جامعة المنارة
كلية الهندسة المدنية
السنة الاولى

مقرر الكيمياء للمهندسين

Dr.-Ing.Nesreen Khallouf

كيمياء المياه

خواص الماء

- **يتمتع الماء بمجموعة من الخواص الفيزيائية والكيميائية والمكروبيولوجية والتي تُعد مؤشرات عن نوعية المياه.**
  - ✓ **الخواص الفيزيائية:** كالعكارة واللون والطعم والرائحة والناقلية الكهربائية.
  - ✓ **الخواص الكيميائية:** تعبر عن محتوى الماء من المعادن والأملاح وغيرها من المركبات الكيميائية والغازات المنحلة بالماء.
  - ✓ **الخواص الميكروبيولوجية:** تحدد محتوى الماء من البكتريا والفطور والفيروسات.

الخصائص الكيميائية للمياه Chemical properties of Water

- **المقصود بالخصائص الكيميائية (المؤشرات الكيميائية) للماء** هي المواد المختلفة الموجودة في الماء وما تؤثر به على تغير خصائص المياه،
- والخصائص الكيميائية للمياه عديدة وذات أهمية كبيرة لتحديد نوعية هذه المياه ومدى التطابق مع المواصفات القياسية المعتمدة وإمكانية استخدامها في الشرب أو في الأغراض الصناعية،
- كما تعتبر الخصائص الكيميائية ذات أهمية كبيرة لتحديد طريقة المعالجة الملائمة لأنواع المياه التي ستستخدم للشرب أو لتحديد طريقة المعالجة الملائمة للفضلات المائية ،

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

Chemical properties of Water الخصائص الكيميائية للمياه

❑وأهم الخصائص الكيميائية للماء ما يلي:

- ✓ المادة الصلبة وأنواعها .
- ✓ الأكسجين المنحل :(DO) Dissolved Oxygen
- ✓ الأكسجين المستهلك بيولوجياً (حيوياً): Biochemical Oxygen Demand (BOD)
- ✓ الطلب الكيميائي للأكسجين أو الأكسجين المستهلك كيميائياً : chemical Oxygen Demand (COD)

المادة الصلبة وأنواعها

- المادة الصلبة الكلية: **TS Total solids**
- المواد الصلبة المعلقة **TSS** *Total suspended solids*.
- المواد الصلبة المنحلة **TDS** ***Total dissolved solids*** .

المادة الصلبة الكلية
TS Total solids

- هي كمية المواد المتبقية في الوعاء من العينة بعد تجفيفها بالفرن بدرجة 103 - 105 مئوية لمدة ساعة ، **وتتوزع على نوعين :**

  - **المواد الصلبة المعلقة TSS**
  - **المواد الصلبة المنحلة TDS**

$$TS = TSS + TDS$$

المادة الصلبة الكلية
TS Total solids

- يشير مصطلح المواد الصلبة إلى المواد المعلقة أو المنحلة في مصادر المياه الطبيعية والتي يمكن أن تؤثر بطرق كثيرة على نوعية الماء .
- فالمياه الحاوية على تراكيز مرتفعة من المواد الصلبة المنحلة تبدي طعماً غير مستساغاً قد لا يلقى قبولاً إضافة لذلك لا تصلح هذه المياه للاستخدام في كثير من الصناعات.

المادة الصلبة الكلية
TS Total solids

❖ **و تصنف مياه الشرب حسب محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية TDS من ناحية الطعم إلى :**

- ✓ ممتازة التي أقل من 300 جزء في المليون،
- ✓ وجيدة التي بين 300-600 جزء في المليون،
- ✓ ومقبولة التي بين 600- 900 جزء في المليون،
- ✓ ورديئة التي بين 900- 1200جزء في المليون فأكثر،
- ✓ أما من 1200جزء في المليون فتعتبر غير مقبولة،

كما أن مياه الشرب التي تكون المواد الصلبة الذائبة الكلية بها منخفضة جداً قد تكون غير مقبولة بسبب عدم وجود طعم، ولحاجة جسم الإنسان إلى تعويض الأملاح المعدنية التي يفقدها نتيجة التعرق .

