سلسلة اللوحة

اقرأ

تأليف: الأستاذ صالح الحسين

ش.د.ع فيزياء نووية

ملخص شامل للدروس | تمارين نموذجية محلولة | وضعيات إدماجية | تمارين تجريبية

زاد العلوم الفيزيائية والتكنولوجيا

- علوم تجريبية
- رياضيات
- تقني رياضيات

السنة 2 ثانوي

مطابق للبرنامج الجديد

hard_equation

سلسلة اللوحة

زاد العلوم الفيزيائية

للسنة الثانية ثانوي

2A.S

- ملخص دقيق للدروس
- تمارين نموذجية محلولة
- وضعيات إدماجية
- تمارين تجريبية

للشعب:

- علوم تجريبية
- رياضيات
- تقني رياضيات

الأستاذ صالح الحسين

(ش.د.ع. فيزياء نووية)

العنوان: "Z زاد العلوم الفيزيائية"

المستوى: السنة الثانية ثانوي 2AS

الشعب : ★ علوم تجريبية

★ رياضيات

★ تقني رياضيات

التأليف: صالح الحسين (ش.د.ع.الفيزياء النووية)

ردمك (ISBN) : 1 - 0 - 9887 - 9961 - 978

رقم الإيداع القانوني: 3670 - 2009

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

الحمد لله وحده وبعد:

بتوفيق من الله وحده، أنجزنا هذا الكتاب (Z زاد العلوم الفيزيائية) للسنة الثانية ثانوي بفروعها: علوم تجريبية- رياضيات-تقني رياضيات وفق المنهجية الجديدة التي أقرتها وزارة التربية، وهي طريقة المقاربة بالكفاءات.

سعينا أن نغطي المجالات الأربعة: مجال الميكانيك والطاقة، مجال الظواهر الكهربائية، مجال الظواهر الضوئية، مجال المادة وتحولاتها. فأعطينا:

- ملخصات للدروس
- تمارين نموذجية محلولة بالتفصيل
- تمارين تجريبية
- وضعيات إدماجية

فالعلوم الفيزيائية وفق المنهجية الجديدة- تتطلّب فهما عميقاً لظواهرها ولم تعد المادة التي يسعى بعضهم لفهمها، عن طريق حل تمارين منها وحسب. بل يجب التعمق في كل المجالات، حتى نستطيع توسيع مدارك تلامذتنا.

نرجو أن نكون قد وفقنا في ذلك.

الأستاذ: صالح الحسين

الفهرس

المجال الثالث : الظواهر الضوئية

المجال الرابع : المادة وتحولاتها

والحمد لله رب العالمين

الوحدة 1 ❖ مقاربة كيفية لطاقة جملة E وانحفاظها

ماهي الطاقة؟

1 مدخل لدراسة الطاقة

سأل الابن أباه لماذا يا أبتي :

تنقص حركة قطاري وتتوقف بعد مدة من الدوران في السكة الحديدية؟ فقال له الأب لو ركّبنا لها بطارية جديدة لاستأنفت حركتها.

سأل التلميذ الأستاذ السؤال التالي

ما الذي يجعل القمر يدور حول الأرض؟ أو الأرض تدور حول الشمس؟ بدون أن تنقص سرعتها، ما الذي يجعل الإلكترونات تدور حول النواة؟

فأجاب الأستاذ   الشمس، الأرض ، الإلكترونات كلّها تملك طاقة

لكن ماهي حقيقة الطاقة؟ ...

الطاقة كلمة متداولة في كل شيء في العلم في الاقتصاد في السياسة لكن ما حقيقة الطاقة؟ الطاقة مقدار واحد، شيء واحد. لكن في مقاربة أولى تصنف حسب أداء الجملة فنقول طاقة حركية، طاقة كامنة، طاقة كيميائية، طاقة كهربائية.

ما الذي يفرق الطاقة عن القوة؟ !

لقد رأينا في السنة الماضية أن سبب تغير طبيعة حركة جملة ميكانيكية معينة، وهو تغير القوى التي يخضع لها. لكن هل هناك شيء لا يتغير في الجملة رغم تغيّر القوى عليها؟ نجيب بنعم وهي الطاقة.

وفي هذا يقول العالم هلمهولتز سنة *1847*م في مذكرته الشهيرة تحت عنوان "حول حفظ القوة" والقوة يقصد بها الطاقة.

الطاقة شيء يبقى ثابت في الجملة لا تتغير قيمته إنّما يتحول من شكل إلى شكل آخر دون ضياع.

2 – نشاطات أوّلية حول مفهوم الطاقة

- مثال 1 : اشتعال مصباح بواسطة عمود (حاشدة). الشكل 1
- مثال 2 : إشتعال مصباح بفعل سقوط جسم.
- مثال 3 : طهي البيتزا بماء السدود.

شكل 1

عند ربط مصباح كهربائي بعمود بواسطة أسلاك توصيل، كما هو موضح في الشكل 1 نلاحظ أنّ المصباح يشتعل. كيف تمّ ذلك؟

هل يكفي أن نجيب بالقول: أن جزءاً من الطاقة الكهربائية للعمود انتقل إلى المصباح؟ ... كلاّ إنّها إجابة غير كافية، لذا وجب علينا أن نكيّف السؤال بطريقة أخرى مثل:

- ماهو الفعل الذي أداه العمود؟ ... نقول أنه يُغذى المصباح بطاقته الكهربائية الناتجة عن تفاعل كيميائي بداخله (الطاقة الداخلية).
- وماهو الفعل الذي أدّاه المصباح؟ ... نقول أنه يُضيء المحيط وهذا بتحويل جزء من الطاقة الكهربائية التي أكتسبها من العمود إلى طاقة إشعاعية؟
- وهل يبق العمود الكهربائي على حاله يضيء المصباح بدون انقطاع؟

لا أبداً ... بل تنقص طاقته بالتدريج، حتّى تضمحّل، فنقول أنّه يحدث تفريغ للبطارية. وبدوره المصباح تضيع طاقته عن طريق إصدار إشعاعات تعمل على إضاءة المحيط، فنقول أنّ المصباح يلمع .

إنّها أسئلة كثيرة، ولتفاديها، تمّ وضع نموذج يُجيب عن كل هذه الأسئلة تلقائياً يسمّى السلسلة الوظيفية. كما أن هذه الأخيرة، تعمل على إظهار الحلقات المفقودة في تحوّل طاقوي، ففي حالة المثال 3: وهو "طهي البيتزا بماء السدود"، كيف يتّم ذلك؟ بالطبع لا يتم ذلك مباشرة، بل تظهر الحلقات المفقودة وهي المحطة الكهرومائية التي تحوّل الطاقة الكامنة لماء السّد أثناء سقوطه إلى طاقة حركية تدير المنوّبات، والمنوّبات تعطي الكهرباء والكهرباء تعطي الحرارة، في آلة الطبخ فتطهي البيتزا.

3 – السلسلة الوظيفية

3 – 1 – تعريف

السلسلة الوظيفية هي نموذج وصفي الهدف منه إظهار ثم وصف بتعبير طبيعي التحولات والتحويلات الحادثة للطاقة بين الجمل التي هي في حالة تأثير متبادل.

3 – 2 – نمذجة السلسلة الوظيفية

تنمذج السلسلة الوظيفية بعدّة فقاعات (حلقات) وترتّب بشكل طبيعي حسب تسلسل حدوث الظاهرة الفيزيائية الحادثة بدْءً بالجملة الأولى التي حدث فيها أوّل فعل (الفعل الابتدائي) وانتهاءً بآخر جملة حدث فيها آخر فعل (الفعل النهائي).

- كل جملة (فعلية) تنمذج بحلقة يكتب بداخلها إسمها .
- يكتب أسفل الحلقة فعل الحالة للجملة.
- يخرج من الحلقة سهم يكتب فوقه فعل أداء الجملة.

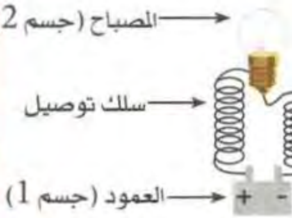
أي (المحيط) ← فعل الأداء 2 ← (الجسم 2) ← فعل الأداء 1 ← (الجسم 1)

فعل الحالة 2 — فعل الحالة 1

لنعطي السلسلة الوظيفية لاشتعال مصباح بواسطة عمود ونبدأ بتحديد الجسم 1، الجسم 2، ... في الجملة (الشكل 1)

(المحيط) ← يضيء ← (المصباح) ← يغذي ← (الحاشدة)

يسخن — يلمع — تتفرغ



* كيف نحدّد فعل الأداء لجسم في سلسلة وظيفية؟

لتحديد فعل الأداء لجسم نطرح السؤال التالي: ماذا يفعل هذا الجسم في الجسم الذي يليه؟

* كيف نحدّد فعل الحالة لجسم أثناء تحويل جزء من طاقته؟

لتحديد فعل الحالة لجسم نطرح السؤال التالي: ماذا يحدث لهذا الجسم؟

أفعال الأداء	يسقط، يدور، يتقدّم، يَسخن، يَلمع، يتفرّغ
أفعال الحالة	يسحب، يُغذي، يُحَرك، يدير، يُسخن

مثال: اقترح سلسلة وظيفية لاشتعال مصباح بفعل سقوط جسم.

إن الشكل المقابل يظهر الجملة الطاقوية التي تحقق ذلك.

* هذا المثال يُظهر أنّه عندما يسقط الجسم المربوط بواسطة خيط، يمّر على محيط أسطوانة. يعمل محور دورانها على تدوير البكرة، وتنتقل الحركة عبر السَير "*Courroi*"، بدوره السَير، يدير الدّينامو، فيشتعل المصباح الكهربائي، ويضيء الغرفة.

بهذا الوصف الطبيعي نكون قد ذكرنا كلّ الأجسام التي تنتمي إلى الجملة التي انتقلت فيها الطّاقة من الجسم إلى المصباح، وهكذا تأتي السّلسلة الوظيفية:

✓ ملاحظة هامة:

في هذه السّلسلة لم نمثّل كلاً من المحيط، البكرة والسّير، إذ يمكن الاستغناء عنها بربط الجسم مباشرة بالمنوّب، فيديره.

أنماط تحويل الطاقة

من خلال المثال السابق بيّنا كيف أنّ سقوط جسم عمل على تدوير المنوّب، فتغيّرت سرعته، وبالتالي طاقته الحركية، فنقول أن الجسم قام بعمل ميكانيكي Wm كما أن المنوّب عمل على إشتعال المصباح فنقول أن المنوّب قام بعمل كهربائي We، وأيضاً فإنّ سلك المصباح الكهربائي، عندما يمّر فيه تيار كهربائي ارتفعت درجة حرارته إلى التوهج، فأضاء المحيط بإشعاعات، فنقول أن المصباح أصدر طاقة إشعاعية Er وأصدر حرارة Q.

تتحول الطاقة من جملة لأخرى بأنماط أربعة مختلفة هي تحويل ميكانيكي Wm ينتج من العمل الميكانيكي الذي يتسبب في تغيير موضع جملة أو تغيير سرعتها بالنسبة لمعلم معين أو تغيير شكلها.

تحويل كهربائي We ينتج كلما مرّ تيار كهربائي في جملة .

تحويل إشعاعي Er ينتج كلما تم امتصاص أو إصدار إشعاع على شكل أمواج ضوئية كهرومغناطيسية مرئي أو غير مرئي.

تحويل حراري Q ينتج كلما تغيرت الطاقة المجهرية (الطاقة الداخلية) للجملة.

أنماط تخزين الطاقة وأنماط تحويلها

أفعال الأداء (التعبير الطبيعي)	التعبير المناسب لها (التعبير الطاقوي)
يسحب، يحرك، يدير يغذي يسخن يضيء	- تحول ميكانيكي Wm - تحويل كهربائي We - تحويل حراري Q - تحويل إشعاعي Er

أفعال الحالة	التعبير العلمي المناسب لها
يسقط، يدور، يتقدم يسخن، يلمع	- طاقة حركية Ec وقد يمتلك طاقة كامنة Ep - طاقة داخلية Ei

4 السلسلة الطاقوية

هل أن السلسلة الوظيفية قادرة على تحديد نوع التحويلات الطاقوية التي تحدث لجملة؟ وهل تستطيع تحديد نمط تخزين الطاقة؟

كلاّ، إنها بالكاد، تعطى نموذجاً وصفيا لانتقال الطّاقة، ولا يخفى على أحد ما لهذا الوصف من أهمّية، غير أنّ الحاجة إلى تحديد أنواع التحولات والتحويلات الطاقوية، وكذا أنماط تخزينها، جعلت الفيزيائيين يُعرّفون مقادير فيزيائية بها يتمّ قياس التحويلات الطاقوية، ومن ثمّ يسهل تعريف وتحديد طاقة الجملة في لحظة ما. وكذلك تحديد قيمتها قبل وبعد التحويلات الطاقوية. فإذا بقيت طاقة الجملة ثابتة كانت "جملة محافظة"، وإذا تغيرت طاقتها كانت "جملة غير محافظة"

إذا حافظت الجملة على طاقتها، قلنا أنها جملة محافظة (أو معزولة طاقوياً) وإذا تبادلت الطاقة مع الوسط الخارجي، قلنا أنها جملة غير محافظة.

وهنا نكون أمام مبدأ عظيم من مبادئ الفيزياء، بل العمود الفقري لها ألا وهو مبدأ إنحفاظ الطاقة التي ذكرنا نصه التاريخي الذي قال به العالم "هلمهولتز" سنة 1847م.

وهكذا تمّ وضع نموذج للطاقة أكثر دقة، وأكثرمعلومات ألا وهو السلسلة الطاقوية

ما هي السلسلة الطاقوية ؟

1 - تعريف

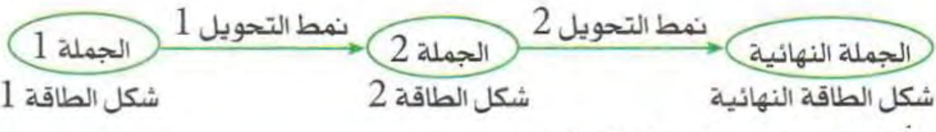
السلسلة الطاقوية هي نموذج وصفي وكمي الهدف منه إظهار أنماط التحولات الطاقوية (Er, Q, Wm, We) الحادثة بين الجمل التي هي في حالة تأثير متبادل فيما بينها وأيضا بينها وبين المحيط الخارجي.

