جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم الدقيقة والعلوم الطبيعية والحياة
قسم علوم المادة

مطبوعة

الأعمال المخبرية في الكيمياء1 و الكيمياء2

موجهة الى طلبة أولى ليسانس علوم المادة (L1-SM)

د. نّصيرة زليخة
أستاذ محاضر (ب)
z.necira@univ-biskra.dz

-ديسمبر 2023-

مقدمة:

الكيمياء هو علم يدرس خواص المادة (بنيتها، طبيعتها، شكلها، حالتها و تفاعلاتها). فكما أنّ للكيمياء جانب نظري فإنّ له جانب عملي، ولعل هذا الأخير هو الجانب الأكثر ارتباطًا بهذا العلم. فلدراسة المواد يحتاج الكيميائي عادةً إلى مختبر مجهز بأواني زجاجية وأدوات و أجهزة متنوعة تسمح له بإجراء التطبيقات العملية عليها.

هذه المطبوعة، في المقياسين ' **تطبيق كيمياء1**' و' **تطبيق كيمياء2**'، هي ثمرة عدة سنوات من التدريس في هذين المقياسين، و هي موجهة لطلبة سنة أولى علوم المادة حسب البرنامج البيداغوجي لنظام ل.م.د (LMD).

تهدف هذه المطبوعة، من خلال عدة أعمال تطبيقية منجزة، إلى تعريف أساسيات العمل في مختبر الكيمياء و شرح كيفية التعامل مع المواد الكيميائية و الأجهزة المخبرية على أسس صحيحة و وفق ارشدات ملزمة، تكفل لكل طالب الأمن و السلامة و تكون له دليل نجاح في خطواته العملية الأولى في الكيمياء.

تحوي المطبوعة جزأين:

الجزء الأول: تطبيق كيمياء1 (خلال السداسي الأول)، يتعرف الطالب من خلال التجارب المبرمجة في هذا الجزء في البداية، على المخبر و قواعد العمل فيه. كما يتعرف على الأدوات و الأجهزة المخبرية اللازمة لإنجاز تجاربه العملية. بعد ذلك، يتعرف على المادة و مكوناتها و تطبيق قوانين تكميمها و انحفاظها. بعدها، يتعرف عمليا على طرق تحضير محاليل انطلاقا من مواد صلبة و سائلة بتراكيز مختلفة. في الأخير، يتعرف على طرق المعايرة الحمضية/الأساسية و الأكسدة/الإرجاعية.

الجزء الثاني: تطبيق كيمياء2 (خلال السداسي الثاني)، يتعرف الطالب من خلال التجارب المبرمجة في هذا الجزء في البداية على المادة و حالاتها (صلبة، سائلة و غازية) و تطبيق عمليا القوانين الفيزيائية عليها (قانون بويل ماريوت). بعد ذلك، يتعرف على الأنظمة (مفتوحة، مغلقة و معزولة) و تطبيق المبدأ الأول في الترموديناميك (انحفاظ الطاقة) في وسط معزول (المسعر). بعد ذلك، يحدد السعة الحرارية و الحرارة اللآطية للأجسام. بعدها يتعرف عمليا على أنواع التفاعلات (ماصة، ناشرة و لا حرارية). في الأخير، يحدد عمليا الإنطالبي المولي لتفاعل أو لتشكل جسم بتطبيق قانون هاس.

الفهـرس

مقدمة		2

الجزء الأول

تطبيق كيمياء 1

	عنوان العمل التطبيقي	رقم الصفحة
ت.ك01	السلامة ومبادئ العمل التجريبي في الكيمياء	4
ت.ك02	إيجاد الكتلة المولية: مفهوم المول كوحدة تكميم المادة	10
ت.ك03	تحضير المحاليل: بالذوبان و بالتخفيف	13
ت.ك04	معايرة حمض–أساس: طريقة الـ pH متري	16
ت.ك05	معايرة أكسدة/إرجاع: طريقة المنغانومتري	19
	تقارير (أسئلة مع أجوبة) لبعض الأعمال التطبيقية في الكيمياء1	
✍	تقرير العمل التطبيقي رقم02	22
✍	تقرير العمل التطبيقي رقم03	25
✍	تقرير العمل التطبيقي رقم04	28
✍	تقرير العمل التطبيقي رقم05	32
✍	أسئلة إضافية عامة	34

الجزء الثاني

تطبيق كيمياء2

	عنوان العمل التطبيقي	رقم الصفحة
ت.ك01	القوانين الأساسية للغاز المثالي: التحقق من قانون بويل ماريوت	36
ت.ك02	المسعر: تعيين السعة الحرارية لمسعر	39
ت.ك03	تعيين الحرارة اللاطية (الكامنة) لانصهار الجليد	42
ت.ك04	حساب الإنطالبي المولي لذوبان مادة صلبة	45
ت.ك05	تعيين الحرارة المولية لتفاعل تعديل حمض قوي (HNO_3) بأساس قوي (NaOH)	48
ت.ك06	تعيين الإنطالبي القياسي لتشكل أكسيد المغنيزيوم بتطبيق قانون هيس	50
	تقارير (أسئلة مع أجوبة) لبعض الأعمال التطبيقية في الكيمياء2	
✍	تقرير العمل التطبيقي 02	53
✍	تقرير العمل التطبيقي 03	54
✍	تقرير العمل التطبيقي 04	55
✍	تقرير العمل التطبيقي 05	56
✍	أسئلة إضافية عامة	58
مراجع		62
ملحق		

الجزء الأول

تطبيق كيمياء1

العمل التطبيقي 01:
السلامة ومبادئ العمل التجريبي في الكيمياء

1-مقدمة:

مختبر الكيمياء هو المكان الذي تجرى فيه العديد من التجارب العملية وتوجد به مواد كيميائية (صلبة، سائلة، أبخرة أو غازات) وأواني زجاجية وأجهزة، كما أنّ به مصادر للماء والغاز والكهرباء. فالسير الحسن لأيّ تجربة، يتطلب احترام عدد من القواعد والإرشادات ومعرفة جيدة للمواد الكيميائية والأجهزة المخبرية وإتباع الاحتياطات اللازمة للأمان وتفادي أي إهمال لضمان نجاح التجربة وسلامة الجميع.

شكل 1: مختبر الكيمياء

2-أهداف العمل:

1- التذكير بـ : قواعد العمل و السلامة في مختبر الكيمياء.

2- التعرف على أهم رموز الخطر الموجودة على بطاقة بعض المواد الكيميائية والاحتياطات اللازمة لها.

3- أسماء بعض الأدوات (الأواني) والأجهزة المخبرية و كيفية استعمالها.

❶ **قواعد و إرشادات عامة للعمل و السلامة في مختبر الكيميا:**

× **الممنوعات:** في المختبر ممنوع، الأكل، الشرب والتدخين.

استعمال اللهب، استعمال الهاتف النقال. الدخول إلى المختبر

قبل أو بعد حصة العمل التطبيقي أو العمل بدون الأستاذ المشرف.

الإجباريات: في المختبر إجباري، لبس المئزر.

القفاز و كمامة الأنف، يستعملان عند القيام بالتجربة

و حسب درجة خطورة المواد الكيميائية المستعملة.

إجباري كذلك :

☜ قراءة جيدة لخطوات التجربة قبل الشروع في إنجازها و التأكد من سلامة الأدوات و الأجهزة اللازمة لها.

☜ استخدام الأجهزة المخبرية في الغرض المخصص لها فقط و عند اكتشاف أي خلل يجب إبلاغ الأستاذ المشرف.

☜ غسل الأوعية الزجاجية قبل استعمالها.

☜ التأكد من أي مادة قبل استعمالها بقراءة جيّدة للملصقة الموجودة على القارورة و الإمساك بها جيدا و معرفة درجة خطورتها بمعرفة رمز أو رموز الخطر الخاص بها و بالتالي، اتخاذ جميع طرق السلامة عند استعمالها (عدم لمس أو شم أو تذوق أي مادة كيميائية و إن كانت غير سامة).

☜ إعادة غلق القارورة بمجرد الانتهاء من استعمالها.

☜ أخذ كميات محددة من المواد المطلوبة في أوعية وعدم إرجاع الكمية الفائضة من المادة المستعملة إلى القارورة الأصلية و ذلك لتفادي إضافة شوائب، بل يجب سكبها في القارورة المخصصة لذلك.

☜ العمل تحت ساحبة الغازات (hood) عند استعمال محاليل مركزة أو ذات أبخرة مثل: الأحماض (HNO_3)، الأسس (NH_3) ،المذيبات العضوية ،... الخ.

☜ سحب المحاليل الخطرة و المركزة باستعمال آلة السحب موصلة بأداة السحب (الماصة).

☜ إتباع الطريقة الصحيحة لتحضير محاليل الأحماض، وإضافة دائمًا الحمض ببطء إلى الماء و ليس العكس.

☜ بعد طرح المحاليل المستعملة في المجرى، يجب سكب الماء بغزارة عليها.

☜ إتباع سريان التجربة بتأني و تسجيل النتائج و كافة الظواهر التي تحدث أثناء التجربة (تغير في اللون، ظهور راسب، انطلاق غاز.....) في كراس خاص بالعمل التطبيقي.

☜ تنظيف الأدوات التي استعملت ثم إعادتها إلى مكانها و إغلاق كل الأجهزة الكهربائية بعد إنهاء العمل التجريبي.

☜ رمي الأوراق والأدوات الزجاجية المكسورة في الأماكن المخصصة لذلك (عدم رميها في حوض صرف المياه).

☜ غسل اليدين جيدا بعد الانتهاء من التجربة.

✍ **في نهاية كل عمل تطبيقي، تسلم لكل طالب ورقة أسئلة يجيب عليها ويسلمها إلى الأستاذ المشرف.**

قبل الخروج من المخبر يجب إعادة ترتيب مكان العمل (ترتيب الكراسي) و التأكد من عدم نسيان أغراض خاصة.

العمل التطبيقي يتطلب استعمال مواد كيميائية منها: السامة، الحارقة، القابلة للاشتعال.....الخ ، سوء استعمالها يمكن أن يكون سبب وقوع حوادث خطيرة (حروق ، تآكل الجلد، اختناق.....) فيجب التعرف على مدلول رمز (رموز) الخطر على بطاقة كل مادة كيميائية قبل استعمالها لاتخاذ احتياطات السلامة اللازمة.

حسب المعطيات الحديثة، يمكن أن نقسم مخاطر المواد الكيميائية إلى ثلاث فئات:

مخاطر فيزيو-كيميائية (explosive, combustible, flammable).

مخاطر صحية (toxic, corrosive, mutagenic, carcinogenic).

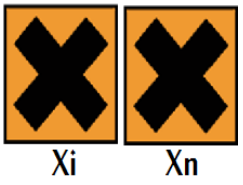
مخاطر على البيئة (environmental hazards).

<u>ملاحظة:</u> من خلال البطاقة أو الملصقة الموجودة على قارورة كل مادة كيميائية يمكن التعرف على المعلومات الخاصة بها مثل:

- رمز أو رموز الخطر.
- الخصائص الكيميائية (الإسم و الصيغة الكيميائية، طبيعة و عائلة المادة: حمضية (معدنية أو عضوية) ، أساسية ، ملحية ، من عائلة: الكلوريرات، الكبريتات، الكربونات.....الخ).
- الخصائص الفيزيائية (صلبة، سائلة، غازية، الكتلة المولية، الكثافة أو الكتلة الحجميه، النسبة المئوية بالوزن، النقاوة، اللون و الشكل والرائحة.....الخ).

الجدول التالي يعرض أهم رموز الخطر التي نجدها على بطاقات المواد الكيميائية و مدلول كل رمز وأهم إرشادات السلامة التي يجب التقيد بها

3-<u>أهم رموز الخطر الموجودة علي بطاقات المواد الكيميائية:</u>

الرمز Pictogram	مدلول الرمز Meaning	إرشدات السلامة Safety advice
	سام (T) (toxic) **سام جدا (T+) (very toxic)** مادة سامة وقاتلة للكائنات الحية	يجب تفادي: الإستهلاك – الاستنشاق– التلامس مع الجلد، بلبس قفاز وكمامة أنف.
	**ضار (Xn) (nocif– harmful)** **مثير ومهيج (Xi) (irritant)** مادة تسبب تهيج الجلد والعينين	يجب تفادي: الاستنشاق– التلامس مع الجلد، بلبس قفاز وكمامة أنف.
	سريع الالتهاب(F) (flammable) **شديد الالتهاب(F+) (highly flammable)** مادة سريعة الاشتعال	يجب: إبعادها عن مصادر اللهب – غلق القارورة جيدا و بسرعة بعد الاستعمال.
	محرق (O) (combustible) مادة تساعد على الالتهاب	يجب: إبقائها بعيدة عن المواد القابلة للاحتراق –استعملها بمعزل عن النار و مصادر الكهرباء.
	يسبب التآكل (C) (corrosive) مادة كاوية وحارقة، تسبب إتلاف الجلد والملابس	يجب : تجنب أي تلامس مع: الجلد – العينين– الملابس، بلبس المئزر و القفاز.
	قابل للانفجار (E) (explosive) مادة تسبب انفجار	يجب: استعملها بعيدا عن اللهب، مصادر الحرارة– تجنب الصدمات.
	يلوث البيئة (N) (pollutant) مادة تلوث البيئة وتشكل تهديدا للحيوانات والنباتات	يجب: عدم رميها في الحوض أو في سلة المهملات، بل في حاويات خاصة بذلك.

<u>ملاحظة:</u> <u>إرشادات أولية</u> : عند حدوث حروق كيميائية للجلد: يجب صب الماء البارد من الصنبور على المنطقة المصابة لمدة عشر دقائق على الأقل. قراءة المعلومات الخاصة بالأمن و السلامة للمادة الكيميائية وفي حال كانت المادة سامة ينقل المصاب إلى المستشفى

4-<u>الأدوات والأجهزة المخبرية</u> :

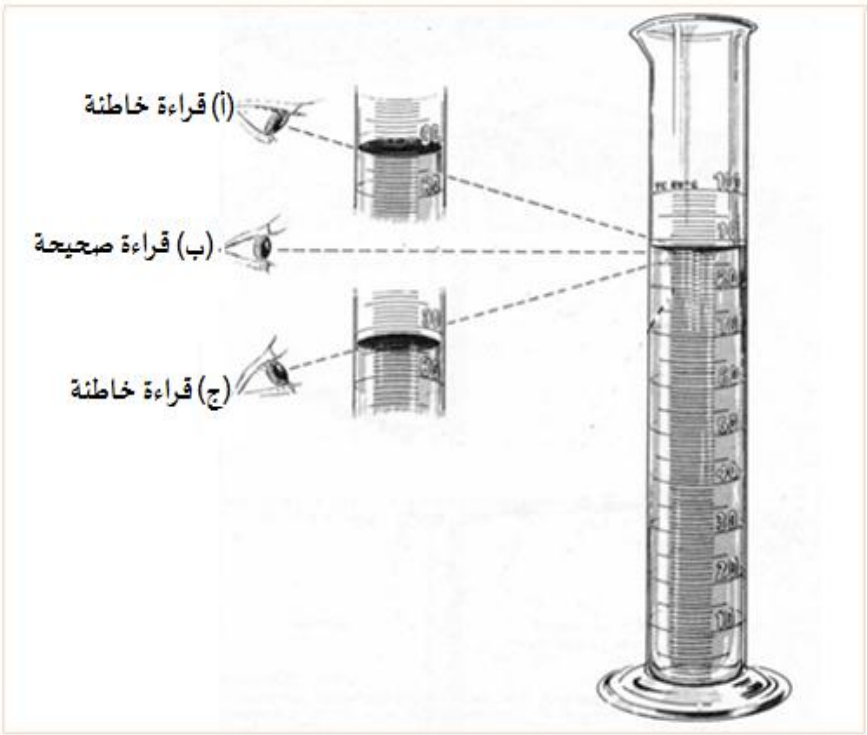
يتطلب إجراء التجربة الكيميائية، استخدام عدد من الأدوات (الأواني) و الأجهزة، حيث منها ما يستخدم لحفظ أو حمل المواد الكيميائية، قياس حجوم المحاليل السائلة أو قياس خاصية فيزيائية كالوزن و درجة الحرارة و غير ذالك. فمن الضروري معرفة الغرض من استعمال كل منها و كذلك استعمالها بكيفية صحيحة.

معظم الأواني المستعملة في التجارب مصنوعة من الزجاج (زجاج البريكس عالي الجودة) لهذا يجب استخدامها بحذر للمحافظة عليها من التكسير. و لإنّها مصنوعة من الزجاج فهي تسمح بقراءة جيدة للحجم و متابعة لكل مجريات التجربة من: تغير في اللون أو ظهور راسب أو انطلاق غاز.....الخ. يمكن تقسيم الأواني الزجاجية إلى ثلاث فئات :

- **<u>أدوات عامة</u>**: للإستعمال العام (لا يتطلب دقة في القياس) **<u>مثل</u>**: بيشر، أرلينة، أنبوب اختبار، وعاء،.....الخ.
- **<u>أدوات مدرجة</u>**: للإستعمال الدقيق (يتطلب دقة في قياس الحجم) **<u>مثل</u>**: مخبار مدرج، ماصة مدرجة، سحاحة،.....الخ.
- **<u>أدوات جوجي</u>**: للإستعمال العالي الدقة (يتطلب دقة عالية في قياس الحجم) **<u>مثل</u>**: حوجلة جوجي، ماصة جوجي (بخط أو بخطين) .....الخ.

<u>ملاحظة</u>: القراءة الصحيحة والدقيقة على أدوات قياس الحجم يكون كما هو موضح في الشكل التالي:

<u>مثال</u>: مخبار مدرج



قائمة بعض الأواني و الأجهزة المخبرية:

مخبار مدرج graduated cylinder	ماصة جوجي volumetric pipette ماصة مدرجة graduated pipette	سحاحة مدرجة graduated burette	حوجلة volumetric flask	ارلينة erlenmeyer flask	كأس بيشر beaker
إجاصة للسحب pipette filler	قمع funnel	وعاء dish	بوتقة crucibl	هاون mortar	أنبوب اختبار test tube
ماسك خشبي wooden clamp	قارورة bottle	قارورة ماء مقطر distilled water spray bottle	ملعقة مخبرية Spatula	مقياس حرارة thermomete	مسعر calorimeter
جهاز التسخين/الرج المغناطيسي hotplate /magnetic stirrer	ميزان الكتروني electronic balance	جهاز pH متر + الكترود pH meter + electrode			

العمل التطبيقي 02:

إيجاد الكتلة المولية: مفهوم المول كوحدة تكميم المادة

I) تعاريف:

- **المول** : يعرف المول على أنّه كمية المادة النقية التي تحتوي بالضبط على العدد $6,023 * 10^{23}$ غير قابل للتجزئة ، من الجسيمات (ذرات، جزيئات، أيونات) التي تحتويها كتلة 12g من الكربون C^{12} (أكثر العناصر تواجدا في الطبيعة). يسمى هذا العدد بعدد أفوقادرو N_A . حيث : $\mathcal{N}_A = 6,023 * 10^{23}$ $(mole^{-1})$.

إذًا ✓ 1 مول من الذرات = $6,023 * 10^{23}$ ذرة

✓1 مول من الجزيئات = $6,023 * 10^{23}$ جزيء

✓1 مول من الأيونات = $6,023 * 10^{23}$ أيون

يحسب عدد الجسيمات لعينة من مادة كيميائية نقية بالعلاقة التالية: $N_x = n . \mathcal{N}_A$

حيث N_x : عدد الجسيمات (ذرات، جزيئات، أيونات) و **n** : **كمية المادة** معبرا عنها بعدد المولات

بما أنّ **عدد الجسيمات كبير جدّا (يصعب التعامل معه في العمليات الحسابية لتكميم المادة) فإنّه يعبر عن كمية المادة بعدد المولات** n.

$$n = \frac{N_x}{6,023 * 10^{23}} \quad (mole)$$

- إذًا المول **هو الوحدة الأساسية لقياس كمية المادة النقية في النظام الدولي للوحدات** (SI : International System of Units)
- يعتمد مفهوم **المول** على حقيقة أن جميع العناصر والمركبات تتكون من جسيمات (ذرات، جزيئات، أو أيونات)، **وهو أداة قوية لفهم وقياس كمية المادة في عينة. يتم استخدامه في مجموعة متنوعة من الحسابات الكيميائية، وهو ضروري لفهم التفاعلات الكيميائية.**

يمكن حساب كمية المادة (n) لعينة من مادة كيميائية كتلتها (g) m و كتلتها المولية (g/mol) M حسب العلاقة التالية:

$$n = \frac{m}{\mathcal{M}} \quad (mol)$$

- ✓ تعرّف **الكتلة** على أنها مقدار ما يحتويه الجسم من مادة.
- ✓ تعرّف **الكتلة المولية الذرية** لجسم كيميائي على أنها كتلة مول واحد من ذرات هذا الجسم.

✓ تعرّف **الكتلة المولية الجزيئية** لجسم كيميائي على أنها كتلة مول واحد من جزيئات هذا الجسم (يتم حسابها بإضافة كتل الذرات في الجزيئ)

بالنسبة لعينة من مادة كيميائية حجمها V (mL) و كتلتها الحجمية $\rho(g/cm^3)$ ، يمكن حساب كمية المادة بالعلاقة:

$$n = \frac{m}{\mathcal{M}} = \frac{\rho . V}{\mathcal{M}} \quad (mol) \qquad , \qquad \rho = \frac{m}{V} \quad (g/cm^3)$$ حيث:

الكتلة الحجمية :هي كثافة المادة.

