

asit-baz titrasyonları (uygulamalar)

Prof. Dr. Mustafa DEMİR



ASİT-BAZ TİTRASYONU UYGULAMALARI



- **Ayarlı Asit Çözeltisinin Hazırlanması**
- **Asit Çözeltisinin Ayarlanması**
- (Na_2CO_3 , $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, KHCO_3 , boraks $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, potasyum iyodat KIO_3 , HgO)

Ayarlı Baz Çözeltisinin Hazırlanması

- En çok kullanılan birincil standartlar arasında,
 - potasyum hidrojen ftalat ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$),
 - benzoik asit ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$),
 - okzalik asit ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$),
 - potasyum hidrojen iyodat ($\text{KH}(\text{IO}_3)_2$),
 - sülfamik asit ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$),
 - potasyum asit okzalat (KHC_2O_4) sayılabilir.
 - Ayrıca ayarlı bir asit çözeltisini ikincil standart olarak kullanmak da yaygın bir ayarlama şeklidir.

• Ayarlı Asitle Baz Miktarı Tayini

$$\text{Baz(mg)} = N_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} \times \text{Bazın eşdeğer ağırlığı}$$

Ayarlı Bazla Asit Miktarı Tayini



$$\text{Asit (mg)} = N_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} \text{ (mL)} \times \text{Asitin eşdeğer ağırlığı}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{N_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} \text{ (mL)}}{\text{Örnek hacmi (mL)}}$$

ve

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

Elementel Analizler



- Azot tayini
- Dumas yöntemi
- Kjeldahl yöntemi

Dumas yöntemi

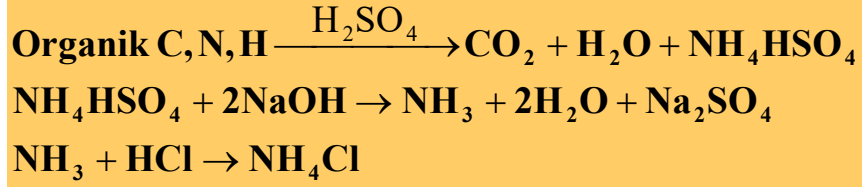


- Burada organik madde bakır(II) oksit ile karıştırılarak ısıtılır ve bileşikteki azotun N_2 gazı hâline dönüşmesi sağlanır. Daha sonra bu gazın hacmi ölçülür.

Kjeldahl yöntemi



- Kjeldahl yönteminde organik bileşikteki azot, sıcak ve derişik sülfirik asit ile amonyum tuzuna dönüştürülür.
- Daha sonra amonyum tuzu kuvvetli bir bazla tepkimeye sokulup amonyağa dönüştürülür.
- Meydana gelen amonyak damıtılır, hacmi ve ayarı belli bir HCl çözeltisinde toplanır.
- Hidroklorik asitin fazlası, ayarlı bir baz çözeltisi ile geri titre edilir ve azot miktarı hesaplanır



M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

9

Nötrleştirme titrasyonu ile yapılan element analizleri

Element	Elde edilen şekli	Soğurulan veya çöktürülen ürün ve denklemi	Titrasyon
N	NH ₃	NH ₃ +HCl→NH ₄ Cl	HCl'in fazlası NaOH ile
S	SO ₂	SO ₂ +H ₂ O ₂ →H ₂ SO ₄	Oluşturulan H ₂ SO ₄ NaOH ile
C	CO ₂	CO ₂ +Ba(OH) ₂ →BaCO ₃ + H ₂ O	Ba(OH) ₂ in fazlası HCl ile
Cl(Br)	HCl(HBr)	HCl+H ₂ O→H ₃ O ⁺ +Cl ⁻	Oluşturulan H ₃ O ⁺ NaOH ile
F	SiF ₄	SiF ₄ +H ₂ O→H ₂ SiF ₄	Oluşturulan H ₂ SiF ₄ NaOH ile

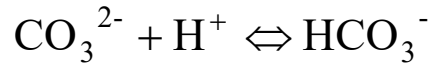
M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

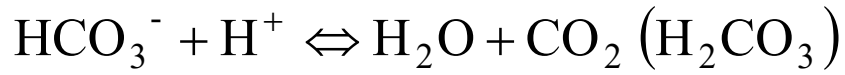
10

Karbonat titrasyonu

Kuvvetli bir asit sodyum karbonat çözeltisine eklenirse, önce karbonat bikarbonata dönüşür.



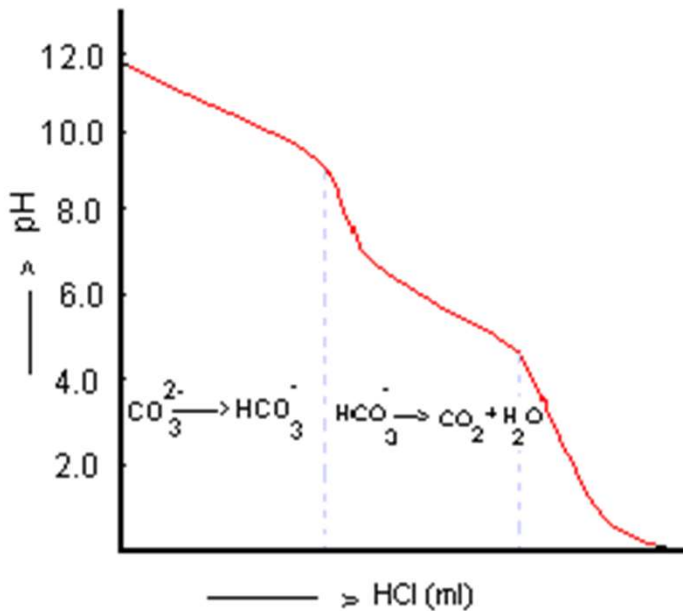
Asit eklemeye devam edilirse, bikarbonat da karbonik asite dönüşür veya karbondioksit gazı çıkar.



M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI


11




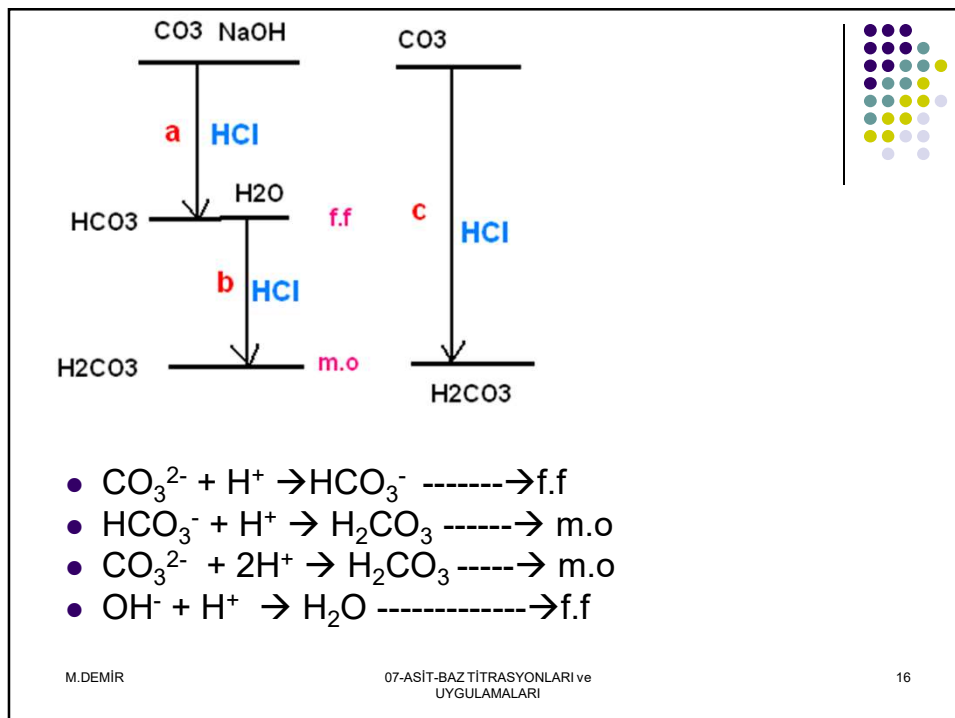
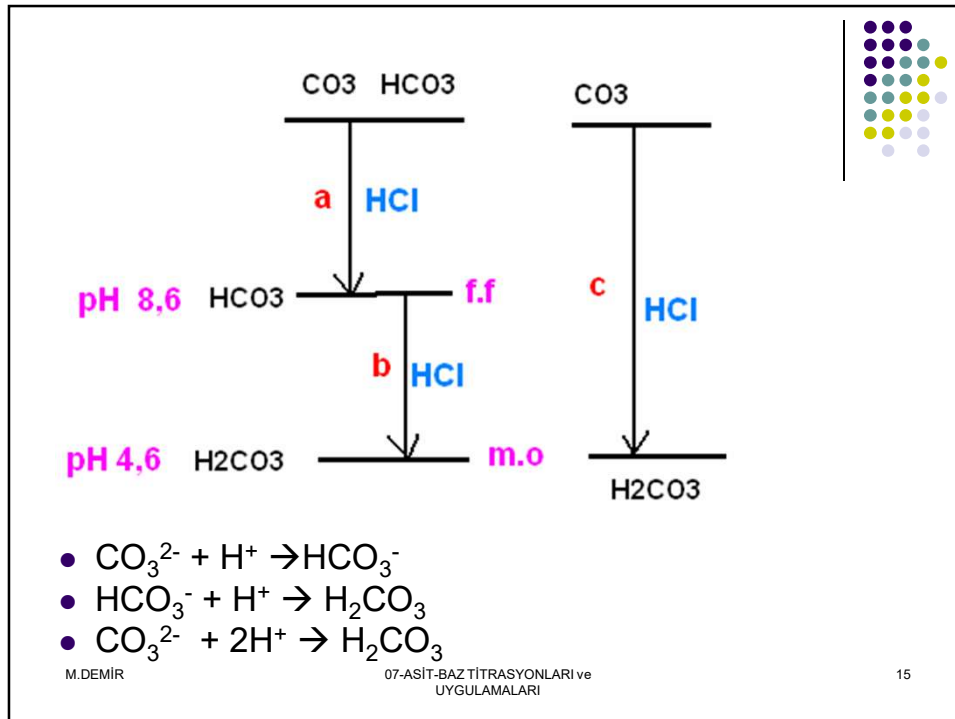
M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

12

- 
- Sodyum karbonat ve bikarbonat genellikle birlikte bulunur. Böyle bir karışım şu şekilde analiz edilebilir.
 - Karışım fenolftaleyn dönüm noktasına kadar ayarlı asit çözeltisi ile titre edilir. Bu sırada yalnız karbonat titre edilmiştir ve titrasyon sonunda ortamda yalnız bikarbonat vardır.
 - Metil oranj veya metil kırmızısı indikatörü eklenerek titrasyona devam edilir. Bu sırada ortamdaki bütün bikarbonat, yani gerek önceden ortamda var olan, gerekse ilk titrasyon sonunda meydana gelen bikarbonat karbonik asite dönüşmüş olur.

- 
- Eğer ortamda yalnız karbonat varsa ilk ve ikinci titrasyonlardaki asit sarfiyatları eşit olur.
 - Eğer yalnız bikarbonat varsa, asit eklemeden fenolftaleyn rengi hemen döner.
 - Eğer ikisi de varsa toplam asit sarfiyatından ilk titrasyon sarfiyatının iki katının çıkarılması ile bikarbonat sarfiyatı bulunur.