كما تحدّد أنماط تخزين الطاقة لكل جملة من طاقة حركية E_c وطاقة كامنة Ep وطاقة داخلية E_i

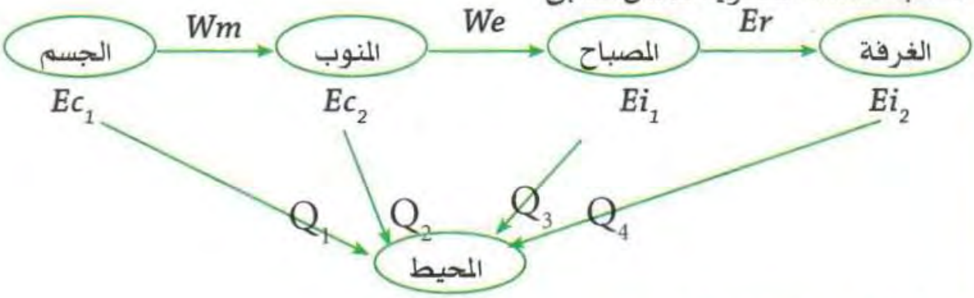
2 - نمذجة السلسلة الطاقوية

كيف تنمذج السلسلة الطاقوية؟

تنمذج السلسلة الطاقوية مثل السلسلة الوظيفية مع استبدال أفعال الأداء بنمط التحويل الطاقوي الموافق وأفعال الحالة بنمط التخزين الموافق.



أكتب السلسلة الطاقوية للمثال السابق



3 - أشكال الطاقة وأنماط تحويلها

3 ◂ 1 ◂ الطاقة الحركية E_c

الطاقة الحركية E_c لجملة بالنسبة لمرجع معين هي الطاقة المرتبطة بحركة الجملة بالنسبة لهذا المرجع.

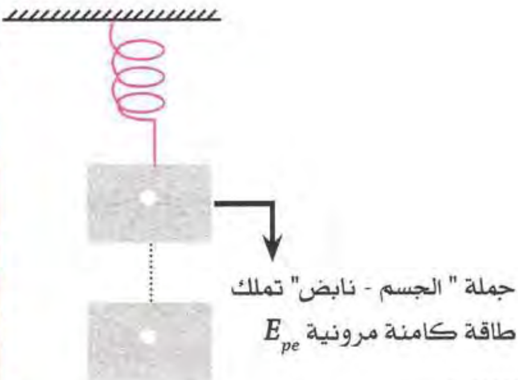
◂ تتعلق E_c بسرعة الجسم $\vec{V}$ بالنسبة للمرجع وتتعلق أيضا بكتلة الجملة M. يوجد نوعان من الطاقة الحركية.

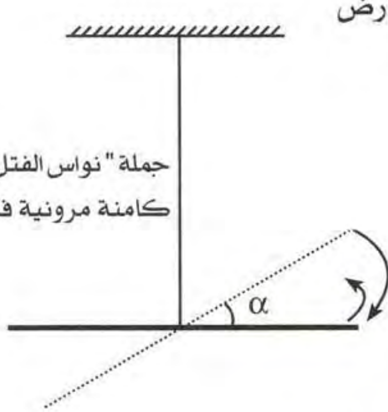
* الطاقة الحركية الانسحابية
* الطاقة الحركية الدورانية

3 ◂ 2 ◂ الطاقة الكامنة E_p

الطاقة الكامنة E_p لجملة هي الطاقة المرتبطة بالأوضاع النسبية بالنسبة لمختلف أجزائها المتؤثرة ببعضها البعض. وتوجد ثلاثة أنواع من الطاقة الكامنة

طاقة كامنة مرونية E_{pe}
طاقة كامنة ثقالية E_{pp}
طاقة كامنة مرونية فتلية E_{pe}





3 ■ 3 ■ الطاقة الداخلية E_i

تعريف

الطاقة الداخلية لجملة E_i هي طاقة المكونات المجهرية (الميكروسكوبية) لها، من طاقة حركية Ec_m مجهرية وطاقة كامنة Ep_mمجهرية. وبتعبير آخر فالطاقة الداخلية لجملة هي مجموع الطاقتين الحركية والكامنة لجميع حبيبات هذه المادة من جزيئات وذرات وإلكترونات و نواة.

$$\boxed{E_i=Ec_m+Ep_m}$$

ما هي الطاقة الحركية والكامنة لحبيبات المادة ؟

نعلم أن جزيئات أي مادة بحسب النظرية الحركية الجزيئية- تكون في حالة حركة دائمة وتتغير حركتها وسرعتها بتغير درجة حرارتها.

فكلما زادت درجة الحرارة زادت سرعتها والعكس صحيح.

إذن لهذه الجزيئات طاقة حركية ميكروسكوبية . كما أن هذه الجزيئات في حالة تنافر وتجاذب كهربائي (تأثير كهرومغناطيسي)، إذن فالأبعاد بينها تتغير وبالتالي ينشأ من هذا تغير في الطاقة الكامنة الميكروسكوبية Ep_m للجزيئات.

ماهي الطاقة الكيميائية؟

نعلم أن الالكترونات لها شحنة كهربائية سالبة مرتبطة بنواتها المشحونة بشحنة كهربائية موجبة. وبما أنها على بعد معين من بعضهما فلها إذن طاقة كامنة كهربائية وبما أن هذه الالكترونات تدور حول النواة فلها إذن طاقة حركية ومجموع هاتين الطاقتين يعطي الطاقة الكيميائية.

مثال : احتراق الوقود في عربة يحرر طاقة كيميائية.

ماهي الطاقة النووية؟

إنّ البروتونات والنّترونات متماسكة في النواة نتيجة القوة النووية القوية لذا نقول أن النواة تملك طاقة نووية قوية وهي طاقة نووية عظيمة مقارنة بالطاقة الكيميائية.

ملاحظة:

* حدوث تفاعل نووي يحرر طاقة نووية.
* الطاقتان الكيميائية والنووية تدخلان في الطاقة الداخلية Ei للجملة.

5 – استطاعة تحويل الطاقة (الاستطاعة)

الاستطاعة المتوسطة p لجملة هي نسبة الطاقة المحولة w (المفقودة أو المكتسبة) إلى المدة الزمنية t لتحويلها وتعطى بالعبارة: $P=\frac{E}{t}=\frac{\text{الطاقة المحولة}}{\text{مدة التحويل}}$

الاستطاعة هي سرعة تحول الطاقة.

وحدة الاستطاعة تقاس الاستطاعة بوحدة خاصة في جملة الوحدات الدولية هي: $(Watt)$ ويرمز لها بـ(W) أو الواط $1W=\frac{1J}{1s}$

6 – مبدأ انحفاظ الطاقة:

6 - 1 - نص المبدأ

الطاقة لا تستحدث ولا تزول إذا اكتسبت جملة ما طاقة و فقدتها فإنها بالضرورة تكون قد أخذتها من جملة أو من جمل أخرى أو قدمتها.

لا تستحدث : معناه لا تظهر من عدم.

6 - 2 - معادلة انحفاظ الطاقة

عندما تنتقل جملة معينة من الحالة 1 في اللحظة (t_1)إلى الحالة 2 في اللحظة (t_2) يمكن لطاقتها أن تتغير. يكون هذا التغير ناتج عن تحويلات طاقوية مع الوسط الخارجي. إعتماداً على مبدأ

انحفاظ الطاقة نكتب معادلة انحفاظ الطاقة كما يلي:

الطاقة الابتدائية + الطاقة المستقبلة - الطاقة المقدمة = الطاقة النهائية للجملة

✓ ملاحظة هامة:

⋆ الجملة المعزولة طاقويا هي الجملة التي لا تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي وفي هذه الحالة نكتب معادلة انحفاظ الطاقة كما يلي:

الطاقة الابتدائية للجملة = الطاقة النهائية للجملة

7 – الحصيلة الطاقوية:

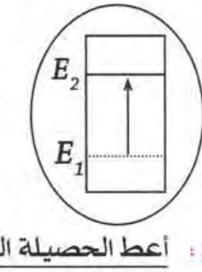
7-1 - مفهوم الحصيلة الطاقوية

الحصيلة الطاقوية لجملة معينة بين حالتين (1) و(2) معناه تحديد الطاقة الابتدائية المخزنة E_1 في اللحظة (t_1) والطاقة النهائية المخزنة E_2 في اللحظة (t_2) لنفس الجملة.

7-2 - كيف يتم تمثيل الحصيلة الطاقوية؟

أولا: تمثل الجملة المدروسة بفقاعة عمودية .

ثانيا: نمثل داخل الفقاعة عموداً مملوءًا جزئيا (عموداً واحداً لكل شكل من أشكال الطاقة) نحدّد عليه طاقة الجملة الابتدائية E_1 والنهائية E_2 ونصل بينهما بسهم يشير إلى جهة تغير الطاقة المخزنة كما هو موضح في الشكل المقابل:



E_2: قيمة الطاقة في الحالة 2 (تمثل بخط مستمر)

E_1 : قيمة الطاقة في الحالة 1 (تمثل بخط متقطع)

☑ مثال : أعط الحصيلة الطاقوية لسقوط حجر

▪ نعتبر جملة " الجسم - أرض " معزولة طاقوياً و يتأثر بقوة جذب الأرض له. ونهمل تأثير الهواء عليه . حسب مبدأ انحفاظ الطاقة لدينا :

الطاقة الابتدائية للجملة (الحجر) = الطاقة النهائية للجملة أي: $E_{C1}+E_{PP1}=E_{C2}+E_{PP2}$

▪ لذا نمثل الحصيلة الطاقوية كما يلي:

- العمود الأول يمثل تناقص E_{PP}

- العمود الثاني يمثل تزايد E_C

التمرين 1

1 ـ صنّف الطاقة المخزنة إلى أشكالها المختلفة.
2 ـ أعط تعريفا لكل منها.
3 ـ ماهي وحدة الطاقة؟
4 ـ حول الكيلو واط ساعي (KWh) إلى الجول (J).
5 ـ حول مكافئ الطن البترولي (tep) إلى الجول (J) ، علما أنه يساوي 42 مليار جول.

الحل

1 ـ أشكال الطاقة المخزنة في جملة: تخزن الطاقة في ثلاثة أشكال :

- إثنان منها مخزنتان على المستوى الماكروسكوبي (الجهرى، العيانى) وهما :

1 - الطاقة الحركية Ec.

2 - الطاقة الكامنة Ep.

- وواحدة على المستوى الميكروسكوبي(المجهري) وهي :

3 - الطاقة الداخلية Ei وتشمل الطاقة الحركة الميكروسكوبية Ecm والطاقة الكامنة الماكروسكوبية Epm وهاتين الطاقتين Ecm و Epm تدخل ضمنهما الطاقتان الكيميائية والنووية.

2 ـ تعريف الطاقات Ei, Ep, Ec

الطاقة الحركية Ec لجملة بالنسبة لمرجع معين، هي الطاقة المرتبطة بحركة الجملة بالنسبة لهذا المرجع.

الطاقة الكامنة لجملة هي الطاقة المرتبطة بالأوضاع النسبية لمختلف أجزائها المتأثرة ببعضها البعض.

الطاقة الداخلية لجملة هي طاقة المكونات المجهرية لها من طاقة كامنة ميكروسكوبية وطاقة حركية ميكروسكوبية.

3 ▪ وحدة الطاقة هي الجول ويرمز له بالحرف (J).

4 ▪ الكيلو واط ساعي KWh

نعلم أن : 1كيلو $1K=10^3$ ، 1 ساعة = $1h = 3600s$

$$1KWh = 10^3W \times 3600s = 3{,}6.10^6W.S$$

لكن الجداء $watt \times seconde$ هو $1J$

لأن وحدة إستطاعة × وحدة زمن = وحدة طاقة وهى الجول

إذن: $\boxed{1W.S = 1J}$ ومنه : $\boxed{1KW.h = 3{,}6.10^6J}$

مكافئ الطن البترولي (tep)

$1tep$ = مكافىء الطن البترولي وهي الطاقة الناتجة عن احتراق 1طن من البترول

$$\boxed{1tep = 4{,}2.10^{10}J}$$

التمرين 2

صنف الجمل التالية حسب الطاقة المختزنة فيها

1 ▪ ماء جمع في سد، 2 ▪ ماء يجري في واد
3 ▪ جزيئات ماء داخل حوض 4 ▪ كرة قدم تتحرك فوق أرضية ملعب
5 ▪ جملة كرة (قدم-أرض) 6 ▪ غاز طبيعي، بترول
7 ▪ نابض متقلص 8 ▪ صاروخ يدور حول الأرض
9 ▪ جملة صاروخ – أرض 10 ▪ مادة (مادة متفجرة)
11▪ الشمس . 12 ▪ بطارية 13▪ قطعة لحم.

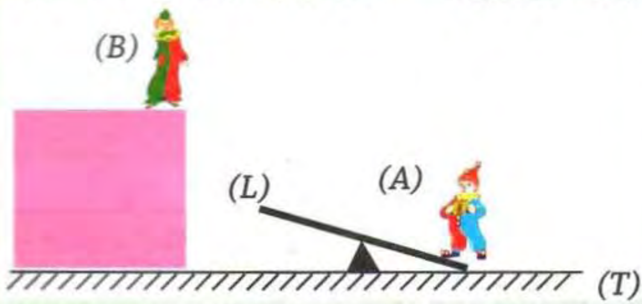
الحل

* تصنف الطاقة المخزنة إلى طاقة حركية Ec، طاقة كامنة Ep، طاقة داخلية Ei.
* ننبه إلى أنّ كل جملة في حالة حركة بالنسبة لمرجع معين، لها طاقة حركية بالنسبة لهذا المرجع.
* كل جسم مع الأرض يمثل جملة وهذه الجملة تملك على الأقل طاقة كامنة ثقالية Epp، فإذا كانت لها سرعة بالنسبة لمرجع كانت لها أيضا طاقة حركية Ec.
* كل جملة لها نابض متقلص أو في حالة استطالة، لها طاقة كامنة مرونية (Epe).
* الوقود (غاز طبيعي، بترول، ...) له طاقة داخلية Ei (طاقة كيميائية).
* الأغذية (خبز، لحم، سكر،...) لها طاقة داخلية Ei (طاقة كيميائية).
* البطارية لها طاقة كيميائية (طاقة داخلية Ei).
* الشمس لها طاقة نووية (طاقة داخلية Ei).
- المتفجرَات (TNT) لها طاقة كيميائية (طاقة داخلية Ei).