TSSالمواد الصلبة المعلقة
Total suspended solids

- هناك علاقة وثيقة وتناسب طردي بين قيم عكارة الماء وتركيز المواد الصلبة المعلقة (**Total suspended solids**) في الماء ،
- وتكون قيم مجموع المواد الصلبة المعلقة في مياه الشرب الصافية معدومة ولايسمح بوجود مواد معلقة في مواصفات مياه الشرب ،
- أما في مياه البحيرات والأنهار فهي بين ١٠٠–٥٠٠ ملغ/ل ،
- وتصل قيم مجموع المواد الصلبة المعلقة في بعض أنواع الفضلات المائية للمصانع الغذائية إلى قيم تصل حتى ٣٠٠٠ ملغ / ل .
- ويجب خض العينة بهدف التجانس قبل تحديد نسبة هذه المركبات في الفضلات المائية.

TSSالمواد الصلبة المعلقة
Total suspended solids

❖ كما تقسم الـ TSS إلى نوعين :

- ❑ **FSS** المواد الصلبة المعلقة الطائفة .
- ❑ **NFSS** المواد الصلبة غير الطائفة .

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

تحديد (TS) و (TSS) في المياه

- يعتبر تحديد مجموع المواد الصلبة (Total Solide) وتحديد مجموع المواد الصلبة المعلقة (Total Suspended Solide) في الماء **من الخصائص الهامة** للفضلات المائية وكذلك المياه الناتجة بعد معالجة الفضلات المائية ،
- ولا تعتبر هذه الخصائص ذات أهمية بالنسبة لمياه الشرب ،
- وفي مياه الشرب تكون قيمة مجموع المواد الصلبة(TS) مساوية قيمة مجموع الأملاح المنحلة (TDS) .
- وقيمة مجموع المواد الصلبة المعلقة (TSS) هي معدومة أو قريبة من الصفر .

تحديد مجموع المواد الصلبة (Total Solide) في المياه (TS):

- تمزج محتويات العينة بشكل جيد للتجانس
- ويؤخذ حجم من عينة الماء المطلوب تحديد قيمة الـ TS وهو يتراوح بين $100 - 300\ cm^3$ حسب نسب مجموع المواد الصلبة المتوقعة
- وتوضع في بيشر نظيف محدد الوزن بدقة .
- وتوضع العينة في مجفف بدرجة $103 - 105\ C^\circ$ لمدة ٢٤ hour وحتى ثبات الوزن
- ويحدد وزن البيشر مع الراسب ويحسب وزن الراسب ،

تحديد مجموع المواد الصلبة (Total Solide) في المياه (TS):

- ويتم تحديد قيمة مجموع المواد الصلبة مقدراً بواحدة mg / L من العلاقة التالية :

$$\text{Total Solids} = \frac{A - B}{C} \times 10^6 \quad \text{mg / L}$$

حيث :

- A = وزن البيشر مع الراسب (gr) .
- B = وزن البيشر وهو فارغ (gr) .
- C = حجم عينة الماء المستخدم cm^3.

تحديد مجموع المواد الصلبة المعلقة (TSS):

❖ تحدد قيم مجموع المواد الصلبة المعلقة في المياه بطريقتين :

* – الطريقة الوزنية .

* – طريقة الأجهزة الكهربائية .

تحديد مجموع المواد الصلبة المعلقة (TSS):