Aynı Kapta iki aşamalı titrasyon

- $V_{ff} = V_{mo} \rightarrow Na_2CO_3$
- $V_{ff} = 0 \quad V_{mo} > 0 \rightarrow NaHCO_3$
- $V_{ff} > 0 \quad V_{mo} = 0 \rightarrow NaOH$

- $V_{ff} > V_{mo} \rightarrow Na_2CO_3 + NaOH$

- $V_{ff} - V_{mo} = V_{Na_2CO_3}$
- $V_{ff} - 2V_{mo} = V_{NaOH}$

$$V_{mo} > V_{ff} \rightarrow Na_2CO_3 + NaHCO_3$$

$$V_{mo} - V_{ff} \rightarrow V_{NaHCO_3}$$

$$V_{ff} = V_{Na_2CO_3}$$

- **Dikkat: Bütün titrasyonlarda etkin değerlik "1" dir**

İki ayrı kapta tek aşamalı titrasyon

- $V_{ff} = V_{mo} \rightarrow NaOH$
 - $V_{ff} = V_{NaOH}$
- $2V_{ff} = V_{mo} \rightarrow Na_2CO_3$
 - $V_{mo} = V_{Na_2CO_3}$
- $V_{ff} = 0 \quad V_{mo} > 0 \rightarrow NaHCO_3$
 - $V_{mo} = V_{NaHCO_3}$

- $2V_{ff} < V_{mo} \rightarrow Na_2CO_3 + NaHCO_3$
 - $V_{mo} - 2V_{ff} = V_{NaHCO_3}$
 - $V_{ff} = V_{Na_2CO_3}$

$$V_{mo} < 2V_{ff} \rightarrow Na_2CO_3 + NaOH$$

$$V_{mo} - V_{ff} = V_{Na_2CO_3}$$

$$V_{ff} - (V_{mo} - V_{ff}) = V_{NaOH}$$

Dikkat: Bütün titrasyonlarda etkin değerlik "1" dir

- **Örnek 1.** Sodyum karbonat ve bikarbonat içeren 5.0 gramlık bir karışım, suda çözülmüş ve 0.10 M HCl ile titre edilmiştir. Fenolftaleyn indikatörü ile 15 ml asit harcanmıştır. Metil kırmızısı indikatörü ekleyerek titrasyona devam edilmiş ve toplam asit sarfiyatı 48 ml olmuştur. Buna göre sodyum karbonat ve bikarbonat yüzdeleri nedir ?

$$\%Na_2CO_3 = \frac{2 \times 15.0 \times 0.10 \times 10^{-3} \times 53}{5.0} \times 100 = \%19.88$$
$$\%NaHCO_3 = \frac{18 \times 0.1 \times 10^{-3} \times 84}{5.0} \times 100 = \%19.35$$

- **Örnek 2:** Sodyum karbonat ve bikarbonat ihtiva eden 5.0 gramlık bir karışım suda çözülmüş ve 0.1 M HCl ile titre edilmiştir. Fenolftaleyn indikatörü ile 15 ml harcanmıştır. Metil kırmızısı indikatörü ekleyerek titrasyona devam edilmiş ve toplam asit sarfiyatı 48 ml olmuştur. Buna göre sodyum karbonat ve bikarbonat yüzdeleri nedir?

$$\%Na_2CO_3 = \frac{2 \times 15.0 \times 0.1 \times 10^{-3} \times 53}{5.0} \times 100 \Rightarrow \%19.88$$
$$\%NaHCO_3 = \frac{18 \times 0.1 \times 10^{-3} \times 84}{5.0} \times 100 \Rightarrow \%19.35$$

- **Örnek 3:** 112 ml HCl gazı suda çözülmüş ve çözelti 100 ml'ye tamamlanmıştır. Bu çözeltinin normalitesi nedir? Bu çözeltiden alınan 25 ml'yi nötrleştirmek için 0.1 N KOH çözeltisinden kaç ml gereklidir?

112 mL HCl gazı \rightarrow 100 mL

$$\frac{22.4 \text{ litre}}{1 \text{ mol ise}} = \frac{0.112 \text{ litre}}{X}$$

$$\begin{aligned}\text{Buradan } X &= 0.005 \text{ mol/100 ml} \\ &= 0.05 \text{ mol/1000 ml} \\ &= 0.05 \text{ M} \\ &= 0.05 \text{ N}\end{aligned}$$

$$0.05 \times 25 = 0.1 \times V \Rightarrow V = 1.25 \text{ mL}$$

- **Örnek 4:** İçinde 1.325 g/litre Na_2CO_3 bulunan çözeltinin 8 ml'si 0.01 N HCl ile fenolftaleyn indikatörlüğünde, başka bir 8 ml ise 0.025 N HCl ile metiloranj indikatörlüğünde titre edilmiştir. Her bir asitten kaç ml kullanılmalıdır?

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = 106 \text{ g/mol}$$

$$1.325 \text{ g/L Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 8 \text{ ml} \rightarrow \text{f.f. ile } 0.01 \times V$$

$$\rightarrow 8 \text{ ml} \rightarrow \text{m.o. ile } 0.025 \times V$$

$$\frac{1000 \text{ ml de}}{1.325 \text{ g varsa}} = \frac{8 \text{ mL' de}}{X \text{ gr}} \Rightarrow X = 0.0106 \text{ g Na}_2\text{CO}_3$$

$$f.f. \text{ ile } = 0.01 \times V \times 10^{-3} \times \frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{1} = 0.0106 \Rightarrow V = 10 \text{ mL}$$

$$\text{m.o. ile } = 0.025 \times V \times 10^{-3} \times \frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{2} = 0.0106 \Rightarrow V = 8 \text{ mL}$$

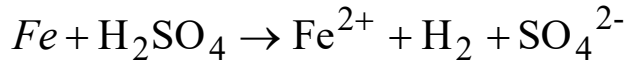
- **Örnek 5:** 1 g saf Na_2CO_3 suda çözülmüş ve çözelti 300 ml'ye seyreltilmiştir. Bu karbonat çözeltisinin 25 ml'sini metiloranj indikatörlüğünde nötrleştirmek için 0.120 N HCl çözeltisinden ne kadar gereklidir?

1.g $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 300 \text{ ml} \rightarrow 25 \text{ ml} \rightarrow \text{m.o ile } 0.120 \times V$
 25 ml Na_2CO_3 çözeltisinde $\rightarrow (25/300) \times 1.0 = 0.0833 \text{ g}$
 var m.o. için etkin değerlik $\rightarrow 2$

$$0.120 \times V \times 10^{-3} \times \frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{2} = 0.0833$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = 106 \text{ g/mol} \Rightarrow V = 13.097 \text{ ml}$$

- **Örnek 6:** 2.00 g demir 100 ml 1.2 N sülfürik asitte çözülmüş ve asitin fazlası 0.95 N NaOH ile titre edilmiştir. Bazdan ne kadar kullanılmıştır?



$$Fe = 56 \text{ g/mol} \quad H_2SO_4 = 98 \text{ g/mol}$$

$$\frac{56 \text{ g Fe}}{98 \text{ g } H_2SO_4 \text{ ile}} = \frac{2 \text{ g Fe ile}}{X \text{ g}} \Rightarrow X = 3.5 \text{ g } H_2SO_4$$

tüketilmiştir. Öte yandan 100 ml 1.2 N H_2SO_4 'de

$$\frac{H_2SO_4}{2} \times 1.2 \times \frac{100}{1000} = 5.88 \text{ g } H_2SO_4$$

vardır. Çözeltide kalan miktar ise $5.88 - 3.5$
 $= 2.38 \text{ g } H_2SO_4 / 100 \text{ ml}$ olur. Bu da,

$$\frac{2.38}{98} = 0.0242 \text{ mol} / 100 \text{ ml}$$

$$= 0.242 \text{ mol/Litre} = 0.242 \text{ M}$$

$$= 2 \times 0.242 = 0.484 \text{ N } H_2SO_4 \text{ tir. O hâlde tüketilen NaOH hacmi}$$

$$0.484 \times 100 = 0.95 \times V \text{ bağıntısından } V = 51.12 \text{ ml olur}$$

- **Örnek 7:** İki değerlikli bir organik asitin %26.66'sı karbon, %2.22'si hidrojen ve geri kalanı oksijendir. İçinde 0.450 g bu asitte bulunan çözelti 25 ml 0.40 N NaOH ile titre edilmiştir. Asitin formül ağırlığı ve formülü nedir?

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTASYONLARI ve
UYGULAMALARI

31

$$25 \times 0.40 \times 10^{-3} \times \frac{M.A.}{2} = 0.450$$

Burada asitin molekül ağırlığı M.A. = 90 olarak bulunur.
Bu asitin formülünün bulunmasına gelince;

$$\frac{26.66}{100} \times 90 = 23.99 \text{ g C} \Rightarrow \frac{23.99}{12} = 2 \text{ mol C}$$

$$\frac{2.22}{100} \times 90 = 1.998 \text{ g H} \Rightarrow \frac{1.998}{1} = 2 \text{ mol H}$$

$$100 - (26.66 + 2.22) = \% 71.12 \text{ Oksijen}$$

$$\frac{71.12}{100} \times 100 = 64.008 \text{ g O} \Rightarrow \frac{64.008}{16} = 4 \text{ mol O}$$

O hâlde asitin formülü $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 'tür ve asit okzalik asittir

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTASYONLARI ve
UYGULAMALARI

32

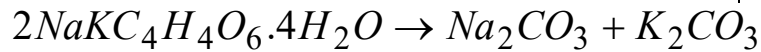
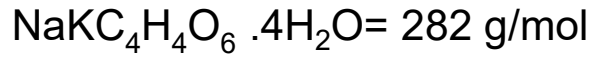
- **Örnek 8:** *Kükürt trioksitli sülfürik asit çözeltisinin 1.302 gramını nötrleştirebilmek için 0.900 N bazdan 32.55 ml gerekmektedir. Buna göre çözeltideki sülfürik asit ve serbest kükürt trioksit yüzdeleri nedir?*



$$\frac{0.90 \times 32.55 \times 10^{-3} \times \frac{H_2SO_4}{2}}{1.302} \times 100 \Rightarrow \%110.25$$



- **Örnek 9:** $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ tuzu yakıldığında sodyum karbonat ve potasyum karbonat vermektedir. Bu tuzun 0.384 gramı yakılıp suda çözülmüş ve metiloranj indikatörlüğünde 0.10 N HCl'in 27.0 ml'si ile titre edilmiştir. Buna göre tuzun saflık derecesi nedir?



Denkleme göre 2 mol $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ dan 2 mol karbonat (CO_3^{2-}) açığa çıkmıştır. Bir başka deyişle 564 gram $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ dan 120 gram karbonat açığa çıkmıştır.

Titrasyon sırasında titre edilen toplam karbonat miktarı ise

$$0.10 \times 27.08 \times \frac{\text{CO}_3^{2-}}{2} \times 10^{-3} \Rightarrow 0.081 \text{ g CO}_3^{2-}$$

dır. Öte yandan yukarıdaki denkleme göre örnekte bulunması gereken karbonat miktarı,

$$\frac{564}{120} = \frac{0.384}{X} \Rightarrow X = 0.08170 \text{ g CO}_3^{2-}$$

$$\frac{0.08170}{0.0810} = \frac{100}{X} \Rightarrow \%99.14$$

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

37

- **Örnek 10:** İki değerlikli bir asitin 0.188 gramı 35.0 ml 0.1 N NaOH içinde çözülmüş ve bazın aşırısı 0.107 N HCl'in 8.7 ml'si ile geri titre edilmiştir. Asitin molekül ağırlığı nedir?

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

38



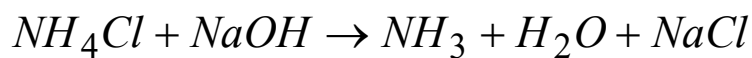
$$(35.0 \times 0.1 - 0.107 \times 8.7) \times 10^{-3} \times \frac{M.A.}{2} = 0.188$$
$$\Rightarrow M.A. = 146.35$$



- **Örnek 11:** 5.35 g NH_4X suda çözülmüş ve çözelti 1 litreye tamamlanmıştır. Buradan alınan 25 ml'lik örnek, 50.0 ml 0.1 N NaOH ile amonyak çıkışı bitinceye kadar kaynatılmıştır. Daha sonra NaOH'ın fazlası 0.1 N HCl'in 25 ml'si ile geri titre edilmiştir. Buna göre a) X'in formül ağırlığı nedir ? b) Normal koşullarda kaç ml amonyak gazı çıkmıştır?

- 5.35 g $\text{NH}_4\text{X} \rightarrow 1$ litre çözelti $\rightarrow 25$ ml
- 25 ml'de $\rightarrow (25/100) \times 5.35 = 0.13375$ g madde var
- $(50.0 \times 0.1 - 25.0 \times 0.1) \times 10^{-3} \times \text{NH}_4\text{X} = 0.13375 \Rightarrow \text{NH}_4\text{X} = 53.5$
- Burada X'in değeri ise $X = 53.5 - (\text{NH}_4) = 53.5 - 18 = 35.5 \text{ g} = \text{Cl}$

$$\frac{0.13375}{53.5} = 0.0025 \text{ mol}$$



$$\frac{1 \text{ mol}}{22.4 \text{ litre}} = \frac{0.0025 \text{ mol}}{X} \Rightarrow X = 56 \text{ ml}$$

- **Örnek 12** 0.1982 g Na_2CO_3 ı nötrleştirebilmek için metiloranj indikatörlüğünde 32.6 ml HCl çözeltisi kullanılmıştır. Asit çözeltisinin normalitesi nedir?



$$36.5 \times N \times 10^{-3} \times \frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{2} = 0.1982 \Rightarrow N = 0.1147$$



- **Örnek 13:** 0.769 g amonyum tuzu 50.0 ml 0.120 N NaOH ile kaynatılmıştır. Tepkime bittikten sonra bazın aşırısını nötrleştirmek için 0.130 N asitten 34.31 ml kullanılmıştır. Buna göre tuzdaki azot miktarı nedir?

$$(50.0 \times 0.120 - 0.130 \times 34.31) \times 10^{-3} \times NH_4X = 0.769$$

$$\Rightarrow NH_4X = 499.44 \text{ g / mol}$$

$$\frac{499.44 \text{ tuzda}}{14 \text{ g N}} = \frac{100}{X} \Rightarrow X = \%2.8 \text{ N}$$

- **Örnek 14** Bir örnekte, formülleri C_9H_7N ve C_3H_3N olan iki karışım bulunmaktadır. Bu karışımın 0,4 gramı bazı işlemler yapıldıktan sonra amonyağa dönüştürülmüş ve bu amonyak 50.0 ml 0.10 N HCl içinden geçirilmiştir. Asitin aşırısı 0.096 N NaOH'ın 11.5 ml'si ile geri titre edilmiştir. Karışımdaki maddelerin yüzdeleri nedir?

$$C_9H_7N = X \quad C_3H_3N = 0.4 - X$$

$$\frac{N}{C_9H_7N} \times X + \frac{N}{C_3H_3N} \times (0.4 - X) = (50.0 \times 0.1 - 0.096 \times 11.5) \times 10^{-3} \times 14$$

$$\text{Buradan } X = C_9H_7N = 0.327$$

$$\frac{0.327}{0.4} \times 100 = \%81.89$$

$$(100 - 81.89) = \%18.10 \quad C_3H_3N$$

- **Örnek 15:** İçinde CaCO_3 ve BaCO_3 bulunan 0.5 g'lık örnek 0.250 N HCl'nin 30.0 ml'si ile metil oranj indikatörlüğünde titre edilmiştir. Karışımdaki her bir karbonat bileşiğinin yüzde bileşimi nedir?

$$\text{CaCO}_3 = X \quad \text{BaCO}_3 = Y$$

$$X + Y = 0.5$$

$$\frac{\text{CO}_3^{2-}}{\text{CaCO}_3} x X + \frac{\text{CO}_3^{2-}}{\text{BaCO}_3} x Y = 0.250 x 30 x 10^{-3} \frac{\text{CO}_3^{2-}}{2}$$

$$\Rightarrow Y = \text{BaCO}_3 = \%50.76$$

$$\text{CaCO}_3 = 100 - 50.76 = \%49.23$$

- **Örnek 16:** 250 ml'sinde 4.0 g çamaşır sodası çözünmüş bulunan çözeltiden alınan 25.0 ml'lik örnek 0.125 N HCl'nin 22.38 ml'si ile titre edilmiştir. Çamaşır sodasının formülünün $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ olduğu düşünülürse,
- a) Çözeltideki susuz Na_2CO_3 yüzdesi nedir?
- b) Formüldeki X'in değeri nedir?