II) الخطوات العملية

1) مبدأ التجربة:

تعتمد هذه التجربة على المفهوم الميكروسكوبي (ذرات، جزيئات، أيونات) والمفهوم الماكروسكوبي، لتكميم المادة حسب حالتها الفيزيائية (صلبة، سائلة أو غازية).

2) أهداف التجربة:

✓ تحديد الكتلة المولية وكمية المادة تجريبيا لعينات مختلفة من أجسام كيميائية نقية. صلبة وسائلة.

✓ معرفة استخدام الميزان الإلكتروني.

✓ معرفة القياس بدورق مدرج.

✓ معرفة استخراج الخصائص الكيميائية و الفيزيائية من بطاقة قارورة مادة الإثانول.

3) أدوات التجربة و موادها:

ميزان الكتروني- مخبار مدرج (50ml)- بيشر (50ml).

قطع معدنية مختلفة (نحاس- زنك - المنيوم) - ماء مقطر (H_2O) - إيثانول .

4) طريقة العمل:

1) تحديد الكتلة المولية و كمية المادة لعينات صلبة: قطع معدنية نقية

بواسطة ميزان الكتروني، قم بوزن كل عينة حسب الجدول المعطى:

رقم العينة	1	2	3
الكتلة (g)	.....	.....	.....

ملاحظة: يحدد اسم المادة و كتلتها المولية من الجدول الدوري.

2) تحديد الكتلة المولية وكمية المادة لعينتين سائلتين: الماء المقطر والإيثانول

- قم بوزن مخبار مدرج سعته 50ml (فارغ) على ميزان الكتروني.
- بواسطة هذا المخبار، قم بقياس حجم قدره 40ml من الماء المقطر ثم قم بوزن الجملة (المخبار+ الماء المقطر).
- أعد نفس الخطوات بالنسبة لمادة الإثانول.
- وسجل النتائج في جدول.

العينة	ماء مقطر	إيثانول
كتلة المخبار المدرج (فارغ)	.....	.....
كتلة الجملة (المخبار+ 40ml) (g)	.....	.....
كتلة الـ 40ml (g)	.....	.....

ملاحظة : -الكتلة الحجمية للماء المقطر (مقاسه في شروط نظامية) $\rho_{(d.w)} = 1\ g/cm^3$.

-الكتلة الحجمية للإيثانول (تقرأ على بطاقة قارورة المادة) : $\rho_{(Ethanol)} = 0,79\ kg/L = 0,79\ g/cm^3$

3) بمساعدة الأستاذ المشرف، اقرأ بطاقة قارورة مادة الإيثانول واستخرج منها: رمز (رموز) الخطر والخصائص (الكيميائية و الفيزيائية).

تحديد خصائص مادة الإثانول:

- ✓ الإسم ، الصيغة الكيميائية و العائلة
- ✓ اللون ، الرائحة
- ✓ الكتلة المولية
- ✓ الكتلة الحجمية (الكثافة): (g/cm^3) ، .....الخ

ملاحظة: في نهاية التجربة، يجب غسل الأدوات المخبرية وإعادة ترتيبها.

- يجب غسل اليدين قبل الخروج من المخبر.

العمل التطبيقي 03:

تحضير المحاليل: بالذوبان و بالتخفيف

I- تعاريف:

☜ **محلـول:** هو خليط متجانس لأجسام صافية لا تتفاعل في ما بينها، يسمى الجسم الذي يشكل الأكثرية **بالمذيب** و تسمى بقية الأجسام **بالمذابة**. المحلول إما: غازي، صلب أو سائل و هو الأكثر شيوعا و يمكن أن يحتوي على أيونات أو جزيئات.

✓ الخليط المتجانس **(مُذِيب + مُذاب)** يسمى **محلول مائي** إذا كان المُذِيب هو الماء.

☜ **تحضير المحاليل:** تحضّر المحاليل بطريقتين: بطريقة **الإذابة** (إذابة مادة صلبة في مُحِلّ) أو بطريقة **التخفيف** (تخفيف سائل).

① **طريقة الإذابة:** تعتمد هذه الطريقة على وزن كتلة $m\,(g)$ من المادة الصلبة و إذابتها في حجم معين $V(L)$ من المذيب (غالبا ماء مقطر). يعبر عن كمية المادة الصلبة المذابة بالتركيز الكتلي C_m أو التركيز المولي (المولارية **M**) (أنظر الملحق).

فلتحضير عينة (بحجم و تركيز معينيين) لمحلول بطريقة الإذابة، يجب حساب الكتلة اللازمة لذلك بالعلاقة التالية:

حيث $\mathcal{M}$: الكتلة المولية للمادة الصلبة $\qquad \boxed{m = n*M = C*V*M}$ (g)

② **طريقة التخفيف:** في حالة ما إذا كان التركيز المطلوب ضعيف، فان الكتلة المستخدمة ستكون صغيرة جدا يتعذر وزنها بسهولة، لذا نقوم بتحضير محلول مركز ثم نقوم بتخفيفه بإضافة الماء المقطر.

و في حالة ما إذا كانت المواد الكيميائية سائلة (محاليل تجارية) فانّ أغلبها تكون محاليل مركزة جدّا و التي تخفف للحصول على التراكيز المطلوبة.

- تخفيف محلول: إضافة ماء مقطر إلى محلول سائل (محضر أو تجاري) أي الحصول على محلول أقل تركيز.
- المحلول المراد تخفيفه يسمى المحلول الابتدائي أو **المحلول الأم**.
- المحلول المتحصل عليه بعد التخفيف يسمى بالمحلول النهائي أو **المحلول البنت**.
- **بعد التخفيف كمية المادة (كتلة المُذاب) لا تتغير**.

➢ لتحضير محلول مخفّف (S_x) انطلاقا من محلول أم (S_0) معلوم التركيز، يجب حساب الحجم الابتدائي V_i (الحجم الواجب أخذه من المحلول الأم) باستخدام علاقة التخفيف

$$S_0 \begin{cases} C_i \\ V_i \\ n_i = C_i \times V_i \end{cases} \xrightarrow{\text{تخفيف}} S_x \begin{cases} C_f \\ V_f \\ n_f = C_f \times V_f \end{cases}$$

علاقة التخفيف: $\qquad \boxed{C_i \times V_i = C_f \times V_f} \quad \Rightarrow \quad V_i = \dfrac{C_f \times V_f}{C_i} \quad ; \quad V_f = \left(V_i + V_{H_2O}\right)$

✓ **معامل التخفيف:** تخفيف محلول 10 مرات أي قسمة تركيزه على10 و تخفيف محلول 100 مرة أي قسمة تركيزه على 100. الـ 10 و 100 يمثل **معامل التخفيف F** ويمكن حسابه بالعلاقة:

$$F = \frac{C_i}{C_f} = \frac{V_f}{V_i}$$

✓ **سلم التدرج اللوني:** بعض المواد الكيميائية تكون ملونة في محاليلها (مثل: $CuSO_4 .xH_2O$ ، $FeSO_4 .xH_2O$ ، $KMnO_4$ .....)، و بالتالي يمكن مقارنة تراكيز عينات من المحاليل المحضرة بالتخفيف بمقارنتها بحدة ألوانها، فكلما كان لون المحلول أفتح كان التركيز أقل (والعكس صحيح) و هذه خاصية يمكن استعمالها لتحقيق السلم اللوني عند إجراء تخفيف محلول ملون.

ملاحظة هامة:

جريبيا لتحضير محاليل، غالبا نستعمل التركيز المولاري (M) و التركيز النظامي (العياري) (N).

☜ لحساب التركيز المولاري (التركيز الأولي) لمحلول سائل تجاري نتبع مايلي :

مثال: حسب المعلومات الموضحة على بطاقة قارورة حمض الكبريتيك H_2SO_4 (sulfuric acid)

فإنّ التركيز المولاري لهذا الحمض هو:

$$M = C_i = \frac{d \times p}{\mathcal{M}} = \frac{1.84 \times 10^3 \times 96 \times 10^{-2}}{98.08} = \frac{10 \times 1.84 \times 96}{98.08} = 18{,}009 \text{ (mol/L)}$$

وبمعرفة التركيز الأولي (C_i) للمحلول التجاري يمكن تحضير عدة محاليل بتراكيز أقل باستعمال طريقة التخفيف.

II- الجزء العملي:

1) الهدف من التجربة : تحضير محلول من كبريتات النحاس (المائية) ($CuSO_4. 5H_2O$) عن طريق الإذابة ثم التخفيف.

2) أدوات التجربة و موادها :

حوجلة (50ml)، حوجلات(25mL)- حاقنة (5 mL) - قمع - بيشر (25mL)- بوتقة – ملعقة مخبرية - ميزان الكتروني- آلة الرج المغنطيسي - مغناطيس.

- مادة كبريتات النحاس ($CuSO_4. 5H_2O$) - ماء مقطر.

3) طريقة العمل:

ملاحظة هامة: يجب الانتباه لرمز (رموز) الخطر على بطاقة قارورة مادة $CuSO_4. 5H_2O$ و أخذ الإحتياطات اللازمة (لبس قفاز و وضع كمامة أنف) قبل القيام بتحضير المحلول.

❶ **تحضير المحلول الأم بطريقة الإذابة : تُحَضَّر عينة واحدة للفوج.**

لتحضير 50mL من محلول كبريتات النحاس (S_0) بتركيز 1mol/L، يجب حساب الكتلة اللازمة لذلك بمعرفة الكتلة المولية للمادة (تؤخذ من بطاقة قارورة المادة).

- بواسطة ميزان الكتروني نقوم بوزن كتلة مادة $CuSO_4.5H_2O$.
- بالإستعانة بقمع، نفرغ الكمية في حوجلة سعتها 50 ml بها كمية من الماء المقطر.
- نغمس بحذر مغناطيس في الحوجلة ثم نضعها على آلة الرج المغناطيسي و نشغل الرج لغاية ذوبان المادة.
- بعد إخراج المغناطيس، نكمل ملأ الحوجلة بالماء المقطر لغاية الخط الموجود على عنقها (خط جوجي).
- نغلق الحوجلة بالمغلاق و نرج المحلول عدة مرات حتى يتم مجانسته و في الأخير نضع بطاقة على حوجلة المحلول المحضر (S_0).

❷ **تحضير المحاليل بطريقة التخفيف:** يجب أولا حساب الحجم (V_i) اللازم أخذه من العينة الأم (S_0) لتحضير كل عينة.

يقسّم الفوج إلى ثلاث أو أربع مجموعات، حيث كلّ مجموعة تقوم بتحضِير ثلاث عينات بحجم 25mL حسب الجدول التالي:

المحلول المخفَّف S_f	S_1	S_2	S_3
التركيز(mol/L) C_f	$C_1 = 0.2$	$C_2 = 0.08$	$C_3 = 0.04$

ملاحظة: في نهاية التجربة، سجل ملاحظتك بالنسبة للتدرج اللوني بمقارنة كل العينات المحضرة.

- في الأخير، يجب غسل الأدوات المخبرية وإعادة ترتيبها.
- يجب غسل اليدين قبل الخروج من المخبر.

العمل التطبيقي 04:

معايرة حمض–أساس: طريقة الـ pH متري

I- تعاريف:

تقوم المعايرة الحمضية -الأساسية في المحاليل المائية على أساس التفاعل بين حامل البروتون **(H^+) أو شاردة الهيدرونيوم**(H_3O^+) أي **الحمض** و حامل الهيدروكسيل (OH^-) أي **الأساس** و ناتج التفاعل هو ملح و ماء.

يسمى هذا النوع من التفاعلات : **تفاعل تعديل**.

و نكتب: $(H_3O^+A^-)_{aq} + (B^+OH^-)_{aq} \rightarrow (B^+A^-)_{aq} + 2H_2O$

$$H_3O^+ + OH^- \leftrightarrow 2H_2O$$

المعايرة حمض-أساس تتم بطريقتين:

❶ المعايرة اللّونية: باستخدام كاشفا ملونًا. (أنظر الملحق). تحدد نقطة التعديل أو التكافؤ **تجريبيا** (لحظة تغير لون المحلول).

❷ المعايرة الـ pH مترية: باستخدام جهاز pH متر. تحدد نقطة التعديل أو التكافؤ **بيانيا** (نقطة انعطاف ؛ حيث يتغير الرقم الهيدروجيني للمحلول بشكل مفاجئ).

✓ يعبر عن تراكيز المحاليل المائية ببروتونات H^+ أو شوارد H_3O^+ الحرة بما يسمى قيمة الـ pH (درجة الحموضة).

ملاحظة: **يعتبر الـ pH معامل من المعاملات الكيميائية المهمة عندما يتعلق الأمر بتحديد نوعية (جودة) عينة في محلول مائي.**

العبارة الرياضية له تعطي بالشكل: $pH = -\log[H_3O^+]$

مثال: $[H_3O^+] = 10^{-x}\,(mol/L) \Rightarrow pH = -\log 10^{-x} \Rightarrow \boxed{pH = x}$

محلول حمضي	محلول معتدل	محلول أساسي
$pH < 7$	$pH = 7$	$pH > 7$

❶ **عبارة pH محلول حمضي قوي وحيد الوظيفة الحمضية :**

ملاحظة: وحيد الوظيفة الحمضية (أو الأساسية) أي أنّ الحمض (أو الأساس)، عندما يتأين يعطي برتون H^+ واحد (أو شاردة OH^- واحدة). (مثال: HCl، HBr، CH_3COOH ، NaOH أو.....، KOH ،.....).

متعدد الوظيفة الحمضية (أو الأساسية) يعطي أكثر من H^+ (أو OH^-). (مثال: H_2SO_4 (ثنائي) ، H_3PO_4 (ثلاثي)،.....$CaOH_2$(ثنائي) ، $Al(OH)_3$ (ثلاثي)،.....).

الحمض القوي يتأين كليا في المحلول المائي: $AH \xrightarrow{H_2O} H_3O^+ + A^-$

فإذا كان تركيز الحمضِ هو C_a فإن: $\boxed{pH = -\log[H_3O^+] = -\log C_a}$

❷ **<u>عبارة pH محلول حمضي ضعيف وحيد الوظيفة الحمضية:</u>**

الحمض الضعيف يتأين جزئيا في المحلول المائي: $AH \xleftrightarrow{H_2O} H_3O^+ + A^-$

من أجل هذا الاتزان و حسب قانون فعل الكتلة، ثابت الاتزان يعطى بالشكل التالي: حيث C_a تركيز الحمضِ

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[AH]} = \frac{[H_3O^+]^2}{C_a} \Rightarrow [H_3O^+] = \sqrt{K_a . C_a} \Rightarrow -\log[H_3O^+] = -\frac{1}{2}\log K_a - \frac{1}{2}\log C_a \Rightarrow \boxed{pH = \frac{1}{2}(pK_a - \log C_a)}$$

<u>II-الجزء العملي</u>

1- <u>الهدف من التجربة:</u>

تعيين تركيز مجهول لعينة من محلول حمض الإثانويك أو حمض الخل $(CH_3COOH)_{aq}$ (وحيد الوظيفة الحمضية) بطريقة الـ pH متري.

2- <u>مبدأ التجربة:</u>

المعايرة حمض-أساس هي طريقة تمكن من تحديد تركيز الأول بمعرفة تركيز الثاني و ذلك لكونهما عند نقطة التعديل

(التي تعرف بقفزة الـpH) يتساوى عدد مكافئاتهما الغرامية. و بمعرفة الحجمان المستعملان في المعايرة، يمكن تحديد التركيز المجهول.

<u>ملاحظة</u>: يتم تحديد التركيز المجهول للحمض بالاعتماد على **قانون مور (قانون المعايرة)**.

عند نقطة التعديل نكتب: $\boxed{N_a \times V_a = N_b \times V_b}$

حيث: N_a ، N_b و V_a ، V_b نظامية و حجم كل من الحمض و الأساس على الترتيب.

إذا كان الحمض و الأساس المستعملان، لهما نفس الوظيفة (الحمضية و الأساسية)، يمكن أن نكتب: $\boxed{C_a \times V_a = C_b \times V_b}$

حيث C_a و C_b هما مولاريتا الحمض والقاعدة على التوالي.

3- <u>أدوات التجربة و موادها</u> :

- جهاز الـ **pH**-متر و إلكترود - جهاز الرج المغناطيسي - مغناطيس – مخبار مدرج (10mL)- مخبار مدرج (250 mL) - بيشر (300 mL)- سحاحة - حامل - قمع.

- محلول حمض الإثانويك مجهول التركيز-محلول هيدركسيد الصوديوم $(NaOH)_{aq}$ بتركيز 0.1N- ماء مقطر- كاشف ملون (اختياري).

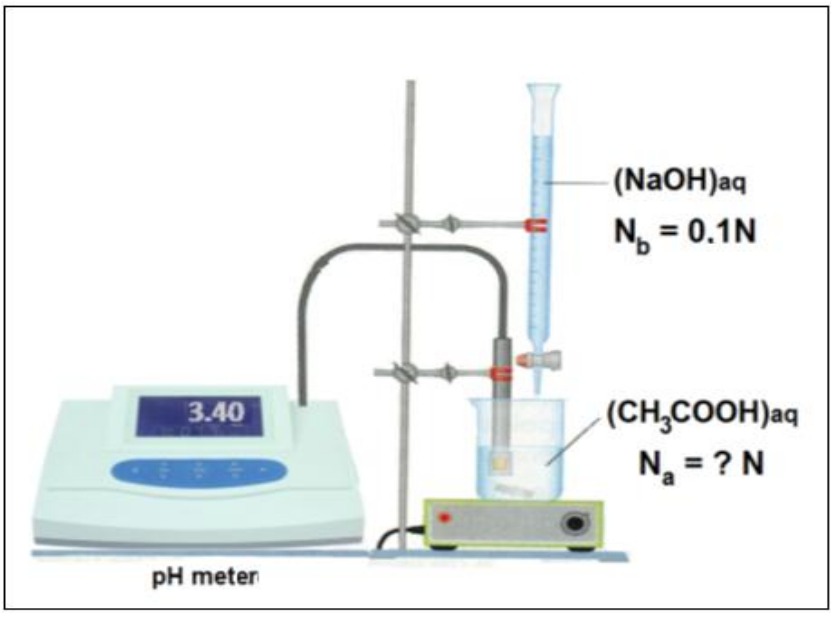
4 - <u>طريقة العمل</u> :

❶ قبل البدء في المعايرة يقوم الأستاذ المشرف بتجهيز الـ pH-متر باستعمال محاليل موقية ثابتة الـ pH ، معتدلة (pH = 7) ثم حمضية (pH = 4). (معتدلة ثم أساسية (pH =10) إذا كانت المعايرة أساس-حمض).

❷ حسب التركيب الموضح في الشكل التالي:

- نجهز السحاحة بمحلول هيدركسيد الصوديوم
- نقيس بواسطة مخبار مدرج 10 ml من محلول حمض الخل مجهول التركيز
- نفرغ هذه الكمية في مخبار مدرج سعته 250mL ثم نخففها بالماء المقطر لغاية القيمة 150 mL
- نفرغ 150 mL من المحلول الحمضي المخفف في بيشر سعته 250 mL
- نغمس بحذر الإلكترود (المثبت بحامل و الموصل بجهاز الـ pH-متر) و مغناطيس في المحلول الحمضي ثم نشغل الرج
- نقرأ قيمة الـ pH الابتدائية للحمض على جهاز الـ pH-متر
- نضيف قطرتين أو ثلاث من كاشف ملون (اختياري)
- نبدأ عملية المعايرة بإضافة كل مرة 1mL من المحلول الأساسي و نسجل قيمة الـ pH عند كل إضافة
- نضع النتائج في جدول.

<u>ملاحظة</u>: عند الإقتراب من نقطة التعديل، الإضافة تكون قطرة قطرة (يحدث تغير مفاجئ لقيمة الـ pH أو ما يسمى بقفزة الـ pH) أي الوصول إلى التعديل، عندها نتحصل على اللون الحساس للكاشف. نستمر في الإضافة حيث يثبت لون المحلول بعد التعديل.



تركيب تجريبي: معايرة حمض-أساس

العمل التطبيقي 05:

معايرة أكسدة/إرجاع: طريقة المنغانومتري

I) تعاريف:

تقوم المعايرة أكسدة/إرجاع على أساس انتقال الإلكترونات (e) من جسم إلى آخر بحيث:

- تفاعل **الأكْسَدة** يرافقه فقد للإلكترونات (e) وبالتالي **زيادة في عدد تأكسد** الجسم.
- تفاعل **الإرْجَاع** يرافقه اكتساب للإلكترونات (e) وبالتالي **نقصان في عدد تأكسد** الجسم.
- الجسم الذي يقوم بتفاعل **أكْسَدة** يسمى **مُرْجِع**.
- الجسم الذي يقوم بتفاعل **إرْجَاع** يسمى **مُؤَكْسِد**.

ملاحظة: لتحديد عدد تأكسد جسم أنظر الملحق.

✓ تفاعلات أكسدة/إرجاع تحدث في نفس الوقت (تفاعلات آنية)، فالإلكترونات المفقودة من الجسم المرجع تكتسب من طرف الجسم المُؤَكْسِد.

$$Red_1 \xrightarrow{oxidation} Ox_1 + ne$$
$$Ox_2 + ne \xrightarrow{reduction} Red_2$$

لدينا:

$$Red_1 + Ox_2 \xrightarrow{oxidotion/reduction} Ox_1 + Red_2$$

و نكتب الثنائية مُؤَكسِد/مُرْجِع لتفاعل أكسدة/إرجاع: **Red_1/Ox_2**.

☜ **المعايرة المنغانومترية**: هي كل معايرة أكسدة/إرجاع، يستعمل فيها **برمنغنات البوتاسيوم** $(K^+ MnO_4^-)_{aq}$ كمحلول مُؤَكْسِد.

