

مقرر الكيمياء للمهندسين

Dr.-Ing.Nesreen Khallouf

كيمياء المياه 1

د.م . نسرين خلوف



□ 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 البكتيريا والفطور والفيروسات.



الخصائص الفيزيائية للماء

- تعتبر الخصائص الفيزيائية للماء (**Physical properties of Water**) النقي والمحاليل المائية ذات أهمية كبيرة في مجال نقل المياه ومجالات التطبيقات الصناعية لاستخدام المياه والمحاليل المائية
- وتتغير الخواص الفيزيائية للماء تبعاً لتغيرات درجة الحرارة ونوعية وتركيز المواد المنحلة في الماء .
- ويعتبر الضغط ذو تأثير بسيط جداً على الخصائص الفيزيائية للماء



□ وأهم الخصائص الفيزيائية للماء ما يلي:

✓ العكارة (TURBIDITY)

✓ الناقلية الكهربائية

✓ الكثافة Density

✓ اللزوجة Viscosity

✓ اللون

✓ الرائحة والطعم

✓ الحرارة



العكارة (TURBIDITY)

□ **العكارة** : هي دليل أو مقياس عن تركيز الأجزاء الناعمة المبعثرة والمعلقة كالغضار و الطمي والملوثات العضوية والأملاح المنحلة في الماء أو في أي سائل آخر،

□ **وبتعبير آخر تعرف العكارة** : على أنّها الخاصية البصرية للماء الناتجة عن انتشار الضوء وامتصاصه من قبل المواد العالقة بدلاً من انتقاله بشكل خط مستقيم،



العكارة (TURBIDITY)

- ❖ **رقم العكارة :** هو مقياس لدرجة تعكر الماء أي مقياس لتركيز المواد المعلقة في الماء،
- وكلما ازداد رقم العكارة ازداد تركيز المواد المعلقة،
- وهناك تناسب طردي بين رقم العكارة وتركيز المواد المبعثرة في الماء أي تركيز مجموع المواد المعلقة (TSS) .
- ❖ **يستخدم لتحديد رقم العكارة حالياً نوعان من الأجهزة :**
- أجهزة تحتوي على مجس (إلكترود) يوضع في الماء .
- جهاز طيفي .



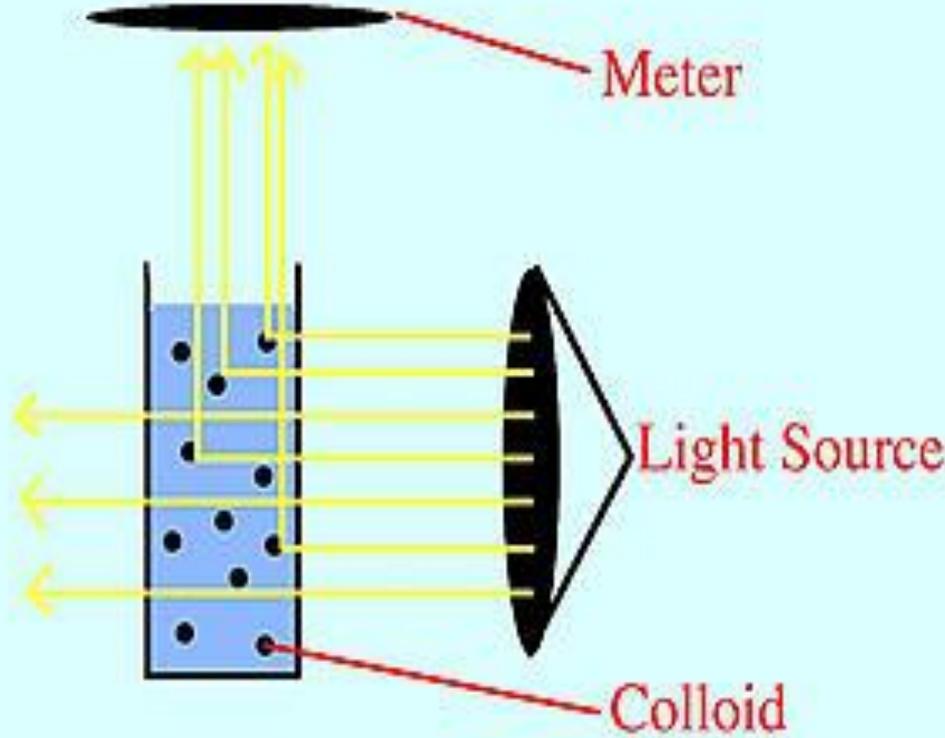
أجهزة تحتوي على مجس (إلكترود) يوضع في الماء



