**Equivalent Weights  : الأوزان المكافئة  
  
 يعتمد حساب الوزن المكافئ لمادة ما على طبيعة التفاعل ( تعادل أو أكسدة واختزال أو ترسيب أو تكوين معقدات ) . ويمكن ان يكون للمادة الواحدة  أكثر من وزن مكافئ وفقا للتفاعل الداخلة فيه .**

**وعلى ذلك فانه من الصعب وضع طريقة موحدة لحساب الوزن المكافئ تغطي كل أنواع التفاعلات حيث تتغير طريقة الحساب طبقا لنوع التفاعل , وسوف نتعرض فيما يلي لكيفية حساب الوزن المكافئ لكل نوع من أنواع التفاعلات الحجمية على حدة**

Neutralisation reactions **أولا : الأوزان المكافئة في تفاعلات التعادل**   **أن الوزن المكافئ لأي مادة في تفاعلات التعادل يساوي وزن تلك المادة الذي يعطي أو يتفاعل مع جرام جزيئي واحد من ايون الهيدروجين , ويمكننا هنا أن نميز بين ثلاثة أصناف**

**The equivalent Weights of Acids أ- الأوزان المكافئة للأحماض  
 الوزن المكافئ لحامض ما هو وزن ذلك الحامض الذي يحتوي على وزن جزيئي جرامي واحد من ايون الهيدروجين القابل للإحلال . وتعرف عدد ايونات الهيدروجين القابلة للإحلال بقاعدية الحامض فمثلا تتأين الأحماض أحادية القاعدية (Monobasic Acids ) وتعطي ايون هيدروجين واحد مثل حامض الهيدروكلوريك وحامض الخليك**

**الوزن الجزيئ=  وفي هذه الحالة يكون الوزن المكافئ**

HCl H+ +Cl-

اذن الوزن المكافىء لحمض الهيدروكلوريك هو 36.5 ÷ 1 =36.5جرام مكافىء

**أما بالنسبة للأحماض ثنائية القاعدية فنجد أنها تتأين وتعطي ايونين من الهيدروجين مثل حامض الاوكزاليك وحامض الكبريتيك**

**الوزن الجزيئ ÷ 2 =  وفي هذه الحالة يكون الوزن المكافئ**

**أما الأحماض ثلاثية القاعدية فيكون الأمر أكثر تعقيدا . فعلى سبيل المثال قد يتفاعل 1 مول من حامض الفسفوريك مع 1 أو 2 مول من هيدروكسيد الصوديوم**

**ويكون الوزن المكافئ لحامض الفسفوريك في التفاعل الأول مساويا لوزنه الجزيئي وفي التفاعل الثاني يكون وزنه المكافئ نصف وزنه الجزيئي**

H3PO4 3H+ +PO4-3   
اذن الوزن المكافىء لحمض الفسفوريك هو 97÷ 3 = 32.33 جرام مكافىء

**ومما سبق يتبين ضرورة معرفة التفاعل الذي يدخل فيه الحامض الذي يحوي أكثر من ذرة واحدة من الهيدروجين قابلة للإحلال وذلك لحساب وزنه المكافئ . هذا ويمكن أن نتوصل لقانون عام لحساب الوزن المكافئ لأي حامض قوي في تفاعلات التعادل كالأتي :**

**الوزن الجزيئي ÷ هـ =  الوزن المكافئ للحامض**

**حيث هـ هي عدد ذرات الهيدروجين القابله للاستبدال داخل الحمض**

**The Equivalent Weights of Bases** **ب- الأوزان المكافئة للقواعد   
الوزن المكافئ لقاعده ما هو وزن تلك القاعدة الذي يحتوي على واحد جرام من ايون الهيدروكسيل القابل للإحلال ويعرف عدد ايونات الهيدروكسيل القابلة للإحلال بحامضية القاعدة   
(Monoacidic Bases ) لتعطي ايون هيدروكسيل واحد مثل هيدروكسيد الصوديوم وتتأين**

**الوزن الجزيئ=  ويكون الوزن المكافئ في هذه الحالة**NaOH Na+ + OH-    
اذن الوزن المكافىء لهيدروكسيد الصوديوم هو 40 ÷ 1=40 جرام مكافىء  
Al(OH)3 Al+3+3OH-   
اذن الوزن المكافىء لهيدروكسيد الالومنيوم هو 78÷3 = 26 جرام مكافىء