☑ **العامل المُؤَكْسِدْ** هو أيونات البرمنغنات MnO_4^- التي تتفاعل في وسط حمضي مركز $(H_2SO_4)_{aq}$ وبوجود عامل مُرْجِع، لتكتسب 5e وفق التفاعل التالي:

$$MnO_4^- + 5e + 8H^+ \longrightarrow Mn^{+2} + 4H_2O$$

- كل جزيئة من البرمنغنات تكتسب 5 e أي كتلة المكافئ الغرامي له (g) $= \frac{M}{Z} = \frac{158}{5} = 31.6$ (1 مكافئ غرام)

☜ **محلول واحد نظامي (1 N) من برمنغنات البوتاسيوم تركيزه المولاري 0.2 M.**

☑ **العامل المرْجِعْ** هو جزيئات حمض الاوكزاليك $H_2C_2O_4$ التي تتاكسد لتعطي غاز ثاني اكسيد الكربون CO_2

وفق التفاعل التالي:

$$H_2C_2O_4 \longrightarrow 2CO_2 + 2e + 2H^+$$

- كل جزيئة من حمض الأكزاليك تحرر **2e** ، أي كتلة المكافئ الغرامي له : (g) $= \frac{M}{Z} = \frac{126}{2} = 63$ (1 مكافئ غرام)

☜ **محلول واحد نظامي (1 N) من حمض الأكزاليك تركيزه مولاري 0.5 M.**

و مِمَّا سبق، يعطى تفاعل معايرة أكسدة/إرجاع الحاصل :

$$2\,MnO_4^{-1} + 5\,H_2C_2O_4 + 6H^+ \longrightarrow 2\,Mn^{+2} + 10\,CO_2 + 8H_2O$$

من معادلة التفاعل نستنتج أن: **5 مول** من حمض الأوكزاليك تتفاعل مع **2 مول** من برمنغنات البوتاسيوم.

عند نقطة التكافؤ نكتب: $2\,C_{(oxa)} \times V_{(oxa)} = 5\,C_{(per)} \times V_{(per)}$ $\Rightarrow$ $N_{(oxa)} \times V_{(oxa)} = N_{(per)} \times V_{(per)}$

II-<u>الجزء العملي</u>

3- الهدف من التجربة: تحديد تركيز مجهول لعينة من حمض الأكزاليك بطريقة المنغانومتري.

4- مبدأ التجربة: تفاعل المعايرة أكسدة/إرجاع بطريقة المنغانومتري، يتم من خلاله تبادل في الإلكترونات بين محلول مؤَكْسِد: محلول $(KMnO_4)_{aq}$ و محلول مُرْجِع: محلول **حمض الأوكزاليك** $(H_2C_2O_4)_{aq}$، في وسط حمضي. يتم تحديد التركيز المجهول للمحلول المُرْجِعْ باستعمال قانون مور.

<u>ملاحظة هامة</u>: لمثل هذه المعايرة يجب اختيار الحمض المناسب (كوسط حمضي) بحيث لا يتم أكسدته من طرف أيون البرمنغنات (MnO_4^-) <u>مثل حمض الكلوريدريك</u> (H^+Cl^- : Cl^- يتم أكسدتها الى Cl_2) أو يقوم هو بأكسدة المرجع $(H_2C_2O_4)$، <u>مثل حمض النتريك</u> ($H^+NO_3^-$: NO_3^- مؤكسد). لهذا نختار <u>حمض الكبريت H_2SO_4</u> بحيث لا يتفاعل مع أيون البرمنغنات و لا يُؤَكْسِد حمض الأوكزاليك.

3- أدوات التجربة و موادها :

إرلينة (100mL)- مخبار مدرج (10mL) - بيشر (50mL) - سحاحة (25mL) - حامل- قمع- جهاز التسخين والرج - مغناطيس- ترمومتر.

محلول برمنغنات البوتاسيوم $(KMnO_4)_{aq}$ بتركيز 0.1N - محلول مركز من حمض الكبريت (H_2SO_4) - محلول حمض الأوكزاليك $(H_2C_2O_4.2H_2O)_{aq}$ مجهول التركيز - ماء مقطر.

4 - طريقة العمل:

- نملأ السحاحة بمحلول برمنغنات البوتاسيوم.
- نقيس حجم قدره 10mL من محلول حمض الأوكزاليك بواسطة مخبار مدرج ثم نسكبه داخل الإرلينة.
- نضيف لعينة حمض الأوكزاليك ، 10mL من حمض الكبريت المركز (بحذر) بواسطة سحاحة موجودة تحت ساحبة الغازات.
- نسخن في البداية محلول الأرلينة إلى غاية 50°C ثم نوقف التسخين.
- ندخل (بعناية) مغناطيس في الإرلينة ونشغل الرج ثم نبدأ عملية المعايرة بسكب محلول البرمنغنات قطرة بقطرة.
- نوقف المعايرة لحظة تلون المحلول المُعَايَر بلون وردي ، ثم نسجل حجم البرمنغنات اللازم لهذه المعايرة.

<u>ملاحظة:</u>

1- **محلول أيونات البرمنغنات MnO_4^- له لون بنفسجي بينما محلول أيونات Mn^{+2} الناتجة عديمة اللون، هذه الخاصية تسمح بتتبع تفاعل المعايرة و تحديد نقطة التكافؤ لحظة ظهور اللون الوردي في الأداة التي تحوي حمض الأوكزاليك.**

2- **إذا تعَدّت درجة تسخين محلول حمض الأوكزاليك درجة الحرارة المعطاة، فعند نقطة التكافؤ سوف يتلون المحلول بلون بُنّي بدل اللّون الوردي (دليل على تحلل حمض الأكزاليك إلى CO_2 و CO) ، فيجب إعادة التجربة.**

تقارير (أسئلة مع أجوبة)

لبعض الأعمال التطبيقية كيمياء1

رقم الطاولة:.....	الاسم و اللقب:.....	الفوج:	العلامة: .....

تقرير (مع التصحيح) للعمل التطبيقي 02

إيجاد الكتلة المولية: مفهوم المول كوحدة تكميم المادة

نتائج التجربة:

1) من بطاقة قارورة مادة الإيثانول تعيين: رمز(رموز) الخطر، أيّ فئة مخاطر تنتمي، أهم احتياطات السلامة، الخصائص الكيميائية و الفيزيائية للمادة و وضعها في الجدول التالي؟

رمز(رموز) الخطر فئة المخاطر و أهم احتياطات السلامة	مادة سريعة الاشتعال. تنتمي الى فئة المخاطر الصحية. يجب: استعمالها بعيدا عن مصادر اللهب - غلق القارورة جيدا و بسرعة بعد الاستعمال.
الخصائص الكيميائية	الاسم: ايثانول الصيغة: C_2H_5OH من عائلة الكحوليات
الخصائص الفيزيائية	مادة سائلة – شفافة – ذات رائحة نفاثة (قوية) كتلته المولية: 46.07 g/mol الكتلة الحجمية: 0.79 kg/L= 0.79 g/cm³

2) تحديد الكتلة المولية و كمية المادة لعينات (قطع معدنية) من مواد كيميائية نقية:

- أكمل الجدول التالي (مع توضيح طريقة الحساب و الوحدة)

اسم العينة و رمزها الكيميائي	1: المنيوم Al	2: زنك Zn	3: نحاس Cu
الكتلة المولية ($\mathcal{M}$)	$\mathcal{M}_1$= 27 g/mole	$\mathcal{M}_2$ = 65,4 g/mole	$\mathcal{M}_3$ = 63,55 g/mole
الكتلة (m)	25.98 g	50.76 g	87.46 g
كمية المادة (n)	$n_1 = \frac{m_1}{\mathcal{M}_1} = \frac{25,98}{27}$ $n_1 = 0.962\ mol$	$n_1 = \frac{m_2}{\mathcal{M}_2} = \frac{50,76}{65,4}$ $n_2 = 0.776\ mol$	$n_1 = \frac{m_3}{\mathcal{M}_3} = \frac{87,46}{63,55}$ $n_3 = 1.376\ mol$
عدد الذرات (N_x)	$N_1 = n_1 * \mathcal{N}_A$ $N_1 = 0,962 * 6,023.10^{23}$ $N_1 = 5.794.10^{23}$ ذرة	$N_2 = n_2 * \mathcal{N}_A$ $N_2 = 0,776 * 6,023.10^{23}$ $N_2 = 4.673.10^{23}$ ذرة	$N_3 = n_3 * \mathcal{N}_A$ $N_3 = 1,376 * 6,023.10^{23}$ $N_3 = 8.287.10^{23}$ ذرة

➢ **إذا كانت العينات السابقة من القطع المعدنية متساوية الكتلة، فحسب رأيك، أي منها تحتوي على عدد أكبر من الذرات مع تبرير إجابتك؟**

بالنسبة لعينات متساوية الكتلة، فالعينة التي تحتوي على أكبر عدد من الذرات هي **التي لها أصغر كتلة مولية** في هذه الحالة العينة هي **مادة الألمنيوم.**

التوضيح: $N_x = n_x * \mathcal{N}_A = \frac{m_x}{\mathcal{M}_x} * \mathcal{N}_A = \frac{cte}{\mathcal{M}_x}$

قيمة البسط ثابتة، عدد أفوقادرو N_A ثابت و كتلة الأجسام ثابتة، فكلما زادت الكتلة المولية ينقص عدد الذرات و العكس صحيح.

➢ **بالنسبة لكيميائي، ما أهمية العمل بكميات مقدرة بالمول لتكميم المادة؟**

تكمن أهمية التعامل بوحدة المول لكيميائي في أنّ المادة بطبيعتها الجسيمية (ذرية أو جزيئية أو أيونية) تتكون من عدد هائل من الجسيمات (من رتبة 10^{23}) يصعب التعامل معه في العمليات الحسابية لتكميم المادة ولهنا يستعمل المول كوحدة تكميم المادة.

3-**تحديد كمية المادة للعينتين: الماء المقطر و الإيثانول:** أكمل الجدول التالي (مع توضيح طريقة الحساب و الوحدة) ؟

العينة	ماء مقطر	إيثانول
الصيغة الكيميائية	H_2O	C_2H_5OH
الكتلة المولية $\mathcal{M}$	18 (g/mole)	46,07 (g/mole)
كتلة المخبار المدرج (فارغ)	98,04 g	98,04 g
كتلة الجملة (المخبار+ 40mL)	**138,03 g**	**129,6 g**
كتلة الـ 40mL	$m_{(ماء)} = m_{(ج)} - m_{(مخ.ف)}$ $m_{(ماء)} = 39,99 \approx 40$	$m_{(ايثانول)} = m_{(ج)} - m_{(مخ.ف)}$ $m_{(ايثانول)} = 31,56$
الكتلة الحجمية (التجريبية) ρ (g/cm³) ومقارنتها بالقيمة النظرية	$\rho_{(Exp)} = \frac{m_{(H_2O)}}{V_{(H_2O)}} = \frac{39,99}{40} = 0.999$ $\rho_{(Exp)} \approx \rho_{(th)} = 1$	$\rho_{(Exp)} = \frac{m_{(C_2H_5OH)}}{V_{(C_2H_5OH)}} = \frac{31,56}{40} = 0.789$ $\rho_{(Exp)} \approx \rho_{(th)} = 0,79$
كمية المادة (n)	$n_{(H_2O)} = \frac{m_{(H_2O)}}{\mathcal{M}_{(H_2O)}} = \frac{\rho * V}{\mathcal{M}} = \frac{0,999 * 40}{18} \approx 2,22$	$n = \frac{m}{\mathcal{M}} = \frac{\rho * V}{\mathcal{M}} = \frac{0,789 * 40}{46,07} \approx 0,685$
عدد الجزيئات (N_x)	$N_{(H_2O)} = n * \mathcal{N} = 2,22 * 6,023 * 10^{23}$ $N_{(H_2O)} = 13.371 * 10^{23}$ جزيء	$N_{(C_2H_5OH)} = n * \mathcal{N} = 0,685 * 6,023 * 10^{23}$ $N_{(C_2H_5OH)} = 4.125 * 10^{23}$ جزيء

➢ **قارن بين عدد جزيئات الماء و الإيثانول الموجودة في نفس الحجم (40mL) مع تعليل إجابتك (باختصار)؟**

بالمقارنة نجد: $N_{(H_2O)} \rangle N_{(C_2H_5OH)}$ وهذا راجع إلى أنّ $\mathcal{M}_{(H_2O)} \langle \mathcal{M}_{(C_2H_5OH)}$ فالعلاقة عكسية بين عدد الجزيئات و الكتلة المولية.

<u>أسئلة إضافية:</u>

➢ من خلال الصور التالية، صف الخطوات التجريبية لاستعمال الميزان الإلكتروني مرقما الصور على الترتيب؟

.....

.....

.....

➢ تحمل قارورة مادة كيميائية (برمنغنات البوتاسيوم M=158 g/mol) بطاقة عليها رمزيّ خطر:

1) أعطي مدلول كل رمز ؟.

.....

.....

2)إلى أي فئة مخاطر تنتمي؟ .....

3)عند استعمالك لهذه المادة في تجربة، ما هي أهم احتياطات السلامة الواجب اتخاذها؟

.....

4) حدد الأدوات اللازمة لوزن كتلة معينة من هذه المادة؟ .....

.....

5)ماذا تمثل الكتلة المولية لهذه المادة؟

.....

.....

رقم الطاولة:.....	الاسم و اللقب:.....	الفوج:	العلامة:.....

تقرير (مع التصحيح) للعمل التطبيقي 03

تحضير المحاليل: بالذوبان و بالتخفيف

I) التجربة الأولى: تحضير العينة S_0: 1-أكمل الجدول التالي (مع كتابة الاسم و الصيغة) ؟

المادة المُذابة	المُذيب	المحلول الناتج
كبريتات النحاس المائية $(CuSO_4.5H_2O)_S$	الماء المقطر $(H_2O)_L$	محلول مائي من كبريتات النحاس $(Cu^{2+}SO_4^{2-})_{aq}$

2-لتحضير هذه العينة، ما هي الكتلة المستخدمة من كبريتات النحاس مع توضيح ذلك؟

☜ لدينا: $m = n \cdot \mathcal{M} = C \cdot V \cdot \mathcal{M}$

ت.ع: $m=1x50x10^{-3}x249.5 = 12.48\ g$ ،

إذا الكتلة المستخدمة من كبريتات النحاس لتحضير العينة S_0 هي 12.48 g.

التجربة الثانية: تحضير المحاليل S_1 ، S_2 ، S_3:

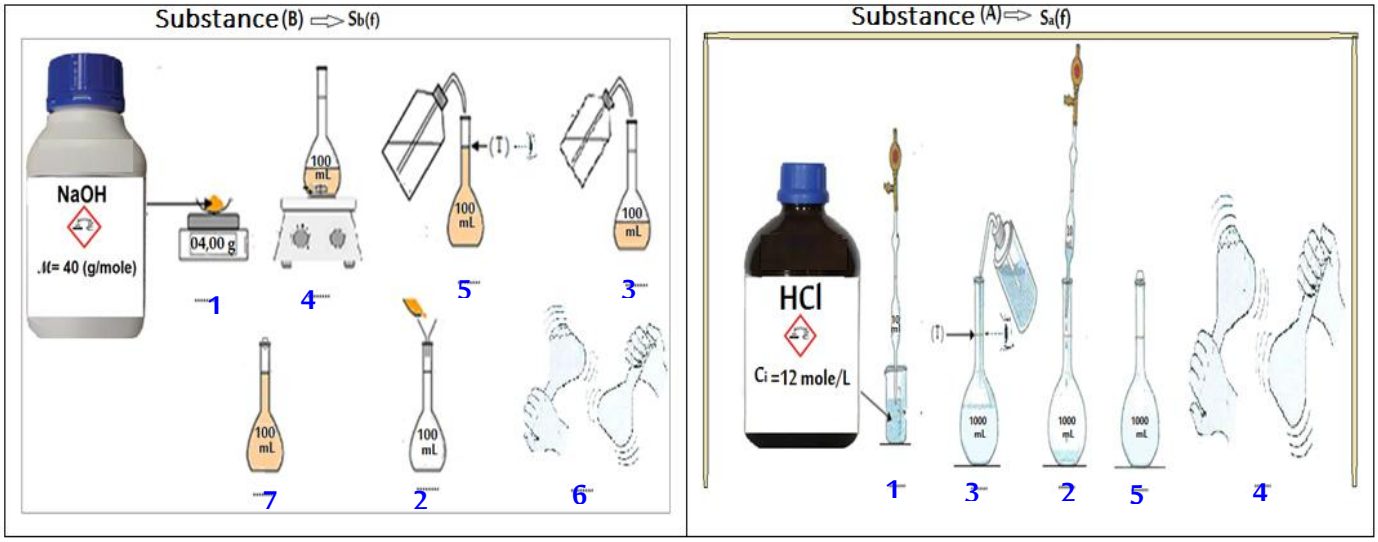
1-بأيّ طريقة تم تحضير هذه المحاليل مع التعليل؟

تم تحضير المحاليل S_1، S_2 ، S_3 بطريقة التخفيف. لأنّ تراكيز هذه العينات (S_1، S_2 ، S_3) المطلوب تحضيرها أقل من تركيز العينة S_0 (العينة الأم).

2-أكمل الجدول التالي مبينا طريقة الحساب؟

المحلول S_x	S_1	S_2	S_3
تركيز S_x	$C_1 = 0,2$	$C_2 = 0,08$	$C_3 = 0.04$
معامل التخفيف F (Dilution Factor)	$F = \frac{C_i}{C_1} = \frac{1}{0,2} = 5$ F = 5	$F = \frac{C_i}{C_2} = \frac{1}{0,08} = 12,5$ F= 12.5	$F = \frac{C_i}{C_3} = \frac{1}{0,04} = 25$ F= 25
الحجم اللازم أخذه (volume to collect) V_i (mL)	$V_i = \frac{C_1 \times V_f}{C_i} = \frac{0,2 \times 25}{1}$ V_i= 5 mL	$V_i = \frac{C_2 \times V_f}{C_i} = \frac{0.08 \times 25}{1}$ V_i= 2 mL	$V_i = \frac{C_3 \times V_f}{C_i} = \frac{0.04 \times 25}{1}$ V_i = 1mL
حجم الماء المضاف (volume of water added) $V_{(H2O)}$ (mL)	$V_{(H_2O)} = V_f - V_{i(1)}$ $V_{(H_2O)} = 25 - 5 = 20$ mL $V_{(H_2O)}$= 20 mL	$V_{(H_2O)} = V_f - V_{i(2)}$ $V_{(H_2O)} = 25 - 2 = 23$mL $V_{(H_2O)}$= 23mL	$V_{(H_2O)} = V_f - V_{i(3)}$ $V_{(H_2O)} = 25 - 1 = 24$mL $V_{(H_2O)}$= 24mL

II) لديك التركيبين التجريبيين (a) و (b) على التوالي: رتب خطوات التجربة على كل تركي



➢ حدد بدقّة، ماذا يمثل كل تركيب مع وصفك (بإختصار) خطوات كل تجربة و تحديد أهم احتياطات السلامة لها مع التعليل؟

التركيب (a) : يمثل عملية تحضير عينة S_a قدرها 1000mL من محلول مائي من حمض كلور الهيدروجين (HCl) بطريقة التخفيف انطلاقا من المحلول الأم المركز (C_i=12mole/L) .

الخطوات: في البداية، أهم احتياطات السلامة: لبس قفاز و تحضير العينة تحت ساحبة الغازات لأنّ المادة a تحمل رمز الخطر كاوي (corrosive) و مركزة جدّا (تصاعد أبخرة).

- وضع كمية من المحلول الحمضي (الأم) في بيشر و سحب 10mL منه بواسطة ماصة جوجية موصلة بإجاصة مطاطية.
- سكب هذه الكمية في حوجلة سعتها 1000 mL بها قليل من الماء المقطر.
- إكمال ملء الحوجلة بالماء المقطر لغاية الخط الموجود على عنقها (خط جوجي).
- غلق الحوجلة بالمغلاق و رج المحلول عدة مرات حتى يتم مجانسته فنتحصل على المحلول S_a.

التركيب (b) : يمثل عملية تحضير عينة S_B قدرها 100mL من محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) بطريقة الإذابة انطلاقا من مادة الصودا (صلبة).

الخطوات: في البداية، أهم احتياطات السلامة: لبس قفاز لأنّ المادة b تحمل رمز الخطر كاوي (corrosive).

- وزن كتلة 4g من مادة الصودا.
- سكب هذه الكمية (بالاستعانة بقمع) في حوجلة سعتها 100 mL.
- وضع الحوجلة على آلة الرج المغناطيسي بعد غمس مغناطيس و إضافة قليل من الماء المقطر.
- بعد إخراج المغناطيس، ملء الحوجلة بالماء المقطر لغاية الخط الموجود على عنقها (خط جوجي).
- غلق الحوجلة بالمغلاق و رج المحلول عدة مرات حتى يتم مجانسته فنتحصل على المحلول S_b.