4.0 g $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} \rightarrow 250 \text{ ml} \rightarrow 25 \text{ ml}$
Buradan tepkimeye giren madde miktarı

$$0.125 \times 22.38 \times 10^{-3} \times \frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{2} = 0.1482 \text{ g Na}_2\text{CO}_3$$

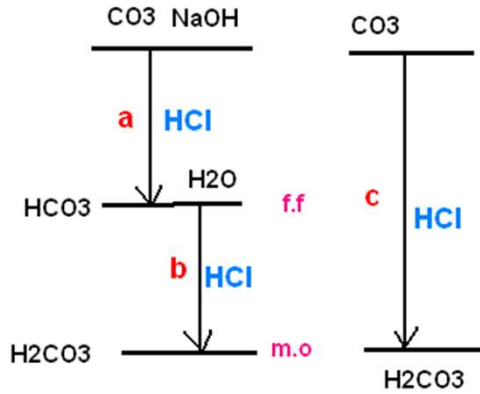
$$\Rightarrow \frac{0.1482}{106} = 0.001398 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3 \Rightarrow 0.001398 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$$

$$\frac{0.001398 \text{ mol}}{0.4 \text{ g ise}} = \frac{1 \text{ mol}}{X \text{ g}} \Rightarrow X = 286 \text{ g}$$

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ da Na_2CO_3 ağırlığı 106 g/mol olduğuna göre

$$x\text{H}_2\text{O} = 286 - 106 = 180 \text{ g} \Rightarrow X = (180/18) = 10 \text{ dur}$$

- **Örnek 17:** İçinde Na_2CO_3 ve NaHCO_3 bulunan bir karışım suda çözülmüş ve litreye tamamlanmıştır. Buradan alınan 25.0 ml'lik örnek fenolftaleyn indikatörlüğünde 0.107 N HCl'nin 8.35 ml'si ile titre edilmiştir. 25.0 ml'lik başka bir örnek, metil oranj indikatörlüğünde 0.100 N HCl'nin 24.15 ml'si ile titre edildiğine göre karışımdaki Na_2CO_3 ve NaHCO_3 miktarları g/ litre olarak nedir?



- $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{f.f}$
- $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{m.o}$
- $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{m.o}$
- $\text{OH}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{f.f}$

f.f. sarfiyatı yalnız karbonat için harcanan miktardır. Titrasyon bikarbonat aşamasına kadar olan dönüşümü kapsadığından, etkin değerlik "1" dir.



$$\frac{0.107 \times 8.35 \times 10^{-3} \times \frac{Na_2CO_3}{1}}{25} \times 1000 = 3.788 \text{ g/L } Na_2CO_3$$

ii)

$$\frac{[0.1 \times 24.15 - 2(0.107 \times 8.35)] \times 10^{-3} \times \frac{NaHCO_3}{1}}{25} \times 1000 \Rightarrow 2.11 \text{ g/L } NaHCO_3$$

- **Örnek 18:** 25.0 ml Na_2CO_3 çözeltisi 0.1065 N HCl çözeltisinin 22.4 ml'si ile nötrleştirilmiştir. Bir başka analizde 25.0ml $Pb(NO_3)_2$ çözeltisine 50.0 ml Na_2CO_3 çözeltisi eklenmiş ve kurşun karbonat süzöldükten sonra Na_2CO_3 ın fazlası aynı asitin 14.8 ml'si ile nötrleştirilmiştir. Buna göre kurşun nitratın derişimini normalite ve g/litre olarak hesaplayınız. (sorumlu değil)



Na_2CO_3 ' in normalitesi $25.0 \times N = 0.1065 \times 22.4$
bağıntısından $N = 0.09542$ olarak bulunur. Kurşun nitratın
normalitesi ise $(50.0 \times 0.09542 - 25.0 \times N) = 14.8 \times 0.1065$
bağıntısından $N = 0.1277$ olarak hesaplanır. Değişimi;

$$0.1277 \times \frac{\text{Pb}(\text{NO}_3)_2}{2} = 21.13 \text{ mL}$$

İkinci çözüm;

$$0.1065 \times 30 \times 10^{-3} \times \frac{\text{Pb}(\text{NO}_3)_2}{2} \times 1000 \times \frac{1}{\text{Pb}(\text{NO}_3)_2} \times 2 = 0.1278 \text{ N Pb}(\text{NO}_3)_2$$

$$0.1065 \times 30 \times 10^{-3} \times \frac{\text{Pb}(\text{NO}_3)_2}{2} \times \frac{1000}{25} = 21.13 \text{ g/L Pb}(\text{NO}_3)_2$$

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

57

- **Örnek 19:** 20.0 ML 0.50 N asetik asit çözeltisi 100 ml'ye seyreltilmiş ve daha sonra 0.50 N NaOH ile titre edilmiştir. Buna göre çözeltinin

- a) Titrasyona başlamadan önceki
- b) 8.0 ml NaOH eklendikten sonraki,
- c) 20.0 ml NaOH eklendikten sonraki pH'ları nedir?

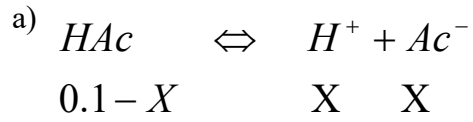
M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

58



$$20 \times 0.5 = 100 \times M \Rightarrow M = 0.1 \text{ M}$$



$$\frac{X^2}{0.1 - X} = 1.82 \times 10^{-5}$$

X ihmal edilirse; $X^2 = 1.82 \times 10^{-6} \Rightarrow X = [H^+] = 1.35 \times 10^{-3}$
 $\Rightarrow \text{pH} = 2.86$



b)

$$\frac{0.1}{1000} \times 100 = 0.01 \text{ mol}$$

başlangıçta

$$\frac{0.5}{1000} \times 8 = 0.004 \text{ mol}$$

titre edilen

$$1. - 0.004 = 0.006 \text{ mol titre edilmeden kalan}$$

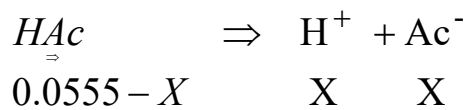
$$\text{Toplam hacim} = 100 + 8 = 108 \text{ ml}$$

$$\text{Değişimi} \Rightarrow \frac{0.006}{108} \times 1000 = 0.0555 \text{ M}$$



Veya genel olarak;

$$\frac{(0.1 \times 100 - 0.5 \times 8)}{108} \times 1000 = 0.0555 \text{ M}$$



$$\frac{X^2}{0.0555 - X} = 1.82 \times 10^{-5}$$

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTASYONLARI ve
UYGULAMALARI

61

Burada X ihmal edilmeden
çözülmesi gerekir. Hesaplama
yapılırsa $X = [\text{H}^+] = 9.95 \times 10^{-4} \text{ M}$
 $\Rightarrow \text{pH} = 3.002$



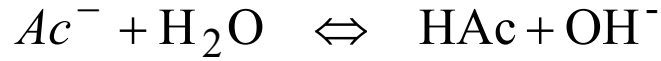
c) 20 ml HCl'nin tamamı
tepkimeye girmiş olacağından
ortamda yalnız Ac^- kalacaktır.

Değişimi ise,
 $(0.01/120) \times 1000 = 0.0833 \text{ M}$ 'dır

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTASYONLARI ve
UYGULAMALARI

62



$$K_b = \frac{[HAc][OH^{-}]}{[Ac^{-}]} = \frac{K_{su}}{K_a} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.82 \times 10^{-5}} \Rightarrow K_b = 5.49 \times 10^{-10}$$

$$[OH^{-}] = \frac{K_b \times [Ac^{-}]}{[HAc]}$$

Dengede $[HAc] = [OH^{-}]$ olacağından

$$[OH^{-}]^2 = K_b \times [Ac^{-}] = 5.49 \times 10^{-10} \times 0.0833 = 4.57 \times 10^{-11}$$

$$[OH^{-}] = 6.76 \times 10^{-6} \Rightarrow pOH = 5.16 \Rightarrow pH = 8.84$$

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

63

- **Örnek 20:** Molekül ağırlığı 122.1 olan 1 değerlikli asitten 0.5264 g alınmış ve 100 ml'lik çözelti hazırlanmıştır. Çözeltinin tamamı 32.02 ml NaOH ile titre edildiğine göre bazın normalitesi nedir?

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

64



$$N \times 32.02 \times 10^{-3} \times \frac{122.1}{1} = 0.5264 \Rightarrow N = 0.1346$$

- **Örnek 21:** 0.9862 g potasyum asit ftalat(molekül ağırlığı 204.2 ve bir değerlikli asit)46.24 ml NaOH ile titre edilmiştir. Başka bir titrasyonda 25.42 ml NaOH için 32.46 ml HCl harcanmıştır. Buna göre NaOH ve HCl çözeltilerinin normaliteleri nedir?



- 25.42 ml NaOH = 32.46 ml HCl
- $N_{\text{NaOH}} \times 46.24 \times 10^{-3} \times (204.2/1) = 0.9862$
- $\Rightarrow N_{\text{NaOH}} = 0.1044$
- $0.1044 \times 25.42 = 32.46 \times N_{\text{HCl}} \Rightarrow N_{\text{HCl}} = 0.081$



- **Örnek 22:** Safsızlık içeren sodyum karbonat örneğinin 0.6211 gramı 75.0 ml 0.1010 N HCl çözeltisinde çözülmüştür. Asitin aşırısı 12.25 ml NaOH ile geri titre edilmiştir. 1.0 ml NaOH = 0.4268 ml HCl olduğuna göre örnekteki Na_2O yüzdesi nedir?





$$\frac{1.0 \text{ ml NaOH}}{0.4268 \text{ ml HCl}} = \frac{12.25}{X} \Rightarrow X = 5.2283 \text{ ml HCl}$$

$75.0 - 5.2283 = 69.77 \text{ mL HCl tepkimeye giren}$

$$\frac{69.77 \times 0.1010 \times 10^{-3} \times \frac{106}{2}}{0.6211} \times 100 \Rightarrow \% 60.13 \text{ Na}_2\text{CO}_3$$

$$\frac{\text{Na}_2\text{O}}{\text{Na}_2\text{CO}_3} \times 60.13 = \% 35.17 \text{ Na}_2\text{O}$$

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTASYONLARI ve
UYGULAMALARI

69



- **Örnek 23:** KHC_2O_4 maddesinin aşağıdaki durumlara göre eşdeğer ağırlıkları nedir?
- a) Asit olarak
- b) permanganatla olan tepkimesinde
- $2\text{MnO}_4^- + 5\text{HC}_2\text{O}_4^- + 11\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
- c) Ca^{2+} iyonu çöktürücü ayıraç olarak

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTASYONLARI ve
UYGULAMALARI

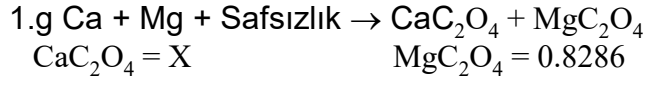
70



$$\begin{aligned} a) \quad & \frac{KHC_2O_4}{1} \cdot \frac{128}{1} = 128 \text{ g} \\ b) \quad & \frac{KHC_2O_4}{2} \cdot \frac{128}{2} = 64 \text{ g} \\ c) \quad & \frac{KHC_2O_4}{2} \cdot \frac{128}{2} = 64 \text{ g} \end{aligned}$$

