примечание: $a = (z(E^{\circ}(Ind) - E^{\circ}(OX / Re d)))/0,059$, $z_{в-ва}$ и $E^{\circ}_{в-ва}$ относятся к веществу (окислителя или восстановителя), которое в КТТ в избытке.