☜ **أحسب التركيز المولاري لكل عينة محضّرة:**

العينة $S_{(a)f}$: حسب معطيات التركيب التجريبي (a) ، **لدينا:** $V(S_a) = V_f = 1000\ mL$ ، $V_i = 10\ mL$ ، $C_i = 12\ mol/L$

حسب علاقة التخفيف: $C_i \times V_i = C_f \times V_f \quad \Rightarrow \quad C_f = C(S_a) = \dfrac{C_i \times V_i}{V_f}$

$$\Rightarrow \quad C_a = \frac{12 \times 10}{1000} = 0.12\ mol/L \quad \Rightarrow \quad C_a = 0.12\ mol/L$$

العينة $S_{(b)f}$: حسب معطيات التركيب التجريبي (b) ، **لدينا:** $V(S_b) = 100\ mL$ ، $m_B = 4\ g$

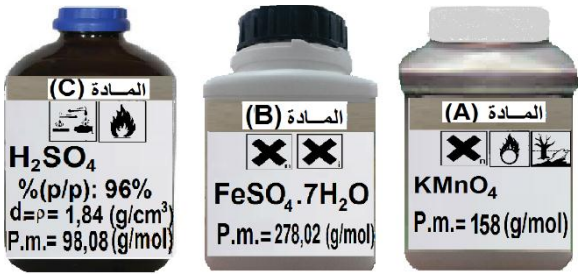
من العلاقة: $C_b = \dfrac{n}{V} \quad ; \quad n = \dfrac{m_b}{\mathcal{M}_b}$

حيث: $\mathcal{M}_b = (23+16+1) = 40\ g/mol$

$$\Rightarrow C_b = \frac{m}{\mathcal{M}_b \cdot V} = \frac{4}{40 \times 100 \times 10^{-3}} = 1 mol/L \quad \Rightarrow \quad C_b = 1 mol/L$$

أسئلة إضافية:

لدينا ثلاث مواد كيميائية نقية: A (صلبة) و B(صلبة) و C(سائلة) بالمعطيات الموضحة على القارورات التالية:



1) أعطي اسم كل مادة؟

☜ **المادة A:** .....

☜ **المادة B:** .....

☜ **المادة C:** .....

2) نريد تحضير **100mL** من كل مادة : محلول S_A بتركيز **0,02mol/L** و محلول S_B بتركيز **1mol/L** و محلول S_C بتركيز **1,9 mol/L** على الترتيب. - **اقترح طريقة لتحضير كل محلول (دون ذكر الخطوات) مع تبرير اجابتك باختصار؟**

☜ **لتحضير S_A**.....

☜ **لتحضير S_B:** .....

☜ **لتحضير S_C:** .....

3) باختصار شديد، حدد أهم إحتيطات السلامة الواجب العمل بها عند تحضير كل محلول مع التعليل؟

.....

.....

4) أحسب الكتلة اللازمة أخذها من المادتين A و B لتحضير S_A و S_B ؟.....

.....

-أحسب الحجم اللازم أخذه من المادة C لتحضير S_C؟.....

.....

رقم الطاولة:.....	الاسم و اللقب:.....	الفوج:	العلامة: .....

تقرير (مع التصحيح) للعمل التطبيقي 04
معايرة حمض-أساس: طريقة الـ pH متري

أجب عما يلي:

☜ **ما نوع وظيفة كل من الحمض و الأساس المستعملين في التجربة مبينا ذلك بتفاعل ؟**

الحمض: حمض الخل $(CH_3COO^-H^+)_{aq}$ وحيد الوظيفة الحمضية: $H^+(Z=1)$; $(CH_3COOH)_L \xrightarrow{H_2O} (CH_3COO^- H^+)_{aq}$

الأساس: هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+OH^-)_{aq}$ وحيد الوظيفة الأساسية: $OH^-(Z=1)$; $(NaOH)_S \xrightarrow{H_2O} (Na^+ OH^-)_{aq}$

☜ **أكتب بالتفصيل معادلة تفاعل التعديل الحاصل؟**

$$\underset{\text{حمض}}{(CH_3COO^- H^+)_{aq}} + \underset{\text{أساس}}{(Na^+ OH^-)_{aq}} \rightarrow \underset{\text{ملح}}{(CH_3COO^- Na^+)_{aq}} + \underset{\text{ماء}}{H_2O}$$

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

☜ **بما أنّ المحلولين المستعملين في التجربة، الحمضي $(CH_3COOH)_{aq}$و الأساسي $(NaOH)_{aq}$شفافين، أذكر طريقتين تمكنك من التفريق بينهما تجريبيا مع شرح مختصر:**

ط1: باستعمال كاشف ملون. حيث الكاشف الملون يظهر لون مع الحمض يختلف عنه مع الأساس.

شرح: مثلا، لو أضفنا كاشف الهيليانتين إلى حمض الخل $(CH_3COOH)_{aq}$ سيتلون باللون الأحمر. و لو أضفناه إلى الأساس $(NaOH)_{aq}$ سيصبح اللون أصفر.

ط2: باستعمال جهاز الـ pH متر و قياس قيمة الـ pH الأولية للمحلولين الحمضي و الأساسي.

شرح: عند قياس قيمة الـ pH للمحلول الحمضي تكون pH <7 أما للمحلول الأساسي تكون pH>7 .

☜ **قبل استعمال جهاز الـpH-متر في المعايرة تم تجهيزه. أذكر باختصار شديد أهم ثلاث خطوات متبعة لتجهيز الـ pH-متر؟**

1) ضبط درجة الحرارة على درجة حرارة التجربة و تثبيتها على الجهاز بالقفل الخاص بذلك.

2) ضبط قيمة الـ pH على قيمة pH محلول موقى معتدل (pH=7) و تثبيتها على الجهاز بالقفل الخاص بذلك مع غسل الإلكترود بالماء المقطر و مسحه جيدا و بحذر بعد تثبيتها .

3) ضبط قيمةالـ pH على قيمة pH المحلول الموقى الحمضي (pH=4) و تثبيتها على الجهاز بالقفل الخاص بذلك مع غسل الإلكترود بالماء المقطر و مسحه جيدا و بحذر بعد تثبيتها .

☜ ماهو الكاشف الإختياري المستعمل لهذه المعايرة و لماذا تم اختياره مع ذكر اللون الملاحظ قبل و أثناء و بعد التعديل ؟

الكاشف هو الفينول فتاليين. تم اختياره لأنّ نقطة التعديل للمعايرة الحاصلة (حمض $(CH_3COOH)_{aq}$ /أساس $(NaOH)_{aq}$) تنتمي لمجال تغير هذا الكاشف [10,2-8,2] .

✓ اللون قبل التعديل: شفاف.

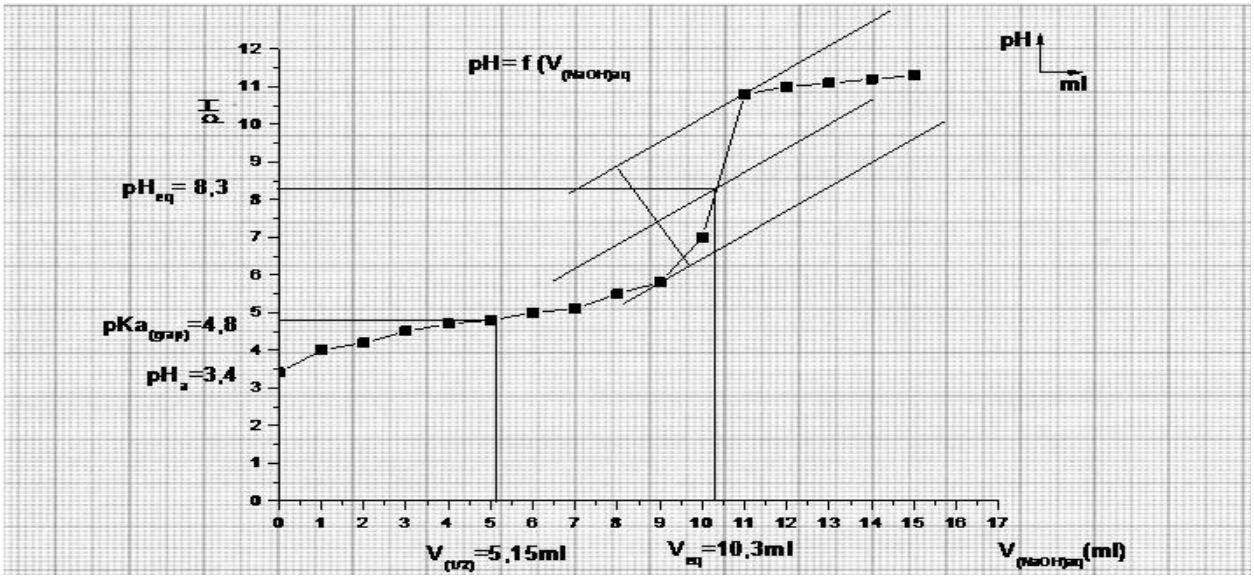
✓ أثناء التعديل: وردي.

✓ بعد التعديل : وردي غامق (بنفسجي).

2) نتائج التجربة:

$V_{(NaOH)aq}$(ml)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
pH	3,4	4,0	4,2	4,5	4,7	4,8	5,0	5,1	5,5	5,8	7	10,8	11,0	11,1	11,2	11,3

☜ أرسم المنحنى $pH = f(V_{NaOH})_{aq}$ مبيّنا عليه كل المعلومات و القيّم : سلم الرسم، pH_a ، (V_{eq}, pH_{eq})،$(pk_a, V_{1/2})$، .....؟



☜ أحسب معامل التخفيف للمحلول الحمضي $(CH_3COOH)_{aq}$ ؟

$$F = \frac{V_f}{V_i} = \frac{150}{10} = 15 \qquad \Rightarrow F = 15$$

☜ أحسب التركيز النظامي المجهول للمحلول الحمضي $(CH_3COOH)_{aq}$ ؟

حسب قانون المعايرة: عند نقطة التعديل $N_a \times V_a = N_b \times V_b$

و منه: $N_a = \frac{N_b \times V_{eq}}{V_a} = \frac{0,1 \times 10,3}{150} = 0,0068\ eq.g/L$

☜ **استنتج التركيز المولاري للمحلول الحمضي $(CH_3COOH)_{aq}$ ؟**

بما أنّ الحمض و حيد الوظيفة الحمضية أيّ: $N_a = C_a = 0{,}0068$ mole/L

☜ **أحسب قيمة الـ pK_a لهذا الحمض؟**

لدينا: $pH = \frac{1}{2}(pK_a - \log C_a) \Rightarrow pk_a = 2pH + \log C_a$

ت.ع: $pk_a = (2 \times 3{,}4) + \log 0{,}0068 = 6{,}8 - 2{,}167 = 4{,}63$

اذًا : $\boxed{pk_{a\,(cal)} = 4{,}63}$

☜ **استخرج قيمة الـ pK_a بيانيا و قارنها بالقيمة المتحصل عليها حسابيا؟**

بيانيا: $pK_a \approx 4{,}8$

و حسابيا: $pK_a = 4{,}63$ بالمقارنة نلاحظ أنّ القيمتين متقاربتين في حدود أخطاء التجربة (قياس، قراءة، شروط قياسية.....).

<u>أسئلة إضافية:</u>

1-ضع علامة محددا العبارة الصحيحة من بين العبرات التالية:

a) التركيز المولاري لحمض ثلاثي الوظيفة (H_3PO_4) يساوي:

☐ نفس تركيزه النظامي ☐ ثلاثة أضعاف تركيزه النظامي ☐ ثلث تركيزه النظامي

b) نقول عن الحمض أنه قوي إذا:

☐ $PH \rangle 4$ ☐ تلون بلون أحمر بإضافة كاشف الهيليانتين ☐ تأين كليا في المحلول المائي

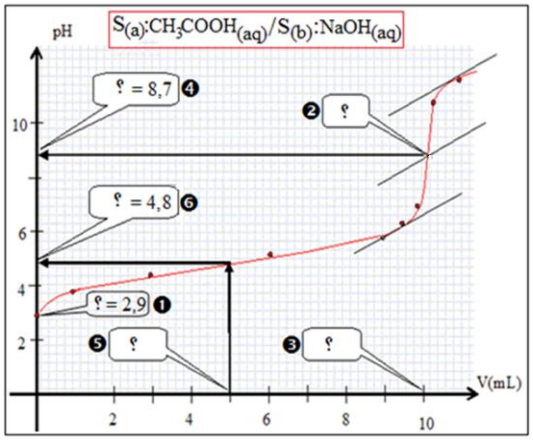
c) يميز بين حمض قوي و آخر ضعيف:

☐ باستعمال كاشف ملون ☐ بقياس قيمة الـ pH لتركيزهما الأولية ☐ بعدد H^+ المحررة خلال التأين

d) يظهر لون أصفر لكاشف ملون ذو $Pk = 5{,}1$:

☐ عند $PH = 6{,}1$ ☐ عند $PH = 5{,}0$ ☐ عند $PH = 4{,}1$

2- في تجربة معايرة حمض/أساس، تم معايرة 100ml من المحلول $S_{(a)}$ بكمية كافية من المحلول S_B. نتيجة المعايرة موضحة بالمنحني التالي:



1) حدد بدقة مدلول علامات الاستفهام الموجودة في الشكل(من ❶ ← ❻)؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2) حدد طريقة المعايرة المستعملة؟

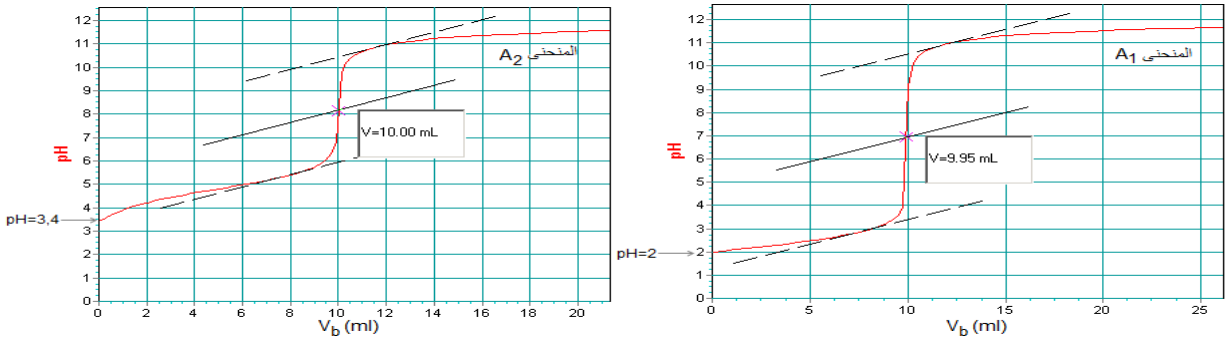
.....

3) مستعينا بالمعطيات الموضحة على المنحنى، أحسب تركيز المحلول $S_{(a)}$ بطريقتين مختلفتين؟

.....

.....

3 -قمنا بتجربتين لمعايرة 10ml من محلولين حمضيين: حمض الخل (pKa = 4,8) و حمض كلور الهيدروجين، بطريقة الـ pH متري و باستخدام لكل معايرة محلول أساسي من هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 0,01mol/L. تتبعنا كل معايرة فتحصلنا على النتائج الموضحة على المنحنين التاليين:



1) من خلال المنحنيين A_1 و A_2 :

☜ أملأ الجدول التالي:

المنحنى	الحمض المستعمل	صيغة الحمض	طبيعة و وظيفة الحمض	pH الحمض	pH التعديل
المنحنى A_1					
المنحنى A_2					

2) أحسب بطريقتين مختلفتين:

☜ تركيز عينة حمض كلور الهيدروجين:

.....

.....

☜ تركيز عينة حمض الخل:

.....

.....

قارن تركيز العينتين ؟ ماذا تستنتج؟

.....

.....

3) أكتب معادلة التفاعل الحاصل لكل معايرة؟

.....

.....

رقم الطاولة:.....	الاسم و اللقب:.....	الفوج:	العلامة:.....

تقرير (مع التصحيح) للعمل التطبيقي 05

معايرة أكسدة/إرجاع: طريقة المنغانومتري

1. علّل ما يلي:

1) استعمال حمض الكبريتيك في معايرة الأكسدة/إرجاع($(K^+MnO_4^-/(COOH)_2$) و هل نتحصل على نفس النتائج إذا تم استبداله بمحلول حمض الكلوريدريك؟

يوفر حمض الكبريتيك $(2H^+SO_4^{2-})_{aq}$ لوسط تفاعل الأكسدة/إرجاع ($(K^+MnO_4^-/(COOH)_2$) بروتونات H^+ ، و استعمال هذا الحمض بالذات لأنّه لا يتفاعل مع المُؤَكْسِد (أيون البرمنغنات) ولا مع المُرْجِع (حمض الأوكزاليك).

لا نتحصل على نفس النتائج إذا تم استبداله بمحلول حمض الكلوريدريك (H^+Cl^-) حيث هذا الأخير سيتم أكسدته من طرف أيون البرمنغنات MnO_4^- (يؤكسد شوارد Cl^- إلى Cl_2).

2) استعمال ساحبة الغازات عند إضافة حمض الكبريتيك لعينة حمض الأوكزاليك؟

لأنّ حمض الكبريت المستعمل في التجربة مركز (20%) و خطر.

3) عدم استخدام كاشف ملون لهذه المعايرة؟

لأنّ المحلول المعاير به $(K^+MnO_4^-)_{aq}$ يعتبر كاشف ذاتي لأنه ملون و بالتحديد أيونات البرمنغنات (MnO_4^-) ذات لون بنفسجي تسمح بتحديد نقطة التكافؤ التي عندها يتلون المحلول المُعايَر بلون وردي فاتح دليل على نهاية المعايرة.

1. وضح كيفية حساب عدد التأكسد للعناصر التي تحتها خط: $\underline{Mn}O_4^-$ ، $H_2\underline{C}_2O_4$ ، $\underline{C}O_2$

MnO_4^-: $x+((-2)\times 4)=-1 \Rightarrow x=+7$ $donc\ \ no(Mn)=+7$

$H_2\underline{C}_2O_4$: $2x+((-2)\times 4)+((+1)\times 2)=0 \Rightarrow x=+3$ $donc\ \ no(C)=+3$

$\underline{C}O_2$: $x+((-2)\times 2)=0 \Rightarrow x=+4$ $donc\ \ no(C)=+4$

2. أكتب بالتفصيل المعادلة الإجمالية النهائية لتفاعل أكسدة/إرجاع لهذه التجربة (بوجود K^+ و SO_4^{-2})؟

$$2\,(K^+MnO_4^-)+5\,(H_2C_2O_4)+3(2H^+SO_4^{2-})\longrightarrow 2\,(Mn^{2+}SO_4^{2-})+2K^+SO_4^{2-}+10\,CO_2+8H_2O$$

3. استخرج الثنائية مُؤَكْسِد/مُرْجِع لتفاعل المعايرة الحاصل؟

الثنائية مُؤَكْسِد/مُرْجِع : $H_2C_2O_4/MnO_4^-$

4. **نتائج التجربة:** سجل النتائج في الجدول التالي:

حجم العينة المُعَايَرَة من حمض الأوكزاليك	لون المحلول قبل المعايرة	حجم محلول البرمنغنات اللازم لهذه المعايرة	لون المحلول بعد المعايرة
10mL	شفاف	10mL	وردي فاتح

☜ **أحسب التركيز النظامي لمحلول حمض الأوكزاليك؟**

عند نقطة التكافؤ و حسب قانون المعايرة : $N_{oxa} \times V_{oxa} = N_{per} \times V_{per} \Rightarrow N_{oxa} = \frac{N_{per} \times V_{per(eq)}}{V_{oxa}}$

ت.ع:

$$N_{oxa} = \frac{N_{per} \times V_{per(eq)}}{V_{oxa}} = \frac{0,1 \times 10}{10} = 0,1N \Rightarrow \boxed{N_{oxa} = 0,1N}$$

قارن بين التركيز النظامي للمحلولين: المُعَايَر و المُعَايَر به ؟ماذا تستنتج؟

بالمقارنة : $N_{oxa} = N_{per} = 0,1N$

استنتاج : عند نقطة التكافؤ، بما أنّ حجم المحلول المُعَايَر به مساوي لحجم المحلول المُعَايَر، فإنه تتساوى نظامية المحلولين.

☜ **أحسب التركيز المولاري لمحلول حمض الأوكزاليك؟**

حسب العلاقة: $N_{oxa} = Z \times C_{oxa} \Rightarrow C_{oxa} = \frac{N_{oxa}}{Z} = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ mol/L}$

(حيث Z=2 ،حمض الأكزاليك فقد 2e خلال عملية الأكسدة)،

إذا : $\boxed{C_{oxa} = 0,05 \text{ mole/L}}$

☜ **أحسب كتلة العينة المُعَايَرَة من حمض الأوكزاليك ؟ تعطى: $\mathcal{M} = 126 \text{ g/mol}$**

$$m_{oxa} = C_{oxa} \times V_{oxa} \times M_{oxa}$$

ت.ع:

$$m_{oxa} = 0,05 \times 10 \times 10^{-3} \times 126 = 0,063g$$

أسئلة إضافية عامة:

ضع علامة ☒ محددا العبارة الصحيحة من بين العبارات التالية:

☜ الكتلة المولية لعينة من مادة كيميائية عدد جسيماتها $3,01.10^{23}$ و كتلتها 20g هي:

☐ **10 g/mole**	☐ **40 g/mole**	☐ **4 g/mole**

☜ من بين العينات التالية أيّمنها يحتوي على كمية مادة (عدد مولات) أكبر:

☐ **10g $CuSO_4$**	☐ **10g $FeSO_4$**	☐ **10g $ZnSO_4$**

☜ لتحضير 1L من محلول مائي من برمنغنات البوتاسيوم بتركيز $10^{-4}mole.L^{-1}$ انطلاقا من محلول ذو تركيز $10^{-1}mole.L^{-1}$، يجب استعمال:

☐ **حوجلة 1L وماصة 0,1mL**	☐ **حوجلة 1L وماصة 1mL**	☐ **حوجلة1L وماصة 10mL**

☜ محلول مائي من حمض كلور الهيدروجين بتركيز واحد مولاري، خفف هذا المحلول ليصبح تركيزه عشر مولاري، إذّا خفف هذا المحلول:

☐ **مرة واحدة**	☐ **10 مرات**	☐ **100 مرة**

☜ إجراء تخفيف لمحلول مائي قاعدي من هيدروكسيد الصوديوم:

☐ **يزيد من قيمة pH هذا المحلول**	☐ **ينقص من قيمة pH هذا المحلول**	☐ **يبقي قيمة pH هذا المحلول ثابتة**

☜ ثلاث محاليل مائية a، b وc، بتراكيز متساوية حيث: **a)** $(Na^+OH^-)_{aq}$، **b)** $(CH_3COO^-H^+)_{aq}$ ، **c)** $(H^+Cl^-)_{aq}$. ترتب هذه المحاليل حسب قيمة الـ pH :

☐ $pH_a < pH_c < pH_b$	☐ $pH_c < pH_b < pH_a$	☐ $pH_c < pH_a < pH_b$

☜ **يظهر لون أحمر بنفسجي لكاشف الفينول فتالين عند :**

☐ **عند $pH<9$**	☐ **$pH=9$**	☐ **$pH_c>9$**

☜ تفاعل أكسدة/إرجاع هو تفاعل كيميائي يتم خلاله تحرير إلكترونات:

☐ **من الجسم المُؤكْسِد**	☐ **من الجسم المُرْجِع**	☐ **من الجسمين المُؤكْسِد و المُرْجِع**

☜ عدد تأكسد جزيئ O_2 هو:

☐ **-2**	☐ **0**	☐ **-1**

معطيات: $\mathcal{N}_A = 6,02*10^{23}$

(g/mole	O:16 ;	S:32	; Cu:63,55	; Fe :56	; Zn :65,37

الجزء الثاني

تطبيق كيمياء2

العمل التطبيقي 01:

القوانين الأساسية للغاز المثالي: التحقق من قانون بويل ماريوت

I -الجزء النظري:

✓ تخضع الغازات لقوانين بسيطة والتي على أساسها تم اشتقاق قانون الغازات المثالية

قانون بويل-ماريوت	قانون شارلز	قانون جاي لوساك	قانون افوقادرو
Boyle–Mariotte's Law	Charles's Law	Gay-Lussac's Law	Avogadro's Law
PV = k	V = kT	P = kT	V= kn

قانون الغاز المثالي :Ideal Gas Law

PV = nRT

P: (Pressure) ضغط الغاز ويقاس بعدة وحدات منها: مم زئبق (mmHg)، بار(bar) أو باسكال (pascal).