**\* أما في حالة القواعد القوية ثنائية الحامضية فنجد أنها تتأين وتعطي ايونين هيدروكسيل مثل هيدروكسيد الباريوم وهيدروكسيد الكالسيوم   
الوزن الجزيئ ÷ 2  = ويكون الوزن المكافئ لهذه القواعد**

**كما يمكن تعريف الوزن المكافئ للقاعدة بأنه الوزن الذي يتفاعل مع وزن شكلي واحد لايون الهيدروجين . فمثلا يتفاعل ثلاثي مثيل الأمين مع الأحماض**

**وعلية فيمكن وضع قانون عام لحساب الوزن المكافئ للقواعد كالتالي :**

**الوزن الجزيئي ÷ هـ = الوزن المكافئ للقاعدة**

**حيث هـ هي عدد مجموعات الهيدروكسيل القابله للاستبدال داخل القاعده**

أي أن الوزن المكافىء للقاعدة BASE يساوى الوزن الجزيئى للقاعدة مقسوما على عدد مجموعات الهيدروكسيل المستبدلة فى تفاعل التعادل

**The Equivalent Weights of Salts : ج- الأوزان المكافئة للأملاح  
 يطلق اسم الملح على المركب الناتج من تفاعل الحامض مع القاعدة**

**ويعرف الوزن المكافئ لملح بأنه الوزن الذي يتفاعل مع وزن مكافئ واحد من حامض أو قاعدة . فمثلا لإيجاد الوزن المكافئ لكربونات الصوديوم لا بد من الإشارة إلى التفاعل الذي يدخل فيه**

**فيكون الوزن لمكافئ لكربونات الصوديوم مساويا لوزنه الجزيئي .**

**أو يكون الوزن المكافئ لكربونات الصوديوم مساويا لوزنه الجزيئي مقسوما على 2**

فمثلا الوزن المكافىء لكربونات الصوديوم يحسب كالاتى  
Na2CO3 2Na+ +CO3--   
الوزن الجزيئى لكربونات الصوديوم = 2×23 + 12 +3 ×16=106  
اذن الوزن المكافىء =106/(2×1)=53جرام مكافىء

**ثانيا :- الأوزان المكافئه في تفاعلات الترسيب   
 أن الوزن المكافئ لمادة ما تدخل في تفاعلات الترسيب هو وزن تلك المادة التي تحتوي أو تتفاعل مع واحد جرام ذري ( أي الوزن الذري معبرا عنه بالجرام ) لايون موجب إذا كان هذا الايون أحادي التكافؤ أو نصف جرام ذري أذا كان الايون الموجب ثنائي التكافؤ أو ثلث جرام ذري أذا كان الايون الموجب ثلاثي التكافؤ وهكذا . والمقصود بالايون الموجب هو الايون الداخل في التفاعل وليس بالضرورة أن يكون موجودا بالملح . فمثلا يتفاعل ايون الفضة مع ايون الكلوريد حسب المعادلة :   
 Ag  + Cl AgCl**

**ومن التفاعل نجد أن الايون الموجب الداخل في التفاعل هو ايون الفضة وهو ايون أحادي التكافؤ وبالتالي يكون الوزن المكافئ لكلوريد الفضة عبارة عن الوزن الجزيئي والوزن المكافئ لايون الفضة هو وزنه الذري .**

**هذا ويتفاعل وزنان مكافئان من ايونات الفضة مع وزن جزيئي واحد من كلوريد الباريوم حسب التفاعل التالي**

**2Ag  + Ba Cl2 2 AgCl**

**الوزن الجزيئ ÷ 2** **= وبهذا يكون الوزن المكافئ لكلوريد الباريوم**

**رابعا: الأوزان المكافئة في تفاعلات الأكسدة والاختزال**

**يعرف الوزن المكافئ لأي مادة تدخل في تفاعلات الأكسدة والاختزال بأنه الوزن الذي يعطي أو يأخذ مول واحد من الالكترونات بصورة مباشرة**

يحسب الوزن المكافىء للعامل المؤكسدoxidizing agent او العامل المختزل reducing agent بان يقسم الوزن الجزيئى للمادة على التغير الكلى ( مجموع التغير ) فى عدد التاكسد للعناصرالمتاكسدة او عدد الالكترونات المنتقلة خلال نصف التفاعل   
 الوزن الجزيئى للمادة