- **Örnek 24:** 3.000 gram ağırlığındaki kireç taşı asitte çözülmüş ve CaC_2O_4 ve MgC_2O_4 bileşiklerine dönüştürülmüştür. Okzalattaki bileşikler kurutulmuş ve okzalatlarda hâlinde tartılmıştır. Tartım 0.8286 gram bulunmuştur. Bu karışımın sülfürik asitte çözülmüş ve okzalattaki titre etmek için 0.200 N $KMnO_4$ çözeltisinden 32.44 ml harcanmıştır. Buna göre örnekteki $MgCO_3$ ve $CaCO_3$ yüzdeleri nedir?





$$\frac{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}}{\text{CaC}_2\text{O}_4} \times X + \frac{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}}{\text{MgC}_2\text{O}_4} (0.8286 - X) = 0.2 \times 32.44 \times 10^{-3} \times \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$$

Buradan $X = \text{CaC}_2\text{O}_4 = 0.8147 \text{ g}$, $\text{MgC}_2\text{O}_4 = 0.0139 \text{ g}$

i) $\frac{\text{CaCO}_3}{\text{CaC}_2\text{O}_4} \times 0.8147 = 0.636 \text{ g CaCO}_3$

$$\frac{0.636}{1.0} \times 100 = \%63.6 \text{ CaCO}_3$$

ii) $\frac{\text{MgCO}_3}{\text{MgC}_2\text{O}_4} \times 0.0139 = 0.01043 \text{ g MgCO}_3$

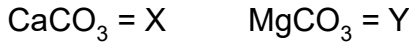
$$\frac{0.01043}{1.0} \times 100 = \%1.04 \text{ MgCO}_3$$

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

73

İkinci çözüm:



$$\frac{\text{CaC}_2\text{O}_4}{\text{CaCO}_3} \times X + \frac{\text{MgC}_2\text{O}_4}{\text{MgCO}_3} \times Y = 0.8286$$

$$\frac{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}}{\text{CaC}_2\text{O}_4} \times \frac{\text{CaC}_2\text{O}_4}{\text{CaCO}_3} \times X + \frac{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}}{\text{MgC}_2\text{O}_4} \times \frac{\text{MgC}_2\text{O}_4}{\text{MgCO}_3} \times Y = 0.2 \times 32.44 \times 10^{-3} \times \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$$

$\text{CaC}_2\text{O}_4 = 128 \text{ g / mol}$ $\text{CaCO}_3 = 100 \text{ g / mol}$

Buradan $Y = 0.0093 \text{ g MgCO}_3$ veya $\%0.93 \text{ MgCO}_3$

$\text{MgC}_2\text{O}_4 = 112.3 \text{ g / mol}$ $\text{MgCO}_3 = 84.3 \text{ g / mol}$

$X = 0.6377 \text{ g CaCO}_3$ veya $\%63.77 \text{ CaCO}_3$

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

74



- **Örnek 25:** 30 ml 0.1 N NaOH'in 0.1 N HCl ile titrasyonunu inceleyiniz. Titrasyon eğrisini çiziniz.



Başlangıçtaki pH

$$[OH^-] = 0.1 M \Rightarrow pOH = 1 \Rightarrow pH = 13$$

10 ml sonra;

$$\frac{(30.0 \times 0.1 - 10.0 \times 0.1)10^{-3}}{40 \text{ ml}} \times 1000 \text{ ml} = 0.05$$

$$[OH^-] = 0.05 M \quad pOH = 1.3 \Rightarrow pH = 12.70$$

Benzer şekilde

$$20 \text{ ml için } pH = 12.30$$

$$29.0 \text{ ml için } pH = 12.23$$

$$29.9 \text{ ml için } pH = 10.23$$

$$30 \text{ ml için, ortam nötral olduğundan } pH = 7$$

$$30.1 \text{ ml için } 30.1 - 30.0 = 0.1 \text{ ml asit fazladır, dolayısıyla}$$

$$\frac{0.1 \times 0.1 \times 10^{-3}}{60.1} \times 1000 \text{ ml} = 0.000166$$

$$[H^+] = 0.000166 \quad pH = 3.77$$

$$\text{Benzer şekilde } 31.0 \text{ ml için } pH = 2.78$$

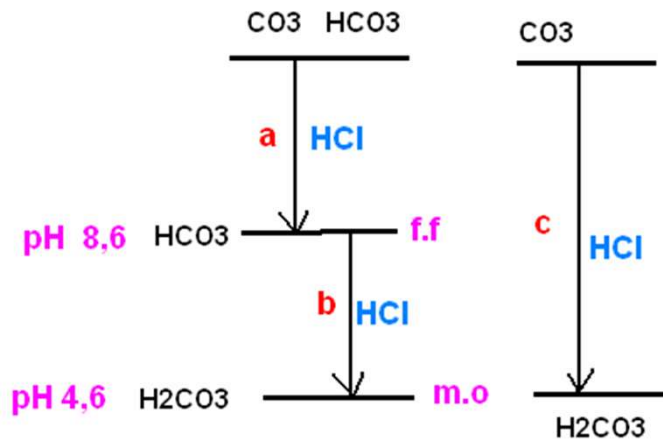
Bu değerler grafiğe geçirilerek grafik çizilir.

- **Örnek 26:** Bir örnekte NaOH veya Na_2CO_3 veya NaHCO_3 veya bunların karışımı başka saflıklarla birlikte bulunmaktadır. Bu örneğin 0.9 gramı metil oranj indikatörü yanında 0.75 N asitin 21.1 ml'si ile titre edilmiştir. Aynı miktardaki başka bir örnek fenolftaleyn indikatörü kullanıldığında aynı asitin 18.15 ml'si ile titre edildiği görülmüştür. Buna göre örnek nedir? Yüzdeleri nedir?

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve UYGULAMALARI

77



- $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{HCO}_3^-$
- $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
- $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve UYGULAMALARI

78

CO₃ NaOH

CO₃

- $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{f.f}$
- $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{m.o}$
- $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{m.o}$
- $\text{OH}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{f.f}$

M.DEMİR
07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve UYGULAMALARI
79

● Hatırlarsak, eşit hacimlerdeki çözelti ayrı ayrı kaplara alınıp, birine fenolftaleyn ötekine metil oranj eklenip titrasyon yapıldığında

- $V_{\text{ff}} = V_{\text{mo}} \rightarrow \text{NaOH}$
 - $V_{\text{ff}} = V_{\text{NaOH}}$
- $2V_{\text{ff}} = V_{\text{mo}} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$
 - $V_{\text{mo}} = V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$
- $V_{\text{ff}} = 0 \quad V_{\text{mo}} > 0 \rightarrow \text{NaHCO}_3$
 - $V_{\text{mo}} = V_{\text{NaHCO}_3}$

- $2V_{\text{ff}} < V_{\text{mo}} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$
 - $V_{\text{mo}} - 2V_{\text{ff}} = V_{\text{NaHCO}_3}$
 - $V_{\text{ff}} = V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$

$V_{\text{mo}} < 2V_{\text{ff}} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}$

$V_{\text{mo}} - V_{\text{ff}} = V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$

$V_{\text{ff}} - (V_{\text{mo}} - V_{\text{ff}}) = V_{\text{NaOH}}$

M.DEMİR
07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve UYGULAMALARI
80

Buna göre ; $V_{m.o} < V_{f.f}$ olduğuna göre karışım NaOH + Na_2CO_3 tir.
 Na_2CO_3 için harcanan $\Rightarrow 21.1 - 18.15 = 2.95$ ml
NaOH için harcanan $\Rightarrow 18.15 - 2.95 = 15.20$ ml

$$\frac{2.95 \times 0.75 \times 10^{-3} \times \frac{Na_2CO_3}{1}}{0.9} \times 100 \Rightarrow \%26.05 Na_2CO_3$$

$$\frac{15.20 \times 0.75 \times 10^{-3} \times NaOH}{0.9} \times 100 \Rightarrow \%50.66 NaOH$$

- **Örnek 27:** 75 ml Na_2CO_3 çözeltisi 0.1065 N HCl çözeltisinin 67.2 ml'si ile nötrleştirilmiştir. Bir başka analizde 25 ml $Ba(NO_3)_2$ çözeltisine 50 ml Na_2CO_3 eklenmiş ve kurşun karbonat çöktürüldükten sonra Na_2CO_3 'ün aşırısı aynı asitin 14.8 ml'si ile nötrleştirilmiştir. Buna göre baryum nitratın derişimi Normalite ve g/L olarak nedir?

Na_2CO_3 in normalitesi $\Rightarrow 0.1065 \times 67.2 = 75 \times N$
 $\Rightarrow N = 0.095$
 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ in normalitesi $\Rightarrow (50.0 \times 0.095 - 25 \times N)$
 $= 0.1065 \times 124.8 \Rightarrow N = 0.1277$
Gram cinsinden değeri ise ;

$$0.1277 \times \frac{\text{Ba}(\text{NO}_3)_2}{2} = 16.66 \text{ g/L}$$

- **Örnek 28:** Yaklaşık 0.1 M derişimde hazırlanan asit çözeltisini ayarlayabilmek için 0.0126 g.
- Primer standart kalitedeki Na_2CO_3 'ten tartılmış ve bir erlene alınmıştır.
- Üzerine yeterince su eklenip çözülmüş ve birkaç damla metiloranj indikatörü eklendikten sonra HCl ile titre edilmiş ve 12.6 ml asit harcandığı görülmüştür.
- Buna göre HCl'in normalitesi nedir?



$$12.6 \times N_{HCl} \times 10^{-3} \times \frac{Na_2CO_3}{2} = 0.0126$$

$$12.6 \times N_{HCl} \times 53 = 0.0126$$

$$N_{HCl} = \frac{0.0126}{0.6673} \Rightarrow N_{HCl} = 0.0188 N$$



- **Örnek 29** 22.5 ML sirke örneği 100 ml'ye seyreltilmiş ve 4.50 ml 0.1026 N NaOH ile titre edilmiştir. Buna göre sirkedeki HAc miktarı ppm cinsinden nedir?



$$HAc = 60 \text{ g / mol}$$
$$\frac{4.50 \times 0.1026 \times HAc}{22.5} \times 1000 \Rightarrow 1231.2 \text{ mg / L} = 1231.2 \text{ ppm}$$



- **Örnek 30:** a) İçinde sodyum karbonat ve bikarbonat bulunan bir örneğin analizlenmesi istenmektedir.
- Örnek ağırlığının 2.0 g olduğu ve % 20 Na_2CO_3 , % 30 NaHCO_3 içerdiği, kullanılan asit çözeltisinin 0.1090 olduğu kabul edilirse titrasyonun her bir aşama için kaç ml asit çözeltisinin kullanılması gerekir? Hesaplayınız.



$$\%20 \text{ lik } 2.0 \text{ g } Na_2CO_3 \Rightarrow \frac{20}{100} \times 2.0 = 0.4 \text{ g saf } Na_2CO_3$$

$$\%30 \text{ luk } 2.0 \text{ g } NaHCO_3 \Rightarrow \frac{30}{100} \times 2.0 = 0.6 \text{ g saf } NaHCO_3$$

$$0.1090 \times V_{HCl} \times 10^{-3} \times \frac{Na_2CO_3}{1} = 0.4 \Rightarrow V_{HCl} = 34.62 \text{ ml}$$

Bu fenolftaleyn indikatörlüğünde Na_2CO_3 için harcanan miktardır. $NaHCO_3$ için harcanan miktar ise;

$$0.1090 \times V_{HCl} \times 10^{-3} \times NaHCO_3 = 0.6 \Rightarrow V_{HCl} = 65.53 \text{ mL}$$


olarak hesaplanır. Buna göre




- i) Deney ayrı kaplarda f.f. ve m.o. indikatörleri kullanılarak yapılmışsa
 - f.f. indikatörü için = 34.62 ml HCl;
 - m.o. indikatör için = $2 \times 34.62 + 65.53 = 134.77$ ml HCl
- ii) Deney aynı kaptan önce f.f. indikatörü sonra m.o. indikatörü kullanılarak yapılmışsa
 - f.f. indikatörü için = 34.62 ml HCl
 - m.o. indikatörü için = $34.62 + 65.53 = 100.15$ ml

- **Örnek 31.** Na_3PO_4 , Na_2HPO_4 veya NaH_2PO_4 veya her üçünü içeren bir karışımdan 2.0 gram tartılmış ve bromkresol yeşili indikatörü eşliğinde 0.5 M HCl ile titre edildiğinde 16.5 ml asit kullanıldığı görülmüştür.
- Benzer bir örnek 0.7 M NaOH ile titre edildiğinde fenolftaleyn indikatörü ile 7.6 ml NaOH harcanmıştır.
- Buna göre bu karışımın bileşimi nedir, her birinin yüzdesi nedir?

NaOH ↓	H_3PO_4	↑		
NaOH ↓		↑		
	↓ H_2PO_4^-	↑	Bromkresol yeşili renk değiştirir	pH ≈ 4.6
NaOH ↓		↑	HCl	
	↓ HPO_4^{2-}	↑	Fenolftaleyn renk değiştirir	pH ≈ 9.2
NaOH ↓		↑	HCl	
	↓ PO_4^{3-}	↑	HCl	

- 
- fosforik asitin titrasyonu eğrisinde iki dönüm noktası vardır.
 - Örneğin; pH 4.6 dolayında bromkresol yeşili indikatörünün rengi asidik ortamdaki sarıdan bazik ortamdaki maviye döner. Bu, $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^-$ dönüşümü için uygun bir indikatördür.