لدينا: **1atm = 760mmHg = 1.013bar =1.013*10^{5}Pas** .

V : (Volume) حجم الغاز ويقاس بعدة وحدات منها: اللتر(L) أو الديسيمتر مكعب(dcm^3) .

لدينا: **1cm^3= 1mL = 10^{-6}m^3** .

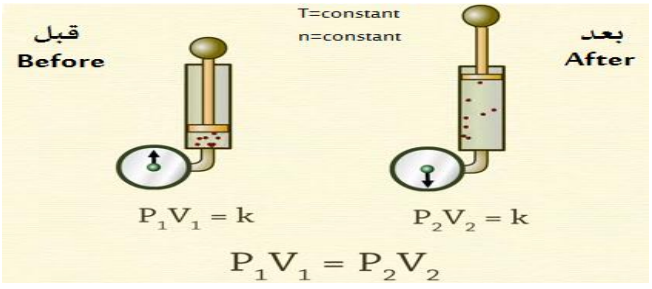
n: number of moles of the gas كمية الغاز و تقاس بالمول (mol).

R:(Ideal gas constant) ثابت الغازات المثالية. **R = 8.341 (J/K.mol) = 0.820 ((L·atm)/(K·mol))** .

T: (Temperature) درجة الحرارة وتقاس بوحدات مختلفة منها: الدرجة المئوية(°C)، الدرجة المطلقة (الكلفن)(**K**) أو الفهرنهايت (**F**).

لدينا: **0 °C = 273.15 K = 32 F** .

✓ أوضح الفيزيائي والكيميائي الأيرلندي روبرت بويل (1627-1691) والفيزيائي الفرنسي إدمي ماريوت (1620-1684)، أنّ هناك علاقة بين الضغط وحجم الغاز .عند درجة حرارة ثابتة ونفس عدد الجزيئات، لاحظوا أن ضغط الغاز يزداد عندما ينخفض حجمه، والعكس صحيح أيّ يؤدي انخفاض ضغط الغاز الى زيادة حجمه. تسمى هذه العلاقة بقانون بويل ماريوت.



تصاغ تلك العلاقة كالآتي:

" ***عند درجة حرارة ثابتة، عند تغير ضغط كمية معينة من غاز (بالزيادة أو بالنقصان) يتناسب حجم الغاز عكسيا مع الضغط***".

يمكن تمثيل ذلك رياضياً: $P \alpha \frac{1}{V} \quad \Rightarrow \quad P = f\left(\frac{1}{V}\right) \quad \Rightarrow \quad P = k\frac{1}{V} \quad \Rightarrow \quad PV = k$

ملاحظة: يطبق قانون بويل-ماريوت علي كمية ثابتة من الغاز.

II-الجزء العملي:

1. **مبدأ التجربة:** تعتمد هذه التجربة على تغيير ضغط كمية معيّنة من الهواء (نعتبره غاز مثالي) بالزيادة أو بالنقصان (pressure-depression)، بواسطة جهاز قياس انضغاط الغازات.
2. **الهدف من التجربة:** التحقّق من قانون بويل-ماريوت، أي دراسة العلاقة بين الحجم والضغط لحجم مغلق من الهواء عند درجة حرارة ثابتة.
3. **أدوات التجربة و موادها:**

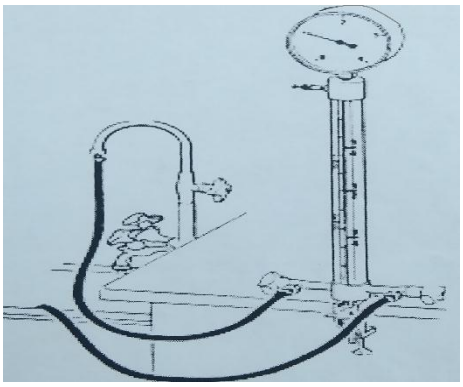
- جهاز بويل-ماريوت: مانومتر، أنبوب زجاجي مدرج، كمية من الهواء.

ملاحظة: كمية الهواء المدروسة توجد داخل أنبوب مغلق من الجزء الأعلى.

ماء الصنبور(الحنفية)، يدخل من الجزء السفلي من الأنبوب، ويؤدي إلى انضغاط كمية الهواء المحبوسة في الأنبوب .

المانومتر، المثبت على الجهاز يشير إلى الضغط الموافق.

شرح الجهاز:



جهاز بويل - ماريوت

كما هو موضح في الشكل المقابل: يتوفر الأنبوب الزجاجي على سلم حجمي ذو 10 تدريجات (طوله **l ~ 50 cm**، **قطره d ~ 5cm** ، **أيّ: 1L ~ $V_{(أنبوب)}$**).

يشمل السلم على الكسور $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{3}$ ، $\frac{1}{2}$ ، $\frac{2}{3}$ ، $\frac{3}{4}$ بالنسبة إلى الحجم الكلي .

يحيط بالأنبوب الزجاجي اسطوانة شفافة.

مقياس الضغط (قياس من 0 ... 4bar) موصل بأنبوب معدني يمر من خلال أنبوب زجاجي.

التواصل مع هذا الأنبوب يكون من خلال فتحتين في الأسفل حيث يتم من خلالهما إدخال وإخراج الماء الجاري في الأنبوب. أثناء التجربة، يتم ربط خرطومين مرنين بواسطة حلقات . إحداهما متصل بالصنبور (لإدخال الماء) و الآخر إلى الحوض (لإخراج الماء).

لأسباب عملية، يتم ترك صنبور الماء الجاري مفتوح باستمرار خلال التجربة، و يستخدم فقط الصنبور الموجود على الجهاز.

لضغط كمية الهواء، يسمح للماء بالدخول ببطء إلى الأنبوب . إذا وصل منسوب الماء إلى المقياس المطلوب، يتم إيقاف إمداد الماء.

يتم تحديد قيمة الحجم النسبي، والضغط المقابل. نواصل ضغط كمية الهواء المحبوسة في الأنبوب، مما يعطي حجم أصغر وأصغر من الهواء المضغوط . لا ينبغي تجاوز قيمة الضغط المعطاة . يمكن تكرار الخطوات في الاتجاه المعاكس.

للتأكد من النتائج يتم حساب (p.Vc) .يجب أن يكون هذا الناتج ثابت في حدود أخطاء القياس.

<u>ملاحظة هامة</u>: يتم فتح صمام أمان موضوع على الغطاء العلوي من الأنبوب إذا وصل ضغط الهواء إلى حوالي 4,5 bar .

4. <u>خطوات التجربة</u>: تجرى التجربة عند درجة حرارة المخبر.

- أول قيمة تسجل لحجم الهواء المحبوس داخل الوعاء (فارغا من الماء) و الموافقة لأقل قيمة للضغط على المانومتر.
- يتم إدخال الماء ببطء بحيث يشير المانومتر إلى قيمة الضغط المطلوبة.
- نقرأ قيمة الحجم الموافقة لقيمة الضغط المسجلة سابقا.
- نستمر في تغيير قيمة الضغط (بالزيادة) حسب الجدول المعطى و تسجيل الحجم الموافق في كل مرة.
- نضع النتائج في الجدول.

P (bar) ou *10^5 (Pascal)	V (L)	P.V	الملاحظة و الاستنتاج
P_1 = 1	V_1 = ...	.....	
P_2 = 1.3	V_2 = ...	.....	
P_3 = 1.5	V_3 = ...	.....	
P_4 = 2	V_4 = ...	.....	

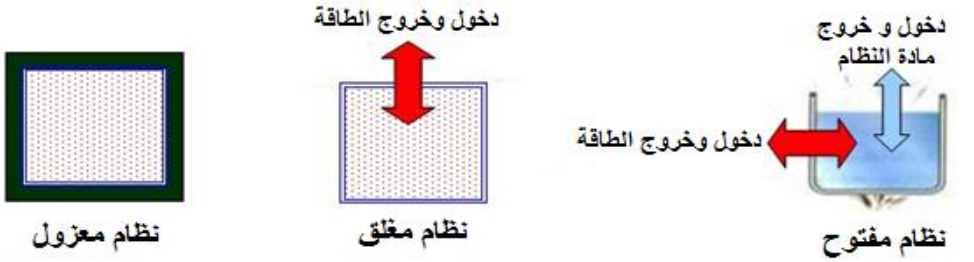
العمل التطبيقي 02:

تعيين السعة الحرارية لمسعر

I- الجزء النظري:

✓ **النظام (System)**: عبارة عن كمية محدودة و موصوفة من مادة (أو مواد) (غازية، سائلة أو صلبة) محاطة بوسط خارجي يسمى محيط النظام.

يوجد ثلاث أنواع من الأنظمة: مفتوح، مغلق و معزول، كما هو موضح في الأشكال التالية:



✓ **المسعر (Calorimeter):** وعاء عازل (نظام معزول) وهو الذي لا تسمح حدوده بتبادل المادة و الطاقة الحرارية مع الوسط المحيط. يحقق في هذا النظام (الشكل التالي) مبدأ حفظ الطاقة الحرارية (المبدأ الأول في الديناميكا الحرارية)

- مسعر حراري و لواحقه -
- Calorimeter and its tools -

✓ **طريقة الكالوريمتري (Calorimetry)**: هي طريقة يستعمل فيها المسعر كوسط عازل. حيث يمكن حساب كمية الحرارة المكتسبة $Q_{(مكتسبة)}$ أو المفقودة $Q_{(مفقودة)}$ خلال تبادل حراري بين أجسام مختلفة في درجة الحرارة.

✓ **كمية الحرارة** (Q): هي إحدى صور **الطاقة** وتنتقل من جسم لآخر نتيجة الاختلاف في درجة حرارة الأجسام. تقاس كمية الحرارة بوحدة الطاقة : **الجول (Joule)** أو **الكالوري (الحريرة) (calorie)**.

👍 **التبادل الحراري يحصل دائما من الجسم الساخن (Hot) نحو الجسم البارد (Cold) حتى الوصول إلى الاتزان.**

👍 **كمية الحرارة المفقودةمن طرف الجسم الساخن تساوي إلى كمية الحرارة المكتسبةمن طرف الجسم البارد:** $|Q_{مفقودة}| = |Q_{مكتسبة}|$

☑ كمية الحرارة تتعلق بنوع الجسم (و هو ما يسمى بالحرارة النوعية) و كذلك تتناسب طرديا مع كتلة الجسم (**m**) و التغير في درجة الحرارة(ΔT).

و يمكن أن نكتب (عند ضغط ثابت): $Q_p = m\, c_p\, (T_f - T_i) = C(T_f - T_i)$ $\Rightarrow$ $Q_p = m\, c_p\, \Delta T$

حيث: c_p **هي السعة الحرارية النوعية أو الكتلية** و $C = m\, c_p$ **هي السعة الحرارية .**

✓ **السعة الحرارية النوعية (أو الكتلية)** ((specific heat capacity (mass heat capacity) **(c_p (p=ct)** أو **(c_v (v=ct)**: هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة دون تغيير في حالتها الفيزيائية. وحدتها $(J/g.K)$ أو $(cal/g.^{\circ}C)$.

<u>مثال</u>: يجب توفير كمية حرارة قدرها 4,18 j أو 1cal لرفع درجة حرارة 1g من الماء النقي درجة مئوية واحدة (1°C).

إذا كانت السعة الحرارية النوعية كبيرة لمادة، فإنّ المادة تمتص كمية كبيرة من الحرارة دون أن ترتفع درجة حرارتها بشكل ملحوظ.

إذا كانت الحرارة النوعية صغيرة لمادة فإنّ المادة تمتص كمية صغيرة من الحرارة و ترتفع درجة حرارتها بشكل ملحوظ.

السعة الحرارية (heat capacity) C: هي كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة الجسم كله درجة مئوية واحدة أو مطلقة وبذلك تكون وحدتها هي: **j/K** أو **cal/°C**.

II-<u>الجزء العملي</u>:

1- **<u>مبدأ التجربة</u>:** تعتمد هذه التجربة على تحقيق مبدأ حفظ الطاقة الحرارية $\sum Q_i = 0$ المطبقة في الأنظمة المعزولة حراريا.

نظريا، المسعر جملة ثابتة الحرارة (adiabatic enceinte) (لا يكتسب و لا يعطي حرارة) لكن عمليا، المسعر يشارك في الحصيلة الحرارية، لذلك يجب تحديد سعته الحرارية.

2- **<u>الهدف من التجربة</u> :** تعيين السعة الحرارية (C) للمسعر واستنتاج كتلة الماء المكافئة له $\mu_{eq(H_2O)}(g)$.

<u>ملاحظة</u>: $\mu_{eq(H_2O)}$ هي كتلة من الماء المقطر التي تمتص نفس كمية الحرارة التي يمتصها المسعر (لها نفس سعة المسعر و هو فارغ).

3- **<u>أدوات التجربة و موادها</u> :** مسعر - مقياس حرارة - مخبار مدرج (500ml) - بيشر (500ml) - جهاز التسخين- ماء مقطر.

4- **<u>خطوات التجربة:</u>**

<u>ملاحظة</u>: يمكن تحقيق التجربة باستعمال كتلتين متساويتين من الماء المقطر البارد (بدرجة حرارة التجربة) و الساخن، أي $m_{1(H_2O)} = m_{2(H_2O)}$ أو باستعمال كتلتين مختلفتين منهما، أي $m_{1(H_2O)} \neq m_{2(H_2O)}$ وهذا للتأكد أنّ السعة الحرارية لنفس المسعر تبقى ثابتة.

بالنسبة لهذه التجربة : $m_{1(H_2O)} = m_{2(H_2O)}$

- بواسطة مخبار مدرج قم بقياس حجم من الماء المقطر قدره 250ml (m_1) ثم أفرغه في المسعر و ضع السداد ثم اقرأ درجة حرارة الجملة (ماء + مسعر) بواسطة مقياس حرارة، و لتكن T_1 ، $(T_1 \approx 20{,}7°C)$.
- قم بتسخين نفس الكمية من الماء المقطر: 250ml (m_2) في كأس بيشر إلى درجة الحرارة 55,2 °C ، و لتكن T_2.
- بسرعة فائقة، أفرغ كمية الماء الساخن في المسعر (أضفه إلى الكمية الأولى) وأغلق المسعر جيدا.
- رج المزيج بحذر و انتظر اتزان الجملة (بعض الدقائق).
- اقرأ درجة الحرارة عند ثبوتها (برفع الترمومتر مرتين أو ثلاث للقراءة دون إخراجه من المسعر) و لتكن $T_{eq(Exp)}$ ، $(T_{eq(Exp)} \approx 37{,}7°C)$

<u>للتذكير</u> : الجملة المدروسة هي المسعر + كتلة من الماء بارد + كتلة من الماء ساخن

- داخل وسط عازل (مسعر) :

$$Q_{ج.ب} + Q_{ج.س} = 0 \quad \Rightarrow \quad [Q_{(H_2O)} + Q_{\text{مسعر}}]_{ج.ب} + Q_{(H_2O)\,ج.س} = 0$$

$$\Rightarrow \left[m_{1(H_2O)}\, c_{p(H_2O)}(T_{eq} - T_1) + m_{(\text{مسعر})}\, c_{p(\text{مسعر})}(T_{eq} - T_1)\right]_{ج.ب} + \left[m_{2(H_2O)}\, c_{p(H_2O)}(T_{eq} - T_2)\right]_{ج.س} = 0 \quad : \text{إذّا}$$

$$\Rightarrow \left[m_{1(H_2O)}\, c_{p(H_2O)}(T_{eq} - T_1) + C_{(\text{مسعر})}(T_{eq} - T_1)\right]_{ج.ب} + \left[m_{2(H_2O)}\, c_{p(H_2O)}(T_{eq} - T_2)\right]_{ج.س} = 0$$

و منه يمكن استخراج عبارة سعة المسعر $C_{(\text{مسعر})}$

- بإهمال المسعر يمكن حساب $T_{eq(Calc)}$:

$$(m_{1(H_2O)} = m_{2(H_2O)}) : \quad T_{eq(Calc)} = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad ، \quad (m'_{1(H_2O)} \neq m'_{2(H_2O)}) : \quad T'_{eq(Calc)} = \frac{m'_{1(H_2O)}\, T'_1 + m'_{2(H_2O)}\, T'_2}{m'_{1(H_2O)} + m'_{2(H_2O)}}$$

- يمكن استنتاج كتلة الماء المكافئة للمسعر $\mu_{eq_{(H_2O)}}$:

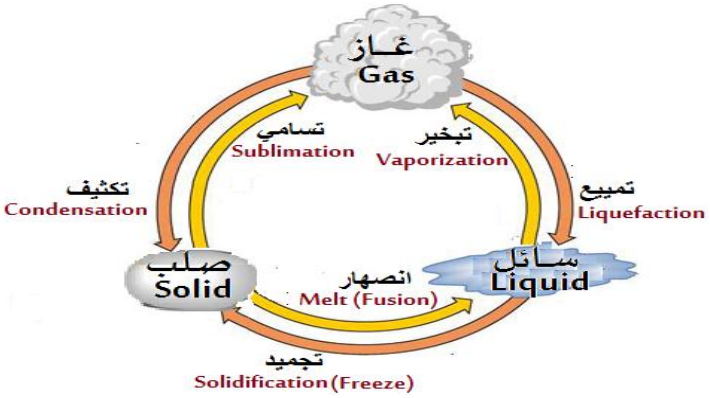
$$C_{(\text{مسعر})} = m_{(\text{مسعر})}\, c_{p(\text{مسعر})} = \mu_{eq(H_2O)}\, c_{p(H_2O)} \quad \Rightarrow \quad \mu_{(H_2O)} = \frac{m_{(\text{مسعر})}\, c_{p(\text{مسعر})}}{c_{p(H_2O)}} \quad \Rightarrow \mu_{(H_2O)} = \frac{C_{(\text{مسعر})}\,(cal/°C)}{c_{p(H_2O)}\,(cal/g.°C)} \quad (g)$$

العمل التطبيقي 03:

تعيين الحرارة اللاطيـة لانصهار الجليد

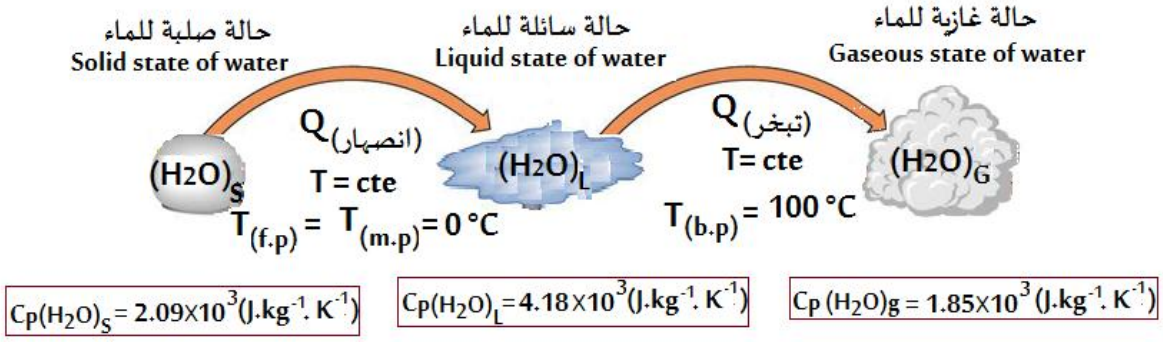
I- الجزء النظري:

✓ خلال تحول حراري لجسم يمكن أن يحدث له تحول في الحالة (الطور) كما هو موضح في الشكل 1:



الشكل 1: أنواع تحولات المادة

✓ التحولات الحرارية بثبوت درجة الحرارة مثل انصهار أو تبخر جسم نقي (شكل 2)، تسمى **بالحرارة اللاطية**.