Ei	Ep	Ec	الجملة
13 - 12 - 11 - 10 - 6 - 3	9 - 7 - 5 - 1	9 - 8 - 5 - 4 - 2	الميكانيكية

التمرين 3

إحدى اللعب البهلوانية التي يجريها شخصان (A) و (B) في سيرك ممثله في الشكل المقابل



1 ■ ماهي شكل الطاقة المخزنة في الجملة (أرض (T)- بهلواني (B))؟

2 ■ أ • عندما يقفز البهلواني (B)، ماهو الشكل الجديد للطاقة المخزنة للجملة $(B+T)$ لحظة لمس البهلواني (B) للخشبة (L)؟

ب • بإهمال ضياع الطاقة للجملة $(B+T)$، هل يمكن اعتبار بقاء الطاقة الميكانيكية $(EC+EPP)$للجملة محفوظة وهل أن الطاقة الكلية بها محفوظة؟

ج • إذا لم نهمل ضياع الطاقة للجملة $(B+T)$ أيّ طاقة يمكن إعتبارها محفوظة؟

3 ■ أ• عندما يلمس البهلواني (B) الخشبة (L) ، يغادر البهلواني (A) الخشبة، ماهي الطاقة التي يمتلكها (المخزنة) هذا الأخير حينئذ؟

ب • ماهي الطاقة التي تختزنها الجملة $(T+A)$ عندما يصل البهلواني (A) إلى أقصى ارتفاع له؟

الحل

1 ■ شكل الطاقة المخزنة في الجملة $(T+B)$:

هذه الجملة $(T+B)$ ساكنة بالنسبة لمعلم سطحي أرضي، ولذا فإن طاقتها الحركية معدومة، لكنها بالمقابل تملك طاقة كامنة ثقالية (Epp).

2 ■ أ • شكل الطاقة الحركية في الجملة $(T+B)$:

في هذه المرة البهلواني (B) اكتسب سرعة نتيجة قفزه باتجاه الخشبة (L).
وعليه فإن للجملة طاقة حركية Ec وطاقة كامنة ثقالية Epp

ب • نعم، بإهمال ضياع الطاقة يمكن اعتبار الطاقة الميكانيكية $(EC+EPP)$ للجملة $(B+T)$ محفوظة فالطاقة الكلية دوماً محفوظة، سواء كانت هناك طاقة ضائعة أم لا !

ج • إذا لم نهمل ضياع الطاقة للجملة $(B+T)$ ، فإن الطاقة الميكانيكية لا تكون محفوظة بل الطاقة الكلية هي التي تكون محفوظة.

3 ▪ أ • لحظة مغادرة البهلواني (A)الخشبة، يكون له سرعة، وبالتالي طاقة حركية (Ec_1)، أما طاقته الكامنة الثقالية فهي غير معرفة أصلاً لأن الطاقة الكامنة الثقالية Epp تعرف دائماً بجملة $(T+A)$ وإذا نزعت الأرض (T) من هذه الجملة (الجملة A فقط) فإننا لا نتكلم عن طاقة كامنة ثقالية للجملة (A).

ب • عندما يصل البهلواني (A) إلى أقصى ارتفاع له فإن سرعته تنعدم وبالتالي طاقته الحركية $Ec_2=0J$

أما الطاقة الكامنة للجملة $(T+A)$فهي الطاقة الكامنة الثقالية (Epp_2).

التمرين 4

1 ▪ اختر أفعال الحالة وأفعال الأداء المناسبة في التحولات الطاقوية التي تحدث من الماء المخزن في السد إلى المحطة الكهرومائية إلى المصباح الكهربائي في البيت الممثلة في الوثيقة المرفقة.

- في محطة كهرومائية (يسقط/يدور) الماء المخزن في السد على العنفة فيؤدي إلى (سحبها/تدويرها) فتعمل هذه الأخيرة على (سحب/تدوير) المنوّب، بدوره المنوّب (يسخن/يغذى) المصباح وبدوره المصباح (يلمع/يتقدم) ويعمل على (إضاءة / تسخين، تغذية) الغرفة.

2 ▪ أعط نموذجا لكل من السلسلة الوظيفية والسلسلة الطاقوية لهذه الوثيقة.

الحل

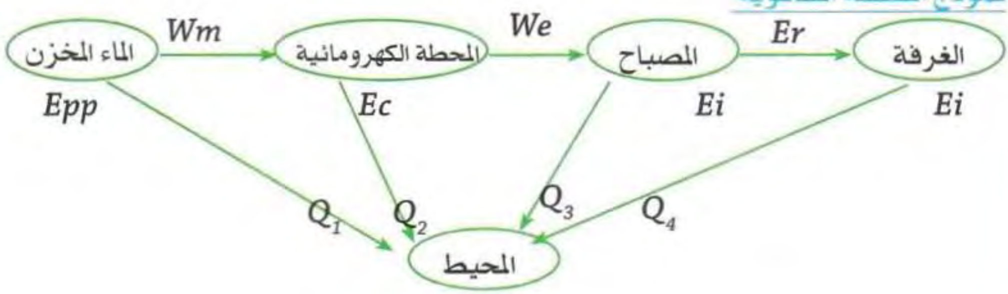
1 ▪ في محطة كهرومائية (يسقط) الماء المخزن في السد على العنفة فيؤدي إلى (تدويرها)، فتعمل هذه الأخيرة على (تدوير) المنوب، بدوره المنوب (يغذى) المصباح وبدوره المصباح (يلمع) ويعمل على (إضاءة وتسخين) الغرفة.

2 ▪ نموذج السلسلة الوظيفية

✓ ملاحظة هامة:

* في هذه السلسلة الوظيفية قفزنا على "خيوط التوزيع الكهربائي والأعمدة " فهي ليس لها دور خاص سوى نقل الكهرباء من المحطة الكهرومائية إلى المنازل، لأن المحطة الكهرومائية هي التي تزوّد المصباح بالكهرباء وليس خطوط التوزيع الكهربائي.

نموذج السلسلة الطاقوية



التمرين 5

حدّد السلسلة الوظيفية والطاقوية لكل حالة :

1 ▪ شخص يقذف كرة قدم.

2 ▪ موقد يسخن ماء.

3 ▪ مأخذ يغذى مكواة.

4 ▪ مصباح يضيء غرفة.

الحل

تحديد السلسلة الوظيفية والطاقوية لكل حالة :

1 ■ السلسلة الوظيفية

الشخص (يتراجع) $\xrightarrow{\text{يقذف}}$ الكرة (تتحرك)

■ السلسلة الطاقوية

الشخص (Ei) $\xrightarrow{Wm}$ الكرة (Ec)

2 ■ السلسلة الوظيفية

الموقد (يحترق) $\xrightarrow{\text{يسخن}}$ الماء (يسخن)

■ السلسلة الطاقوية

الموقد (Ei_1) $\xrightarrow{Q}$ الماء (Ei_2)

3 ■ السلسلة الوظيفية

المأخذ $\xrightarrow{\text{يغذي}}$ المكواة (تسخن)

■ السلسلة الطاقوية

المأخذ (Ei_1) $\xrightarrow{We}$ المكواة (Ei_2)

4 ■ السلسلة الوظيفية

المصباح (يلمع) $\xrightarrow{\text{يضيء}}$ الغرفة (تسخن)

■ السلسلة الطاقوية

المصباح (Ei_1) $\xrightarrow{Er}$ الغرفة (Ei_2)

التمرين 6

أعط السلسلة الوظيفية ، ثم السلسلة الطاقوية للظواهر التالية وهذا باقتراح إحدى الحلول الممكنة

1 ■ إشتعال مصباح بفعل سقوط جسم.

2 ■ اشتعال مصباح انطلاقا من ماء الحنفية.

3 ■ اشتعال مصباح بواسطة قارورة غاز.

4 ■ من الغذاء إلى مصباح الدراجة .

5 ■ من المحطة الكهروحرارية إلى مصباح غرفة.

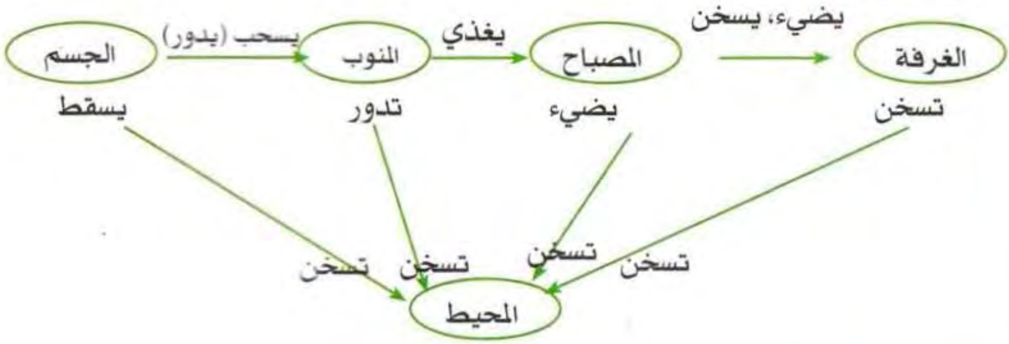
الحل

1 ▪ اشتعال مصباح بفعل سقوط جسم

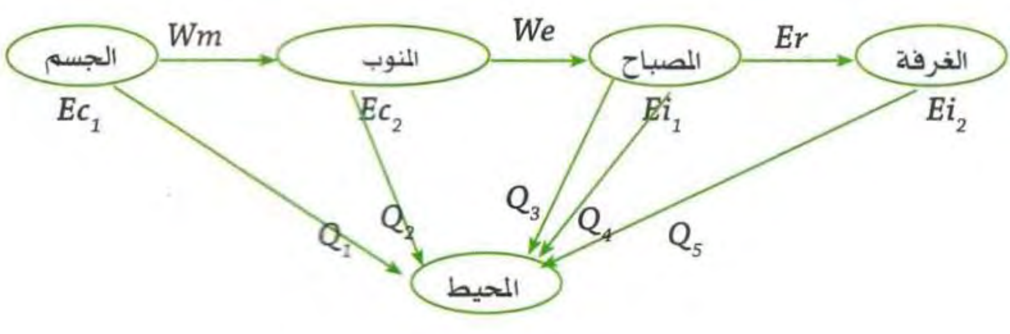
الحل المقترح : نقترح الحل الممكن لذلك بالوثيقة 1 المرفقة