- 
- Öte yandan pH 9.2 dolayında ise fenolftaleynin rengi renksizden pembeye döner. Bu da $\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightarrow \text{HPO}_4^{2-}$ dönüşümü için uygun bir indikatördür.

- Dönüşüm incelenirse, çözeltide yalnız Na_2HPO_4 ve NaH_2PO_4 bulunduğu anlaşılır.
- Eğer ortamda Na_3PO_4 bulunsaydı NaH_2PO_4 ün bulunmaması gerekirdi ve fenolftaleyn dönüm noktası için NaOH 'e gerek olmazdı.
- O hâlde $\text{HPO}_4^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^-$ dönüşümü için $16.5 \times 0.50 = 8.25$ mili eşdeğer gram veya 8.25×10^{-3} eşdeğer gram asit kullanılmıştır.


$$\% \text{Na}_2\text{HPO}_4 = \frac{16,5 \times 0,5 \times 10^{-3} \times 141.98}{2.00} \times 100 = \%58.57$$


Aynı şekilde $\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightarrow \text{HPO}_4^{2-}$ dönüşümü için
 $7.6 \times 0.7 = 5.32$ mili eşdeğer gram veya 5.32×10^{-3} baz kullanılmıştır.


$$\% \text{NaH}_2\text{PO}_4 = \frac{7,6 \times 0,7 \times 10^{-3} \times 119.99}{2.00} \times 100 = \%31.50$$


- **Örnek 32** İçinde NaOH , Na_3PO_4 , Na_2HPO_4 , NaH_2PO_4 , H_3PO_4 ve HCl maddelerinden bir veya birkaçının ihtiva eden bir çözeltinin 10 gramı 1.0 N NaOH ile fenolftaleyn indikatörlüğünde titre edilmiş ve 34.5 ml NaOH kullanılmıştır.
- Başka bir 10 gramlık karışım bromkresol yeşili indikatörlüğünde titre edilmiş ve 1.0 N NaOH 'ten 20.50 ml kullanılmıştır.
- Buna göre bu çözeltinin bileşimi nedir? Bileşenlerin yüzdeleri nedir?

$\text{NaOH} \downarrow$	H_3PO_4	\uparrow		
$\text{NaOH} \downarrow$	\downarrow	\uparrow		
	H_2PO_4^-	\uparrow	Bromkresol yeşili renk değiştirir	$\text{pH} \approx 4.6$
$\text{NaOH} \downarrow$	\downarrow	\uparrow	HCl	
	HPO_4^{2-}	\uparrow	Fenolftaleyn renk değiştirir	$\text{pH} \approx 9.2$
$\text{NaOH} \downarrow$	\downarrow	\uparrow	HCl	
	PO_4^{3-}	\uparrow	HCl	

- 
- Bromkresol yeşili indikatörü kullanıldığında belli bir miktar NaOH kullanıldığına göre, çözeltide HCl veya H_3PO_4 veya her ikisinin birlikte bulunması gerekir.
 - Eğer bu maddeler varsa NaOH, Na_3PO_4 ve Na_2HPO_4 bulunamazlar, çünkü bunlar bazik karakterli maddelerdir.

- 
- Aynı şekilde NaH_2PO_4 te bulunamaz. Çünkü HCl ile $H_2PO_4^-$ ün H_3PO_4 e dönüşmüş olması gerekir.
 - Bromkresol yeşili dönüm noktası için, $20.5 \times 10^{-3} \times 1.0 = 2.05 \times 10^{-2}$ eşdeğer gram baz kullanılmıştır.

- 
- Eğer bu kadar bazın tamamı H_3PO_4 ü titretmek için kullanılmış olsaydı, fenolftaleyn dönüm noktasına varabilmek için bu kadar daha bazın kullanılması gerekcekti.
 - Ancak bromkresol yeşili dönüm noktasından fenolftaleyn dönüm noktası için $(34.5-20.5) \times 10^{-3} \times 1.0 = 14.0 \times 10^{-3}$ eşdeğer gram baz kullanılmıştır.

- 
- Bu, kullanılan $20.5 \times 10^{-3} \times 1.0$ eşdeğer gram bazın ancak $20.5 - 14.0 = 6.5 \times 10^{-3}$ eşdeğer gramının HCl titrasyonu için kullanıldığını gösterir.
 - Buna göre çözeltinin HCl, H_3PO_4 ve H_2O 'dan meydana geldiği anlaşılır.




$$\%HCl = \frac{6.5 \times 10^{-3} \times 36.47}{10.00} \times 100 = \%2.37$$

$$\%H_3PO_4 = \frac{14.0 \times 10^{-3} \times 98.0}{10.00} \times 100 = \%13.72$$

$$\%H_2O = 100 - (13.72 + 2.37) = \%83.91$$

• ÇALIŞMA SORULARI


1. Molekül ağırlığı 210 olan H₃A asitinin 20 ml'sini Na₃A tuzuna dönüştürmek için 0.097 N NaOH çözeltisinden 18.9 ml kullanılmıştır. Buna göre H₃A asitinin derişimi g/ litre olarak hesaplayınız.
2. Molekül ağırlığı 90 g/mol olan bir susuz asitin 1.250 gramı ile 250 ml'lik çözelti hazırlanmıştır. Bu çözeltiden alınan 25 ml'yi nötrleştirmek için 0.1 N KOH'ten 27.75 ml kullanılmıştır. Asit çözeltisinin pH'ını hesaplayınız.
3. N.Ş.A'da 112 ml HCl gazı suda çözülmüş ve çözelti 100 ml'ye tamamlanmıştır. Bu çözeltinin normalitesi nedir? Bu çözeltiyi nötrleştirmek için 0.1 N NaOH çözeltisinden ne kadar gereklidir?
4. İçinde sodyum karbonat ve sodyum hidroksit bulunan 25.0 ml'lik çözelti 0.098 N HCl ile titre edilmiştir ve fenolftaleyn indikatörlüğünde 20.6 ml, metiloranj indikatörlüğünde ise 31.4 ml asit harcandığı görülmüştür. Buna göre çözeltideki sodyum karbonat ve sodyum hidroksit miktarlarını g/litre olarak hesaplayınız.
5. 200 ml sinde 2.250 gram sodyum karbonat bulunan çözeltinin normalitesi nedir? Bu çözeltinin 20 ml si seyreltik sülfürik asit ile metiloranj indikatörlüğünde titre edilmiş ve 18.7 ml asit kullanılmıştır. Buna göre sülfürik asitin derişimi g/litre olarak nedir?

- 
6. İçinde sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat bulunan bir çözeltiden 25.0 ml alınmış ve 0.098 N HCl titre edilmiştir. Fenolftaleyn indikatörü kullanıldığında 10.1 ml, metiloranj indikatörü kullanıldığında ise 35.3 ml asit harcanmıştır. Buna göre karışımdaki sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat miktarları g/litre olarak nedir?
7. Bir örnekte sodyum hidroksit veya sodyum bikarbonat veya bunların karışımı başka safıksızlıklar ile birlikte bulunmaktadır. Bu örneğin 0.6 gramı metiloranj indikatörlüğünde 0.50 N HCl'in 21.1 ml'si ile titre edilmiştir. Aynı miktardaki örnek fenolftaleyn kullanıldığında 18.15 ml asit kullanılmaktadır. Buna göre karışımdaki safıksızlıkların yüzdesi nedir?
8. Yaklaşık 0.25 N HCl çözeltisini ayarlamak için 0.2492 g saf kalsiyum karbonata 25.0 ml asit çözeltisi eklenmiştir. Tepkime bittikten sonra asitin fazlası metiloranj indikatörlüğünde 5.9 ml NaOH ile titre edilmiştir. Asit ve bazların derişimi karşılaştırıldığında 25.0 ml HCl = 24.8 ml NaOH olduğu görülmüştür. Buna göre asitin gerçek normalitesi nedir?
9. 1.00 g saf sodyum karbonat 250 ml suda çözülmüştür. Buradan alınan 50.0 ml'yi nötrleştirmek için 0.12 N'lik sülfürik asitten ne kadar kullanmak gerekir?
10. 1.016 g potasyum hidrojenftalat, $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ 24.8 ml baz ile titre edilmiştir. Bazın molaritesi nedir?

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI


105

- 
11. İçinde sülfürik asit ve fosforik asit bulunan 25.0 ml'lik çözelti metiloranj indikatörlüğünde 1.0 N NaOH tın 8.3 ml'si ile fenolftaleyn kullanıldığında ise 10.2 ml'si titre edilmiştir. Buna göre çözeltideki sülfürik asit miktarlarını g/litre olarak hesaplayınız.
12. 30.0 ml 0.020 N baryum hidroksit 4 litre hava ile iyice çalkalandıktan sonra fenolftaleyn indikatörlüğünde 25.0 ml 0.01 N HCl ile nötrleştirilmiştir. Buna göre 100 litre havadaki karbondioksitin hacmi nedir?
13. İçinde sodyum hidroksit ve amonyak bulunan 20 ml'lik çözelti nötrleştirmek için 0.225 M HCl'den 35.8 ml kullanılmıştır. Karışımdaki amonyak damıtılmış ve 20 ml 0.225 M HCl'de toplanmıştır. Asitin fazlası 18.3 ml 0.145 M amonyak çözeltisi ile nötrleştirilmiştir. Buna göre karışımdaki amonyak ve sodyum hidroksitin normaliteleri nedir?
14. İçinde x g/litre susuz sodyum karbonat ve Y g/litre susuz sodyum bikarbonat bulunan bir S çözeltisi 0.1 M HCl ile titre edilmiştir. Bu çözeltinin 25.0 ml'si fenolftaleyn intikatörlüğünde 10.3 ml, metiloranj indikatörlüğünde ise 24.0 ml 0.1 M HCl ile titre edilmiştir. Buna göre, a) Her iki olaydaki kimyasal olayları açıklayınız. b) X ve Y'nin değerini bulunuz. c) S çözeltisinin 25 ml'si kaynatıldıktan sonra içine yeterince baryum klorür eklenmiş çökelek kurutulduktan sonra tartılmıştır. Tartım nedir?
15. Katı KOH örneğinin 0.2080 gramını titre etmek için 0.1125 N HCl çözeltisinden 32.75 ml kullanılmıştır. Örnekteki KOH yüzdesi nedir?

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI


106

- 
16. 0.2166 g saf HgO, KI çözeltisinde çözülüp açığa çıkan OH- b
HCl çözeltisinin 15.80 ml'si ile titre ediliyor. Asitin molaritesi nedir?
 17. Formül ağırlığı 204.2 olan bir değerlikli birincil standarttan 0.6 gram alınmış ve suda çözöldükten sonra 27.9 ml sodyum hidroksitle titre edilmiştir. Sodyum hidroksitin molaritesi nedir?
 18. Hidroklorik asit çözeltisi belli hacimdeki ayarlı sodyum hidroksitle titre edilmiştir. Eğer 25.00 ml 0.1079 M sodyum hidroksit çözeltisi için 23.18 ml asit gerekiyorsa asit çözeltisinin molaritesi nedir?
 19. 0.2780 g birincil standart (C4H9O3)NH2 suda çözölmüş ve 19.78 ml hidroklorik asitle titre edilmiştir. Hidroklorik asitin molaritesi nedir?
 20. 25.0 ml NaOH çözeltisi 24.7 ml 0.097 N sülfürik asit ile nötrleştirilmektedir. 25.0 ml amonyum sülfat çözeltisine 50.0 ml NaOH eklenip kaynatıldıktan sonra bazın fazlasını nötrleştirmek için asitten 30.5 ml gerekmiştir. Buna göre amonyum sülfatın derişimi g/litre olarak nedir?