الوزن المكافىء = ------------------------

مجموع التغيرفى عدد التاكسد

مثال :   
Cr2O7-- + 6Fe++ + 14H+ 2Cr+++ + 6Fe+++ + 7H2

فى هذا التفاعل تغير عدد التاكسد لذره الكروم الواحده من +6 الى + 3

أي أن مجموع التغير لذرتي كروم = 6 ( 3 )

**يكون الوزن المكافئ لكرومات البوتاسيوم = الوزن الجزيئ ÷ 6**

**ويمكن كذلك حساب الوزن المكافئ على أساس حساب عدد الالكترونات التي (Half reaction equation) تصاحب معادلة نصف التفاعل وهذه الطريقة تتطلب كتابة معادلة نصف التفاعل موزونه ومنها نستطيع حساب الوزن المكافئ .**

**تطبيقات على الأكسده و الاختزال :**

**مثـــال 1:**

عينة كتلتها 1.5 جم تحتوى على مخلوط من حمض الأكساليك(H2SO4 ) وأكسالات البوتاسيوم (K2SO4) كما تحتوى أيضا على شوائب غير فعالة. أذيبت العينة فى الماء ثم عودلت بـ NaOH 0.5 ع فلزم 20 ملل . أخذت كتلة مماثلة من العينة السابقة وعودلت بـ KMnO4 0.5 ع فلزم للتعادل 40 ملل.

1. احسب النسبة المئوية لمكونات العينة. ب) احسب درجة نقاوة العينة.

(ج) احسب النسبة المئوية للشوائب.

**الحـــل:**

عدد مكافئات NaOH = عدد مكافئات حمض الأكساليك

ح × ع كتلة حمض الأكساليك (جم)

---------- = ---------------------- 1000 الوزن المكافئ

20 × 0.5 ك (جم)

----------- = ـــ ـــ ــ

1000 90

2

20 × 0.5 × 45

كتلة حمض الأكساليك (جم) = -------------- = 0.45 جم

1000

عدد مكافئات KMnO4 = عدد مكافئات H2C2O4 + عدد مكافئات K2C2O4

40 × 0.5 0.45 وزن K2C2O4

-------- = ---------- + ------------

1000 45 166

2

40 × 0.5 كتلة K2C2O4

-------- = 0.01 + -------------

1000 84

كتلة K2C2O4

0.02 – 0.01 = -------------

84

كتلة K2C2O4 = 0.01 × 84 = 0.84 جرام

كتلة H2C2O4

% H2C2O4 = ----------------- × 100

كتلة العينة

0.45 × 100

= --------------- = 30%

1.5

0.84 × 100

% K2C2O4 = ---------------- = 42%

1.5

0.45 + 0.84

درجة نقاوة العينة = ------------------ × 100 = 72%

1.5

النسبة المئوية للشوائب = 100 – 72 = 28%

**مثـــال 2:**

محلول حامضى يتكون من حمض H2SO4 وحمض H2C2O4 أخذ منه 50 ملل فلزم للتعادل معه 50 ملل NaOH 0.15 ع. أخذت عينة أخرى وحجمها 50 ملل فلزم للتعادل معها 40 ملل KMnO4 0.1 ع. احسب كتلة كل من حمض الكبريتيك وحمض الأكساليك بالجرام/لتر من المحلول.

**الحـــل:**

عدد مكافئات KMnO4 = عدد مكافئات H2C2O4

ح × ع ح × ع

------- = -------

1000 1000

40 × 0.1 50 × ع

-------- = -----------

1000 1000

40 × 0.1 × 1000

عيارية حمض الأكساليك = ----------------- = 0.08 ع

50 × 1000

عدد مكافئات NaOH = عدد مكافئات H2SO4 + عدد مكافئات H2C2O4

50 × 0.15 50 × ع 50 × 0.08

--------- = -------- + ----------

1000 1000 1000

7.5 50 × ع 40

------- = ------- + --------

1000 1000 1000

3.5 = 50 ع ع = 0.07 ع

**حجم المحلول × العيارية × الوزن المكافئ × 1000**

**كتلة حمض H2C2O4 جم/لتر = ----------------------------------------------------**

**1000 × حجم لمحلول**

**50 × 0.08 × 45 × 1000**

**= ------------------------------ = 3.6 جم/لتر**

**1000 × 50**

**50 × 0.07 × 49 × 1000**

**كتلة حمض H2SO4 جم/لتر = ----------------------------- = 3.43 جم/لتر**

**1000 × 50**

**مثـــال 3:**

ما هى عيارية أيدروكسيد الصوديوم إذا لزم 15 ملل منه لمعادلة كتلة معينة من تترا إكسالات البوتاسيوم والذى يحتاج لأكسدته 20 ملل من محلول برمنجانات البوتاسيوم 0.1ع (الوزن الجزيئى لـ KHC2O4.H2C2O4.2H2O هو 254).