الشكل (٣)

- المطلوب تحديد عكازته بعد مزج العينة للتجانس .
- وتقرأ العكازة على شاشة الجهاز وهي مشابهة بالشكل لإلكترودات قياس الناقلية وإلكترودات قياس الـ pH . الشكل (٣)





الجهاز طيفي

- يعتمد مبدأ قياس الأشعة المتألقة الصادرة عن العينة فهو شبيه بجهاز السبكتروفوتومتر (مقياس الطيف).
- إلا أنه يقيس الأشعة الصادرة عن العينة وليس النافذة منها. الشكل (4).

شكل (4) المبدأ الضوئي لتحديد العكارة



الجهاز طيفي



- تحتوي هذه الأجهزة على عدة أنابيب ذات غطاء محكم،
- أربعة أنابيب على الأقل ذات قيم عكارة معيارية (Standard) مختلفة لمعايرة الجهاز كل فترة شكل (5) .

شكل (5) نماذج من أجهزة قياس العكارة الطيفية



تقدر قيمة العكارة بوحدة (Nephelometric Turbidity Units (NTU) ،

- وهي صفر تقريباً للماء النقي جداً ،
- وأغلب أنواع مياه الشرب في العالم التي تصل المنازل لها رقم عكارة بين (١ - ٠,١) وحدة ،
- ومياه الشرب المعدنية المعبأة في العبوات البلاستيكية لها رقم عكارة بين (٠,٢ - ٠,٢٠) وحدة .
- ويسمح أن تصل قيمة العكارة لمياه الشرب حتى NTU (5 - 1) و تصل في الحالات الطارئة حتى 25 NTU.



الناقلية الكهربائية

- تعبر الناقلية الكهربائية عن كمية الشوارد المنحلة ضمن العينة .
- و كلما كانت الناقلية أعلى كانت كمية الشوارد أكبر ،
- وتقاس الناقلية باستخدام جهاز قياس الناقلية مع قياس الحرارة لتصحيح القراءة على درجة حرارة 25 مئوية .
- يجب أن لا تزيد الناقلية في ماء الشرب عن 1500 ميكروسيمنس/ سم³ وفي الحالات القصوى 2000 ميكروسيمنس/ سم³.



الكثافة Density

- تأخذ كثافة الماء النقي أعظم قيمة لها في الدرجة ٤ °م وهي ١ غرام / سم³ ،
- وتتنخفض كثافة الماء بارتفاع درجة الحرارة عن ٤ °م
- كما تنخفض بانخفاض درجة الحرارة عن الدرجة ٤ °م
- تتعلق كثافة الماء بشكل كبير:
 - بدرجة الحرارة
 - ونوعية ونسب المواد المنحلة أو المعلقة في الماء،



الأجهزة المستخدمة لتحديد الكثافة

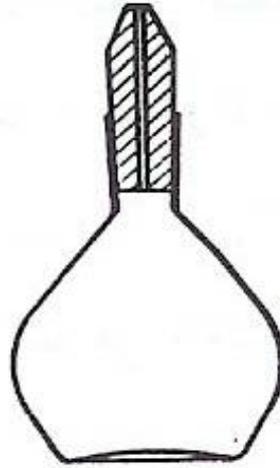
- زجاجة قياس الكثافة (بيكنوميتر Pyconometer) سعة ١٠٠ سم^٣ أو ٥٠ سم^٣ ذات سداة زجاجية مصنفة ومجهزة بقناة شعرية ، الشكل (8) .
- حمام مائي مجهز بمنظم حراري يمكن ضبط درجة حرارته بحدود ± 0.2 م° .
- ميزان حرارة مدرج حتى ٠.١ م° أو ٠.٢ م° .