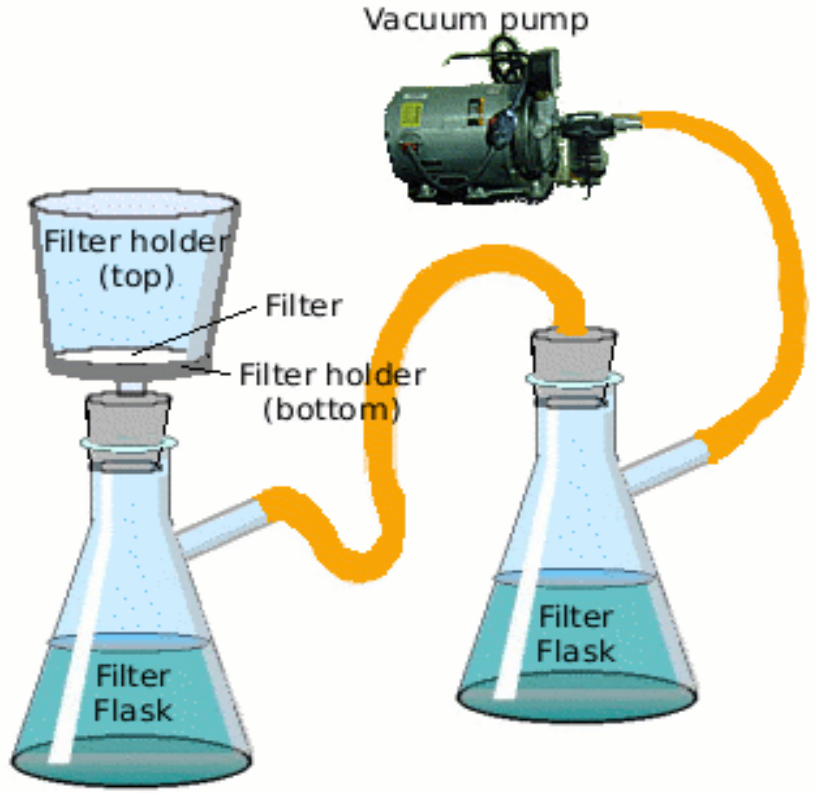
الطريقة الوزنية :

- تمزج محتويات العينة بشكل جيد للتجانس .
- ويؤخذ حجم من عينة الماء يفضل أن لا يقل عن $200\ cm^3$ بالنسبة للماء ذي النسب المرتفعة من قيم الـ TSS
- وقد يؤخذ حجم يصل إلى $1000\ cm^3$ في حال الماء ذي النسب المنخفضة من قيم الـ TSS
- ويرشح عبر قمع ترشيح ناعم المسام جدا (قمع بوخنر **Buchner**) مجفف بشكل جيد ومعلوم الوزن في ميزان حساس بدقة $0.1\ mg$ على الأقل .

تحديد مجموع المواد الصلبة المعلقة (TSS):

الطريقة الوزنية :

- ويلتقط جميع الجزيئات التي يزيد قطرها عن0.1 ميكرون .(ويمكن استخدام ورق ترشيح ناعم المسام جداً لمقارنة النتيجة) .
- ويتم الترشيح باستخدام مخلية للتسريع في عملية الترشيح.
- كما هو مبين في الشكل(1) .



شكل (1) طريقة الترشيح لتحديد قيم مجموع المواد الصلبة المعلقة TSS.

تحديد مجموع المواد الصلبة المعلقة (TSS):

الطريقة الوزنية :

- بعد انتهاء الترشيح يتم تجفيف القمع عند الدرجة C° ١٠٣–١٠٥ حتى ثبات الوزن ويحدد وزن المواد المعلقة الجافة ، ويتم تحديد قيمة مجموع المواد الصلبة المعلقة مقدراً بواحدة mg / L من العلاقة التالية :

$$\text{Total suspended solids} = \frac{A - B}{C} \times 10^6 \quad mg\,l^{-1}$$

حيث :

A = وزن قمع بوخنر مع الراسب (غ) .

B = وزن قمع بوخنر وهو فارغ (غ) .

C = حجم عينة الماء المستخدم سم٣.

تحديد مجموع المواد الصلبة المعلقة (TSS):

طريقة الأجهزة الكهربائية :

- وهي تعتمد على استخدام أجهزة كهربائية ،
- حيث يوجد مسبار من معدن محدد يوضع في عينة الماء ويقوم الجهاز بتحديد قيمة الـ TSS ،
- وتقرأ قيمة تركيز مجموع المواد الصلبة المعلقة على شاشة الجهاز مقدرة بـ mg / L .

المواد الصلبة المنحلة TDS
Total dissolved solids

- **هي كمية المواد الصلبة في لتر الماء المفلتر سابقا في اختبار الـ TSS .**
- ويتم حسابها من خلال تجميع الماء المار من خلال فلتر الـ TSS ضمن وعاء (معروف الوزن) ،
- وتبخيره بدرجة 180 مئوية ،
- ثم وزن الوعاء مرة أخرى وحساب الفرق الذي يحدد كمية المواد الصبة المنحلة TDS ،
- وتقدر بالمليغرامات لكل لتر ماء أي بوحدة ppm ،
- تستغرق العملية حوالي ساعتين .