الوثيقة 1

- السلسلة الوظيفية

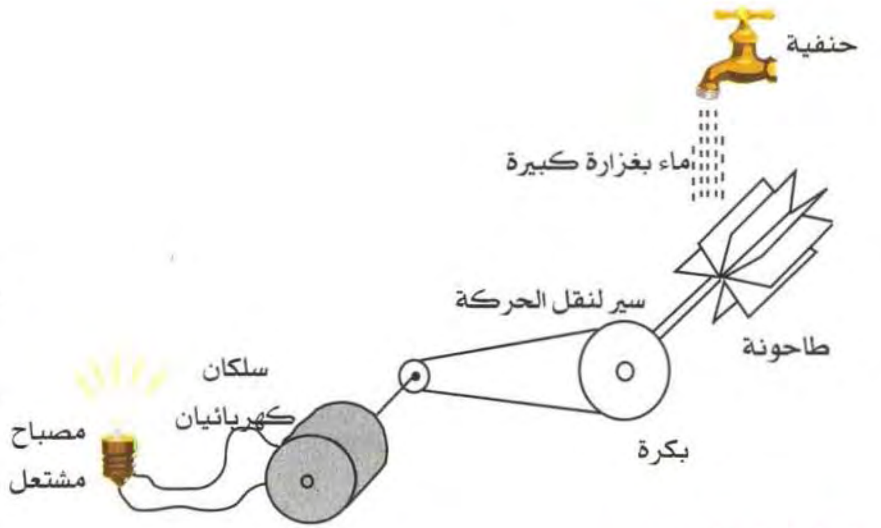


- السلسلة الطاقوية



2 ■ اشتعال مصباح غرفة انطلاقا من ماء حنفية

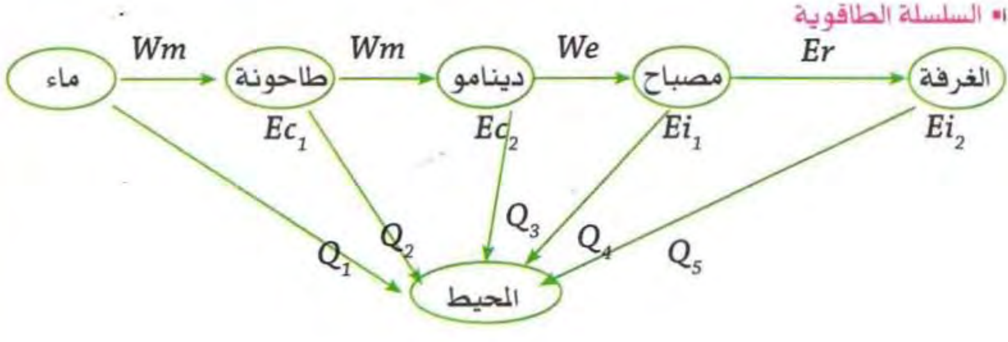
الحل المقترح ممثل في الوثيقة 2 المرفقة



الوثيقة 2

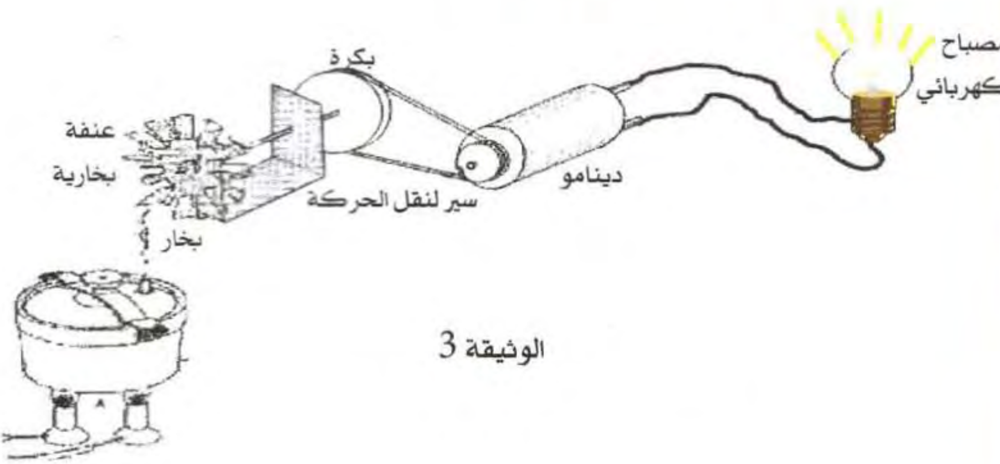
■ السلسلة الوظيفية

■ السلسلة الطاقوية



3 ◘ اشتعال مصباح بواسطة قارورة غاز

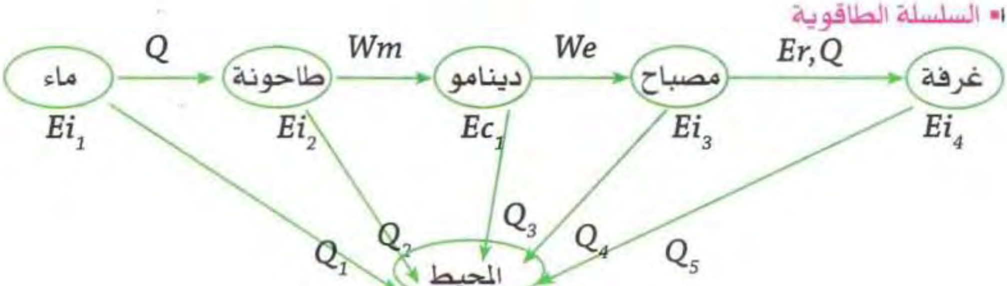
الحل المقترح: الحل الممكن لذلك نمثله في الوثيقة 3



الوثيقة 3

▪ السلسلة الوظيفية

▪ السلسلة الطاقوية



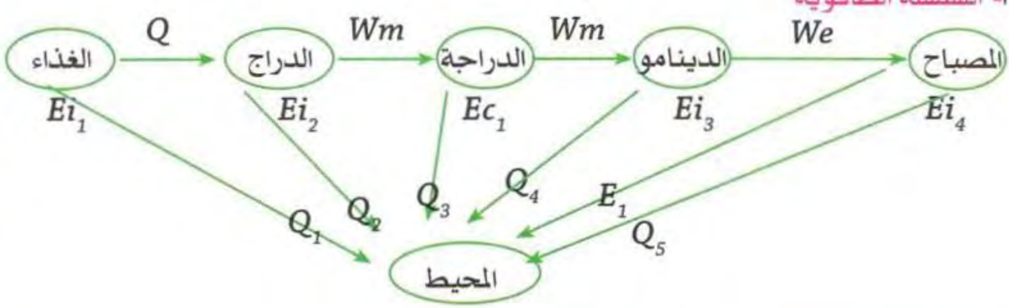
4 ■ من الغذاء إلى مصباح الدراجة

الحل المقترح

الوثيقة 4

■ السلسلة الوظيفية

■ السلسلة الطاقوية

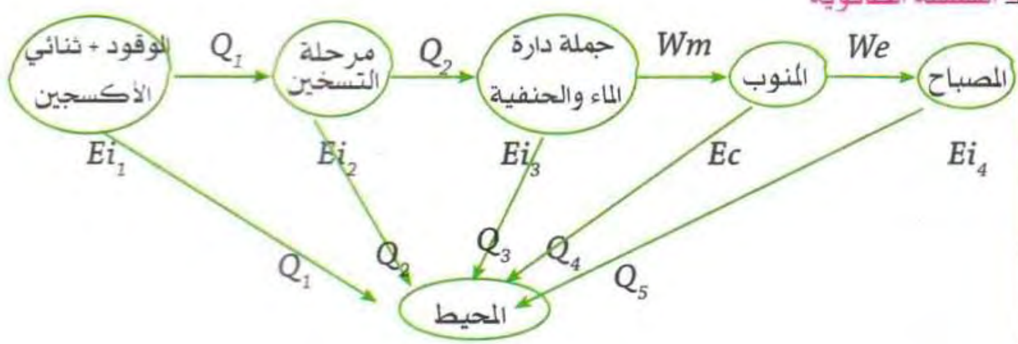


5 ■ من المحطة الكهروحرارية إلى مصباح غرفة

الوثيقة 5

- السلسلة الوظيفية

- السلسلة الطاقوية



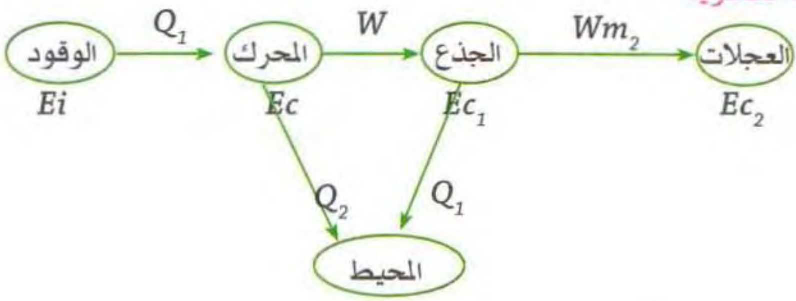
التمرين 7

أعط السلسلة الوظيفية والطاقوية لحركة سيارة نتيجة إحتراق الوقود .

الحل

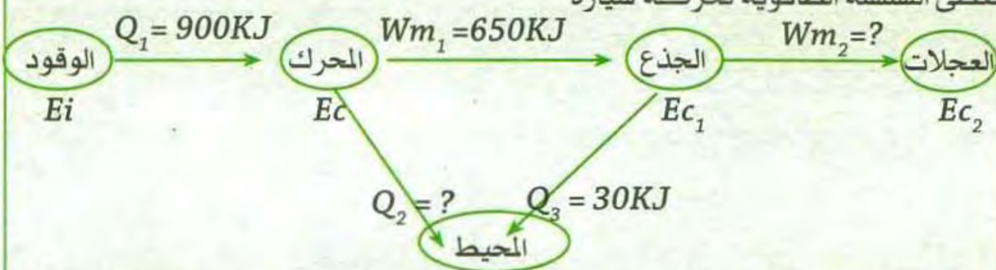
- السلسلة الوظيفية

- السلسلة الطاقوية



التمرين 8

تعطى السلسلة الطاقوية لحركة سيارة



1 - باستعمال مبدأ انحفاظ الطاقة أحسب Q_2.

2 - أحسب التحويل الميكانيكي Wm_2.

3 - استنتج قيمة الطاقة الكلية الضائعة .

4 - استنتج المردود η لهذه السلسلة الطاقوية.

الحل

1 - حساب التحويل الحراري Q_2 من المحرك إلى المحيط

حسب مبدأ إنحفاظ الطاقة الكلية $Q_1=Wm_1+Q_2$ إذن : $\boxed{Q_2=Q_1 - Wm_1}$

نعوض فنجد : $\boxed{Q_2=250KJ}$ ، $Q_2 = 900 - 650$

2 - حساب التحويل الميكانيكي Wm_2

حسب مبدأ إنحفاظ الطاقة $\boxed{Wm_2=Wm_1 - Q_3}$ ، $Wm_2+Q_3=Wm_1$

نعوض فنجد : $Wm_2=650 - 30$ ، إذن : $\boxed{Wm_2=620KJ}$

3 ◄ استنتاج قيمة الطاقة الكلية الضائعة

الطاقة الضائعة هي الطاقة التي يحدث لها تحويل حراري إلى المحيط

إذن :

$$Q = Q_2 + Q_3$$

$$Q = 250+30$$

$$\boxed{Q = 280KJ}$$

4 ◄ استنتاج قيمة الطاقوي للسلسلة الطاقوية

نعلم أن المردود يعطى بالعبارة

$$\eta = \frac{\text{الطاقة المفيدة}}{\text{الطاقة الكلية}} = \frac{Wm_2}{Q} = \frac{620}{900} \cong 0,689$$

$$\boxed{\eta = 0,689 = 68,9\%}$$

التمرين 9

نعتبر الجملة المؤلفة من (كوكب الأرض)

1 ◄ ما مصدر طاقتها؟

2 ◄ حدد نمط تحويل الطاقة التي تصل إلى الأرض.

3 ◄ ماهي أشكال الطاقة التي تحدث في هذه الجملة؟

4 ◄ هل يمكن اعتبار إذن الجملة معزولة طاقويا؟

5 ◄ باعتبار دوران الأرض حول الشمس

أ • هل للأرض طاقة حركية Ec ؟ إن كان جوابك نعم بالنسبة لأي معلم.

ب • هل للأرض طاقة كامنة ثقالية Epp ؟

إن كان جوابك لا، فماهي الجملة الجديدية التي تختارها، حتى نعتبر وجود طاقة كامنة ثقالية لهذه الجملة الجديدية.

الحل

1 ◄ مصدر طاقة الأرض هي الشمس.

2 ◄ نمط التحويل إشعاعي (Er) وحراري (Q)

3 ◄ السلسلة الطاقوية لطاقة الارض

4 ◂ لا يمكن إعتبار جملة الأرض جملة معزولة طاقويا لأنها تضيّع طاقة عن طريق الاشعاع Er_2 والحرارة (Q_2) .

5 ◂ أ • بما أن الأرض تدور حول الشمس، فلها إذن سرعة دوران بالنسبة للشمس وبالتالي طاقة حركية Ec .

-تقاس سرعة الأرض حول الشمس بالنسبة لمعلم مركزي شمسي(هيليومركزي).

ب • ليس لجملة الأرض طاقة كامنة ثقالية Epp

إلا إذا اعتبرنا جملة جديدة هي (الشمس-الأرض) عندها نتكلم عن طاقة كامنة ثقالية Epp للأرض.

التمرين 10

تنطلق عربة من الموضع (A) بدون سرعة ابتدائية من أعلى مستو مائل. في الموضع (B) تصطدم بنابض وتلتحم معه، فيحدث إنضغاط أعظمى x_0 له، مع $BC=x_0$ كما هو موضح في الشكل المقابل. يهمل الاحتكاك ويفترض أن الطاقة الداخلية Ei للجملة تبقى ثابتة.

1 ◂ ماهي سرعة العربة في الموضع (C) بالنسبة لمعلم أرضي؟

2 ◂ عين في المواضع (A) ، (B) ،(C) أشكال الطاقة، وأنماط تحويلها بالنسبة للجملة التالية : أ • العربة ب • العربة + الأرض

جـ• العربة + النابض د • العربة + النابض + الأرض

3 ◂ مثّل الحصيلة الطاقوية لجملة (العربة + النابض + الأرض) بين الموضعين (A) و (B)، ثم بين الموضعين (B) و (C).

الحل

1 ◂ سرعة العربة في الموضع (C) :

في نص التمرين نجد المصطلح التالي :

يحدث انضغاط أعظمى للنابض $BC=x_0$ يعنى أن النابض يتوقف انضغاطه في الموضع (C) وهذا لا يحدث إلا إذ انعدمت سرعة العربة في الموضع (C) ،

أي : $\boxed{V_c=0m/s}$

2 ■ تعيين أشكال الطاقة، وأنماط تحويلها :

أ • بالنسبة لجملة (العربة)

• في الموضع A : انطلقت العربة بدون سرعة ابتدائية معناه $V_A=0m/s$ ، وبالتالي $.Ec_A=0J$

• وليس للعربة طاقة كامنة ثقالية Epp إلا إذا قلنا جملة (العربة-الأرض) وعليه لا نتكلم أصلا عن Epp و من الخطأ أن نقول أن $Epp=0J$.

• تبقى الطاقة الميكروسكوبية (E_{mic}) للعربة أو ما يعرف بالطاقة الداخلية Ei

في الموضع A توجد طاقة داخلية Ei

• في الموضع B : انطلقت العربة أثناء هبوطها ووصولها إلى النقطة (B) ، سرعة V_B، وبالتالي تكون قد خزنت طاقة حركية Ec_B .

في الموضع B للعربة طاقة $(Ec_B + Ei)$

• في الموضع C : انعدمت سرعة العربة $V_C=0m/s$ وبالتالي فقدت طاقتها الحركية وبقيت فقط طاقتها الداخلية.

في الموضع C للعربة طاقة Ei

نمط التحويل :

⋆ من (A) إلى (B) تحويل ميكانيكي (Wm_1) وهو موجب $(Wm_1>0)$ لأن العربة اكتسبت طاقة.

⋆ من (B) إلى (C) تحويل ميكانيكي (Wm_2) وهو سالب $(Wm_1<0)$ لأن العربة فقدت طاقة.

ب • بالنسبة لجملة (العربة + الأرض)

• في الموضع A : $Ec_A=0J$ ، أما الطاقة الكامنة الثقالية فنتكلم عنها في هذه الجملة ، إذن : Epp موجودة.

في الموضع (A) لجملة (العربة + الأرض) طاقة $(Epp + Ei)$

• في الموضع B : $Ec_B\neq 0, Epp=0J$

في الموضع (B) لجملة (العربة + الأرض) طاقة (Ep_B+Ei)

• في الموضع C $Ec_B=0J$, $Epp_B=0$ ولا نتكلم عن الطاقة المرونية (Epe) لأنها تابعة للنابض والنابض غير داخل في هذه الجملة .