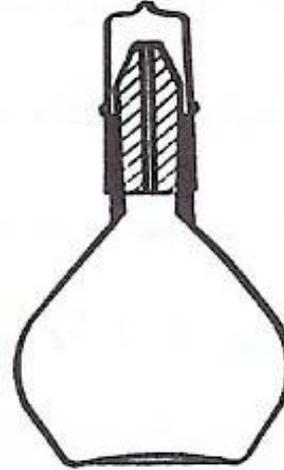


جامعة
القادسية

الأجهزة المستخدمة لتحديد الكثافة



(a)



(b)



(c)

الشكل (٨)

- (a) زجاجة كثافة مجهزة بسدادة مصنفة ذات قناة شعرية .
- (b) زجاجة كثافة مجهزة بغطاء .
- (c) زجاجة كثافة ذات فوهة عريضة من أجل السوائل عالية اللزوجة .



اللزوجة Viscosity

- تعتبر لزوجة الماء of water Viscosity في الدرجات المختلفة من الحرارة من الخصائص الفيزيائية الهامة للماء ،
- كما تعتبر لزوجة الماء في الدرجة ٢٠ °م والتي تساوي ١ سنتي بواز من الثوابت الفيزيائية التي تقاس لزوجة السوائل الأخرى بالاعتماد عليها ،
- وهي مجال لمقارنة لزوجة السوائل المختلفة .



اللزوجة Viscosity

- تتعلق قيم اللزوجة لجميع المواد القابلة لقياس لزوجتها ومنها الماء:
- بدرجة الحرارة التي يتم عندها تحديد اللزوجة
- وبنوعية وتركيز المواد المنحلة في الماء ،
- إذ تنخفض اللزوجة بشكل كبير بارتفاع درجة الحرارة ،
- وعند ذكر قيمة اللزوجة لمادة ما يجب توضيح درجة الحرارة التي قيست عندها هذه اللزوجة .



اللزوجة Viscosity

- هناك نوعان من اللزوجة الأولى هي :
 - اللزوجة التحريكية أو المطلقة (Dynamic Viscosity) و
 - الثانية هي اللزوجة الحركية (Kinematic Viscosity) ،
- وهناك عدد كبير ومتنوع لأجهزة قياس اللزوجة (مقياس أوستفالد ، مقياس هوبلر ، مقياس بروكفيلد..) ولكل منها استخدامات محددة.



طريقة تحديد اللزوجة

□ تحسب اللزوجة الحركية من العلاقة :

$$KV_1/KV_2=T_1/T_2$$

حيث :

KV_1 : اللزوجة الحركية للعينة المختبرة (Stok) .

KV_2 : اللزوجة الحركية لسائل المقارنة (الماء المقطر) (Stok) .

اللزوجة الحركية للماء المقطر عند الدرجة ٢٥م = $8,977 \times 10^{-3}$ Stok

T_1 : زمن مرور حجم معين من العينة (sec) .

T_2 : زمن مرور نفس الحجم من سائل المقارنة (sec) .



طريقة تحديد اللزوجة

ولحساب اللزوجة التحريكية **Dynamic Viscosity** تستخدم العلاقة :

$$P \cdot KV = DV$$

حيث :

- . DV : اللزوجة التحريكية (p)
- . KV : اللزوجة الحركية (s)
- . P : الكثافة (g/cm^3).



اللون

- يجب أن يكون ماء الشرب عديم اللون،
- ولكن يتلون الماء في الطبيعة بسبب وجود المواد المنحلة أو الجسيمات المعلقة الغروية و الناتجة بشكل أساسي من تحلل أوراق الأشجار أو النباتات المجهرية،
- و عموماً يمكن الاستدلال بالألوان عن طبيعة الملوثات فمثلاً :
 - اللون الأخضر يدل على وجود مواد عضوية
 - يدل الأصفر على وجود أملاح الحديد و المنغنيز
 - الأبيض الشفاف يدل على نقاوة المياه.