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

107

- 
21. Yaklaşık 0.1 N derişimdeki HCl ve NaOH,baryum karbonat kullanarak şu şekilde ayarlanmıştır. 1.254 g baryum karbonat 250.0 ml hidroklorik asitte çözölmüş ve buradan alınan 25.0 ml'lik kısım NaOH ile titre edildiğinde 12.45 ml harcandığı görölmüştür. Doğrudan titrasyonda 25.0 ml HCl = 26.4 ml NaOH olduğı bulunmuştur. Buna göre NaOH ve HCl'in gerçek normaliteleri nedir?
 22. 0.840 g kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonat karışımı 40 ml 1.0 N HCl'de çözölmüştür. Asitin fazlası 1.0 N NaOH in 21.6 ml'si ile geri titre edildiğine göre karışimdaki kalsiyum karbonatın yüzdesi nedir?
 23. Kükürt trioksitli sülfürik asitin 1.0 gramı suda çözölmüş ve 1.0 N NaOH in 21.41 ml'si ile nötrleştirilmiştir. Çözeltideki kükürt trioksit ve sülfürik asit yüzdeleri nedir?
 24. İyonlaşma sabiti 1.0×10^{-5} olan 0.1 N HAC asitinin 50 ml'si 200 ml'ye seyreltilmiş ve 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir.
 - a) Baz eklenmeden önceki pH nedir?
 - b) 25 ml baz eklendiğinde pH nedir?
 - c) Eşdeğerlik noktasında pH nedir?
 - d) Hangi pH aralığındaki indikatör kullanılabilir?
 25. Aşağıdaki titrasyon eğrilerini çiziniz.
 - a) 50 ml 0.1 M HCN ile 0.1 M KOH
 - b) 25 ml 0.1 M HNO3 ile 0.1 M NaOH
 - c) 25 ml 0.1 M NH3 ile 0.2 M HCl
 - d) 100 ml 0.1 M Na3PO4 ile 0.1 M HCl

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

108

26. Aşağıdaki çözeltilerin pH larını hesaplayınız.

- a) 0.001 M HCl
 - b) 50 ml 0.0001 M NaOH
 - c) 10 ml 2.0 M HCl
 - d) 100 ml 0.01 M Ba(OH)₂
 - e) 75 ml 0.1 M KNO₃
 - f) 100 ml 0.2 M C₆H₅COOH (benzoik asit)
 - g) 125 ml de 0.025 mol KOH
 - h) 100 ml de 1 g HAc
 - i) 100 ml de 1 g HCl
 - j) 100 ml de 1 g HCl ve 1 g KCl
 - k) 100 ml de 1 g HAc ve 1 g NaAc
27. 250 mg NH₄Cl ve 200 ml 0.1 M NH₃'ten oluşan çözeltinin pH'ı nedir?
28. İçinde sodyum karbonat ve bikarbonat bulunan bir çözeltiden 25.0 ml alınmış ve 0.098 N HCl ile titre edilmiştir. Fenolftaleyn indikatörü kullanıldığında 10.1 ml asit, aynı kaba metiloranj eklenip titrasyona devam edildiğinde 35.3 ml daha asitin harcandığı görülmüştür. Buna göre karışımdaki sodyum karbonat ve bikarbonat miktarları g/ litre olarak nedir?
29. Bir örnekte NaOH veya Na₂CO₃ veya NaHCO₃ veya bunların karışımı başka safsızlıklarla birlikte bulunmaktadır. Bu örneğin 0.6 gramı metiloranj indikatörlüğünde 0.50 N HCl'in 21.1 ml'si ile titre edilmiştir. Aynı miktardaki başka bir örnek fenolftaleyn indikatörü ile titre edildiğinde 18.15 ml asit harcanmıştır. Buna göre karışım nedir? Her bir bileşenin yüzdeleri nedir?
30. İçinde sülfürik asit ve fosforik asit bulunan 25.0 ml'lik bir çözelti metiloranj indikatörlüğünde 1.0 N NaOH'ın 8.3 ml'si ile titre edilmiştir. Aynı kaba fenolftaleyn eklenip titrasyona devam edildiğinde 10.2 ml daha baz kullanıldığı görülmüştür. Buna göre çözeltideki sülfürik asit ve fosforik asit miktarı g/litre olarak nedir?

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

109

31. İçinde Na₃PO₄ veya Na₂HPO₄ veya NaH₂PO₄ veya bunların karışımını içeren bir örnekten, 2.0 g tartılıp 0.5 N HCl ile titre edilmiş ve bromkresol yeşili indikatörü ile 16.5 ml asit kullanılmıştır. Benzer bir örnek 0.7 N NaOH ile fenolftaleyn indikatörü kullanılarak titre edildiğinde 7.6 ml baz harcanmıştır. Buna göre örnekteki her bir bileşenin yüzdeleri nelerdir.

32. Aşağıdaki titrasyon eğrilerini çiziniz.

- a) 50.0 ml 0.1 N HCl ile 0.1 N NaOH titrasyonu
 - b) 25.0 ml 0.1 N HCl ile 0.1 N NaOH titrasyonu
 - c) 25.0 ml 0.1 N NH₄OH ile 0.2 N HCl titrasyonu
33. 0.860 gramlık bir örnekteki azot Kjeldahl yöntemi ile tayin edilmiş ve işlem sonunda 0.111 N HCl'den 36.6 ml gerektiği görülmüştür. Buna göre numunedeki amonyak yüzdesi nedir?
34. 50.0 ml 0.0648 M NaH₂PO₄ çözeltisi 0.0864 N NaOH çözeltisinin kaç ml'si ile titre edilebilir?
35. 0.9862 g sirke örneği 0.1200 N NaOH'in 26.28 ml'si ile titre edilmiştir. Sirkedeki asetik asit yüzdesi nedir?

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

110

36. 400 ml'sinde 2.120 g Na₂CO₃ bulunan çözeltinin Molar derişimi nedir?
 $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ tepkimesine göre normalitesi nedir?
Bu çözeltinin 25 ml'sindeki karbonatı bikarbonata dönüştürebilmek için 0.150 N HCl çözeltisinden kaç ml gereklidir?
37. İçinde susuz potasyum karbonat bulunan karışımın 1.0 gramı suda çözölmüş ve çözelti 250 ml'ye tamamlanmıştır. Bundan alınan 25 ml'lik örnek metil oranj indikatörü yanında derişimi bilinmeyen asitin 20.90 ml'si ile nötrleştirilmiştir. Nötral çözeltiyi çöktürmek için 0.1 N AgNO₃ tan 16.24 ml kullanıldığına göre;
38. Karışımındaki potasyum karbonat ve sodyum karbonatın ağırlıkça yüzdeleri nedir?
39. HCl çözeltisinin derişimi molar ve g/litre olarak nedir? (Yanıt 65 K₂CO₃, %32 Na₂CO₃)

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

111

Ödev:

- **iÖ:** 5, 11, 21, 32, 33, 25, 6, 16,31
- **GrA:** 4, 10, 14, 32, 24, 31, 34,37, 33,
- **GrB:** 1, 8, 12, 26, 33, 29, 32, 13, 20,31

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

112



BÖLÜM 16

Nötralleşme Titrasyonlarının Uygulamaları

SKOOG- s.428

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve UYGULAMALARI

113

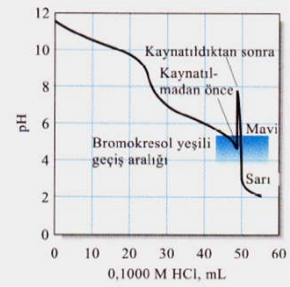
16A NÖTRALLEŞME TİTRASYONLARI İÇİN REAKTİFLER

16A-1 Standart Asit Çözeltilerinin Hazırlanması

16A-2 Asitlerin Ayarlanması

Sodyum Karbonat

Asitler İçin Diğer Primer Standartlar



Şekil 16-1 25,00 mL 0,1000 M Na_2CO_3 'ün 0,1000 M HCl ile titrasyonu. Yaklaşık 49 mL HCl ilavesinden sonra, çözelti kaynatılır, görüldüğü gibi pH'da bir artış meydana gelir. Daha sonra HCl ilavesi ile pH'daki değişim daha büyük olur.

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve UYGULAMALARI

114

ÖRNEK 16-1

HCl'nin yaklaşık 0,020 M'lık bir çözeltisinin ayarlanması için, 20,00 mL; 30,00 mL; 40,00 mL ve 50,00 mL asit çözeltileri alınarak çeşitli primer standartlar ile ayarlanmak isteniyor. Her hacim için aşağıdaki primer standartlardan alınması gereken kütleleri hesaplayıp karşılaştırınız: (a) TRIS (121 g/mol), (b) Na_2CO_3 (106 g/mol) ve (c) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (381 g/mol). Primer standart bazları tartmadaki standart sapma 0,1 mg ise, hesap çizelgesini kullanarak bu belirsizliğin hesaplanan her molaritede getireceği yüzde bağıl standart sapmayı bulunuz.

16A-3 Bazların Standart Çözeltilerinin Hazırlanması

ÖRNEK 16-2

Karbonatsız bir NaOH çözeltisinin derişimi hazırlandıktan hemen sonra 0,05118 M bulunuyor. Bu çözeltinin 1,000 L'si bir süre havada bırakıldığında 0,1962 g CO_2 absorplandığına göre, fenolftalein indikatörü kullanılarak bu çözelti ile yapılan asetik asit tayininde ortaya çıkan bağıl karbonat hatasını hesaplayınız.

16A-4 Bazların Ayarlanması



Potasyum Hidrojet Ftalat

Bazlar İçin Diğer Primer Standartlar

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

117

NÖTRALLEŞME TİTRASYONLARININ 16B TİPİK UYGULAMALARI



16B-1 Elementel Analiz

Azot

◀ Nötralleşme titrasyonları halen en yaygın kullanılan analitik yöntemlerdendir.

◀ Her yıl etlerin, tahılların, hayvan yemlerinin protein içeriğini ölçmek için yüzbinlerce Kjeldahl azot tayini yapılır.

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

118

ACIKLAMA 16-1

Toplam Serum Proteini Tayini

Toplam serum proteini tayini, karaciğer bozukluklarının teşhis ve tedavisinde, önemli bir klinik analizdir. Kjeldahl yönteminin kesinlik ve doğruluğu çok iyi olmakla beraber, rutin serum proteini tayininde, çok zaman alıcı ve sıkıcıdır. Fakat, Kjeldahl işlemi, diğer tayin yöntemlerinin karşılaştırılmasında bir referans yöntemidir. Yaygın olarak kullanılan yöntemler, *Biüret yöntemi* ve *Lowry yöntemi*dir.

Biüret yönteminde, bakır (II) iyonları içeren bir reaktif ile mor renkli bir Cu^{2+} - peptit kompleksi oluşturulur. Görünür bölge ışınlarının absorpsiyonundaki artış, serum proteinini ölçmede kullanılır. Yöntem, kolay otomatik hale getirilme üstünlüğüne sahiptir. *Lowry yönteminde* ise, serum numunesi bazik bakır çözeltisi ile bir ön işleme tabi tutulup ardından fenolik bir reaktif ile etkileştirilir. Reaktifteki fosfotungstik asit ve fosfomolibdik asidin mavi renkli heteropoli asitlere indirgenmesi sonucu bir renk oluşur. *Biüret ve Lowry yöntemlerinde* nicel ölçmeler için spektrofotometri (Bölüm 26) kullanılır.

ACIKLAMA 16-2

Organik Azot Tayini İçin Diğer Yöntemler

Organik maddelerin azot içeriğini tayin etmek için başka birkaç yöntem de kullanılmaktadır. *Dumas yönteminde*, numune toz bakır(II) oksit ile karıştırılır ve bir yakma tüpünde karbon dioksit, azot, su ve az miktarda azot oksitleri oluşacak şekilde yakılır. Bu ürünler bir karbon dioksit akımı ile sıcak bir bakır yığını üzerinden sürüklenir ve bu arada azot oksitleri elementel azota indirgenir. Sonra karışım derişik potasyum hidroksit dolu bir gaz büretine gelir. Baz tarafından absorplanmayan tek bileşen olan azotun hacmi doğrudan ölçülür.

Organik azot tayini için kullanılan en yeni yöntem, azotu, azot monoksite (NO) dönüştürmek üzere numuneyi 1100°C 'da bir kaç dakika yakmaya dayanır. Sonra gaz karışımına, azot monoksiti azot dioksite yükseltgenmek üzere ozon gönderilir. Bu reaksiyon, görünür bir ışıma oluşturur (*kemilüminesans*) ve bunun, numunenin azot içeriği ile orantılı olan şiddeti ölçülür. Kemilüminesans, Bölüm 27'de ayrıntılı olarak ele alınacaktır. Bu yöntem için kullanılan cihaz ticari olarak bulunabilir.

ÖRNEK 16-3

0,7121 g buğday unu numunesi Kjeldahl yöntemiyle analizlenmiştir. H_2SO_4 ile parçalama işleminden sonra, derişik baz ilâvesiyle oluşan amonyak, 25,00 mL 0,04977 M HCl içine damıtılmıştır. Sonra HCl'nin fazlası 3,97 mL 0,04012 M NaOH ile geri titre edilmiştir. Undaki protein yüzdesini hesaplayınız.

Diğer Elementler

ÇİZELGE 16-1

Notralleşme Titrasyonlarına Dayanan Elementel Analizler

Element	Dönüştüğü Tür	Absorpsiyon veya Çöktürme Ürünleri	Titirasyon
N	NH_3	$NH_3(g) + H_3O^+ \rightarrow NH_4^+ + H_2O$	NaOH ile fazla HCl
S	SO_2	$SO_2(g) + H_2O_2 \rightarrow H_2SO_4$	NaOH
C	CO_2	$CO_2(g) + Ba(OH)_2 \rightarrow BaCO_3(k) + H_2O$	HCl ile fazla $Ba(OH)_2$
Cl(Br)	HCl	$HCl(g) + H_2O \rightarrow Cl^- + H_3O^+$	NaOH
F	SiF_4	$SiF_4(g) + H_2O \rightarrow H_2SiF_6$	NaOH
P	H_3PO_4	$12H_2MoO_4 + 3NH_4^+ + H_3PO_4 \rightarrow$ $(NH_4)_3PO_4 \cdot 12MoO_3(k) + 12H_2O + 3H^+$ $(NH_4)_3PO_4 \cdot 12MoO_3(k) + 26OH^- \rightarrow$ $HPO_4^{2-} + 12MoO_4^{2-} + 14H_2O + 3NH_3(g)$	HCl ile fazla NaOH

16B-2 Anorganik Maddelerin Tayini



Amonyum Tuzları

Amonyum tuzları, kuvvetli bir bazla amonyağa dönüştürüldükten sonra damıtılarak tayin edilir. Amonyak toplanır ve Kjeldahl yöntemindeki gibi titre edilir.