في الموضع (C) لجملة (العربة + الأرض) طاقة Ei

جـ • بالنسبة لجملة (العربة + النابض)

• في الموضع A : النابض في طوله الطبيعي، لم يحدث له لا تقلص ولا استطالة ؟

إذن: $Ep_e=0J$ ، وأيضا $Ec_A=0J$ ، ولا نتكلم عن Epp_A

في الموضع (A) لجملة (العربة + النابض) طاقة Ei

• في الموضع B : $Ec_B \neq 0J$, $Ep_e=0J$

في الموضع (B) لجملة (العربة + النابض) طاقة (Ec_B+Ei)

$Ep_e \neq 0J$, $Ec_c=0J$

في الموضع (C) لجملة (العربة + النابض) طاقة (Ep_e+Ei)

• بالنسبة للجملة (العربة + الأرض + النابض)

في الموضع (A) لهذه الجملة طاقة (Epp_A+Ei)

في الموضع (B) لهذه الجملة طاقة (Ec_B+Ei)

في الموضع (C) لهذه الجملة طاقة (Ep_e+Ei)

✓ ملاحظة هامة:

⋆ يمكن وضع $Ei=0J$ وبالتالي تنزع Ei في كل الحالات السابقة.

3 ■ تمثيل الحصيلة الطاقوية لجملة (العربة + الأرض + النابض)

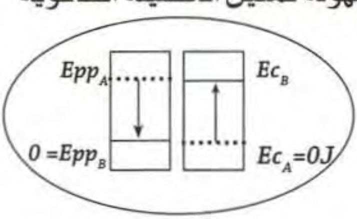
• بين الموضعين (A) و (B)

تمثل الحصيلة الطاقوية بفقاعة عمودية كما يلي ، وتدرج فيها أعمدة الطاقة.

⋆ نعتبر الطاقة الداخلية معدومة $Ei=0J$ وهذا قصد سهولة تمثيل الحصيلة الطاقوية

⋆ الطاقة الكامنة الثقالية : تتناقص

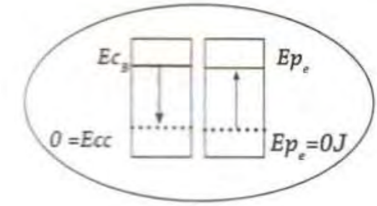
⋆ الطاقة الحركية : تتزايد



• بين الموضعين (B) و (C) :

★ الطاقة الحركية : تتناقص

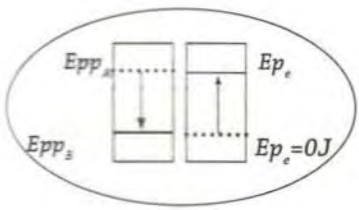
★ الطاقة الكامنة المرونية : تتزايد



• بين الموضعين (A) و (C) :

★ الطاقة الحركية : تتناقص

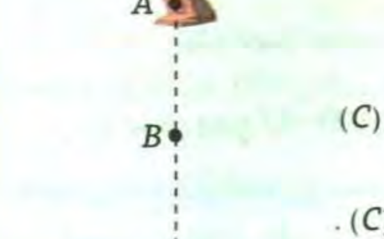
★ الطاقة الكامنة المرونية : تتزايد



التمرين 11

تسقط قطعة حجر من الموضع (A) فتمَر بالموضع (B) ، لتسقط على الأرض في الموضع (C) (الشكل)

يفترض في كل التمرين أن الطاقة الداخلية Ei للحجر ثابتة بين (A) و (C)



أ • باعتبار الجملة (الحجر + الأرض)

1 حدّد أشكال طاقة الجملة في المواضع (A) ، (B) و (C) لحظة السقوط.

2 مثّل الحصيلة الطاقوية لهذا بين الموضعين (A) و (C) .

ب • باعتبار الجملة (الحجر)

أعد الإجابة عن السؤالين السابقين 1 و 2 .

جـ• بعد سقوط الحجر وسكونه بالنسبة للأرض أين تذهب طاقته؟

اشرح باختصار، وبيّن أنه لا يمكن الإستمرار في فرضية بقاء الطاقة الداخلية للحجر ثابتة.

الحل

أ • بالنسبة للجملة (الحجر + الأرض)

1 ■ تحديد أشكال الطاقة

• في الموضع A : $Ei , Epp_A \neq 0J , Ec_A = 0J$

• في الموضع B : $Ei , Epp_B , Ec_B \neq 0J$

• في الموضع C : (لحظة السقوط) : $Epp_c = 0J , Ei , Ecc$

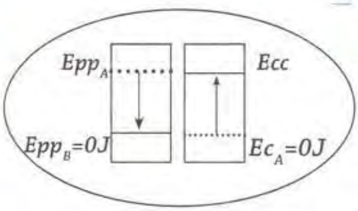
✓ ملاحظة هامة:

⋆ يمكن اعتبار $Ei = 0J$ ، وبالتالي تنزع (Ei)من أشكال الطاقات السابقة.

2 ■ تمثيل الحصيلة الطاقوية بين الموضعين (A) و (B)

⋆ الطاقة الكامنة الثقالية : تتناقص

⋆ الطاقة الحركية : تتزايد



ب • بالنسبة لجملة (الحجر)

1 ■ تحديد أشكال الطاقة

• في الموضع A : $Ei , Ec_A = 0J$

ولا نتكلم عن Epp لأننا في هذه الجملة لم ندخل (الأرض)

• في الموضع B : Ei , Ec_B

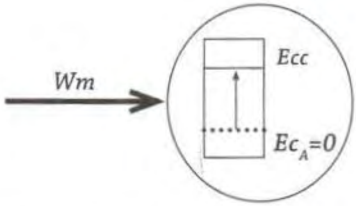
لاحظ أن Ei في الموضع (A) هي نفسها Eiفي الموضع (B) لأنها ثابتة حسب نص التمرين.

• في الموضع C : (لحظة السقوط) : Ei , Ecc

2 ■ الحصيلة الطاقوية :

لاحظ هنا أن الأرض غير داخله في جملة (الحجر) وبالتالي تعتبر الأرض جملة خارجية، تعطى تحويلاً ميكانيكياً Wm إلى جملة الحجر، وهذا التحويل الميكانيكي (الناتج أصلا عن قوة جذب الأرض للحجر) هو الذي يجعل الحجر يسقط باتجاه الأرض فتتزايد طاقته الحركية (Ec).

لذا نمثل الحصيلة الطاقوية كما يلي:



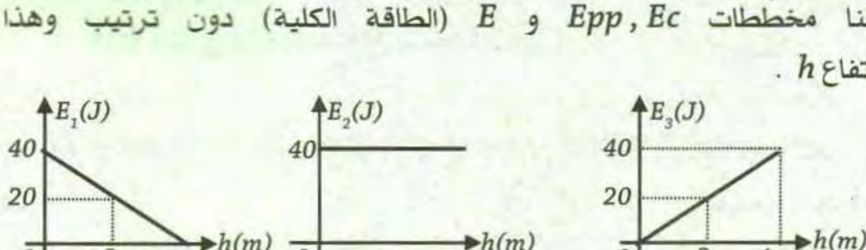
جـ • بعد سقوط الحجر على سطح الأرض وسكونه بالنسبة إليها، يحدث تحويل حراري على كل من الأرض والحجر نفسه، فترتفع درجة حرارة هذا الأخير. وعليه تزداد طاقته الحركية الميكروسكوبية Ec_{mic}، وأيضا Ep_{mic} لاقتراب وابتعاد جزيئاته عن بعضها البعض (الاقتراب أو الابتعاد في حدود أبعاد الجزيئات والذرات وهو $10^{-10}m$ وعليه فإن طاقته الداخلية (Ei) ستزداد وبالتالي لا يمكن قبول افتراض بقائها ثابتة.

التمرين 12

يترك جسم ليسقط من ارتفاع $h=4m$ فوق سطح الأرض بدون سرعة ابتدائية.

نعتبر أن الطاقة الداخلية Ei للجسم ثابتة.

مثلنا مخططات Epp , Ec و E (الطاقة الكلية) دون ترتيب وهذا بدلالة الارتفاع h .



1 ▪ حدد لكل منحنى الطاقة المناسبة له، مع التّعليل .

2 ▪ هل أن طاقة الجملة (جسم-أرض) محفوظة؟ وهل هي معزولة طاقويا؟ برر إجابتك.

3 ▪ مثّل الحصيلة الطاقوية للجملة على ارتفاع $h=2m$.

الحل

1 ▪ تحديد الطاقة المناسبة لكل مخطط:

◈ نعلم أن الطاقة الكامنة الثقالية Epp لجملة (جسم - أرض) تكون أكبر ما يمكن إذا كان الارتفاع h أكبر ما يمكن وتصبح معدومة $(Epp=0J)$ عندما ينعدم الارتفاع $(h=0m)$.

(وهذا على اعتبار أن الأرض هي المستوى المرجعي للطاقة الكامنة الثقالية) هذه النتائج تتوافق مع منحنى (E_3) . إذن : $\boxed{E_3=Epp}$

• وأما الطاقة الحركية Ec للجسم فتكون منعدمة $(Ec=0J)$ في أعلى ارتفاع $h=4m$، وتتزايد . قيمتها كلما هبط الجسم مسافة أكبر، وبالتالي كلما نقص ارتفاعه (h) عن سطح الأرض، وتصبح أعظم ما يمكن $Ec=40J$ عندما ينعدم الارتفاع أي : $(h=0m)$ ، وعليه فإن

المنحنى E_1 يتوافق مع Ec إذن : $\boxed{E_1=Ec}$

◈ نلاحظ أن ثابت = E_2 ، مهما كان الارتفاع وهذا لا ينطبق إلا على الطاقة الكلية E . إذن المنحنى E_2 يمثل الطاقة الكلية E $\boxed{E_2=E}$

2 ▪ تعطى معادلة الطاقة الكلية كما يلي : $E=Ei+Ec+Epp$

• في أعلى ارتفاع $(h=4m)$: $Epp=40J$ (أنظر بيان E_3)

$Ec=0J$ (أنظر بيان $E1$)

إذن : $E=Ei+40+0$ $\boxed{E=Ei+40}$

• في أخفض ارتفاع $h=0m$:

$Epp=0J$ ، $Ec=40J$ إذن : $\boxed{E=Ei+40}$

نلاحظ أن (E) ثابتة لأن E الابتدائية = E النهائية فالجملة إذن محفوظة وبالتالي فهي معزولة طاقويا.

تمثيل الحصيلة الطاقوية على ارتفاع $h=2m$:

على هذا الاتفاع نجد من المنحنى E_3 أن : $Epp=20J$

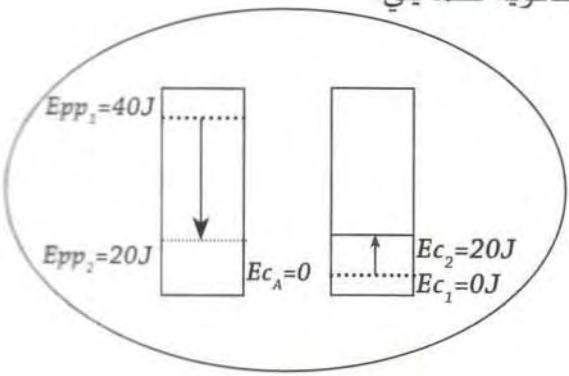
ومن المنحنى E_1 ، أيضا نجد : $Ec=20J$

وهكذا نلاحظ أنه بين الارتفاعين $h=4m$ و $h=2m$

فإن : $Epp_1 = 40J \longrightarrow Epp_2=20J$

وأن : $Ec_1 = 0J \longrightarrow Ec_2=20J$

لذا تأتي الحصيلة الطاقوية كما يلي:



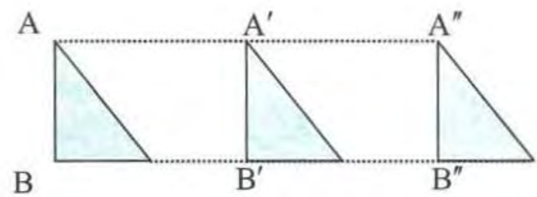
الوحدة 2 ❖ العمل والطاقة الحركية الانسحابية $Ec.W$

1 الحركة الإنسحابية لجسم صلب

تعريف

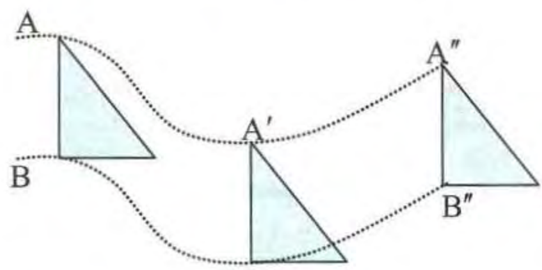
تكون الحركة إنسحابية لجسم صلب إذا بقيت مسارات مختلف نقاطه موازية لبعضها البعض أثناء كل الحركة.

مثال1 :



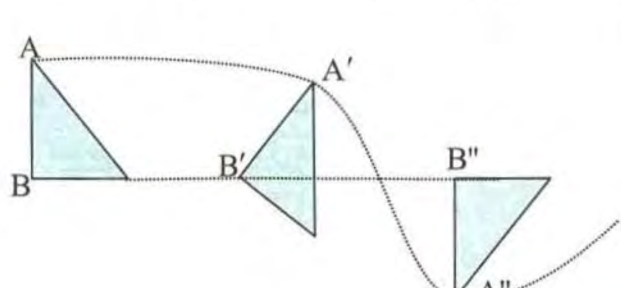
المسار $AA'A''$ يوازي المسار $BB'B''$ إذن فالحركة مستقيمة انسحابية.

مثال2 :



المسار $AA'A''$ يوازي المسار $BB'B''$ إذن فالحركة منحنية انسحابية.

مثال3 :



المسار $AA'A''$ لا يوازي المسار $BB'B''$ إذن فالحركة ليست إنسحابية.

* نتيجة :
كل نقاط الجسم الصلب الذي يتحرك حركة إنسحابية لها مسار متوازي وبالتالي لها نفس السرعة $\vec{V}$. لذا عند دراسة حركة هذا الجسم نختار نقطة كيفية منه وندرسها وكأننا بذلك درسنا حركة كل هذا الجسم، ونقول إن لهذا الجسم الصلب سرعة $\vec{V}$ بالنسبة لمعلم معين.

2 عمل قوة ثابتة (حالة الحركة اللاانسحابية)

2 1 مفهوم عمل القوة:

نقول عن قوة أنها انجزت عملاً إذا سببت انتقالا للجسم الذي تؤثر فيه، أو أن نقطة تأثير هذه القوة انتقلت.