اللون

- يمكن قياس اللون من خلال مقارنة لون عينة المياه مع محاليل لونية عيارية،
- و تكافئ الوحدة اللونية اللون الناتج عن 1mg بلاتين/ لتر في صورة كلوروبلاتين بوجود كلوريد الكوبالت سداسي الماء،
- كما يمكن تحديد اللون باستخدام مقياس الطيف .



الرائحة والطعم

- يجب أن يكون الماء عديم الرائحة والطعم .
- يمكن أن ينشأ كل من الطعم و الرائحة في المياه بفعل عوامل طبيعية أو صناعية، أو كليهما معاً،
- الطبيعية مثل تفكك المواد العضوية الحيوانية أو النباتية، أو إرجاع بعض أملاح الكبريتات إلى H_2S في غياب الأكسجين و الذي يعطي رائحة تشبه رائحة البيض الفاسد،
- والاصطناعية مثل صرف المخلفات الصناعية أو إلقاء مياه المجاري بدون معالجتها أو إضافة مواد كيميائية إلى المياه في عمليات التنقية.



الرائحة والطعم

- يجب أن تكون مياه الشرب الجيدة ذات طعم مستساغ ومقبول وترضي حاسة التذوق وخالية من أي طعم غريب لا تتقبله حاسة التذوق،
- وإنَّ وجود بعض المواد اللاعضوية والمواد العضوية يؤدي إلى ظهور طعم غير مقبول للمياه،
- مثل أملاح الحديد غير العضوية والنحاس والصدويوم و البوتاسيوم ومركبات الفينول ومخلفات مياه المجاريير والفحم الحجري التي قد تساهم في إحداث طعم غير مستحب للماء.



الرائحة والطعم

- يعبر عن رائحة الماء برقم يسمى **عتبة الرائحة**،
- وهو النسبة التي يجب أن تمتد بها عينة الماء حتى تصبح الرائحة غير ملحوظة عملياً،
- ومثلاً إذا كان حجم عينة الماء هو 50ml ولزم تمديدها حتى الحجم 200ml حتى تختفي الرائحة تقريباً، فيكون رقم العتبة هو 200/ 50 = 4.



الحرارة

- مقياس فيزيائي يتم قياسه باستخدام ميزان حراري،
- تعتبر درجة حرارة الماء مؤشر مهم حيث تقل انحلالية الأوكسجين في الماء بارتفاع درجات الحرارة بينما يزداد معدل التفاعلات البيوكيميائية
- كما أنّ الارتفاع غير الطبيعي لدرجة الحرارة قد يؤدي إلى ازدياد نمو بعض النباتات المائية غير المرغوبة مثل الفطريات،
- لذلك من المهم معرفة حرارة المياه عند التخزين بكميات كبيرة ولمدة طويلة لتحديد إمكانية نمو الأحياء الدقيقة .



المسألة الأولى

❖ احسب عدد مولات حمض الخل CH_3COOH في 4.62 g منه.

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



الحل

MANARA UNIVERSITY

$$n = \frac{m}{M} = \frac{4.62}{1 * (12) + 4 * (1) + 2 * (16)} = \frac{4.8}{48} = 0.1 \text{ mol}$$





المسألة الثانية

- ❖ حسب الوزن الجزيئي لكبريتات الألمنيوم $Al_2(SO_4)_3$.
- ❖ وعدد مولاته وعدد مولات كل من الألمنيوم والكبريتات في 4.76 g من كبريتات الألمنيوم.
- ❖ علماً أن الأوزان الذرية: $Al = 27$ ، $S = 32$ ، $O = 16$.





الحل

□ الوزن الجزيئي لكبريتات الألمنيوم:

$$M = 2 * (27) + 3 * [32 + 4 * (16)] = 342 \text{ g/mol}$$

□ عدد مولات كبريتات الألمنيوم:

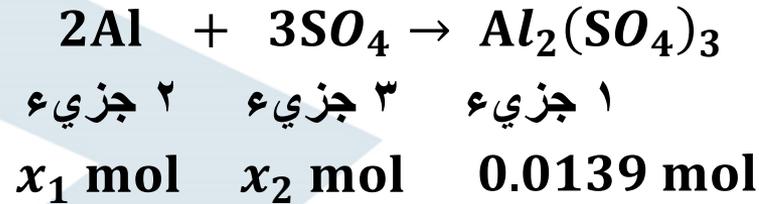
$$n = \frac{m}{M} = \frac{4.76}{342} = 0.0139 \text{ mol}$$