**الحـــل:**

عدد مكافئات KMnO4 = عدد مكافئات KHC2O4.H2C2O4.2H2O

ح × ع كتلة KHC2O4.H2C2O4.2H2O

------ = ---------------------

1000 254

4

20 × 0.1 كتلة KHC2O4.H2C2O4.2H2O

---------- = ----------------------

1000 5 . 63

كتلة تترا أكسالات البوتاسيوم = 0.134 جرام.

عدد مكافئات NaOH = عدد مكافئات تتراأكسالات البوتاسيوم

ح × ع كتلة تترا أكسالات البوتاسيوم

------- = --------------------

1000 254

3

15 × ع 0.134

-------- = ---------

1000 254

3

1000 × 0.134 × 3

ع = ------------------ = 0.106 ع

15 × 254

**مثـــال 4:**

أذيب 1.7 جم من حمض الأكساليك التجارى فى الماء وكان حجم المحلول 200 ملل. لزم 15 ملل KMnO4 0.1 ع للتعادل مع 20 ملل من المحلول السابق. احسب النسبة المئوية لحمض الأكساليك فى العينة.

**الحـــل:**

عدد مكافئات KMnO4 = عدد مكافئات H2C2O4

15 × 0.1 كتلة H2C2O4

--------- = --------------

1000 الوزن المكافئ

15 × 0.1 كتلة H2C2O4

-------- = ------------

1000 45

45 × 15 × 0.1

كتلة H2C2O4 فى 20 ملل من المحلول = ------------ =0.0675 جم 1000

0.0675 × 200

كتلة حمض الأكساليك فى العينة = ------------ = 0.675 جرام

20

0.0675 × 100

% حمض الأكساليك فى العينة = ------------ = 39.71%

1.7

**مثــال 5 :**

عينة غير نقية تحتوى على حمض أكساليك وأكسالات صوديوم. أخذ منها 1.5 جم فلزم للتعادل معها 20 ملل NaOH 0.4 ع. وفى تجربة أخرى أخذ 3 جم من نفس العينة فلزم للتعادل معها 20 ملل KMnO4 0.2 مولر.

1. احسب النسبة المئوية لكل مكون من مكونات العينة.
2. احسب درجة نقاوة العينة.
3. احسب النسبة للشوائب.

**الحـــل:**

عدد مكافئات NaOH = عدد مكافئات حمض الأكساليك

ح × ع كتلة حمض الأكساليك (جم)

------- = -------------------

1000 الوزن المكافئ

20 × 0.4 كتلة حمض الأكساليك (جم)

-------- = -------------------- 1000 90

2

20 × 0.4 × 45

كتلة حمض الأكساليك = ------------- = 0.36 جم

1000

عدد مكافئات KMnO4 = عدد مكافئات حمض الأكساليك + أكسالات الصوديوم

ح × ع كتلة حمض الأكساليك كتلة أكسالات الصوديوم

------- = ------------- + -----------------

1000 الوزن المكافئ الوزن المكافئ

20×0.2×5 2 × 0.36 كتلة أكسالات الصوديوم

---------- = --------- + ------------ 1000 90 134

2 2

20 0.72 كتلة أكسالات الصوديوم

------- = ---- + ----------------- 1000 45 67

كتلة أكسالات الصوديوم

0.02 – 0.016 = --------------

67

كتلة أكسالات الصوديوم = 0.004 × 67 = 0.268 جم

0.36 × 100

% لحمض الأكساليك = --------------- = 24%

1.5

0.268 × 100

% لأكسالات الصوديوم = ------------ = 8.93%

3

درجة نقاوة العينة = 24 + 8.93 = 32.93%

% الشوائب = 100 - 32.93 = 67.07%