المواد الصلبة المنحلة TDS
Total dissolved solids

- نستفيد من تحديد الـ TDS لتحديد المواد الصلبة الغير ممكن إزالتها بالترسيب او الفلترة او التطويف.
- هذا ويمكن قياس المواد الصلبة المنحلة بطريقة أخرى غير حسابية ،
- عن طريق جهاز يحوي الكترود حساس ويعطي مؤشره كمية هذه المواد عند غمسه ضمن الماء .

الأكسجين المنحل (DO)
Dissolved Oxygen

- يعتبر الأكسجين المنحل (DO) أحد الخصائص الهامة لتحديد نوعية المياه،
- ويعد تركيز الأكسجين المنحل في الماء دليل على حالة الماء ،
- فيمكن معرفة الكثير عن طبيعة المورد المائي من معرفة كمية الأكسجين المنحل فيه ،
- وتكمن أهمية الاكسجين المنحل في الماء كونه ضرورياً لاستمرار حياة الكائنات المائية وقيامها بالعمليات الحيوية .

الأكسجين المنحل (DO)
Dissolved Oxygen

- كما أن وجود الأكسجين المنحل في الماء يساعد على تحلل الملوثات العضوية
- وإن انعدامه في الماء يؤدي إلى حدوث تحلل لاهوائي للملوثات داخل الماء ينتج عنه غازات ضارة كغاز الميتان وغاز كبريت الهيدروجين وغيرها .
- تعتمد السرعة التي ينفذ بها الأكسجين الحيوي بالماء على اختلاف عمق الماء وعلى حركة الماء السطحية والأمواج التي تؤدي إلى خلط أكثر .
- تعد عملية التركيب الضوئي للنباتات المائية مصدراً مهماً للأكسجين المنحل في الماء وتعتمد اعتماداً كبيراً على درجة حرارة الماء،

الأكسجين المنحل (DO)
Dissolved Oxygen

- وتعتبر انحلالية الأكسجين في الماء قليلة جداً **وهي تتعلق** :

  - ✓ بدرجة حرارة الماء ،
  - ✓ الضغط وتركيز الأملاح المنحلة في الماء ،

- وينخفض الانحلال بزيادة درجة الحرارة وزيادة تركيز الأملاح المنحلة
- ويزداد الانحلال بزيادة الضغط المطبق.
- ولهذا يجب قياس درجة حرارة الماء عادة عند قياس الأكسجين المنحل فيه .

الأكسجين المنحل (DO)
Dissolved Oxygen

- يتم تحديد الأكسجين المنحل من خلال جهاز قياس الأكسجين المنحل بالماء ،
- الذي يتألف من الكترود مزود بغشاء خاص للأكسجين ،
- يتم غمسه ضمن العينة ،
- وتؤخذ القراءة بشكل آني،
- والتي تعتمد على معدل نفوذ الأكسجين من خلال غشاء القطب .

الأكسجين المستهلك بيولوجياً (حيوياً)(BOD)
Biochemical Oxygen Demand

- **يعبر BOD عن كمية الأكسجين المذاب في الماء التي تقوم الكائنات الحية الموجودة ضمن الماء باستخدامها للقيام بالأكسدة الهوائية للمركبات العضوية الموجودة في حجم معين عند الدرجة°C ٢٠ خلال ٥ أيام .**
- وكلما كانت قيمة BOD أكبر كان التلوث بالأحياء الدقيقة أكثر.
- ومن قياس كمية الأكسجين المستهلكة تحت ظروف خاصة وفي فترة زمنية معينة يمكن معرفة تركيز المواد العضوية في الماء.