الحل

MANARA UNIVERSITY

نكتب المعادلة:



$$x_1 = \frac{2 \cdot 0.0139}{1} = 0.0278 \text{ mol}$$
$$x_2 = \frac{3 \cdot 0.0139}{1} = 0.0417 \text{ mol}$$

عدد مولات الألمنيوم:

عدد مولات الكبريتات:



المسألة الثالثة

❖ احسب النسبة المئوية للتركيب لكل مما يأتي:

- | | |
|-------------------------------|--|
| ١. البنزن C_6H_6 | ٢. كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ |
| ٣. الكحول الايتيلي C_2H_5OH | ٤. ثاني كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ |

□ علماً أن الأوزان الذرية: $C = 12$ ، $H = 1$ ، $Ca = 40$ ، $O = 16$ ، $Cr = 52$ ، $K = 39$



الحل

MANARA UNIVERSITY

$$\text{النسبة المئوية لعنصر في مركب} = \frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{كتلة المركب } (M)} * 100$$

□ البنزن C_6H_6 :

$$M = 6 * 12 + 6 * 1 = 78 \text{ g/mol}$$

$$C_{\%} = \frac{6 * (12)}{78} * 100 = 92.307 \%$$

$$H_{\%} = \frac{6 * (1)}{78} * 100 = 7.692 \%$$



□ كربونات الكالسيوم $CaCO_3$:

$$M = 40 + 12 + 3 * (16) = 100 \text{ g/mol}$$

$$Ca_{\%} = \frac{1 * (40)}{100} * 100 = 40 \%$$

$$C_{\%} = \frac{1 * (12)}{100} * 100 = 12 \%$$

$$O_{\%} = \frac{3 * (16)}{100} * 100 = 48 \%$$



الحل

MANARA UNIVERSITY

الكحول الايتيلي C_2H_5OH □

$$M = 2 * (12) + 5 * (1) + 16 + 1 = 46 \text{ g/mol}$$

$$C_{\%} = \frac{2 * (12)}{46} * 100 = 52.173 \%$$

$$H_{\%} = \frac{6 * (1)}{46} * 100 = 13.04 \%$$

$$O_{\%} = \frac{1 * (16)}{46} * 100 = 34.78 \%$$



□ ثاني كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$:

$$M = 2 * (39) + 2 * (52) + 7 * (16) = 294 \text{ g/mol}$$

$$K_{\%} = \frac{2 * (39)}{294} * 100 = 26.53 \%$$

$$Cr_{\%} = \frac{2 * (52)}{294} * 100 = 35.37 \%$$

$$O_{\%} = \frac{7 * (16)}{294} * 100 = 38.09 \%$$



المسألة الرابعة

❖ عينة من غاز بني اللون يعدّ ملوثاً رئيسياً للهواء وجد أنها تحتوي على 2.34g من N و 5.34g من O، فما أبسط صيغة للمركب؟

❖ بفرض أن الوزن الجزيئي للغاز هو 92g فما هي صيغته الجزيئية؟

□ علماً أن الأوزان الذرية: N=14، O=16.



الحل

MANARA UNIVERSITY

❖ الغاز هو أحد أكاسيد الآزوت وصيغته الأولية: N_xO_y

□ لحساب الصيغة الأولية نتبع الخطوات التالية:

١. نحسب عدد مولات كل عنصر في المركب:

$$n_N = \frac{m}{M} = \frac{2.34}{14} = 0.167 \text{ mol}$$

$$n_O = \frac{m}{M} = \frac{5.34}{16} = 0.333 \text{ mol}$$



الحل

MANARA UNIVERSITY

٢. نقسم عدد مولات كل عنصر على عدد المولات الأصغر بينها (أي عدد مولات الآزوت n_N)، فيكون:

□ عدد مولات الآزوت في الصيغة الأولية:

$$\frac{0.167}{0.167} = 1$$

□ عدد مولات الأوكسجين في الصيغة الأولية (مع التقريب لأقرب رقم صحيح):

$$\frac{0.333}{0.167} = 2$$

٣. فتكون الصيغة الأولية للغاز هي: NO_2 .