الشكل 2: تحولات الماء بثبوت درجة الحرارة

✓ **الحرارة اللاطية (الكامنة) لانصهار جسم**: هي الحرارة التي يجب توفيرها لوحدة كتلة هذا الجسم لتحويله كليا إلى الحالة السائلة عند درجة حرارة ثابتة و تحت ضغط معين و هي تتعلق بطبيعة الجسم. تسمى درجة الحرارة التي تحدث عندها العملية **بنقطة أو درجة الانصهار (Melting point)**. فخلال تلك العملية لا تكتسب ذرات أو جزيئات المادة طاقة ولا ترتفع درجة حرارتها وإنما تحتاج إلى تلك الحرارة الخارجية لتفكيك الروابط بين الذرات أو الجزيئات.

يمكن حساب كمية الحرارة Q_f لانصهار كتلة (m) من مادة بالعلاقة: $Q_f = m \times L_f$

L_f : الحرارة اللاطية أو الحرارة الكامنة، وحدتها ($Joul.g^{-1}$) أو ($Joul.kg^{-1}$)

$$\Rightarrow \quad L_f = \frac{Q_f}{m}$$

ملاحظة:

☜ قيمة الحرارة اللاطية لانصهار الجليد عند الصفر درجة مئوية (0 °C) : $L_f = 334{,}4 \times 10^3\ (J.kg^{-1}) = 334{,}4\ (J.g^{-1})$

☜ قيمة الحرارة اللاطية لانصهار الجليد هي نفسها قيمة حرارة تجمده: $|L_f| = |L_S|$

II-الجزء العملي

1- مبدأ التجربة: تعتمد هذه التجربة على مبدأ حفظ الطاقة $\sum Q_i = 0$ المطبق على الجملة المعزولة حراريا.

2- الهدف من التجربة : تعيين قيمة الحرارة اللاطية لانصهار كتلة معينة من الجليد $(H_2O)_S$.

3- أدوات التجربة و موادها : مسعر - مقياس حرارة - وعاء- مخبار مدرج (500ml) - جفنة زجاجية - ميزان الكتروني.

-قطع جليدية من الماء المقطر $(H_2O)_S$ - ماء مقطر $(H_2O)_L$.

4- خطوات التجربة:

- بواسطة مخبار مدرج قم بقياس كمية من الماء المقطر قدرها 250 ml ($m_{(ماء)}$) ثم أفرغها في المسعر و ضع السداد ثم اقرأ درجة حرارة الجملة (ماء + مسعر) و لتكن T_1 ، $(T_1 \approx 26{,}2\ °C)$.
- ضع قطع صغيرة من الجليد في وعاء به كمية قليلة من الماء المقطر و بواسطة مقياس حرارة راقب ثبوت درجة حرارة (ماء +جليد) عند 0°C و لتكن T_2، $(T_2 \approx 0\ °C)$.
- خذ من الإناء قطع جليدية (قطعة أو قطعتين حسب الحجم) وامسحها بمنديل ورقي و بسرعة قم بوزنها في جفنة زجاجية عليها منديل ورقي، بحيث $m_{(جليد)} \approx 15g$ ، ثم أدخلها بسرعة في المسعر و أغلقه جيدا ثم راقب بواسطة الترمومتر انخفاض درجة حرارة الجملة.
- سجل درجة الحرارة النهائية للجملة عند اتزانها ولتكن T_{eq} ، $(T_{eq} \approx 20{,}4\ °C)$.

للتذكير: الجملة المدروسة هي: المسعر + كتلة الماء + كتلة الجليد كما هو موضح في الشكل التالي:

في وسط عازل (مسعر) : $\sum Q_i = 0$

$$\Rightarrow \quad Q_{(\text{ماء})} + Q_{(\text{مسعر})} + Q_{(\text{جليد})} = 0$$

تحديد التحولات الحرارية الحاصلة على أجسام الجملة:

☜ **كتلة الماء** m_1 تنخفض درجة حرارتها من T_1 إلى T_{eq} ، حيث $Q_{(\text{ماء})} = Q_1$

ومنه: $$Q_1 = m_{(\text{ماء})}\, c_{p(H_2O)_L}\,(T_{eq} - T_1)$$

☜ **المسعر الحراري** تنخفض درجة حرارته من T_1 إلى T_{eq} ، حيث $Q_{(\text{مسعر})} = Q_2$

ومنه: $$Q_2 = C_{(cal)}(T_{eq} - T_1)$$

☜ **كتلة الجليد** $m_{(\text{ج})}$ تستقبل تحولا حراريا على **مرحلتين**:

المرحلة الأولى: عند الصفر درجة مئوية ($T_2 = cte = 0°C$) تتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة (Q_3)

و منه: $$Q_3 = Q_f = m_{(\text{ج})} L_f$$

المرحلة الثانية: الكتلة الجليدية التي تحولت إلى ماء سائل، ترتفع درجة حرارتها من 0°C إلى T_{eq}

و منه : $$Q_4 = m_{(\text{ج.ذ})} c_{p(H_2O)_L}\,(T_{eq} - T_2)$$

مما سبق : $$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0$$

العمل التطبيقي 04:

تعيين الإنطالبي المولي لإذابة مادة صلبة

I- الجزء النظري:

وفقا للقانون الأول في الديناميكا الحرارية، فإنّ **الإنطالبي** H هي دالة حالة أي تعتمد على الحالة الابتدائية و الحالة النهائية لتحول نظام

وهي معرفة بالعلاقة: $H = U + p.V$

حيث U: الطاقة الداخلية، $(U = Q + W)$ p: الضغط و V: الحجم

فإذا كان تحول النظام يحصل بثبوت الضغط (isobaric transformation)، فإنّ التغير في الإنطالبي (ΔH) بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية يساوي كمية الحرارة المتبادلة.

ومنه : $\Delta H = Q_p = m\ c_p\ \Delta T$

✓ **إنطالبي الإذابة** $\Delta H_{(diss)}$: إن إذابة مادة صلبة في محلّ (مذيب) يرافقه إما امتصاص أو انتشار كمية من الحرارة حسب التغير في درجة الحرارة. يعبر عن كمية الحرارة التي ترافق ذوبان المادة بالتغير في إنطالبي الإذابة.

يكتب التفاعل الحراري في الحالتين: $(AX)_S \xrightarrow{(\text{مذيب})} (A^+, X^-)_L + \Delta H_{(diss)}$

$$(AX)_S + \Delta H_{(diss)} \xrightarrow{(\text{مذيب})} (A^+, X^-)_L$$

ومنه:

- $\Delta H_{(diss)} > 0$ فإن التفاعل ماص للحرارة (Endothermic).
- $\Delta H_{(diss)} < 0$ فإن التفاعل ناشر للحرارة (Exothermic).
- $\Delta H_{(diss)} \approx 0$ فإن التفاعل لا حراري (Athermic).

II-الجزء العملي

1- مبدأ التجربة: تعتمد هذه التجربة على تحقيق مبدأ انحفاظ الطاقة الحرارية المطبقة في الأنظمة المعزولة (مسعر)، حيث يمكن حساب كمية الحرارة الممتصة أو المنتشرة أثناء تحلل مادة صلبة في الماء.

2- الهدف من التجربة:

① تعيين الأثر الحراري لتحلل ثلاث مواد صلبة في الماء النقي.

② حساب التغير في الإنطالبي المولي $\Delta H_{(diss)}$ (لـ 1mole) لـلمادة الصلبة مع تحديد نوع التفاعل الحراري لها.

ملاحظة: تعطى قيمة $\Delta H_{(diss)}$ المولي (مقاسه عند شروط قياسية) لبعض المواد:

- $\Delta H_{(diss)}(NaF) = 0{,}91\, kjoul.mole^{-1}$
- $\Delta H_{(diss)}(NaCl) = 3{,}88\, kjoul.mole^{-1}$
- $\Delta H_{(diss)}(KCl) = 17{,}23\, kjoul.mole^{-1}$
- $\Delta H_{(diss)}(NH_4Cl) = 14{,}78\, kjoul.mole^{-1}$
- $\Delta H_{(diss)}(KOH) = -57{,}61\, kjoul.mole^{-1}$
- $\Delta H_{(diss)}(NaOH) = -44{,}51\, kjoul.mole^{-1}$

3- أدوات التجربة و موادها:

الأدوات: -أنابيب اختبار- مسعر- مقياس حرارة – بوتقة- ملعقة مخبرية- مخبار مدرج (100ml)- ميزان إلكتروني.

المواد: - كلوريد الصوديوم $(NaCl)_S$.

- كلوريد الأمونيوم $(NH_4Cl)_S$.

- هيدروكسيد الصوديوم $(NaOH)_S$.

- ماء مقطر.

4- طريقة العمل: التجربة تنقسم إلى جزئين:

الجزء الأول: تعيين الأثر الحراري لتحلل ثلاث مواد صلبة في الماء النقي:

- نحضر ثلاث أنابيب اختبار مرقمة ونملأ كل واحد منها بـ 10ml من الماء المقطر ثم نسجل درجة حرارته $T_{i(H_2O)}$.
- نقوم بوزن كميات متساوية (1g) من المواد:
  - مادة $NaCl$ و نفرغها في الأنبوب الأول ثم نسجل درجة حرارة الانحلال عند ثبوتها ولتكن $T_{1(diss)}$.
  - مادة NH_4Cl و نفرغها في الأنبوب الثاني ثم نسجل درجة حرارة الانحلال عند ثبوتها ولتكن $T_{2(diss)}$.
  - مادة $NaOH$ و نفرغها في الأنبوب الثالث ثم نسجل درجة حرارة الانحلال عند ثبوتها ولتكن $T_{3(diss)}$.
- نسجل الملاحظات (ثبوت أو نقصان أو زيادة في درجة الحرارة) مع الاستنتاج (وجود و عدم وجود أثر حراري).

الجزء الثاني: لهذا الجزء من التجربة، نختار إحدى المواد التي سجلنا لها أثر حراري لحساب قيمة إنطالبي الإذابة $\Delta H_{(diss)}$ و هي مادة $NH_4Cl_{(s)}$

- بواسطة مخبار مدرج، نقيس حجم قدره 100ml من الماء المقطر ثم نفرغه في المسعر. نغلقه جيدا و بواسطة مقياس حرارة نسجل درجة حرارة الجملة (مسعر+ماء) عند ثبوتها و لتكن $T_{i\,(H_2O)}$ ، $(T_i \approx 26{,}2°C)$.
- بواسطة ميزان الكتروني، نزن 4g من مادة الـ NH_4Cl و بسرعة فائقة نفرغها في المسعر و نغلقه. نرجّ المزيج بحذر ثم نسجل درجة الحرارة عند ثبوتها و لتكن $T_{f\,(diss)}$، $(T_f \approx 23{,}9°C)$.
- نسجل النتائج.

<u>للتذكير</u>: الجملة المدروسة هي المسعر+الماء المقطر + المادة الصلبة

بما أنّ الجملة معزولة حراريا فإن: $\sum \Delta H_i = \sum Q_{i(P)} = 0$

$$\Delta H_{(\text{ماء})} + \Delta H_{(\text{مسعر})} + \Delta H_{(diss)} = 0$$

(قبل الإذابة) (بعد الإذابة)

$$\Rightarrow \Delta H_{(diss)} = -\left(\Delta H_{(\text{ماء})} + \Delta H_{(\text{مسعر})}\right)$$

$$\Rightarrow \Delta H_{(diss)} = -\left[\left(m_{(H_2O)} c_{p(H_2O)_L} + C_{(\text{مسعر})}\right)\left(T_f - T_i\right)\right]$$

لحساب التغير في الإنطالبي المولي $\Delta H_{(diss)}$ (لـ 1mol) للمادة الصلبة:

$$\Delta H_{diss} = \frac{\Delta H_{diss}}{n} \left(kjoul.mol^{-1}\right)$$

حيث n عدد مولات المادة الصلبة.

العمل التطبيقي 05:

تعيين الإنطالبي القياسي لتشكل أكسيد المغنيزيوم بتطبيق قانون هيس

I- الجزء النظري:

التغير في الإنطالبي القياسي لتشكل جسم (ΔH_f°) هو حرارة تشكل هذا الجسم من عناصره الأساسية عند شروط قياسية .

مثال: $Mg_{(S)} + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow MgO_{(S)} + \Delta H^\circ_{f\ (MgO)_S}$

حيث: $\Delta H^\circ_{f\ (MgO)_S} = -601{,}8\,(kJoul/mol)$ (عند شروط نظامية)

لمثل هذا التفاعل الكيميائي، يمكن التعبير عن التغير في الإنطالبي بدلالة فقط الحالة الابتدائية (المتفاعلات) و الحالة النهائية (النواتج) لأنّها دالة حالة. كما يمكن تعيينها عن طريق مراحل وسيطة (تفاعلات جزئية partial reactions) من غير أن تكون بالضرورة محققة تجريبيا بالاعتماد على قانون يدعى بقانون هآس.

قانون هآس ((Hess's law (1802-1850) : "عندما يكون تفاعل كيميائي عبارة عن مجموع عدة تفاعلات جزئية، فإنّ حرارة هذا التفاعل (ΔH_r) هو مجموع حرارة التفاعلات الجزئية أي $\Delta H_R = \sum \Delta H_i$ " .

II- الجزء العملي:

1. **مبدأ التجربة:** تعتمد هذه التجربة على تحقيق مبدأ حفظ الطاقة الحرارية المطبقة في الأنظمة المعزولة (مسعر)، حيث يمكن بطريقة غير مباشرة و بالاعتماد على سلسلة من التفاعلات الجزئية، تعيين حرارة تشكل أكسيد المغنيزيوم $MgO_{(s)}$.
2. **الهدف من التجربة:** حساب التغير في الإنطالبي القياسي $\Delta H^\circ_f (MgO)_S$ أو حرارة تشكل أكسيد المغنيزيوم باستخدام قانون هيس.
3. **أدوات التجربة و موادها:**

- مسعر- مقياس حرارة - بوتقة - ملعقة مخبريه - مخبار مدرج (50mL) - ميزان إلكتروني .

- أكسيد المغنيزيوم $MgO_{(S)}$- المغنيزيوم $Mg_{(S)}$ - محلول حمض كلور الهيدروجين $(HCl)_{aq}$ بتركيز 1 mol/L- ماء مقطر.

4. **خطوات التجربة: التجربة تنقسم إلى جزئين:**

الجزء الأول: تحقيق التفاعل ❶ $MgO_{(S)} + 2\ HCl_{(L)} \rightarrow MgCl_{2(L)} + H_2O_{(L)} + \Delta H_{(m)R(1)}$

- بواسطة مخبار مدرج، قم بقياس حجم قدره 50ml من محلول حمض كلور الهيدرجين $(HCl)_{(L)}$ ثم أفرغه في المسعر، أغلق المسعر جيدا ثم سجل درجة الحرارة الابتدائية T_i .

- بعد لبس قفاز، قم بوزن كمية قدرها 0,5 g من أكسيد المغنيزيوم ثم أفرغها في المسعر (إضافة كمية $MgO_{(s)}$ إلى محلول حمض كلور الماء) و أغلقه جيدا، رج المزيج بحذر ثم سجل درجة الحرارة النهائية T_f عند ثبوتها.

الجزء الثاني: تحقيق التفاعل ❷ $Mg_{(S)} + 2\ HCl_{(L)} \rightarrow MgCl_{2(L)} + H_2\uparrow_{(g)} + \Delta H_{(m)R(2)}$

ملاحظات هامة

☑ **مادة المغنيزيوم شديدة الالتهاب (F+) مع الماء أو الرطوبة، لهذا يجب استعمال المادة بحذر عند وزنها وهذا بمسح البوتقة والملعقة المخبرية جيدًا بمنديل ورقي.**

☑ **هذا الجزء من التجربة ينجز تحت ساحبة الغازات (يحدث انطلاق لغاز الهيدروجين).**

☑ **استعمال قفل مسعر ذو فتحتين (فتحة لخروج غاز الهيدروجين والأخرى لغمس مقياس الحرارة).**

- بواسطة مخبار مدرج، قم بقياس حجم قدره 50ml من حمض كلور الهيدرجين $(HCl)_{(L)}$ ثم أفرغه في المسعر، أغلق المسعر جيدا ثم سجل درجة الحرارة الابتدائية T_i'.
- بعد لبس قفاز، قم بوزن كمية قدرها 0,5 g من المغنيزيوم ثم أفرغها في المسعر (إضافة كمية $Mg_{(s)}$ إلى محلول حمض كلور الهيدروجين) و أغلقه جيدا، رج المزيج بحذر ثم سجل درجة الحرارة النهائية T_f' عند ثبوتها.

للتذكير: بإهمال سعة المسعر، الجمل المدروسة هي - محلول حمض كلور الهيدروجين + أكسيد المغنيزيوم.

- محلول حمض كلور الهيدروجين + المغنيزيوم.

لدينا: التفاعل ❸ $H_{2(g)} + \frac{1}{2}\ O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(L)} + \Delta H_{R(3)}$

حيث: $\Delta H_{(m)R(3)} = -285{,}8\ (kJ/mole)$ $à\ 25°C$

للحصول على معادلة تشكل اكسيد المغنيزيوم $MgO_{(s)}$ من عناصره الأساسية يمكن قلب التفاعل الأول ثم جمع المعدلات الثلاث فنحصل على التفاعل ❹ : $Mg_{(s)} + \frac{1}{2}\ O_{2(g)} \rightarrow MgO_{(S)} + \Delta H_{(m)R(4)}$

و حسب قانون Hess : $\Delta H_{(m)R(4)} = \Delta H^{\circ}_{R(f)}(MgO)_S = \sum \Delta H_i = \Delta H_{(m)R(1)} + \Delta H_{(m)R(2)} + \Delta H_{(m)R(3)}$

العمل التطبيقي 06:

تعيين الحرارة المولية لتفاعل تعديل حمض/ أساس

I -الجزء النظري:

تعرّف الحرارة المولية لتعديل حمض/أساس على أنها كمية الحرارة المنتشرة لتفاعل مول من الحمض مع مول من الأساس، أي أنها كمية الحرارة المنتشرة عند تشكل مول من الماء.

بصفة عامة نكتب: $(H^+, X^-)_{(aq)} + (B^+, OH^-)_{(aq)} \rightarrow (B^+, A^-)_{(aq)} + H_2O + Q_p$

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O + Q_p$$

أمثلة لقيم حرارة تعديل حمض/أساس عند شروط قياسية:

$$(H^+Cl^-)_{(aq)} + (Na^+OH^-)_{(aq)} \rightarrow (Na^+Cl^-)_{(aq)} + H_2O + Q_p \quad : Q_p = -13{,}71\,(Kcal/mol)$$

$$(H^+NO_3^-)_{(aq)} + (Na^+OH^-)_{(aq)} \rightarrow (Na^+, NO_3^-)_{(aq)} + H_2O + Q_p \quad : Q_p = -13{,}70\,(Kcal/mol)$$

مما سبق نلاحظ أنّ الحرارة الناتجة من تعديل حمض قوي بأساس قوي، لها نفس القيمة تقريبا. السبب يعود إلى كون الأحماض و الأسس القويّة تأينهم، تأيّن تام في محاليلهم الممدة . و نظرا لحدوث ذلك في كل تفاعلات تعديل حموض/أسس قوية، يمكن أن نستنتج أنّ كمية الحرارة المنتشرة عند تشكل مول واحد من الماء من تفاعل التعديل، هي كمية ثابتة.

II-الجزء العملي:

5. **مبدأ التجربة:** تعتمد هذه التجربة على تحقيق مبدأ حفظ الطاقة الحرارية المطبقة في الأنظمة المعزولة (مسعر)، حيث يمكن تعيين كمية الحرارة الناتجة من تفاعل تعديل حمض/أساس.
6. **الهدف من التجربة:** تحديد كمية حرارة تفاعل تعديل كمية من محلول حمض الكلوريدريك ($HCl_{(aq)}$) بكمية كافية من محلول هيدروكسيد الصوديوم ($NaOH_{(aq)}$).
7. **أدوات التجربة و موادها:**

الأدوات: مسعر- مقياس حرارة – بيشر (100mL) -مخبار مدرج (50mL) .

المواد: محلول حمضي من $HCl_{(aq)}$ بتركيز مجهول - محلول أساسي من $NaOH_{(aq)}$ بتركيز 1mol/L- ماء مقطر.

8. **خطوات التجربة:**

- بعد لبس قفاز، قم بقياس حجم قدره 50mL من محلول حمض الكلوريدريك ($HCl_{(aq)}$) بواسطة مخبار مدرج.
- أسكب هذه الكمية في المسعر و أغلقه جيدا ثم سجل درجة الحرارة الابتدائية T_i .

- قم بقياس نفس الكمية (50mL) من محلول هيدروكسيد الصوديوم ثم أفرغها في المسعر (إضافة كمية $NaOH_{(aq)}$ إلى محلول حمض الكلوريدريك) و أغلقه جيدا، رج المزيج بحذر ثم سجل درجة الحرارة النهائية T_f عند ثبوتها.

<u>للتذكير</u>: الجمل المدروسة هي: المسعر + كمية من محلول حمض الكلوريدريك + كمية من محلول هيدروكسيد الصوديوم.

الجملة معزولة حراريا: $\sum Q_i = 0 \quad \Rightarrow \quad Q_{مسعر} + Q_{مزيج} + Q_{تعديل} = 0$

حيث كمية الحرارة الناتجة (المنتشرة) من تفاعل التعديل الحاصل هي:

$$Q_{(تعديل)} = -\left[Q_{مسعر} + Q_{مزيج} \right] = -\left[(C_{مسعر} . \Delta T) + (m_{(مزيج)} c_p \Delta T) \right]$$

تقارير (أسئلة مع أجوبة)

لبعض الأعمال التطبيقية كيمياء 2

رقم الطاولة:.....	الاسم و اللقب:.....	الفوج:	العلامة: .....