الأكسجين المستهلك بيولوجياً (حيوياً)(BOD)
Biochemical Oxygen Demand

- **يمكن قياسه من خلال** حضن العينة عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية لمدة خمسة ايام .
- وقياس كمية الاكسجين المنحل للعينة عند بدء التجربة ،
- وبعد مرور خمسة ايام ،
- فيكون مقدار الانخفاض في كمية الاكسجين المنحل هي كمية الاكسجين المستهلك حيويا

الطلب الكيميائي للأكسجين أو الأكسجين المستهلك كيميائياً
chemical Oxygen Demand (COD)

- **يعرف بأنه كمية الأكسجين المستهلكة من قبل مواد مؤكسدة معينة التي تؤكسد المواد العضوية واللاعضوية الموجودة في كمية معينة من الماء تحت شروط محددة ويعبر عنها بال (ملغ/لتر).**
- وفي مياه الشرب يجب أن تكون قيمته أقل من ١٠ملغ/لتر O2 .
- تفاعل ال COD هو تفاعل أكسدة حراري،
- وشوارد الديكرومات $(Cr_2O_7)^{-2}$ هي المادة المؤكسدة المفضلة بسبب خصائصها الفريدة
- حيث ترجع ال $(Cr_2O_7)^{-2}$إلى شاردة الكروم (Cr^{+3}) في حين تتأكسد كلا المواد العضوية والغير العضوية المكونة للعينة.

خواص الماء

- **يتمتع الماء بمجموعة من الخواص الفيزيائية والكيميائية والمكروبيولوجية والتي تُعد مؤشرات عن نوعية المياه.**

- ✓ **الخواص الفيزيائية:** كالعكارة واللون والطعم والرائحة والناقلية الكهربائية.
- ✓ **الخواص الكيميائية:** تعبر عن محتوى الماء من المعادن والأملاح وغيرها من المركبات الكيميائية والغازات المنحلة بالماء.
- ✓ **الخواص الميكروبيولوجية:** تحدد محتوى الماء من البكتريا والفطور والفيروسات.

الخواص الميكروبيولوجية للمياه

- لا يزيد عدد الخلايا عن ١٠٠ خلية/مل على الدرجة ٢٠-٢٢ مئوية لمدة ٧٢ساعة .
- لا يزيد عدد الخلايا عن ٥٠ خلية/مل على الدرجة ٢٠ – ٢٢ مئوية لمدة ٢٤ ساعة على أن يتم تحليل العينة بكتريولوجيا قبل انقضاء ١٢ ساعة على الأكثر من أخذها مع حفظها خلال هذه الفترة عند الدرجة ٤ مئوية.
- خالية تماماً من مجموعة بكتريا القولون وبكتريا القولون النموذجية عند درجة الحرارة ٣٧ – ٤٤.٥ مئوية على التوالي.
- تكون خالية من الميكروبات السبحية والمعوية واللاهوائية والمتحوصلة والميكروبات الممرضة.
- تكون خالية تماماً من الكائنات الأولية والطحالب والفطريات والحشرات وأطوارها المختلفة.

الخواص الميكروبيولوجية للمياه

جمع العينات وحفظها :

- تتوقف قيمة النتائج المخبرية أساساً على سلامة العينات المختبرة ،
- والعينة الصحيحة يجب أن يكون حجمها كافياً لإتمام الإجراءات المخبرية،
- وأن تمثل تمثيلاً كاملاً المصدر المائي المأخوذة منه،
- وأن تحتفظ بحالتها أثناء الجمع،
- ويراعى عدم تعريضها لأية مؤثرات تؤدي إلى تغيير خصائصها خلال الفترة منذ جمعها وحتى إجراء الاختبارات عليها.

الخواص الميكروبيولوجية للمياه

حفظ العينات :

- في حالة التحليل الميكروبيولوجي توضع العينة بعد جمعها مباشرة في ثلاجة .
- ويراعى ألا يزيد الوقت بين أخذ العينة وتحليلها عن ٦ ساعات .
- أما بالنسبة للتحاليل الكيميائية والفيزيائية فيجب أن يجرى التحليل مباشرة
- أما إذا تعذر ذلك وتأخر لأكثر من ثلاث ساعات فيلزم حفظ العينة داخل صندوق ثلاجة بحيث يحاط الوعاء بطبقة من الثلج .

الخواص الميكروبيولوجية للمياه

أنواع العينات :

- **العينة المفردة** : تؤخذ دفعة واحدة بحيث تعطي نتائج تحليل هذه العينة معلومات عن مصدرها في وقت أخذ العينة .

- **العينة المركبة** : تعتبر مجموع لعدة عينات مفردة بأحجام متساوية مأخوذة من أماكن مختلفة أو في أوقات زمنية مختلفة ويجب ألا يتجاوز زمن جمع العينات المفردة للعينة المركبة أكثر من ٢٤ ساعة بشرط أخذ العينات المفردة بشكل صحيح .