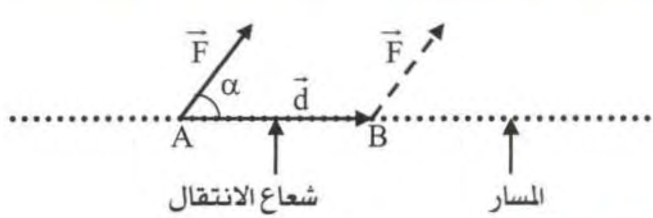
* نتيجة : العمل يتطلب قوة وانتقالا.

2 2 عمل قوة ثابتة في حالة حركة انسحابية:

تعريف

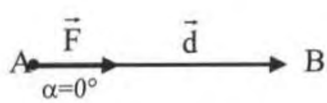
عمل قوة ثابتة $\vec{F}$ ثابتة عندما تنتقل نقطة تطبيقها وفق مسار مستقيم AB يعطى بالعبارة التالية : $W_{AB}(\vec{F}) = F.d\cos\alpha$

حيث : d هو الانتقال $\overrightarrow{AB}$ ، α هي الزاوية بين $\vec{F}$ و $\overrightarrow{AB}$



2 3 حالات خاصة:

■ العمل المحرك



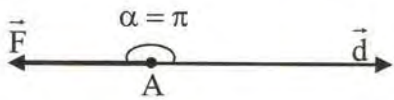
إذا كان حامل القوة $\vec{F}$ يوازي حامل الانتقال $\overrightarrow{AB}$ وفي نفس جهته فإن: $\alpha = 0$

وبالتالي : $\cos 0 = 1$ نعوض في عبارة العمل فنجد : $W_{AB}(\vec{F}) = Fd\cos 0$

إذن : $\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = +Fd}$

نلاحظ أن $W_{AB}(\vec{F})$ موجب ، لذا نقول عنه أنه عمل محرك .

▪ العمل المقاوم

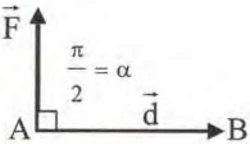


إذا كان حامل $\vec{F}$ // $\overrightarrow{AB}$ ولهما جهتين متعاكستين فإن: $\alpha = \pi$ مع $\cos\pi = -1$

ومنه : $W_{AB}(\vec{F}) = Fd(-1)$ $\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = -Fd}$

نلاحظ أن $W_{AB}(\vec{F})$ سالب، لذا نقول عنه أنه **عمل مقاوم**

▪ العمل المعدوم



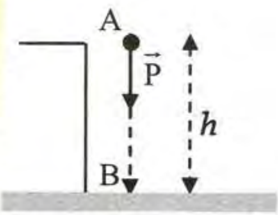
إذا كان حامل $\vec{F} \perp \overrightarrow{AB}$ فإن : $\alpha = \frac{\pi}{2}$

ومنه : $\cos\frac{\pi}{2} = 0$

إذن : $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} d \cos\frac{\pi}{2} = Fd(0)$ $\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = 0J}$

فالعمل معدوم إذا كان حامل القوة عمودياً على حامل الانتقال.

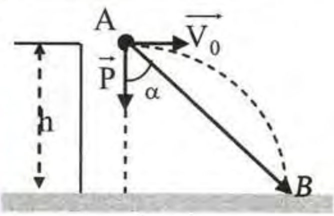
2 4 عمل قوة الثقل $\vec{P}$:



• حالة الانتقال الشاقولي نحو الأسفل :

$W_{AB}(\vec{P}) = P.h\cos\alpha$ لكن : $0 = \alpha$

إذن : $\cos\alpha = 1$ $\boxed{W_{AB}(\vec{P}) = P.h}$



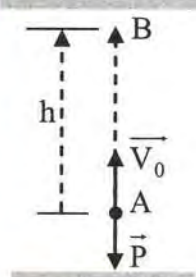
• حالة القذف الأفقي :

في هذه الحالة يكون مسار الكرة المنحنى $\widehat{AB}$

$W_{AB}(\vec{P}) = P.h.\cos\alpha$

لكن نعلم أن: $\cos\alpha = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} = \frac{h}{AB}$

إذن : $h = AB.\cos\alpha$ إذن : $\boxed{W_{AB}(\vec{P}) = P.h}$



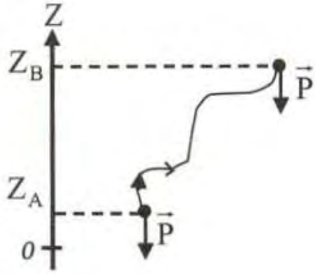
• عمل الثقل أثناء القذف الشاقولي نحو الأعلى :

نلاحظ أن $\vec{P}$ و $\vec{h}$ لهما نفس الحامل، لكنهما متعاكسان في الاتجاه.

إذن : $\boxed{W_{AB}(\vec{P}) = -Ph}$

• نتيجة :

عمل الثقل لا يتعلق بالطريق المتبع من طرف المتحرك بل يتعلق بقوة الثقل والفرق في الارتفاع H بين الموضعين.

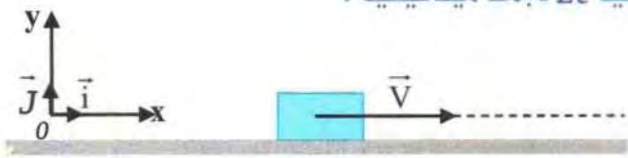


$$\boxed{W(\vec{p}) = \pm ph}$$ أو $$\boxed{W(\vec{p}) = p(Z_A - Z_B)}$$

مع $$\boxed{h = |Z_A - Z_B|}$$

- إذا هبط الجسم يكون عمل الثقل موجبا.
- إذا صعد الجسم يكون عمل الثقل سالبا.

3 - الطاقة الحركية Ec لجملة ميكانيكية :



تعريف

الطاقة الحركية لجسم كتلته M، يتحرك حركة إنسحابية بسرعة $\vec{V}$ بالنسبة لمعلم معين تعطى بالعبارة التالية : $Ec = \frac{1}{2}MV^2$

M: كتلة الجسم بـ (Kg).

$\vec{V}$: سرعة الجسم بالنسبة لمعلم الحركة بـ (m/s).

Ec : الطاقة الحركية للجسم بـ (J) .

التمرين 1

إختر الإجابة الصحيحة

1 ▪ الجسم الذي له حركة إنسحابية يتميز بـ :

أ • مسارات جميع نقاطه متوازية.

ب • مسارات جميع نقاطه مختلفة.

2 ▪ عمل قوة $\vec{F}$ ثابتة، يحدث انتقالا $\vec{d}$ لجسم يعطى بالعبارة :

أ • $W(\vec{F})=Fd.\alpha$

ب • $W(\vec{F})=Fd\cos\alpha$

جـ • $W(\vec{F})=Fd\sin\alpha$

3 ▪ الطاقة الحركية لجسم كتلته M وسرعة مركز عطالة $\vec{V}$ بالنسبة لعلم معين تعطى بالعبارة :

أ • $Ec=\frac{1}{2}M^2V^2$

ب • $Ec=\frac{1}{2}MV^2$

جـ • $Ec=\frac{1}{2}M^2V$

4 ▪ عمل الثقل $\vec{P}$ لجسم إنتقل مركز ثقله من الموضع (A) الذي ارتفاعه h عن سطح الأرض إلى الموضع (B) الذي يرتفع بـ Z_B عن سطح الأرض .يعطى بالعبارة :

أ • $W(\vec{P})=P(Z_A-Z_B)$

ب • $W(\vec{P})=P(Z_B-Z_A)$

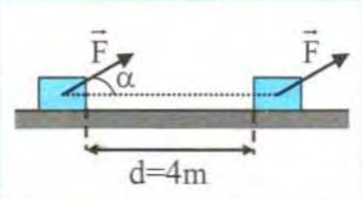
جـ • $W(\vec{P})=-P(Z_A-Z_B)$

الحل

1 ▪ أ ، 2 ▪ ب ، 3 ▪ ب ، 4 ▪ أ .

التمرين 2

جسم كتلته $M = 400g$، تؤثر فيه قوة $\vec{F}$ ثابتة قيمتها $F = 10N$، فتسبب له انتقالا $\vec{d}$ يصنع زاوية $\alpha = 20°$ مع حامل $\vec{F}$ كما هو موضح بالشكل



1 ◂ أحسب عمل القوة $\vec{F}$.

2 ◂ أحسب الاستطاعة المتوسطة لهذه القوة خلال زمن $\Delta t = 5s$.

الحل

1 ◂ حساب العمل $W(\vec{F})$ للقوة $\vec{F}$:

تعطى عبارة $W(\vec{F})$ هي : $W(\vec{F}) = F d.cos\alpha$ بالتعويض نجد :

$W(\vec{F}) = 10 \times 4 \times cos20$

$W(\vec{F}) = 40 \times 0,94$ ، $\boxed{W(\vec{F}) = 3J}$

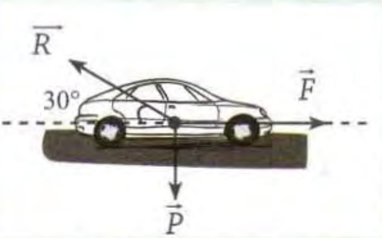
2 ◂ حساب الاستطاعة المتوسطة P لهذه القوة :

تعطى عبارة هي : $P = \frac{W(\vec{F})}{\Delta t}$ ، $P = \frac{E}{t}$ بالتعويض نجد : $P = \frac{38}{5}$

$\boxed{P \cong 7,6 Watt}$

التمرين 3

تخضع سيارة للقوى الممثلة في الشكل



1 ◂ ماذا تمثل القوى $\vec{F}$ ، $\vec{P}$ ، $\vec{R}$ ؟

2 ◂ احسب $W(\vec{F})$ و $W(\vec{P})$ و $W(\vec{R})$ علما أن السيارة تتحرك في مسار مستقيم وأن الانتقال $d = 2Km$.

تعطى كتلة السيارة $m = 1400Kg$

$F = 3.10^4N$ ، $R = 1,2 .10^4N$ ، $g = 10N/Kg$.

الحل

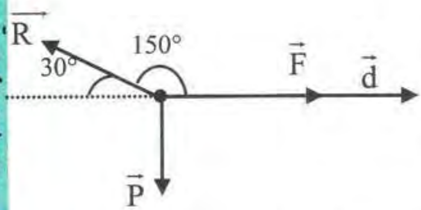
1 ■ القوة $\vec{F}$: هي قوة دفع السيارة (القوة المحركة).

القوة $\vec{P}$: هي قوة ثقل السيارة $P = mg$.

القوة $\vec{R}$: قوة التلامس، أو قوة رد فعل الطريق على السَيارة .

2 ■ حساب عمل $\vec{F}$ و $\vec{P}$ و ($\vec{R}$)

نمثل القوى الثلاثة، كما نمثل الانتقال الأفقي $\vec{d}$ حتى يسهل تعيين الزاوية (α) بين كل قوة والانتقال.



$W(\vec{F}) = F.d\cos\alpha$ ، $d = 2Km = 2000m$

حامل $\vec{F}$ يوازي حامل $\vec{d}$ وفي نفس جهته ، إذن : $\alpha = 0°$

ومنه : $W(\vec{F}) = 3.10^4 \times 2000 \times \cos 0$

$\boxed{W(\vec{F}) = 6.10^7\ J = +6.10^4\ KJ}$ الإشارة (+)تدل على أن عمل $\vec{F}$ عمل محرك .

• حساب $W(\vec{P})$:

لدينا $W(\vec{P}) = P.\cos\alpha$: لكن هنا $\alpha = \frac{\pi}{2}$ فالزاوية بين حامل $\vec{P}$ وحامل $\vec{d}$

تساوي $(\frac{\pi}{2})$ إذن : $W(\vec{P}) = P.d \times \cos\frac{\pi}{2}$

$W(\vec{P}) = P.d \times 0$ ، $\boxed{W(\vec{P}) = 0J}$

إذن عمل القوة العمودية على الانتقال معدوم

• حساب $W(\vec{R})$:

$W(\vec{R}) = R.d\cos\alpha$ ، لكن : $\alpha = 150°$ وليس $\alpha = 30°$

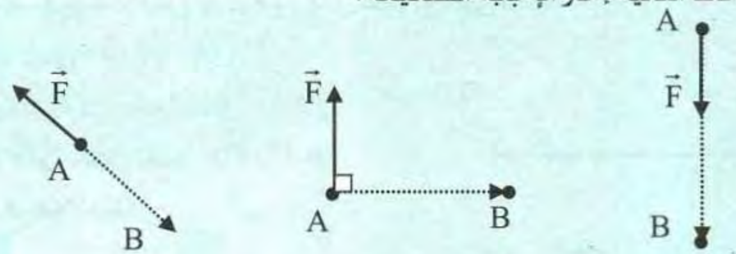
إذن :

$$W(\vec{R}) = 1,2.10^4 \times 2000\ \cos 150°$$
$$= 2,4.10^7(-0,866)$$
$$W(\vec{R}) = -2,08.10^7$$
$$\boxed{W(\vec{R}) \cong -2,1.10^7\ J}$$

الإشارة ( )تدل على أن عمل ($\vec{R}$) هو عمل مقاوم

التمرين 4

من بين الاقتراحات التالية إختر الإجابة الصحيحة.



الحالة جـ الحالة ب الحالة أ

عمل القوة $\vec{F}$ التي قيمتها $F = 5,0N$، من أجل إنتقال $\overrightarrow{AB}$ ، $AB = 50cm$

يساوي : 1 ▪ بالنسبة للحالة : $10J$. $2,5J$. $250J$

2 ▪ بالنسبة للحالة ب : $2,5J$. $0J$. $2,5J$

3 ▪ بالنسبة للحالة جـ : $-2,5J$. $250J$. $2,5J$

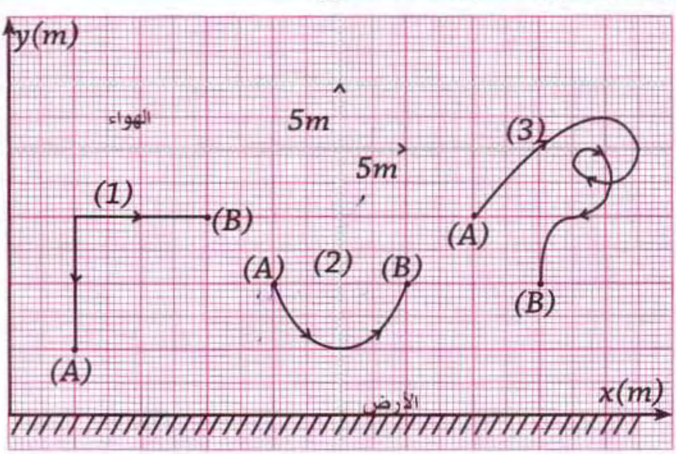
الحل

1 ▪ $\boxed{2,5J}$ 2 ▪ $\boxed{0J}$ 3 ▪ $\boxed{-2,5J}$

التمرين 5

إن الشكل المجاور يظهر المسارات (1)، (2)، (3) بين نقطتين A ، B لحركة كريّة كتلتها $(m = 100g)$ في الهواء.