Nitratlar ve Nitritler

Amonyum tuzları için hemen yukarıda anlatılan yöntem, anorganik nitrat ve nitritlerin tayinine uyarlanabilir. Bu iyonlar, önce Devarda alaşımıyla (%50 Cu, %45 Al, %5 Zn) ile amonyum iyonuna indirgenirler. Granül halindeki alaşım, bir Kjeldahl balonundaki numunenin kuvvetli bir bazik çözeltisine ilave edilir. Reaksiyon tamamlandıktan sonra, amonyak damıtılır. İndirgen olarak Arnd alaşımı (%60 Cu, %40 Mg) da kullanılmaktadır.

Karbonatlar ve Karbonat Karışımları

Sodyum karbonat, sodyum hidrojen karbonat ve sodyum hidroksitten birini veya bunların uygun karışımlarını içeren bir çözeltide, bunların nitel veya nicel tayini, karışımların analizinde nötralleşme titrasyonlarının nasıl kullanılacağına, ilginç bir örnektir. Herhangi bir çözeltide, bu üç bileşenin en fazla ikisi önemlice miktarda bir arada bulunabilir. Çünkü, aralarındaki reaksiyon üçüncüyü yok edecektir. Buna

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

123

göre, sodyum hidroksiti sodyum hidrojen karbonatla karıştırınca, orijinal reaktiflerin ikisinden biri (veya her ikisi de) tükeninceye kadar sodyum karbonat oluşur. Sodyum hidroksit tükenmiş ise, çözelti sodyum karbonat ve sodyum hidrojen karbonat içerir; sodyum hidrojen karbonat tükenmiş ise, geride sodyum hidroksit ve sodyum karbonat kalır; sodyum hidrojen karbonat ve sodyum hidroksitin eş molar miktarları karıştırılırsa, başlıca çözünen tür sodyum karbonat olur.

Böyle karışımların analizinde iki titrasyon yapılır: Bunlardan birisi fenolftalein gibi bazik bölge indikatörü, diğeri ise bromokrozol yeşili gibi asidik bölge indikatörü ile yapılır. Daha sonra çözeltinin bileşimi, numuneden alınan eşit hacimleri titre etmek için gerekli olan asitin bağıl hacimlerinden bulunabilir (Çizelge 16-2 ve Şekil 16-3). Çözeltinin bileşimi bulunduktan sonra, artık numunedeki her bir bileşenin derişimlerini tayin etmek için hacim verileri kullanılabilir.

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

124

ÇİZELGE 16-2

Hidroksit, Karbonat ve Hidrojen Karbonat İyonları İçeren Karışımların Analizinde Asit Hacmi İlişkileri

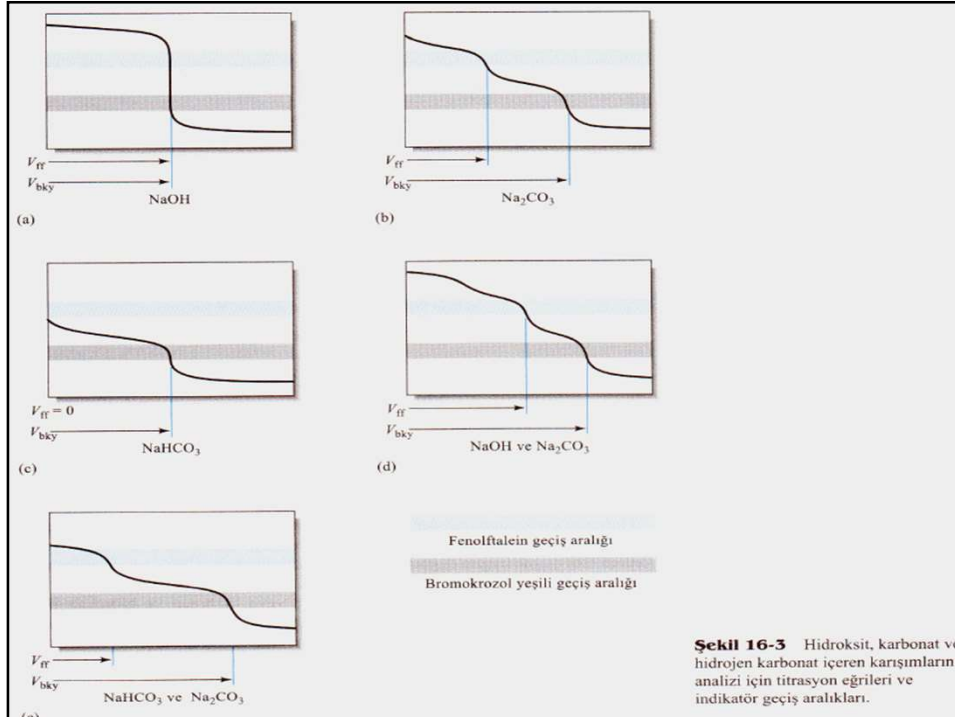
Numunedeki Bileşenler	Eşit Hacimde Numunenin Titrasyonunda V_{ff} ve V_{bky} Arasındaki İlişki*
NaOH	$V_{ff} = V_{bky}$
Na_2CO_3	$V_{ff} = \frac{1}{2} V_{bky}$
$NaHCO_3$	$V_{ff} = 0; V_{bky} > 0$
NaOH, Na_2CO_3	$V_{ff} > \frac{1}{2} V_{bky}$
Na_2CO_3 , $NaHCO_3$	$V_{ff} < \frac{1}{2} V_{bky}$

* V_{ff} = Bir fenolftalein dönüm noktası için gerekli asit hacmi; V_{bky} = bromokrezol yeşili dönüm noktası için gerekli asit hacmi.

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve UYGULAMALARI

125



ÖRNEK 16-4

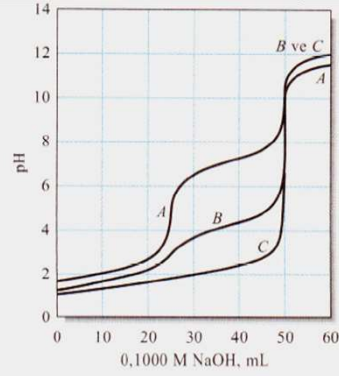
Bir çözelti NaHCO_3 , Na_2CO_3 , ve NaOH 'tan sadece birini veya bunların uygun karışımını içermektedir. Bu çözeltiden alınan 50,0 mL'lik bir kısmın fenol-ftalein dönüm noktasına kadar titrasyonu için 22,1 mL 0,100 M HCl harcanmaktadır. İkinci bir 50,0 mL'lik bir kısım ise bromokrezol yeşili indikatörünün dönüm noktasına kadar titre edildiğinde 48,4 mL HCl gerekmektedir. Orijinal çözeltinin bileşimini bularak çözünen türlerin molar derişimlerini hesaplayınız.

► Aşağıdaki maddelerin ikisini uygun şekilde içeren karışımlar da benzer şekilde analizlenebilir. HCl , H_3PO_4 , NaH_2PO_4 , Na_2HPO_4 , Na_3PO_4 ve NaOH .

► Bir HCl ve H_3PO_4 karışımını nasıl analizlersiniz? Ayrıca, bir Na_3PO_4 ve Na_2HPO_4 karışımını nasıl analizlersiniz? (Şekil 15-4'de, A eğrisine bakınız).



Şekil 15-4 Poliprotik asitlerin titrasyon eğrileri. 25,00 mL 0,1000 M (A) H_3PO_4 , (B) Oksalik asit, (C) H_2SO_4 'i titre etmek için 0,1000 M NaOH çözeltisi kullanılmıştır.



M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

129

16B-3 Organik Fonksiyonel Grupların Tayini

Birkaç organik fonksiyonel grubun doğrudan veya dolaylı tayini için nötralleşme titrasyonlarına dayanan uygun yöntemler bulunmaktadır. Bazı yaygın fonksiyonel gruplar için kullanılan yöntemler aşağıda kısaca anlatılmıştır.

Karboksilik ve Sülfonik Asit Grupları

Karboksilik ve sülfonik asit grupları, organik bileşiklerin asitliğinde rol oynayan en yaygın yapılardır. Karboksilik asitlerin çoğunun iyonlaşma sabitleri 10^{-4} - 10^{-6} aralığındadır ve bu yüzden, kolayca titre edilirler. Bunların titrasyonlarında, fenolftalein gibi baz-bölge indikatörü kullanılır.

Pek çok karboksilik asit suda yeterince çözünmediği için, bu ortamda doğrudan titrasyonları yapılamaz. Bu problemin söz konusu olduğu durumlarda, asit etanolde çözülür ve suda hazırlanmış bazla titre edilir. Başka bir yol ise, asitin standart bir bazın aşırısında çözülmesi ve sonra standart bir asitle geri titre edilmesidir.

Sülfonik asitler, genellikle, kuvvetli asitlerdir ve suda kolaylıkla çözülürler. Bu nedenle, onların bir bazla titrasyonu mümkündür.

Nötralleşme titrasyonları, saflaştırılmış organik asitlerin eşdeğer kütlelerini tayin etmek için sık sık kullanılır (Açıklama 16-3). Organik asitlerin nitel olarak belirlenmesinde eşdeğer kütlelerden yararlanır.

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

130

Amin Grupları

Alifatik aminler, genellikle, 10^{-5} mertebesinde iyonlaşma sabitlerine sahiptir ve bu yüzden, kuvvetli bir asit çözeltisiyle doğrudan titre edilebilirler. Aksine, anilin ve türevleri gibi aromatik aminler, genellikle, sulu ortamda titre edilemeyecek kadar zayıftır ($K_b \approx 10^{-10}$). Aynı durum, pridin ve türevleri gibi aromatik karakterli halkalı aminler için de söz konusudur. Piperidin gibi, pek çok doymuş halkalı amin, asit/baz davranışı yönünden alifatik aminlere benzer ve bu yüzden, sulu ortamda titre edilebilirler.

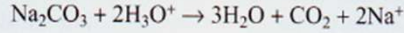
Aminlerin çoğu, suda baz olarak titre edilemeyecek kadar zayıftır ve onların bazikliğini artıran susuz asetik asit gibi susuz ortam çözücülerinde, kolayca titre edilebilir.

Bir asit veya bazın **eşdeğer kütlesi**, bir mol protonla reaksiyona giren veya bir mol proton içeren kısmının kütlesidir. Buna göre KOH (56,11 g/mol)'un eşdeğer ağırlığı onun mol kütlesidir. $\text{Ba}(\text{OH})_2$ için eşdeğer ağırlık, mol kütlesinin ikiye bölünmesiyle bulunur, $2(\frac{1}{2} \times 171,3 \text{ g/mol})$.

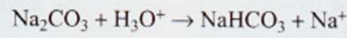
ACIKLAMA 16-3

Asitlerin ve Bazların Eşdeğer Ağırlıkları

Bir nötralleşme reaksiyonunda söz konusu türün eşdeğer ağırlığı, *özel bir reaksiyonda* bir mol protonla reaksiyona giren veya bir mol proton veren kısmının ağırlığıdır. Örneğin H_2SO_4 'ün eşdeğer ağırlığı, onun formül ağırlığının yarısıdır. Na_2CO_3 'ün eşdeğer ağırlığı pek çok uygulamada, reaksiyonu aşağıdaki gibi olduğundan dolayı, genellikle onun formül ağırlığının yarısı kadardır:



Bununla birlikte, bazı indikatörler yanında titre edildiği zaman, sodyum karbonat sadece tek bir protonla reaksiyona girer:



Burada, sodyum karbonatın eşdeğer ağırlığı, formül ağırlığına eşittir. Bu gözlemler, bir bileşiğin eşdeğer ağırlığının ilgili özel reaksiyonu bilmediğimiz sürece belirlenemeyeceğini gösterir (Ek 7).

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve
UYGULAMALARI

133

Ester Grupları

Esterler, genellikle, belirli miktarda standart bazla **sabunlaştırma** ile tayin edilir:

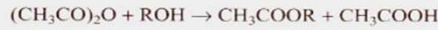


Sonra, bazın fazlası standart asit ile titre edilir.

Esterlerin sabunlaşma derecesi geniş bir aralıkta değişir. Bazılarının sabunlaşma reaksiyonlarının tamamlanması için, bir bazla birkaç saat ısıtılması gerekir. Birkaç tane ester ise, bazla doğrudan titre edilebilecek kadar hızlı reaksiyona girer. Genel olarak, ester standart 0,5 M KOH ile 1-2 saat geri soğutucu altında ısıtılır. Soğutulduktan sonra, bazın fazlası standart asit ile tayin edilir.

Hidroksil Grupları

Organik bileşiklerdeki hidroksil grupları, çeşitli karboksilik asit anhidritleri veya klorürleri ile esterleştirilerek tayin edilebilir. En yaygın iki reaktif asetik anhidrit ve ftalik anhidrittir. Asetik anhidrit ile olan reaksiyon şöyledir:



Asetilleme işlemi, normal olarak pridin içinde hazırlanmış ve hacmi dikkatlice ölçülmüş asetik anhidrit çözeltisi ile numuneyi karıştırmak suretiyle yapılır. Bu karışım ısıtıldıktan sonra, reaksiyona girmemiş anhidriti hidrolizlemek için su ilâve edilir:



Sonra asetik asit, sodyum veya potasyum hidroksitin alkollü bir standart çözeltisiyle titre edilir. Analiz sırasında, anhidritin başlangıç miktarını tesbit etmek için bir tanık deney yapılır.