تقرير (مع التصحيح) للعمل التطبيقي 01

القوانين الأساسية للغاز المثالي: التحقق من قانون بويل ماريوت

نتائج التجربة:

استعملنا جهاز انضغاط الغازات لكمية معينة من الهواء لإجاد العلاقة بين ضغط و حجم هذا الغاز، فتحصلنا على النتائج التالية:

-أكمل الجدول؟

p (bar)	4	3	1,5	1,33
V (L)	1/4	1/3	2/3	3/4
p.V	1	1	1	1

- ما الهدف من هذه التجربة؟

التحقّق من قانون بويل-ماريوت.

- حدد الشروط المتخذة لمثل هذه التجربة؟

1) درجة حرارة التجربة ثابتة T=cte 2) كمية الهواء ثابتة (عدد المولات) n=cte

- ماذا تستنتج من هذه التجربة؟

- أنّ هناك علاقة عكسية بين ضغط وحجم كمية ثابتة من الهواء المحبوس داخل وعاء مغلق. حيث يزداد ضغط الهواء عندما ينخفض حجمه، والعكس صحيح أيّ يؤدي انخفاض ضغطه الى زيادة حجمه و هذا عند درجة حرارة ثابتة (درجة حرارة التجربة).

- إذا كان حجم الهواء V= 0,25 L ، ما هو الحجم الذي يشغله هذا الغاز إذا أصبح ضغطه يساوي نصف ما كان عليه ثم استنتج نوع التحول الحاصل ؟

حسب قانون بويل ماريوت:

$$P_1V_1=p_2V_2 \quad => \quad p_1V_1= ½p_1V_2 \quad => \quad V_2 = 2V_1$$

ت.ع: $V_2= 2\times0,25 = 0,5\ L$

نوع التحول: تمدد بثبوت درجة الحرارة

رقم الطاولة:.....	الاسم و اللقب:.....	الفوج:	العلامة:.....

تقرير (مع التصحيح) للعمل التطبيقي 02

تعيين السعة الحرارية لمسعر

نتائج التجربة:

1) ضع نتائج التجربة في الجدول

تعطى: $c_{p(H_2O)_L} = 1\ (cal/g.^\circ C)$

$m_{1(H_2O)} = m_{2(H_2O)}$				
$T_{eq(Exp)}$	T_2	T_1	$m_{2(H_2O)}$	$m_{1(H_2O)}$
37,7 °C	**55,2 °C**	**20,7 °C**	**250 g**	**250 g**

2) بإهمال المسعر، أحسب $T_{eq\ (Calc)}$ ؟

لدينا $m_1=m_2$ إذا:

$$T_{eq\,(Calc)} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{20{,}7 + 55{,}2}{2} = 37{,}95\ °C \approx 38\ °C$$

3) بمقارنة كل من قيمة $T_{eq\ (Calc)}$ و $T_{eq\ (Exp)}$ ماذا تلاحظ؟ فسر اجابتك؟

بالمقارنة $T_{eq(Exp)} \langle T_{eq(Calc)}$ **أيّ أنّ درجة حرارة الاتزان المحسوبة بإهمال المسعر أكبر بقليل من درجة حرارة الاتزان المقاسة تجريبا بوجود المسعر.**

التفسير: **تجريبيا خلال التبادلات الحرارية الحاصلة بين الجملة الباردة والساخنة، المسعر يدخل في الحصيلة الحرارية ويمتص كمية من الحرارة. إذا المسعر له سعة حرارية.**

4) استخرج عبارة السعة الحرارية للمسعر ثم أحسبها؟

$$C_{(\text{مسعر})} = \frac{-\left[m_{1(H_2O)}\, c_{p(H_2O)}\left(T_{eq} - T_1\right)\right] - \left[m_{2(H_2O)}\, c_{p(H_2O)}\left(T_{eq} - T_2\right)\right]}{T_{eq} - T_1}$$

$$\Rightarrow \quad C_{(\text{مسعر})} = \frac{-250\times 1(37{,}7 - 20{,}7) - 250\times 1(37{,}7 - 55{,}2)}{(37{,}2 - 20{,}7)}$$

$$\boxed{\Rightarrow \quad C = 7{,}352\ (cal/°C)}$$

5) استنتج قيمة كتلة الماء المكافئة للمسعر $\mu_{eq\,(H_2O)}$ ؟

$$\mu_{(H_2O)} = \frac{C_{(\text{مسعر})}}{c_{p(H_2O)}} = \frac{7{,}352}{1} = 7{,}352 \quad (g)$$

رقم الطاولة:.....	الاسم و اللقب:.....	الفوج:	العلامة:.....

تقرير (مع التصحيح) للعمل التطبيقي 03

تعيين الحرارة اللآطية لانصهار الجليد

1) نتائج التجربة:

1) من خلال التجربة و بتطبيق المبدأ الأول في الترموديناميك، استخرج علاقة الحرارة اللآطية لانصهار الجليد L_f ثم أحسب قيمتها؟

تعطى: $C_{(\text{مسعر})} = 32{,}05\ (j/°C)$ ، $c_{p(H_2O)_L} = 4{,}185 (j/g.°C)$

- استخراج علاقة L_f:

لدينا: $$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0$$

$$\Rightarrow C_{(\text{مسعر})}(T_{eq} - T_1) + m_{(\text{ماء})}\, c_{p(H_2O)_L}(T_{eq} - T_1) + m_{(\text{جليد})} \cdot L_{fus} + m_{(\text{ذائب جليد})} c_{p(H_2O)_L}(T_{eq} - T_0) = 0$$

$$\Rightarrow L_{fus} = \frac{-\left[(m_{1(H_2O)}\, c_{p(H_2O)_L} + C_{cal})(T_{eq} - T_1)\right] - \left[m_{(ج.ذ)}\, c_{p(H_2O)_L}(T_{eq} - T_0)\right]}{m_{ج}}$$

- حساب قيمتها :

$$L_{fus} = \frac{-[(250\times 4{,}185) + 32{,}05)(-5{,}8)] - [15\times 4{,}185(+20{,}4)]}{15} = 331{,}575\ (j.g^{-1})$$

و منه $$\boxed{L_{fus} = 331{,}575\ (j.g^{-1})}$$

2) قارن قيمة الحرارة اللاطية لانصهار الجليد المتحصل عليها تجريبيا بالقيمة النظرية المعطاة مع تفسير النتائج (باختصار)؟

بمقارنة قيمة الحرارة اللآطية التجريبية $L_{fus} = 331{,}575\ (j.g^{-1})$ بالقيمة النظرية المعطاة $L_{fus} = 334{,}4\ (j.g^{-1})$ ، نلاحظ أنّ القيمتين متقاربتين في حدود أخطاء التجربة التي نفسر نتائجها بـ:

- الشروط التجريبية (غير قياسية)
- أخطاء قياس و أخطاء قراءة
- ضياع كتلة صغيرة أثناء وزن قطعة الجليد
- المسعر الذي يدخل في الحصيلة الحرارية

3) إذا علمت أنّ درجة حرارة كتلة الجليد $(H_2O)_S$ المستعملة في التجربة، قبل الوصول إلى درجة الانصهار، كانت -10°C. أحسب كمية حرارة كتلة الجليد قبل انصهارها؟

$$Q_i = m_{ج}\, c_{p(H_2O)_S}\, \Delta T_1$$

$$\Rightarrow Q_i = 15\times 2{,}09\times(273-263) = 313{,}5\ (joule)$$

رقم الطاولة:.....	الاسم و اللقب:.....	الفوج:	العلامة:.....

تقرير (مع التصحيح) للعمل التطبيقي 04

تعيين الإنطالبي المولي لإذابة مادة صلبة

1) ضع النتائج في الجدول التالي: تعطى: $M_{(NH_4Cl)_S} = 53{,}5\left(g.mole^{-1}\right)$

ΔT	T_f	T_i	$n_{(NH_4Cl)_S}$	$m_{(NH_4Cl)_S}$	$m_{(H_2O)_L}$
-2,3 °C	23,9 °C	26,2 °C	$n = \frac{m}{M} = \frac{4}{53{,}5} = 0{,}0747 mole$	4 g	100 g

2) أحسب انطالبي الإذابة ΔH_{diss} لمادة كلوريد الأمنيوم $(NH_4Cl)_S$ بالـ kj؟

تعطى: $c_{p(H_2O)_L} = 4{,}185\ (J/g.°C)$ ، $C_{(\text{مسعر})} = 32{,}05\ (J/°C)$

من العلاقة التالية:

$$\Delta H_{(diss)} = -\left[(m_{(H_2O)} c_{p(H_2O)_L} + C_{(\text{مسعر})})(T_f - T_i)\right]$$

ت.ع:

$$\Delta H_{(diss)} = -\left[(100\times 4{,}185 + 32{,}05)(-2{,}3)\right] = +1036{,}265\ joul = +1{,}0362\ Kjoul$$

اذا: $\boxed{\Delta H_{diss}(NH_4Cl) = +1{,}036\ Kjoul}$

3) أحسب قيمة $\Delta H_{diss}(NH_4Cl)$ بالـ $(kj.mol^{-1})$؟

$$\Delta H_{diss} = \frac{\Delta H_{diss}}{n}\left(kjoul.mol^{-1}\right)$$

من العلاقة التالية:

ت.ع:

$$\Delta H_{diss} = \frac{1{,}0362}{0{,}0747} = 13{,}872\left(kjoul.mol^{-1}\right)$$

4) قارن قيمة $\Delta H_{diss}(NH_4Cl)$ المتحصل عليها تجريبيا بالقيمة النظرية المعطاة مع تفسير إجابتك باختصار؟

المقارنة:

القيمة النظرية المعطاة: $\Delta H_{(diss)}(NH_4Cl) = +14{,}78\ kjoul.mol^{-1}$

القيمة المتحصل عليها تجريبيا $\Delta H_{(diss)}(NH_4Cl) = +13{,}87\ kjoul.mol^{-1}$

بمقارنة نلاحظ أن الفرق بسيط بين القيمتين و يقدر بنسبة 1% ≈ 0,91% أي النتائج متقاربة في حدود أخطاء التجربة.

تفسير: شروط التجربة هي شروط عادية (ليست قياسية) مع مشاركة المسعر في الحصيلة الحرارية و مع أخطاء التجربة (أخطاء قياس و قراءة و وزن...الخ).

5) أكتب التفاعل الحراري لإذابة مادة كلوريد الأمنيوم وحدد نوعه ؟

$$(NH_4Cl)_S + \Delta H_{(diss)} \xrightarrow{(\text{ماء مقطر})} (NH_4^+, Cl^-)_{aq}$$

التفاعل ماص للحرارة لأنّ قيمة $\Delta H = +13{,}87 Kjoul.mol^{-1} \Rightarrow \Delta H_{(diss)} \rangle 0$

رقم الطاولة:.....	الاسم و اللقب:.....	الفوج:	العلامة:.....

تقرير (مع التصحيح) للعمل التطبيقي 05

تعيين الإنطالبي القياسي لتشكل أكسيد المغنيزيوم بتطبيق قانون هيس

1) **نتائج الجزء الأول من التجربة:** a)ضع النتائج في الجدول التالي:

التفاعل ❶: $MgO_{(S)} + 2\ HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_2O_{(L)} + \Delta H_r\ (1)$

ΔT	T_f	T_i	$n_{(MgO)_S}$	$\mathcal{M}_{(MgO)_S}$	$m_{(MgO)_S}$
+5 °C	26,6 °C	21, 6 °C	$\Delta H_{diss} = \frac{0,5}{40,3} = 0,012\,(mol)$	40,3 g/mol	0,5g

b) حدد نوع التفاعل الحراري ❶ مع التعليل؟

- التفاعل ناشر للحرارة.
- التعليل: أرتفاع درجة حرارة المحلول بعد أضافة مادة MgO (s) ($\Delta T>0$)

c) باهمال المسعر، احسب $\Delta H_{(m)R(1)}$ بالـ kJ/mole ؟ **تعطى:** $\rho_{(sol.a)_{aq}} \approx 1\,(g/cm^3)$ ، $c_{p(sol.a)_{aq}} \approx 4,18\ j/g.°C$ ،

بما أنّ التفاعل ناشر للحرارة فإنّ: $\Delta H_r(1) = -\ (m_{(sol)} \times c_{p(sol)} \times \Delta T) = -(50 \times 4,18 \times 5) = -1045\ joul = -1,045\ kjoul$

ومنه: $$\Delta H_{m(R)}(1) = \frac{\Delta H_r(1)}{n} = -\frac{1,045}{0,012} = -87,083\left(kjoul.mol^{-1}\right)$$

2) **نتائج الجزء الثاني من التجربة:** a)ضع النتائج في الجدول التالي:

التفاعل ❷: $Mg_{(S)} + 2\ HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_2\uparrow_{(g)} + \Delta H_{(r)}\ (2)$

$\Delta T'$	T_f'	T_i'	$n_{(Mg)_S}$	$\mathcal{M}_{(Mg)_S}$	$m_{(Mg)_S}$
+38 °C	59,6 °C	21,6 °C	$\Delta H_{diss} = \frac{0,5}{24,31} = 0,02\,(mol)$	24,31 g/mol	0,5g

b) حدد نوع التفاعل الحراري ❷ مع التعليل؟

- التفاعل ناشر للحرارة.
- التعليل: أرتفاع درجة حرارة المحلول بعد أضافة مادة Mg (s) ($\Delta T'>0$)

c) بإهمال المسعر، احسب $\Delta H_{(m)R(2)}$ بالـ kJ/mole ؟ تعطى: $\rho_{(sol.a)aq} \approx 1(g/cm^3)$ ، $c_{p(sol.a)aq} \approx 4{,}18\ j/g.°C$

3) بما أنّ التفاعل ناشر للحرارة فإنّ:

$$\Delta H_r(2) = -\ (m_{(sol)} \times c_{p(sol)} \times \Delta T^{'}) = -(50 \times 4{,}18 \times 38) = -7942\ joul = -4{,}942\ kjoul$$

ومنه:

$$\Delta H_{m(R)}(2) = \frac{\Delta H_r(2)}{n} = -\frac{4{,}942}{0{,}02} = -379{,}1\left(kjoul.mol^{-1}\right)$$

4) باستعمال المعدلات ❶ و ❷ و ❸ استخرج معادلة تشكل اكسيد المغنيزيوم (معادلة ❹)؟

لدينا المعادلات الثلاث مع قلب المعادلة الأولى:

1) $MgCl_{2(aq)} + H_2O_{(L)} + \Delta H_m(1) \rightarrow MgO_{(S)} + 2HCl_{(aq)}$

2) $Mg_{(S)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)} \uparrow + \Delta H_m(2)$

3) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(L)} + \Delta H_m(3)$

4) $Mg_{(S)} + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow MgO_{(S)} + \Delta H_m(4)$

5) باستعمال قانون هآس (Hess) ، احسب $\Delta H_{(m)R(4)}$ ؟ **حيث** $\Delta H_{(m)R(4)} = \Delta H^{\circ}_f(MgO)_s$

$$\Delta H_{(m)R}(4) = -\Delta H_r(1) + \Delta H_r(2) + \Delta H_r(3) = -(-87{,}083 + (-379{,}1) + (-285{,}8) = -595{,}817\ kjoul/mol$$

اذنّ: $\boxed{\Delta H_{(m)R}(4) = \Delta H^{\circ}_f(MgO) = -595{,}817\ kjoul/mol}$

6) قارن قيمة $\Delta H^{\circ}_f(MgO)_s$ المحسوبة تجريبيا بالقيمة النظرية المعطاة مع تفسير النتائج؟

القيمة النظرية: $\Delta H^{\circ}_{f\ (MgO)_S} = -601{,}8\ (kJ/mole)$

القيمة التجريبية: $\Delta H^{\circ}_{f\ (MgO)_S} = -595{,}817\ (kJ/mole)$

بالمقارنة نستنتج أنّ القيمتين متقاربتين في حدود أخطاء التجربة (إهمال المسعر، الشروط القياسية، أخطاء قياسن ضياع طاقة عند فتح و غلق المسعر.....الخ).

أسئلة إضافية عامة:

1- أجب بـ: صحيح (ص) أو خطأ (خ) عن العبارات التالية مع تصحيح الخطأ دون إعادة كتابة العبارة:

- المسعر نظام معزول يطبق فيه مبدأ انحفاظ الطاقة الحرارية، سعته الحرارية متغيرة بتغير حرارة الأجسام المتفاعلة داخله. .....
- كمية الحرارة (Q) هي إحدى صور الطاقة وتنتقل من جسم لآخر نتيجة للاختلاف في كتل و نوع الجسمين. .....
- التغيّر في حالة جسم نقي هو تحول فيزيائي يغيّر في التركيبة الكيميائية للجسم. .....
- لرفع درجة حرارة $1cm^3$ من الماء النقي درجة مئوية واحدة، يجب توفير كمية حرارة قدرها $4{,}185.10^3$ Joule . .....
- يحصل التبادل الحراري بين الأجسام نتيجة الاختلاف في كتلها و نوعها. .....
- تختلف الأجسام باختلاف الحرارة النوعية لها. فالجسم الذي له أصغر قيمة للحرارة النوعية، تثبت درجة حرارته عند تسخينه. .....
- السعة الحرارة النوعية للماء النقي، هي كمية الحرارة اللازمة لتغيير حالة 1mL منه و قدرها 4,18 Joule. .....

- يستخدم قانون بويل ماريوت لمقارنة التحولات الإزوتارمية لكمية معينة من غاز. .....
- إذا انخفضت درجة حرارة كمية معينة من غاز، و بقي الضغط ثابت فإنّ حجم الغاز يزداد. .....
- إذا كانّ حجم غاز من الهواء هو 900 ml فإنّ الحجم الذي يشغله هذا الغاز إذا أصبح ضغطه مساويا لنصف ما كان عليه (مع ثبوت درجة حرارته) هو 450 ml. .....

- يستخدم قانون بويل ماريوت لمقارنة التحولات الإزوتارمية لكمية معينة من غاز. .....
- إذا انخفضت درجة حرارة كمية معينة من غاز، و بقي الضغط ثابت فإنّ حجم الغاز يزداد. .....
- إذا كانّ حجم غاز من الهواء هو 900 ml فإنّ الحجم الذي يشغله هذا الغاز إذا أصبح ضغطه مساويا لنصف ما كان عليه (مع ثبوت درجة حرارته) هو 450 ml. .....

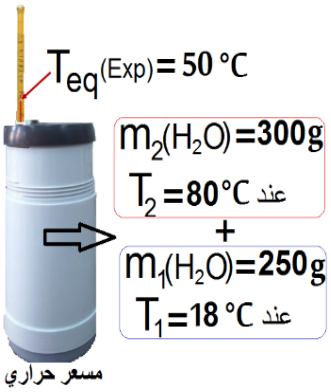
- إذا كانّ ضغط غاز من الهواء هو 6 bar فإنّ الضغط الذي يجب توفيره حتى يصبح حجمه ضعف ما كان عليه (مع ثبوت درجة حرارته) هو 3 kPas. .....

2- لتحديد السعة الحرارية لمسعر، قمنا بالتجربة الموضّحة في التركيب الكيميائي المقابل.

حيث أفرغنا حجم من الماء المقطر كتلته $m_1(H_2O)$ في المسعر و أغلقناه جيدًا

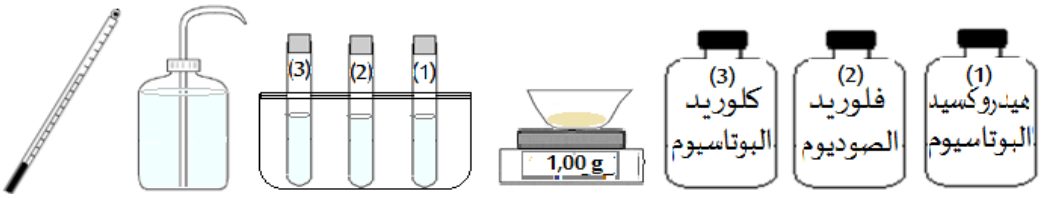
ثم قسنا درجة حرارة الجملة (مسعر+ ماء) فكانت T_1. أضفنا إلى الجملة كميّة

من الماء المقطر كتلتها $m_2(H_2O)$ مسخنة عند T_2.



1. باختصار شديد، ماذا يحدث داخل المسعر مع التعليل و موضحا ذلك بعبارة رياضية؟
2. بيّن، كيف يمكن التحقق من أنّ المسعر يشارك في الحصيلة الحرارية؟
3. أحسب قيمة السعة الحرارية للمسعر؟ تعطى: $c_{p(H_2O)} = 1\ (cal/g.°C)$
4. أحسب كمية الحرارة المكتسبة $Q_{(مكتسبة)}$ ؟
5. أحسب كمية الحرارة المفقودة $Q_{(مفقودة)}$ ؟
6. قارن بين قيمتيّ $Q_{(مكتسبة)}$ و $Q_{(مفقودة)}$ ؟
7. عند نفس الشروط السابقة (المسعر + الماء المقطر $m_{(H_2O)} = 550\ g$) عند $T_{exp}=50°C$، نضيف إلى المسعر قطعة من الجليد كتلتها $m_{(ج)} = 80\ g$ عند $T_{(ج)} = -23°C$. بعد مدة زمنية تستقر درجة حرارة الجملة كلها عند $T'_{(eq)} = 32{,}9\ °C$.
8. أحسب قيمة الحرارة اللاطية لانصهار الجليد؟ تعطى: $c_{p(ج)} = 0{,}5\ (cal/g.°C)$ ، أعطي النتيجة النهائية للحرارة اللاطية بـ $joule.kg^{-1}$.