أحسب عمل ثقل الكريّة في المسارات المذكورة.



الحل :

• حساب عمل الثقل في كل مسار :

يعطى قوة الثقل($\vec{P}$) أثناء الانتقال الشاقولي h بالعبارة المختصرة $W(\vec{P})=\pm Ph$

الإشارة (+) : توضع إذا كان الانتقال نحو الأعلى

الإشارة (-) : توضع إذا كان الانتقال نحو الأسفل

فعمل الثقل لا يعتمد على الطريق المسلوك، فقط يعتمد على الارتفاع الشاقولي (h). بين (A) و(B) .

• بالنسبة للمسار (1) : $W(\vec{P})=-Ph=-mgh$

h: الارتفاع الشاقولي بين (A) و(B) وهو ممثل بـ$2cm$

وحسب مقياس الرسم $1cm \longrightarrow 5m$ إذن : $h = 5 \times 2 = 10m$

نعوض فنجد : $W(\vec{P})=-0,1\times 9,8\times 10$

$\boxed{W(\vec{P})=-9,8J}$

• بالنسبة للمسار (2):

$h = 0m$ ، إذن : $\boxed{W(\vec{P})=0J}$

• بالنسبة للمسار (3) :

لا يهم نوع المسار، بل فقط الارتفاع الشاقولي بين(A) و(B) وهو هنا $R'=5m$

إذن : $W(\vec{P})=+mgh$

$= 0,1 \times 8,8 \times 5$ ، $\boxed{W(\vec{P})=4,9J}$

التمرين 6

تم تسجيل سرعة $269Km/h$ لكرة تنس كتلتها $m = 58,4\ g$.

أحسب طاقتها الحركية Ec.

الحل

* حساب الطاقة الحركية لكرة التنس

تعطى عبارة الطاقة الحركية هي :

$$\boxed{Ec=\frac{1}{2}mV^2}$$

لدينا : $V = 269Km/h$ ، نحولها إلى (m/s)فنجد : $V=\frac{269}{3,6}=74,7m/s$

نعوض فنجد : $Ec=\frac{1}{2}(58,4.10^{-3})(74,7)^2$

$$\boxed{Ec\cong 163J}$$

التمرين 7

تنطلق سيارة كتلتها $M = 1200Kg$من السكون في طريق أفقي تحت تأثير قوة محركة $\overrightarrow{F_1}$ قيمتها $F_1=3.10^3N$ تبلغ السرعة $(108Km/h)$، بعدما قطعت مسافة $d = 200m$.
نفترض أن السيارة تخضع لقوة إحتكاك $\vec{f}$ ثابتة قيمتها $f = 300N$.

1 - أحسب طاقتها الحركية (Ec_1)لحظة الانطلاق .
2 - أحسب طاقتها الحركية (Ec_2)لحظة قطعها مسافة $200m$.
3 - استنتج التغير في طاقتها الحركية (ΔEc).
4 - مَثل على مركز عطالة السيارة (c) جمَيع القوى المؤثرة فيها
5 - أ • أحسب العمل الميكانيكي لكل قوة .
ب • استنتج مجموع أعمال جميع هذه القوى $\sum W(\vec{F})$.
6 - أ • قارن بين قيمتي ΔEc و $\sum W(\vec{F})$، ماذا تستنتج؟
ب • ماذا تسمى هذه النتيجة؟ أعط نصها .

الحل

1 - حساب طاقتها الحركية Ec_1لحظة الانطلاق :

عبارة الطاقة الحركية هي : $\boxed{Ec_1=\frac{1}{2}MV_1^2}$ لكن $\vec{V}_1 = 0m/s$ ، لأن السيارة انطلقت من السكون. إذن : $\boxed{Ec_1 = 0J}$

2 ■ حساب الطاقة الحركية Ec_2:

المثل : $Ec_2=\frac{1}{2}MV_2^2$ مع $V_2 = 108Km/h$ نحول إلى (m/s)

$V_2=108\frac{Km}{h}=\frac{108}{3,6}=30m/s$ نعوض فنجد : $Ec_2=\frac{1}{2}(1200)(30)^2$

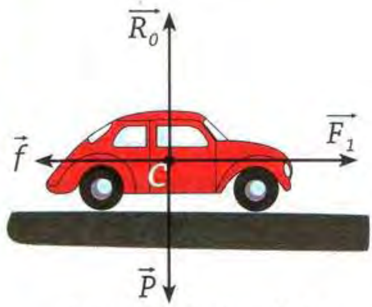
$\boxed{Ec_2 = 5,4 .10^5J}$

3 ■ حساب قيمة التغير في الطاقة الحركية ΔEc :

لدينا : $\Delta Ec = Ec_2 - Ec_1$

$\boxed{\Delta Ec = 5,4.10^5J}$ ، $\Delta Ec = 5,4.10^5-0$

4 ■ تمثيل القوى المؤثرة في السيارة :



نعتبر (c) هي مركز عطالة السيارة،

ونمثل منها القوى

$\overrightarrow{F_1}$: القوة المحركة، $\vec{f}$: قوة الاحتكاك

$\vec{P}$: ثقل السيارة

$\overrightarrow{R_0}$ المركبة الناظمية لقوة التلامس (رد الفعل)، أو ما يسمى فعل الطريق في السيارة.

5 ■ أ • حساب العمل الميكانيكي لكل قوة :

$W(\overrightarrow{F_1})=+F d=3.10^3\times200=6.10^6J$

$W(\vec{f})=-f d=-300\times200=-6.10^4J$

لاحظ أن الثقل $\vec{P}$ عمودي على الانتقال الأفقي، لذا $W(\vec{P})=0J$

لاحظ أيضا أن $\overrightarrow{R_0}$ عمودي على الانتقال الأفقي لذا $W(\overrightarrow{R_0})=0J$

ب • حساب مجموع أعمال جميع هذه القوى المؤثرة على السيارة :

$\sum W(\vec{F})=W(\overrightarrow{F_1})+W(\vec{f})+W(\vec{P})+W(\overrightarrow{R_0})$

$=6.10^5-6.10^4+0+0$

$\boxed{\sum W(\vec{F})=5,4.10^5 J}$

6 ▪ أ • المقارنة بين (ΔEc) و $\sum W(\vec{F})$:

نلاحظ أن : $\boxed{\Delta Ec = \sum W(\vec{F}) = 5,4 \, . \, 10^5 J}$

نستنتج أن : $\Delta Ec = \sum W(\vec{F})$

ب • هذه النتيجة تسمى نظرية الطاقة الحركية .

نص نظرية الطاقة الحركية

إن تغير الطاقة الحركية ΔEc لجملة تساوي مجموع أعمال جميع القوى $\sum W(\vec{F})$ المؤثرة عليها، وهذا بالنسبة لمعلم معين. بمعنى $\Delta Ec = \sum(\vec{F})$.

التمرين 8

ينفصل جُلمود صخر من قمة جبل ترتفع عن سطح الأرض $100m$.

نهمل الإحتكاك مع الهواء.

1 ▪ أحسب عمل قوة الثقل علما أن كتلة الصخر تساوي $150Kg$.

يعطى $g = 9,8N/Kg$

2 ▪ أكتب معادلة إنحفاظ الطاقة وأحسب الطاقة الحركية للصّخر لحظة وصوله إلى سطح الأرض. (تهمل مقاومة الهواء).

3 ▪ استنتج سرعته حينئذ.

4 ▪ مثّل الحصيلة الطاقوية للصّخر وبيّن أنه يمكن استنتاج نظرية الطاقة الحركية انطلاقاً من معادلة إنحفاظ الطّاقة.

الحل

1 ▪ حساب عمل قوة الثقل :

بما أن الصخر في حالة هبوط فإن :

$W(\vec{P}) = +P.h$

$W(\vec{P}) = mgh = 150 \times 9,8 \times 100 = 147000$

$\boxed{W(\vec{P}) = 1,47.10^5 J}$

2 ▪ كتابة معادلة إنحفاظ الطاقة

معادلة إنحفاظ الطاقة لجملة الصَخر تعطى بالنص التالى: (الكتابة من اليسار إلى اليمين)

الطاقة النهائية للجملة = الطاقة المقدمة   الطاقة المستقبلة + الطاقة الابتدائية للجملة

الطاقة الابتدائية للجملة = Ec_1

الطاقة المستقبلة = $W(\vec{P})$ لأن الصَخر يستقبل طاقة من الأرض ناتجة عن عمل ثقله.

الطاقة المقدمة = $0J$ لأنَ الصخر لا يحتك بالهواء، وبالتالي لا يقدم طاقة إلى الوسط الخارجي.

الطاقة النهائية للجملة =لأن جملة الصَخر يكتسب طاقة حركته أثناء سقوطه

إذن: $\boxed{Ec_1 + W(P) - 0 = Ec_2}$

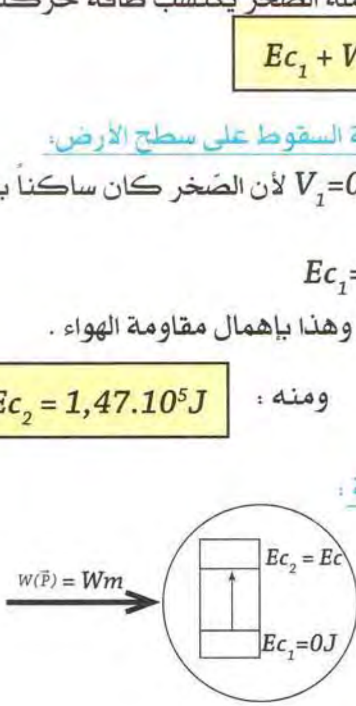
حساب الطاقة الحركية لحظة السقوط على سطح الأرض:

لدينا: $Ec_1=\frac{1}{2}mV_1^2$ مع $V_1=0m/s$ لأن الصَخر كان ساكناً بالنسبة لمعلم أرضي لحظة إنفصاله على الجبل. إذن: $Ec_1=0J$

كما أن: $\sum W(\vec{F}) = W(\vec{P})$ وهذا بإهمال مقاومة الهواء .

إذن : $\boxed{Ec_2=W(\vec{P})}$ ومنه : $\boxed{Ec_2 = 1,47.10^5J}$

4 ▪ تمثيل الحصيلة الطاقوية :



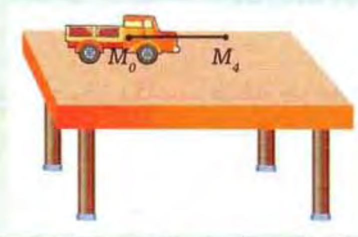
إستنتاج نظرية الطاقة الحركية

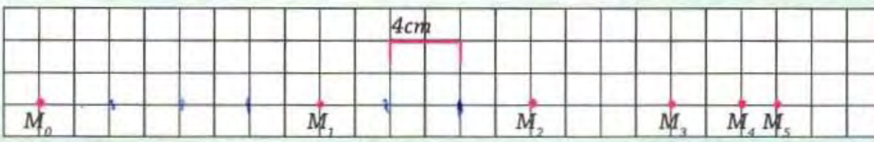
من معادلة انحفاظ الطاقة $Ec_1+W(\vec{P})=Ec_2$

نكتب : $\boxed{Ec_2-Ec_1=W(\vec{P})}$ وهذا هو نص نظرية الطاقة الحركية.

التمرين 9

تدفع عربة كتلتها $M=0,5Kg$ وتترك لحالها فوق منضدة أفقية بها إحتكاك ثابت $\vec{f}$.
تعطى الوثيقة المرفقة التسجيل المتعاقب لمواضع العربة M_0 ، M_1 ، M_2..... وزمن التسجيل هو $(\tau = 0,04s)$





1 ◂ أحسب قيمة سرعة العربة في المواضع (M_3) ، (M_2) ، (M_1)(اي السرع V_3 . V_2 ، V_1) .
2 ◂ أعط الحصيلة الطاقوية بين الموضعين (M_1) و (M_2) .
3 ◂ أ • باستعمال مبدأ إنحفاظ الطاقة، جد عمل قوة الاحتكاك $W(\vec{f})$.
ب • استنتج قيمة قوة الاحتكاك $\vec{f}$.

الحل

1 ◂ حساب قيمة سرعة العربة في المواضع (M_3) ، (M_2) ، (M_1) :

تعلم أن : السرعة اللحظية $\vec{V}$ في لحظة تقع في منتصف مجال زمني متقارب جدًا
= السرعة المتوسطة $\overrightarrow{Vm}$ لهذا المجال الزمني.