جَامعة
المَنارة
MANARA UNIVERSITY

المسألة الأولى

- عينة من مادة مجهولة كتلتها $0.255\ g$ تحوي O, H, C تفاعلت مع الأوكسجين تفاعلاً تاماً فنتج عنها $0.561\ g$ من CO_2 و $0.306\ g$ من H_2O.
- ما الصيغة الأولية للمادة.

❑ علماً أن الأوزان الذرية: $C = 12$، و$O = 16$ ، و$H = 1$.

الحل

١- نحسب كتلة الكربون في CO_2:

حيث أن الكتلة الجزيئية لـ CO_2:

$$12 + 2 * (16) = 44\ g$$

CO_2		C
$44\ g$	تحوي $\longrightarrow$	$12\ g$
$0.561g$		x

$$x = \frac{12 * 0.561}{44} = 0.153g$$

الحل

٢ـ نحسب كتلة الهيدروجين في H_2O:

حيث أن الكتلة الجزيئية لـ H_2O: $2(1) + 16 = 18\text{g}$

H_2O		H
$18g$	تحوي $\longrightarrow$	$2g$
$0.306g$		Y

$$Y = \frac{2 * 0.306}{18} = 0.034g$$

الحل

٣- نحسب كتلة الأوكسجين في العينة:

$$0.255 - (0.153 + 0.034) = 0.068g$$

٤- نقسم على الأوزان الذرية لحساب عدد المولات حيث أنّ:

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{كتلة المول من العنصر}}$$

C	O	H
$\frac{0.153}{12}$	$\frac{0.068}{16}$	$\frac{0.034}{1}$
0.0127	0.00425	0.034

الحل

٥- نقسم على أصغر الأعداد:

$$\frac{0.0127}{0.00425} = 3 \qquad \frac{0.00425}{0.00425} = 1 \qquad \frac{0.034}{0.00425} = 8$$

٦- فيكون المركب:

$$C_3H_8O$$

المسألة الثانية

❖ يتفاعل الأمونيا (النشادر) مع الأوكسجين لينتج أول أوكسيد الأزوت والماء وفق المعادلة الموزونة:

$$4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$$

❖ إذا أعدت الظروف لتفاعل $3.4\ g$ من النشادر مع $4g$ من الأوكسجين

❑ احسب كتلة الماء الناتج وحدد المادة المحددة للتفاعل والمادة الفائضة

❑ واحسب كم يتبقى منها دون تفاعل.

❑ علماً أن الأوزان الذرية: $N = 14$، و$O = 16$ ، و$H = 1$.

الحل

- تُعرّف المادة المتفاعلة المحددة للتفاعل بأنها المادة التي تتفاعل كلياً دون بقاء فائض.
- الكتلة الجزيئية للنشادر: $4 * [14 + 3 * (1)] = 68g$
- الكتلة الجزيئية للأوكسجين: $5 * (16 * 2) = 160g$

$$\begin{array}{ccc} 4NH_3 & + & 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O \\ 68g & & 160g \\ 3.4g & & x \end{array}$$

- كمية الأوكسجين اللازم:

$$X = \frac{3.4 * 160}{68} = 8g > 4g$$

الحل

- إذاً الأوكسجين وهو 4g تفاعل كله دون فائض أي أن المادة المحددة للتفاعل هي الأوكسجين.

- الكتلة الجزيئية للماء: $6[2 * (1) + 16] = 108g$

$$\begin{array}{ccccc} 4NH_3 & + & 5O_2 & \rightarrow & 4NO + 6H_2O \\ 68g & & 160g & & 108g \\ z & & 4g & & y \end{array}$$

الحل

- كتلة الماء:

$$y = \frac{108 * 4}{160} = 2.7g$$

- المادة الفائضة هي النشادر كتلتها:

$$z = \frac{68 * 4}{160} = 1.7g$$

- كتلة النشادر المتبقية:

$$3.4 - 1.7 = 1.7\text{g}$$

المسألة الثالثة

❖ يحترق الإيتيلين في الهواء الجوي وينتج H_2O، و CO_2 وفق المعادلة الموزونة التالية:

$$C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$$

أولاً- احسب كتلة CO_2 التي يمكن أن تتكون عندما يتفاعل $1.93\ g$ من الإيتيلين مع $5.92\ g$ من الأوكسجين.