M.DEMİR

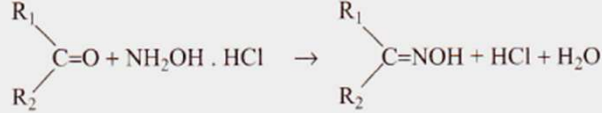
UYGULAMALARI

134

Ortamda aminler bulunuyorsa, bunlar asetik anhidritle nicel olarak amitlere dönüşür; bu kaynaktan gelen bozucu etkiyi, numuneden alınan ikinci bir kısmı, standart asitle doğrudan titre ederek düzeltmek, ekseriya mümkündür.

Karbonil Grupları

Pek çok aldehit ve keton, bir hidroksilamin hidroklorür çözeltisiyle tayin edilebilir. Bir oksimin oluştuğu reaksiyon şu şekildedir:



Burada, R_2 bir hidrojen atomu olabilir. Açığa çıkan hidroklorik asit bazla titre edilir. Burada da, yine nicel reaksiyon için gerekli şartlar değişebilir. Aldehitler için, genellikle 30 dakika yeterlidir. Pek çok ketonu, reaktifle bir saat veya daha fazla geri soğutucu altında ısıtmak gerekir.

M.DEMİR

07-ASİT-BAZ TİTRASYONLARI ve UYGULAMALARI

135

SORULAR VE PROBLEMLER

- *16-1. HCl ve CO_2 'in kaynama noktaları yaklaşık aynıdır ($-85^\circ C$ ve $-78^\circ C$). CO_2 'in sulu bir çözeltisini bir saat veya daha fazla kaynattıktan sonra önemli bir HCl kaybı olmadan, kısa süre kaynatılarak uzaklaştırılabilmesinin sebebini açıklayınız.
- 16-2. Standart asit çözeltilerini hazırlamak için HNO_3 'ün seyrek kullanılmasının sebebi nedir?
- *16-3. Primer standart $NaHCO_3$ 'dan primer standart saflıkta Na_2CO_3 'in nasıl hazırlanabileceğini açıklayınız.
- 16-4. Na_2CO_3 'in asitle ayarlanmasında, çözeltiyi eşdeğerlik noktası civarında niçin kaynatmak gerekir?
- *16-5. 0,010 M NaOH çözeltisinin ayarlanmasında, primer standart olarak $KH(IO_3)_2$ 'in benzoik asite tercih edilmesinin iki nedenini açıklayınız.
- 16-6. Bir sodyum hidroksit çözeltisinin molaritesinin, karbon dioksitin absorplanmasından görünürde etkilenmemesinin sebebini kısaca açıklayınız.
- 16-7. Organik azot içeren hangi tip bileşikler için, Kjeldahl yönteminde özel bir önlem alınmadıkça, düşük sonuçlar elde edilir?
- *16-8. Aşağıdaki çözeltilerin 2,00 L'sini nasıl hazırlarsınız?
- (a) Katı maddeden 0,15 M KOH
(b) Katı maddeden 0,015 M $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$
(c) Yoğunluğu 1,0579 g/mL ve % 11,50'lik HCl (a/a)'ten 0,200 M HCl
- 16-9. Aşağıdaki çözeltilerin 500 mL'sini nasıl hazırlarsınız?
- (a) Yoğunluğu 1,1539 g/mL ve %21,8'lik H_2SO_4 (a/a)'ten 0,250 M H_2SO_4
(b) Katıdan 0,30 M NaOH
- *16-10. Bir sodyum hidroksit çözeltisinin, potasyum hidrojen ftalat (KHP) karşı ayarlanması sırasında şu sonuçlar elde ediliyor:
- | | KHP, g | NaOH, mL |
|---|--------|----------|
| 1 | 0,7987 | 38,29 |
| 2 | 0,8365 | 39,96 |
| 3 | 0,8104 | 38,51 |
| 4 | 0,8039 | 38,29 |
- Aşağıdakileri hesaplayınız:
- (a) Bazın ortalama molaritesi
(b) Veriler için standart sapma ve varyasyon katsayısı
(c) Verilerin yayılımı
- 16-11. Bir perklorik asit çözeltisinin molaritesi, primer standart sodyum karbonata karşı titrasyonla bulunmuştur (ürün: CO_2) ve aşağıdaki veriler elde edilmiştir.
- | | Na_2CO_3 , g | $HClO_4$, mL |
|---|----------------|---------------|
| 1 | 0,2068 | 36,31 |
| 2 | 0,1997 | 35,11 |
| 3 | 0,2245 | 39,00 |
| 4 | 0,2137 | 37,54 |

- (a) Asitin ortalama molaritesini hesaplayınız.
(b) Veriler için standart sapmayı ve varyasyon katsayısını hesaplayınız.
(c) Verilerden herhangi birini (sapma değeri) red-etmek için istatistiksel bir gerekçe mevcut mudur?
- *16-12. 1,000 L 0,1500 M NaOH çözeltisi ayarlandıktan sonra havadan 11,2 mmol CO_2 absorplanmışa, bu çözelti aşağıdaki indikatörler kullanılarak standart HCl çözeltisine karşı ayarlandığında, molaritesi ne olur?
- (a) fenolftalein
(b) bromokrezol yeşili
- 16-13. Bir NaOH çözeltisi ayarlandıktan hemen sonra 0,1019 M'dir. Bu çözeltinin tam 500,0 mL'si birkaç gün havaya maruz bırakılmış ve 0,652 g CO_2 absorplanmıştır. Titrasyonlar fenolftalein indikatörü kullanılarak yapılsa, bu çözelti ile yapılan asetik asit tayininde bağlı karbonat hatasını hesaplayınız.
- *16-14. Aşağıdaki durumların her biri için seyreltik bir HCl çözeltisinin molar derişimini hesaplayınız.
- (a) 50,00 mL'lik bir çözelti 0,6010 g AgCl oluşturuyor.
(b) 25,00 mL 0,04010 M $Ba(OH)_2$ 'in titrasyonu için 19,92 mL asit gerekiyor.
(c) 0,2694 g primer standart Na_2CO_3 'ün titrasyonu için 38,77 mL asit gerekiyor (ürünler: CO_2 ve H_2O).
- 16-15. Aşağıdaki durumların her biri için seyreltik bir $Ba(OH)_2$ çözeltisinin molaritesini hesaplayınız.
- (a) 50,00 mL'lik bir çözelti 0,1684 g $BaSO_4$ oluşturuyor.
(b) 0,4815 g primer standart potasyum hidrojen ftalat (KHP) için 29,41 mL baz gerekiyor.
(c) 0,3614 g benzoik asite 50,00 mL baz ilavesinden sonra 0,05317 M HCl ile yapılan geri-titrasyonda 4,13 mL harcanyor.
- 16-16. 35-45 mL arasında titrant kullanılması isteniyorsa, aşağıdaki titrasyonların her birinde belirtilen primer standartlardan alınan kısmın kütlesi hangi aralıkta olmalıdır?
- * (a) Na_2CO_3 'in 0,150 M $HClO_4$ ile titrasyonunda (Ürün: CO_2)
(b) $Na_2C_2O_4$ 'in 0,075 M HCl ile titrasyonunda
- $$Na_2C_2O_4 \rightarrow Na_2CO_3 + CO$$
- $$CO_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2O + CO_2$$
- * (c) Benzoik asitin 0,20 M NaOH ile titrasyonunda
(d) $KH(IO_3)_2$ 'in 0,030 M $Ba(OH)_2$ ile titrasyonunda

asırısı ilâve ediliyor. Sonra çözelti fenolftalein dönüm noktasına kadar 28,56 mL asit ile titre ediliyor. Numunedeki KOH, K_2CO_3 ve H_2O yüzdeleri, numunede sadece bu üç maddenin bulunduğunu varsayarak hesaplayınız.

- 16-41. $NaHCO_3$, Na_2CO_3 ve H_2O içeren 0,5000 g'lık bir numune çözülüyor ve 250,0 mL'ye seyreltiliyor. Alınan 25,00 mL'lik bir kısım 50,00 mL 0,01255 M HCl ile kaynatılıyor. Soğutulduktan sonra çözeltideki asitin asırısı fenolftalein dönüm noktasına kadar 2,34 mL 0,01063 M NaOH ile titre ediliyor. Sonra, alınan ikinci bir 25,00 mL'lik kısım $BaCl_2$ 'ün asırısı ve bazın 25,00 mL'si ile muamele ediliyor. Bütün karbonatlar çöktürülüp süzülüyor ve süzintideki bazın asırısını titre etmek için 7,63 mL HCl harcanıyor. Karışımın bileşimini hesaplayınız.

*16-42. Aşağıdakileri titre etmek için gerekli olan 0,06122 M HCl'nin hacmini hesaplayınız.

- (a) timolftalein dönüm noktasına kadar 10,00; 15,00; 25,00 ve 40,00 mL 0,05555 M Na_3PO_4
(b) bromokrezol yeşili dönüm noktasına kadar 10,00; 15,00 ve 25,00 mL 0,05555 M Na_3PO_4
(c) bromokrezol yeşili dönüm noktasına kadar Na_3PO_4 yönünden 0,02102 M ve Na_2HPO_4 yönünden 0,01655 M olan 20,00; 25,00; 30,00 ve 40,00 mL'lik çözeltiler
(d) timolftalein dönüm noktasına kadar Na_3PO_4 yönünden 0,02102 M ve NaOH yönünden 0,01655 M olan 15,00; 20,00; 35,00 ve 40,00 mL'lik çözeltiler

16-43. Aşağıdakileri titre etmek için gerekli olan 0,07731 M NaOH'in hacmini hesaplayınız.

- (a) bromokrezol yeşili dönüm noktasına kadar 25,00 mL 0,03000 M HCl ve 0,01000 M H_3PO_4 karışımı
(b) timolftalein dönüm noktasına kadar (a)'daki çözelti
(c) timolftalein dönüm noktasına kadar 10,00; 20,00; 30,00 ve 40,00 mL 0,06407 M NaH_2PO_4 çözeltileri
(d) timolftalein dönüm noktasına kadar H_3PO_4 yönünden 0,02000 M ve NaH_2PO_4 yönünden 0,03000 M'lik 20,00; 25,00 ve 30,00 mL'lik çözeltiler

*16-44. NaOH, Na_2CO_3 ve $NaHCO_3$ 'ün birini veya bunların uygun karışımını içeren bir seri çözelti

0,1202 M HCl ile titre ediliyor. Her bir çözeltinin 25,00 mL'lik kısmını, (1) fenolftalein ve (2) bromokrezol yeşili dönüm noktalarına kadar titre etmek için gerekli asit hacimleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Çözeltilerin bileşimini bulmak için bu bilgileri kullanınız. Ayrıca, çözeltinin mililitresi başına her bir çözünenin miligram sayısını hesaplayınız.

	(1)	(2)
(a)	22,42	22,44
(b)	15,67	42,13
(c)	29,64	36,42
(d)	16,12	32,23
(e)	0,00	33,33

16-45. NaOH, Na_3AsO_4 ve Na_2HAsO_4 'ün birini veya bunların uygun karışımını içeren bir seri çözelti 0,08601 M HCl ile titre ediliyor. Her bir çözeltinin 25,00 mL'lik kısmını, (1) fenolftalein ve (2) bromokrezol yeşili dönüm noktalarına kadar titre etmek için gerekli asit hacimleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Çözeltilerin bileşimini bulmak için bu bilgileri kullanınız. Ayrıca, çözeltinin mililitresi başına her bir çözünenin miligram sayısını bulunuz.

	(1)	(2)
(a)	0,00	18,15
(b)	21,00	28,15
(c)	19,80	39,61
(d)	18,04	18,03
(e)	16,00	37,37

*16-46. (a) Bir asitin ve (b) bir bazın eşdeğer kütlelerini tanımlayınız.

16-47. Oksalik asit dihidratın ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$; 126,1 g/mol), eşdeğer kütlelerini (a); bromokrezol yeşili dönüm noktasına ve (b) fenolftalein dönüm noktasına kadar titre edildiğinde hesaplayınız.

*16-48. 10,00 mL'lik bir sirke (asetik asit, CH_3COOH) numunesi bir erlene konup üzerine iki damla fenolftalein ilâve edilerek 0,1008 M NaOH ile titre ediliyor.

- (a) Titrasyon için 45,62 mL baz harcanırsa, numunedeki asetik asidin molar derişimi nedir?
(b) Alınan asetik asit çözeltisinin yoğunluğu 1,004 g/mL ise, numunedeki asetik asitin yüzdesi nedir?

16-49. **İşte Meydan!**

- (a) İndikatörlerin neden seyreltik çözeltileri kullanılır?
(b) Ohio gölünün nötrleştirme kapasitesini tayin etmek için yapılan bir titrasyonda, indikatör olarak %0,1'lik metil kırmızısının