الحل

MANARA UNIVERSITY

لحساب الصيغة الجزيئية نتبع الخطوات التالية:

١. نحسب الوزن الجزيئي للمركب:

$$M = 14 + 2 * (16) = 46 \text{ g/mol}$$

٢. نحسب التضاعف:

$$\text{التضاعف} = \frac{\text{الوزن الجزيئي للجزيء}}{\text{الوزن الجزيئي للصيغة الأولية}} = \frac{92}{46} = 2$$

٣. نضرب الصيغة الأولية بالتضاعف المحسوب (2) فتكون الصيغة الجزيئية للمركب:





المسألة الخامسة

❖ ما هي أبسط صيغة لمركب يحتوي على نسب العناصر الآتية وزناً:

$$Ca = 40 \% ، C = 12 \% ، O = 48 \%$$

□ علماً أن الأوزان الذرية: $Ca = 40 ، C = 12 ، O = 16$.



الحل

□ نحسب عدد مولات كل عنصر في المركب:

$$n_{Ca} = \frac{m}{M} = \frac{40}{40} = 1 \text{ mol}$$

$$n_C = \frac{m}{M} = \frac{12}{12} = 1 \text{ mol}$$

$$n_O = \frac{m}{M} = \frac{48}{16} = 3 \text{ mol}$$



الحل

MANARA UNIVERSITY

□ نقسم عدد مولات كل عنصر على عدد المولات الأصغر بينها (أي عدد مولات الكالسيوم أو الكربون):

a. عدد مولات الكالسيوم في الصيغة الأولية: $\frac{1}{1} = 1$

b. عدد مولات الكربون في الصيغة الأولية: $\frac{1}{1} = 1$

c. عدد مولات الأوكسجين في الصيغة الأولية: $\frac{3}{1} = 3$

□ فتكون الصيغة الأولية للمركب هي: $CaCO_3$.



المسألة السادسة

- ❖ يتفاعل أحد أكاسيد الآزوت N_xO_y مع الكربون فيشكل ثنائي أوكسيد الكربون والآزوت،
 - ❖ إذ تكون النسب المولية لكل من أوكسيد الآزوت وثنائي أوكسيد الكربون والآزوت مرتبطة مع بعضها بالنسب 0.5 ، 1 ، 0.5 على الترتيب.
 - ❖ أوجد صيغة أوكسيد الآزوت المتفاعل.
- علماً أن الأوزان الذرية: $N = 14$ ، $C = 12$ ، $O = 16$.



الحل

MANARA UNIVERSITY

□ فيكون:

$$\frac{x}{2} * 0.5 = 0.5 * 1 \rightarrow x = 2$$

$$\frac{y}{2} * 0.5 = 1 * 1 \rightarrow y = 4$$

□ فتكون الصيغة الأولية لأوكسيد الآزوت هي: N_2O_4 .



المسألة السابعة

❖ مادة مجهولة الصيغة كتلتها الجزيئية 150 g وصيغتها الأولية CH_2O ، فما صيغتها الجزيئية؟

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



الحل

❖ لحساب الصيغة الجزيئية نتبع الخطوات التالية:

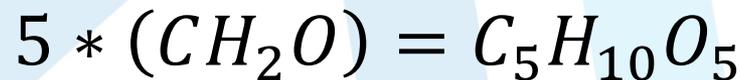
□ نحسب الوزن الجزيئي للمركب:

$$M = 12 + 2 * (1) + 16 = 30 \text{ g/mol}$$

□ نحسب التضاعف:

$$\text{التضاعف} = \frac{\text{الوزن الجزيئي للجزيء}}{\text{الوزن الجزيئي للصيغة الأولية}} = \frac{150}{30} = 5$$

□ نضرب الصيغة الأولية بالتضاعف المحسوب (5) فتكون الصيغة الجزيئية للمركب:



شكراً لإصغائكم