3- لتحديد نوع التفاعل الحراري لإذابة ثلاث مواد صلبة في الماء المقطر، قمنا بإذابة نفس الكمية (1g) من كل مادة على الترتيب في أنابيب اختبار مرقمة و تحوي نفس الكمية من الماء المقطر كما موضحة في التركيب التجريبي التالي:



تحصلنا على النتائج المعطاة في الجدول التالي:

1) أكمل الجدول؟

رقم الأنبوب	الأنبوب ①	الأنبوب ②	الأنبوب ③
المادة المذابة	هيدروكسيد البوتاسيوم	فلوريد الصوديوم	كلوريد البوتاسيوم
T_i (°C) (قبل الإذابة)	23 (°C)	23 (°C)	23 (°C)
T_f(°C) (بعد الإذابة)	30 (°C)	20 (°C)	23 (°C)
نوع التفاعل الحراري	.....	.....	.....

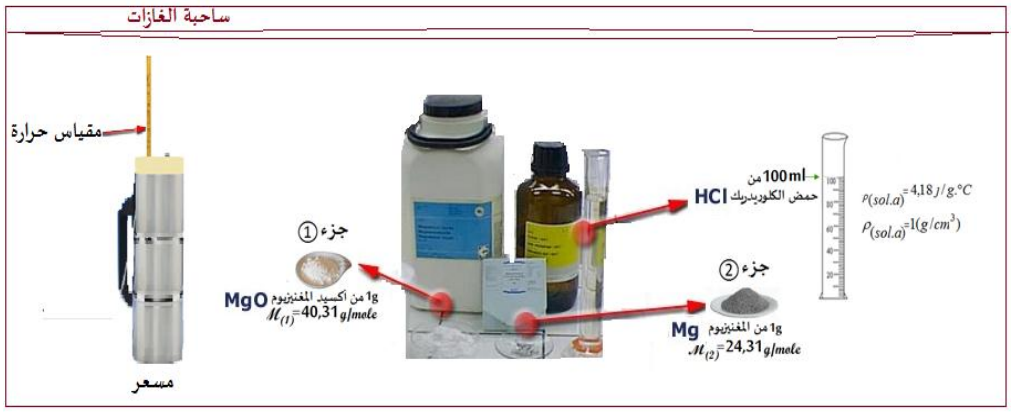
2) أعطي الصيغة الكيميائية لكل مادة و اكتب التفاعل الحراري الحاصل في كل أنبوب ؟

☜ المادة1: ..... ☜ التفاعل الحراري:

☜ المادة2: ..... ☜ التفاعل الحراري: .....

☜ المادة3: ..... ☜ التفاعل الحراري: .....

4- تم تعيين تجريبيا حرارة تشكل أكسيد المغنيزيوم بالمعطيات الموضحة في الشكل التالي على جزئين، فكانت قيمتها: (kJ/mole) 601,936 - = $\Delta_f H^\circ$ (أكسيد المغنيزيوم)



1. اقترح طريقة (دون شرحها) تمكن من تعيين الحرارة المولية لتشكل أكسيد المغنيزيوم ؟ علل إجابتك؟

2. بالنسبة لجزئيّ التجربة، سجلنا اختلاف كبير في قيمة التغير في درجة الحرارة، بإهمال المسعر أحسب قيمته في كل جزء؟

<u>تعطى</u>: $\Delta_r H_{(1ج)}$ = - 2090 Joul ، $\Delta_r H_{(2ج)}$ = - 16469,2 Joul

$\Delta T_{(1ج)}$ ☜

$\Delta T_{(2ج)}$ ☜

3. حسب رأيك، إلى ماذا يعود هذا الاختلاف الكبير في قيمتيّ التغير في درجة الحرارة بين جزئيّ التجربة؟ باختصار علّل وبرّر إجابتك؟
4. أحسب قيمتيّ $\Delta_r H_{(1ج)}$ و $\Delta_r H_{(2ج)}$ بالـ Kj/mole ؟
5. من خلال جزئيّ التجربة و مستعينا بتفاعل تشكل الماء، استخرج تفاعل تشكل أكسيد المغنيزيوم و تحقق حسابيا من قيمة $\Delta_f H^\circ$ (أكسيد المغنيزيوم) المعطاة؟ <u>تعطى</u>: $\Delta_f H^\circ_{(H2O)}$ =-285,50 (kJ/mole)

مراجع:

- أ.د/ أحمد لطفي ابراهيم ونس. دليل احتيطات الأمن و السلامة في مختبرات الكيمياء. جامعة دمياط. www.pdf actory.com
- Manipulations dans les laboratoires de chimie. Risques et prévention". INRS, 1998, ND 2092, 16p.
- AIDE-MEMOIRE TECHNIQUE. Le stockage des produits chimiques au laboratoire. Edition INRS Ed 6015, 1èr édition 2007, ISBN 978-2-7389-1515-3.
- La sécurité dans les laboratoires". CNPP /AFNOR, 1993.
- Lisa Moran et Tina Masciangioli, rédactrices, La sécurité dans le laboratoire de chimie. Un Guide sur la gestion prudente des produits chimiques, NATIONAL ACADEMIES PRESS Washington, DC www.nap.edu.
- Notions fondamentales Chimie Rédaction : Guy Le Parc Philippe Briand Chimie – SP20© Cned – Académie en ligne Cned-2010.
- Armour, M.A. 2003. Hazardous Laboratory Chemicals Disposal Guide, troisième édition. Boca Raton, Floride : CRC Press.
- Lunn, G. et E. B. Sansone. 1990. Destruction of Hazardous Chemicals in the Laboratory. New York: John Wiley & Sons.
- National Research Council. 1983. Prudent Practices for Disposal of Chemicals from Laboratories, National Academy Press, Washington D.C.
- Pitt, M. J. et E. Pitt. 1985. Handbook of Laboratory Waste Disposal: A Practical Manual. New York: Halsted.
- http://sciences-physiques-et-chimiques-de-labiratoire.org/cours/view.
- Manitoba. ÉBAUCHE. REGROUPEMENT 3 : LES RÉACTIONS CHIMIQUES. CHIMIE, 11e année. Document de mise en œuvre, juillet 2012.
- Éric WENNER Chimie générale en 30 fiches. Dunod, Paris, 2008. ISBN 978-2-10-053948-2.
- Jacques LE COARER. CHIMIE LE MINIMUM A SAVOIR. Ouvrages Grenoble Sciences edites par EDP Sciences. ISBN 2-86883-636-4. EDP Sciences, 2003.pp.46, 62,63.
- BENABDALLAH Mohamed. Travaux pratiques LMD ST/SM Thermodynamique-Calorimétrie. Université de Tlemcen, 2014-2015.
- Quentin VEROLET, TP 12 : Calorimétrie, 2009.
- Madjid Berkani et Abdelmalek Zamouche. Travaux Pratiques de Thermodynamiques. Université Amira Bejaia, 2013-2014.
- Abderahmane Mira. Sofiane Aoudia. TP de Thermodynamique. Université de Bejaia.2016-2017.
- Vérification de la loi de. Boyle-Mariotte, P.Kohl – ENCPB – juin 2006.
- P.Kohl – ENCPB – juin 2006 Mesures calorimétriques.
- Enthalpy of Formation of Magnesium Oxide. Adapted with permission from the United States Air Force Academy. Revised: 2013.
- ENTHALPY OF FORMATION OF MgO FALL 2009, Rev F09NF Fall 2009.

الملحق

ملحق 1: تطبيق كيمياء1/ رقم01 (السلامة ومبادئ العمل التجريبي في الكيمياء)

ملحق 2: تطبيق كيمياء1/ رقم03 (تحضير محلول)

جدول يجمع أنواع التراكيز: يعبر عن التركيز بعدة أشكال وأهمها لتحضير المحاليل المائية، التركيز المولاري والتركيز النظامي

التركيز	الرمز	العلاقة
المولارية	M	$M=\frac{n_{(solute)}}{V_{(solution)}}\ (mol/L)$
المولالية	m	$m=\frac{n_{(solute)}}{m_{(solvant)}}\ (mol/Kg)$
التركيز الكتلي	T	$T=\frac{m_{(solute)}}{V_{(solution)}}\ (g/L)$
النظامية (العيارية)	N	$N=\frac{n_{eq.g\,(solute)}}{V_{(solution)}}\ (eq.g/L)$
النسبة المئوية بالكتلة	(p/p)%	$\%(p/p)=\frac{m_{(solute)}}{m_{(solution)}}\times 100$
النسبة المئوية بالكتلة/الحجم	(p/v)%	$\%(p/V)=\frac{m_{(solute)}}{V_{(solution)}}\times 100$
النسبة المئوية بالحجم	(v/v)%	$\%(V/V)=\frac{V_{(solute)}}{V_{(solution)}}\times 100$
الكسر المولي	X_n	$X_n=\frac{n_{(solute)}}{n_{(solution)}}$
الكسر الكتلي	X_m	$X_m=\frac{m_{(solute)}}{m_{(solution)}}$

ملاحظـة هامة :

✓ **المكافئ غرام (eq.g):** هو كمية المادة التي تشرك في تفاعل كميائي **1 بروتون غرام** في تفاعل حمض/أساس أو **1 الكترون غرام** في تفاعل أكسدة/إرجاع. و نكتب: 2N أو 2eq.g/L .

✓ **لحساب كتلة مكافئ غرام واحد (1 eq.g):** $m\ d'1\ eq.g = \frac{\mathcal{M}}{Z}$ ، حيث $\mathcal{M}$ هي الكتلة المولية للجسم

مثال: مادة مئات الكالسيوم $Ca(OH)_2$: $m\ d'1\ eq.g = \frac{\mathcal{M}_{(Ca(OH)_2}}{Z} = \frac{74,09}{2} = 37,04$

فلتحظير محلول من هذه المادة بتركيز (1M) 1mol/L نحتاج الى 74,09 g و لتحضير محلول منها بتركيز (1N) 1eq.g/L نحتاج أن نستعمل 37,04 g.

➢ **العلاقة بين النظامية و المولارية هي:** $\boxed{N = Z\,.\,M}$ حيث Z يمثل عدد الإلكترونات (é) أو عدد H^+ أو OH^- .

$\Rightarrow N = M \quad ; \quad (Z = 1)$

ملحق 3: تطبيق كيمياء1/ رقم01 (معايرة حمض/أساس)

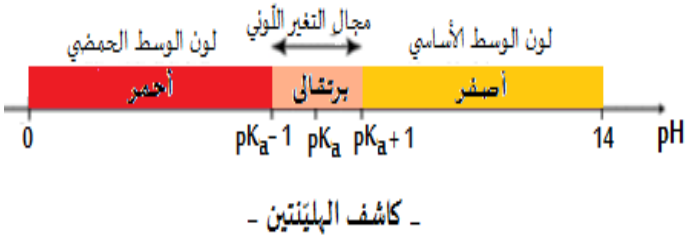
الكواشف الملونة: عبارة عن مواد عضوية، أحماض أو أسس ضعيفة يتغير لونها تبعا لـ pH المحلول الذي توجد فيه. يتغير لونها في مجال ضيق لل pH، يسمى مجال التغير اللوني للكاشف.

جدول لبعض الكاشف الملونة يبين مجال التغير اللوني لها:

الكاشف	pk	مجال التغير اللوني (*pH*)	لون الوسط الحمضي	لون الوسط الأساسي
الهلينتين (الميثيل البرتقالي)	3,4	4,4 - 2,4	أحمر	أصفر
أحمر المثيل	5,1	6,1 - 4,1	أحمر	أصفر
أزرق البروموثيمول	6,6	7,6 - 5,6	أصفر	أزرق
الفينول فتالين	9,2	10,2 - 8,2	شفاف	أحمر بنفسجي

- يظهر اللون في الوسط الحمضي إذا كان: $pH \leq pK - 1$

- يظهر اللون في الوسط الأساسي إذا كان: $pH \geq pK + 1$



ـ كاشف الهلينتين ـ

ملاحظة: في مجال التعديل يظهر لون حساس.

مثال: **الهلينتين** : pK = 3,4، اللون في المجال [4,4 -2,4] يكون برتقالي.

قواعد تحديد عدد تأكسد جسم

- ✓ عدد تأكسد الهيدروجين (H) هو دائما +1 إلا في حالة الهدريدات المعدنية (les hydrures métalliques)، مثال: LiH و CaH_2، حيث يأخذ القيمة -1 (Li ، Ca *أكثر كهروجابية* من H).
- ✓ عدد تأكسد الأكسجين (O) هو دائما -2 إلا في حالة البيروكسيدات (les peroxydes) ، مثال: H_2O_2 و Na_2O_2 ، حيث يأخذ القيمة -1 و في حالة ارتباط الأوكسجين بعنصر أكثر ***كهروسلبية*** منه (الهالوجينات). مثال: F_2O يأخذ القيمة +2 (F أكثر ***كهروسلبية*** من O).
- ✓ عدد تأكسد عنصر حر أو جزيء بسيط (لا يحمل شحنة) صفر، مثال: Na : n.o = 0 ، H_2: n.o = 0.
- ✓ عدد تأكسد أيون بسيط هو قيمة الشحنة التي يحملها هذا الأيون، مثال: Fe^{+2}:no = +2 ، Cl^-: n.o = -1.
- ✓ بالنسبة لجزيئة مركبة متعادلة كهربائيا، عدد التأكسد هوا صفر، أي أنّ مجموع أعداد التأكسد للذرات المكونة لها يساوي صفر، مثال: HCl: no =0.
- ✓ بالنسبة لأيون مركب (متعدد الذرات)، عدد التأكسد له هو الشحنة التي يحملها الأيون، مثال: NH_4^+: n.o =+1.
- ✓ لتحديد عدد تأكسد عنصر في جزيئة مركبة أو في أيون مركب نتبع مايلي:

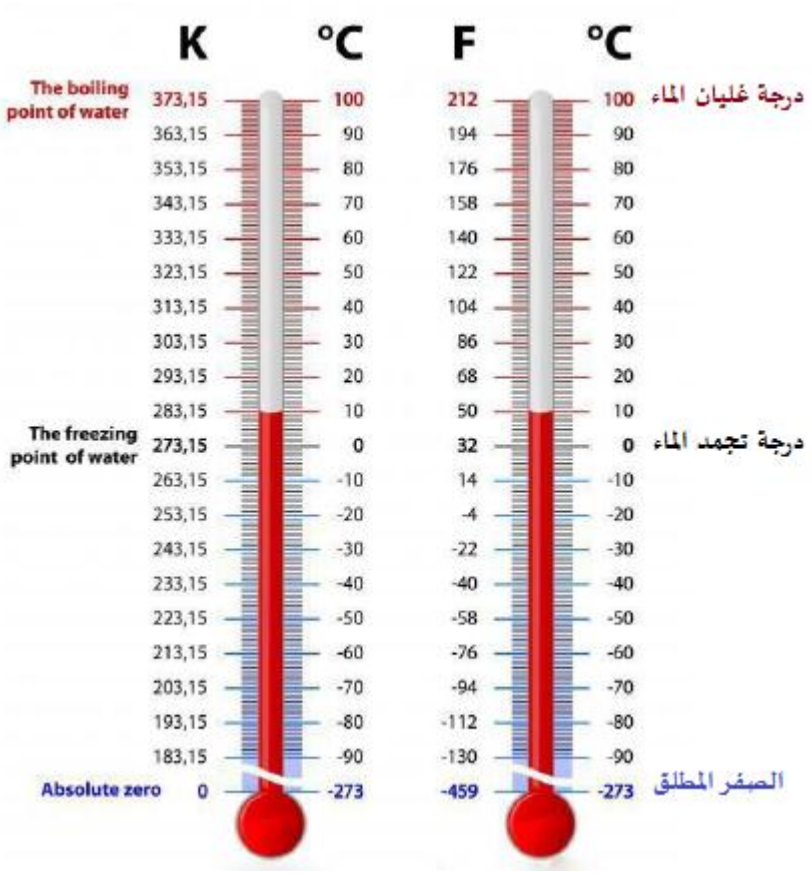
مثال 1: عدد تأكسد ذرة الأزوت في جزيئة النشادر NH_3 هو:

$$n.o(N) + (1)\times 3 = 0 \quad \Rightarrow n.o(N) = -3$$

مثال 2: عدد تأكسد ذرة الكبريت في جزيئة الكبريتات SO_4^{-2} هو:

$$n.o(S) + (-2)\times 4 = -2 \quad \Rightarrow \quad n.o(S) = +6$$

ملحق 5: تطبيق كيمياء2 / درجة غليان و درجة تجمد الماء (بـ:K،F،°C)



ملحق 6: تطبيق كيمياء2 / **الإنطالبي المولي لبعض المواد**

ENTHALPY OF SOLUTION OF ELECTROLYTES

This table gives the molar enthalpy (heat) of solution at infinite dilution for some common uni-univalent electrolytes. This is the enthalpy change when 1 mol of solute in its standard state is dissolved in an infinite amount of water. Values are given in kilojoules per mole at 25°C.

Reference

Parker, V. B., *Thermal Properties of Uni-Univalent Electrolytes*, Natl. Stand. Ref. Data Series — Natl. Bur. Stand.(U.S.), No.2, 1965.

Solute	State	$\Delta_{sol}H$ kJ/mol
HF	g	−61.50
HCl	g	−74.84
$HClO_4$	l	−88.76
$HClO_4 \cdot H_2O$	c	−32.95
HBr	g	−85.14
HI	g	−81.67
HIO_3	c	8.79
HNO_3	l	−33.28
HCOOH	l	−0.86
CH_3COOH	l	−1.51
NH_3	g	−30.50
NH_4Cl	c	14.78
NH_4ClO_4	c	33.47
NH_4Br	c	16.78
NH_4I	c	13.72
NH_4IO_3	c	31.80
NH_4NO_2	c	19.25
NH_4NO_3	c	25.69
$NH_4C_2H_3O_2$	c	−2.38
NH_4CN	c	17.57
NH_4CNS	c	22.59
CH_3NH_3Cl	c	5.77
$(CH_3)_2NHCl$	c	1.46
$N(CH_3)_4Cl$	c	4.08
$N(CH_3)_4Br$	c	24.27
$N(CH_3)_4I$	c	42.07
$AgClO_4$	c	7.36
$AgNO_2$	c	36.94
$AgNO_3$	c	22.59
LiOH	c	−23.56
$LiOH \cdot H_2O$	c	−6.69
LiF	c	4.73
LiCl	c	−37.03
$LiCl \cdot H_2O$	c	−19.08
$LiClO_4$	c	−26.55
$LiClO_4 \cdot 3H_2O$	c	32.61
LiBr	c	−48.83
$LiBr \cdot H_2O$	c	−23.26
$LiBr \cdot 2H_2O$	c	−9.41
$LiBrO_3$	c	1.42
LiI	c	−63.30
$LiI \cdot H_2O$	c	−29.66
$LiI \cdot 2H_2O$	c	−14.77
$LiI \cdot 3H_2O$	c	0.59
$LiNO_2$	c	−11.00
$LiNO_2 \cdot H_2O$	c	7.03
$LiNO_3$	c	−2.51
NaOH	c	−44.51
$NaOH \cdot H_2O$	c	−21.41
NaF	c	0.91
NaCl	c	3.88
$NaClO_2$	c	0.33
$NaClO_2 \cdot 3H_2O$	c	28.58
$NaClO_3$	c	21.72
$NaClO_4$	c	13.88
$NaClO_4 \cdot H_2O$	c	22.51
NaBr	c	−0.60
$NaBr \cdot 2H_2O$	c	18.64
$NaBrO_3$	c	26.90
NaI	c	−7.53
$NaI \cdot 2H_2O$	c	16.13
$NaIO_3$	c	20.29
$NaNO_2$	c	13.89
$NaNO_3$	c	20.50
$NaC_2H_3O_2$	c	−17.32
$NaC_2H_3O_2 \cdot 3H_2O$	c	19.66
NaCN	c	1.21
$NaCN \cdot 0.5H_2O$	c	3.31
$NaCN \cdot 2H_2O$	c	18.58
NaCNO	c	19.20
NaCNS	c	6.83
KOH	c	−57.61
$KOH \cdot H_2O$	c	−14.64
$KOH \cdot 1.5H_2O$	c	−10.46
KF	c	−17.73
$KF \cdot 2H_2O$	c	6.97
KCl	c	17.22
$KClO_3$	c	41.38
$KClO_4$	c	51.04
KBr	c	19.87
$KBrO_3$	c	41.13
KI	c	20.33
KIO_3	c	27.74
KNO_2	c	13.35
KNO_3	c	34.89
$KC_2H_3O_2$	c	−15.33
KCN	c	11.72
KCNO	c	20.25
KCNS	c	24.23
$KMnO_4$	c	43.56
RbOH	c	−62.34
$RbOH \cdot H_2O$	c	−17.99
$RbOH \cdot 2H_2O$	c	0.88
RbF	c	−26.11
$RbF \cdot H_2O$	c	−0.42
$RbF \cdot 1.5H_2O$	c	1.34
RbCl	c	17.28
$RbClO_3$	c	47.74
$RbClO_4$	c	56.74
RbBr	c	21.88
$RbBrO_3$	c	48.95
RbI	c	25.10
$RbNO_3$	c	36.48
CsOH	c	−71.55
$CsOH \cdot H_2O$	c	−20.50
CsF	c	−36.86
$CsF \cdot H_2O$	c	−10.46
$CsF \cdot 1.5H_2O$	c	−5.44
CsCl	c	17.78
$CsClO_4$	c	55.44
CsBr	c	25.98
$CsBrO_3$	c	50.46
CsI	c	33.35
$CsNO_3$	c	40.00

ملحق 7: الجدول الدوري للعناصر