ثانياً- ماهي المادة المحددة للتفاعل.

ثالثاً- ما المادة الفائضة وكم تبقى منها دون تفاعل.

❑ علماً أن الأوزان الذرية: $N = 14$، و$O = 16$ ، و$H = 1$.

الحل

- الكتلة الجزيئية للإيتيلين: $2 * (12) + 4 * (1) = 28\ \mathrm{g}$
- الكتلة الجزيئية للأوكسجين: $3 * (16 * 2) = 96\ \mathrm{g}$

$$\begin{array}{ccc} C_2H_4 & + & 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O \\ 28g & & 96g \\ 1.93g & & x \end{array}$$

- كمية الأوكسجين اللازم:

$$X = \frac{1.93 * 96}{28} = 6.617g > 5.92g$$

- إذاً الأوكسجين تفاعل كله دون فائض أي أن المادة المحددة للتفاعل هي الأوكسجين.

الحل

- الكتلة الجزيئية لـ CO_2: $2[12 + 2 * (16)] = 88\ \mathrm{g}$

$$\begin{array}{cccc} C_2H_4 & + & 3O_2 & \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O \\ 28g & & 96g & 88g \quad -- \\ z & & 5.92g & y \quad -- \end{array}$$

- كتلة CO_2:

$$y = \frac{88 * 5.92}{96} = 5.43g$$

الحل

- **المادة الفائضة هي الايتلين كتلتها:**

$$z = \frac{5.92 * 28}{96} = 1.72g$$

- **كتلة الايتيلين المتبقية:**

$$1.93 - 1.72 = \ 0.203 \text{ g}$$

المسألة الرابعة

❖ اكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعلات الآتية:

$$C_{(s)} + CO2_{(g)} \rightleftarrows 2CO_{(g)}$$

الحل

$$k_c = \frac{[co]^2}{[co_2]} = \frac{\text{مواد ناتجة}}{\text{مواد متفاعلة}}$$

ملاحظة: لا يوجد في تعبير ثابت الاتزان إلا المواد بشكلها الغازي (g)أو التي تكون ذائبة في المحلول (aq).أما المواد السائلة النقية (l)، أو الصلبة (s)لا تُكتب تراكيزها لأنها تبقى ثابتة في درجة حرارة معينة.

المسألة الرابعة

❖ اكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعلات الآتية:

$$5fe^{+2}_{(aq)} + MnO4^{-}_{(aq)} + 8H^{+}_{(\text{حمضي وسيط})} \rightleftarrows 5fe^{+3}_{(aq)} + Mn^{+2}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$$

الحل

$$k_c = \frac{[Mn^{+2}][fe^{+3}]^5}{[fe^{+2}]^5\,[MNo_4^{-}]}$$

ملاحظة: $H_2O_{(l)}$ لا يدخل بالعبارة.

ولا يدخل H^+ لأنه وسيط حمضي.

المسألة الخامسة

❖ اكتب المعادلة الموزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعلات الآتية:

❑ تسامي اليود الصلب (التسامي هو تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة).

الحل

$$2I_{(S)} \rightleftarrows I_{2(g)}$$

$$k_c = [I_2]$$

المسألة الخامسة

❖ اكتب المعادلة الموزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعلات الآتية:

❑ تفكك كربونات الكالسيوم الصلب بالحرارة إلى أوكسيد الكالسيوم الصلب وغاز ثاني أوكسيد الكربون:

الحل

$$CaCo_{3(s)} \rightleftarrows Cao_{(s)} + CO_{2(g)}$$

$$k_c = [co_2]$$

المسألة الخامسة

- ❖ اكتب المعادلة الموزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعلات الآتية:
- ❑ غاز الازوت + غاز الاكسجين يعطي أكسيد الازوت:

الحل

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftarrows 2NO_{(g)}$$

$$k_c = \frac{[NO]^2}{[N_2]\,[O_2]}$$

جَامعة
المَنارة
MANARA UNIVERSITY

شكراً لإصغائكم

https://manara.edu.sy/