بمعنى : $$\boxed{V = V_{moy} = \frac{d}{\Delta t}}$$

قيمة السرعة اللحظية V_1:

$$\boxed{V_1 = \frac{M_0M_2}{2\tau}}$$

بالقياس نجد $M_0M_2 \rightarrow 7cm$ وباستعمال السلم المعطى في الوثيقة وهو أن كل $4cm \longrightarrow 1cm$ إذن : $M_0M_2 = 7\times4 = 28cm$ منه : $\boxed{M_0M_2 = 0,28cm}$

لدينا : $\tau = 0,04s$ ، إذن : $V_1 = \frac{0,28}{2\times0,04}$ ، $\boxed{V_1 = 3,5m/s}$

قيمة السرعة اللحظية V_2 :

$V_2 = \frac{M_1M_3}{2\tau}$ بالقياس نجد $M_1M_3 \rightarrow 5cm$ وباستعمال السلم نجد :

$M_1M_3 = 5 \times 4 = 20cm = 0,2m$

إذن : $V_2 = \frac{0,2}{2(0,04)}$ ، $\boxed{V_2 = 2,5m/s}$

قيمة السرعة اللحظية V_3 :

$V_3 = \frac{M_2M_4}{2\tau}$ بالقياس نجد $M_2M_4 \rightarrow 3cm$ وباستعمال السلم نجد :

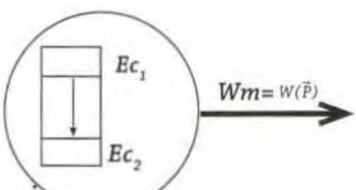
ومنه نجد : $M_2M_4 = 3 \times 4 = 12cm = 0,12m$

$V_3 = \frac{0,12}{2(0,04)}$ ، $\boxed{V_3 = 1,5m/s}$

2 ◄ الحصيلة الطاقوية بين الموضعين (M_1) و (M_3)

لا توجد قوة محركة للعربة، وبالتالي لا تستقبل طاقة ميكانيكية بل بالعكس تقدم طاقة إلى الوسط الخارجي بسبب قوة الاحتكاك ($\vec{f}$) وهو تحويل ميكانيكي $Wm_1 = W(\vec{f})$ ، ولهذا السبب تنقص طاقتها الحركية من (Ec_1) إلى Ec_2

ولذا تأتي الحاصلة الطاقوية كما يلي :



3 ◄ أ • استنتاج عمل قوة الاحتكاك $W(\vec{f})$:

نستعمل معادلة انحفاظ الطاقة: (الكتابة من اليمين إلى اليسار)

الطاقة الابتدائية للجملة + الطاقة المستقبلة الطاقة المقدمة = الطاقة النهائية للجملة

بما أن قوة الاحتكاك ($\vec{f}$) ثابتة، لذا يمكن تطبيق هذه المعادلة بين أي موضعين وليكن الموضعان M_1 و M_2

$$Ec_1+0-W(\vec{f})=Ec_2$$

إذن : $W(\vec{f})=Ec_1-Ec_2$ ومنه : $W(\vec{f})=\frac{1}{2}MV_1^2-\frac{1}{2}MV_2^2$

$$\boxed{-W(\vec{f})=-\frac{1}{2}M(V_1^2-V_2^2)}$$

بالتعويض نجد :

$$-W(\vec{f})=-\frac{1}{2}(0,5)(3,5^2-2,5^2)$$

$$\boxed{-W(\vec{f})=-1,5\,J}$$

ب • حساب قوة الاحتكاك $\vec{f}$:

نعلم أن : $W(\vec{f})=-f\,d$ هنا نأخذ : $d=M_1M_2$

$$\boxed{f=\frac{W(\vec{f})}{d}}$$

بالقياس نجد : $M_1M_2 \longrightarrow 3cm$

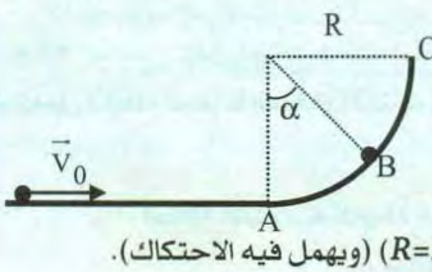
وباستعمال السلم نجد : $d=M_1M_2=3\times 4=12cm$ ، $f=\frac{1,5}{0,12}$

إذن : $\boxed{f=12,5N}$

التمرين 10

تدفع كرية فوق سطح أفقي أملس، يهمل فيه الإحتكاك بسرعة إبتدائية $\vec{V}_0$ ، قيمتها $V_0=4m/s$، ثم تترك لحالها كما هو موضح في الشكل المقابل.

فتمر بالمواضع منها (A)، (B).



نعتبر المسار (ABC) ربع دائرة نصف قطرها $(R=1m)$ (ويهمل فيه الاحتكاك).

1 ▪ بيّن أن $V_A=V_0$.

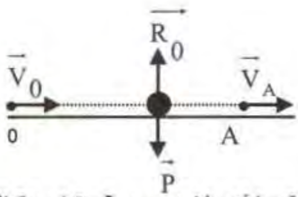
2 ▪ أثبت أن أقصى زاوية (α) تبلغها الكرية تعطى بالعبارة : $\cos\alpha=1-\frac{V_0^2}{2gR}$

3 ▪ أحسب قيمة (α)، يعطى $g=10N/Kg$.

الحل

1 ▪ تبيان أن $V_A = V_0$:

نمثل القوى المؤثرة على الكرية.



لا توجد قوة دفع $\vec{F}$ للكرية لأنها تُركت تتحرك لحالها، كما أنه لا توجد قوة إحتكاك لذا فإن الكرية تخضع للقوتين $\vec{p}$ و $\overrightarrow{R_0}$ فقط.

- بتطبيق معادلة إنحفاظ الطاقة بين الموضعين (0) و(A).

نجد :

الطاقة الابتدائية للكرية + الطاقة المستقبلة - الطاقة المقدمة

= الطاقة النهاية للكرية

$E_0+W(\vec{F})-W(\vec{f})=E_A$ لكن: $W(\vec{F})=0J$ لأن $\vec{F}=\vec{0}$ (لا توجد قوة دفع)

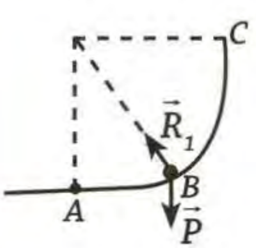
كذلك: $W(\vec{f})=0J$ لأن: $\vec{f}=\vec{0}$ (لا توجد قوة احتكاك)

مع الانتباه إلى أن : $W(\overrightarrow{R_0})=0J$ لأن: $\overrightarrow{R_0}$ عمودي على الانتقال

كذلك: $W(\vec{P})=0J$ لأن $\vec{P}$ عمودي على الانتقال إذن : $E_0=E_A$

$\frac{1}{2}mV_0^2=\frac{1}{2}mV_A^2$ منه نستنتج : $\boxed{V_A = V_0 = 4m/s}$

2 ▪ إثبات العبارة المعطاة :



نطبق أيضا معادلة انحفاظ الطاقة بين الموضعين (A) و(B)الذي تنعدم فيه السرعة أي :

$V_A = 0m/s$ ومنه : $E_{CB} = 0J$

إذن : $\boxed{E_{CA}+0-W(\vec{P})=E_{CB}}$

الطاقة الابتدائية = E_{CA} ، الطاقة النهائية = E_{CB}

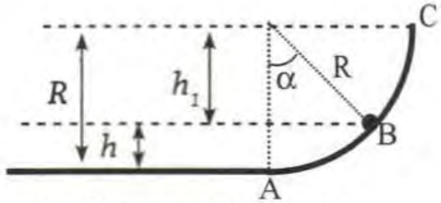
الطاقة المستقبلة = $W(\vec{F})$ ، لكن لا توجد قوة محركة ، إذن $W(\vec{F})=0J$

ومنه الطاقة المستقبلة = $0J$

الطاقة المقدمة = $W(\vec{P})=\pm mgh$

وبما أن الكرية صعدت فإن : الطاقة المقدمة= $-mgh$ (تكون سالبة)

حيث h: هو الارتفاع الشاقولي بين (A) و (B) كما هو موضح في الشكل المقابل المكبر، من الشكل نجد : $R = h_1 + h$



ومنه : $\boxed{h = R - h_1}$

كما أن : $\cos\alpha = \frac{h_1}{R}$ إذن : $h_1 = R\cos\alpha$

نعوض في عبارة h نجد :

$$h = R - R\cos\alpha = R(1-\cos\alpha)$$

إذن : الطاقة المقدمة = $-mgR(1-\cos\alpha)$ نعوض في معادلة إنحفاظ الطاقة :

$$E_{CA}+0-mgR(1-\cos\alpha)=E_{CB}$$

$\frac{1}{2}mV_A^2-mgR(1-\cos\alpha)=\frac{1}{2}mV_B^2$ وبما أن الجسم يتوقف في B فإن $V_B=0m/s$

ومنه: $\frac{1}{2}mV_A^2-mgR(1-\cos\alpha)=0$ كما أن $V_A = V_0$

إذن: $mgR(1-\cos\alpha)=\frac{1}{2}mV_0^2$

إذن: $1-\cos\alpha=\frac{mV_0^2}{2gR}$

ومنه : $\boxed{\cos\alpha=1-\frac{V_0^2}{2gR}}$ وهي العبارة المطلوبة

3 ◄ حساب قيمة α :

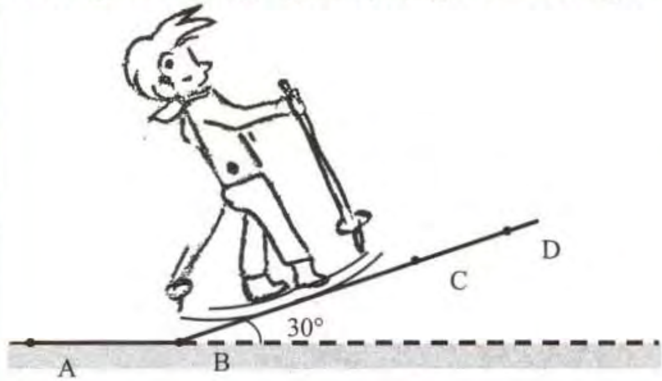
نعوض فنجد : $\cos\alpha=1-\frac{(4)^2}{2(10)(1)}$

$\boxed{\alpha\approx 78,5°}$

التمرين 11

ينطلق متزحلق من نقطة (A) بدون سرعة ابتدائية وفق طريق ثلجي أفقي(AB) ، فيصل النقطة(B) وهي بداية مستو مائل(BD). زاوية ميله $\alpha = 30°$ بسرعة $V_B = 15m/s$.
يهمل قوى الاحتكاك ونعتبر كتلة المتزحلق بزلاجته تساوي $m = 80Kg$.

1 ـ أحسب قيمة القوة الدافعة $\vec{F}$ التى يبذلها المتزحلق أثناء الانتقال $AB = 100m$



2 ـ يوقف المتزحلق عملية التزلج التي يبذلها ابتداءًا من الموضع (B) .

أ • أحسب سرعة المتزحلق V_C في الموضع (C)، علما أن $BC = 20m$.

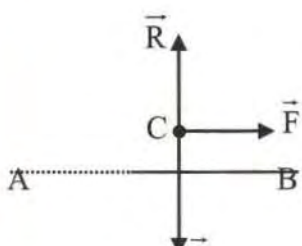
يؤخذ $g = 9,8N/Kg$.

3 ـ إذا علمت أن المتزحلق يتوقف عند (D)، فاحسب طول المسار BD.

4 ـ أعط الحصيلة الطاقوية بين الموضعين (B) و (C) لجملة المتزحلق.

الحل

1 ـ حساب قيمة القوة الدافعة $\vec{F}$:



قصد السهولة نمثل القوى من مركز العطالة (C) للمتزحلق

نطبق معادلة إنحفاظ الطاقة بين الموضعين (A) و (B)

$$E_{CA}+W(\vec{F})=E_{CB} \quad , \quad W(\vec{F})=E_{CB}-E_{CA}$$

لكن : $W(\vec{F})=F.AB$ ، وأيضا $E_{CA} = 0J$

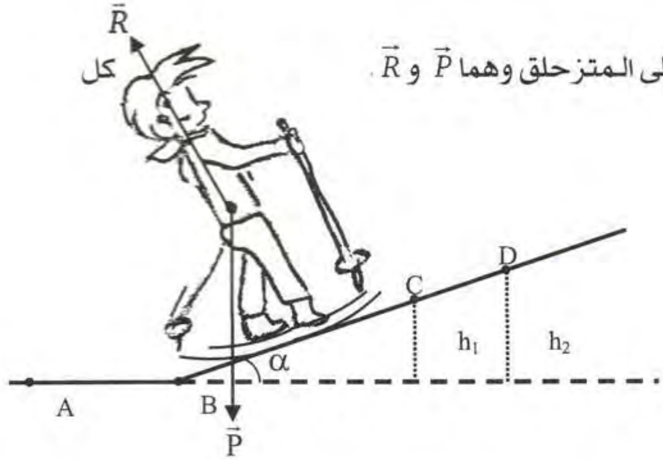
لأن : $V_A = 0m/s$ وكذلك : $E_{CB}=\frac{1}{2}mV_B^2$

إذن : $W(\vec{P})$ $F.AB=\frac{1}{2}mV_B^2-0$ ومنه : $\boxed{F=\frac{mV_B^2}{2\times AB}}$

نعوض فنجد : $F=\frac{80\times(15)^2}{2\times100}$ $\boxed{F=90N}$

2 ■ حساب V_C :

أ • نمثل القوتين المؤثرتين على المتزحلق وهما $\vec{P}$ و $\vec{R}$.



نطبق معادلة إنحفاظ الطاقة بين (B) و(C)

$E_{CB}+0-W(\vec{P})=E_{CC}$ ، $\frac{1}{2}mV_B^2-mgh_1=\frac{1}{2}V_C^2$ ، نختزل m فنجد $\frac{1}{2}V_B^2-gh_1=\frac{1}{2}V_C^2$

لكن (h_1)هو المقابل للزاوية (α) ، لذا نستعمل علاقة $sin\alpha$

$h_1=BC\times sin\alpha$ ، $sin\alpha=\frac{h_1}{BC}$ ، $\frac{1}{2}V_B^2-g\times BC\times sin\alpha=\frac{1}{2}V_C^2$

نضرب في (2) فنجد : $V_B^2-2g.BC.Sin\alpha=V_C^2$ ، $\boxed{V_C=\sqrt{V_B^2-2g.BC.sin\alpha}}$

نعوض فنجد : $V_C=\sqrt{(15)^2-2\times9,8\times20\times sin30}$

$\boxed{V_C\cong5,4m/s}$

2 ■ حساب طول المسار BD :

نستعمل نفس الشكل السابق، مع استعمال المسافة BD ، وأيضا الارتفاع (h_2).

باستعمال مبدأ إنحفاظ الطاقة بين الموضعين (B)و (D) نجد:

$E_{CB}+0-W(\vec{P})=E_{CD}$

$\frac{1}{2}mV_B^2-mgh_2=\frac{1}{2}mV_D^2$

وبما أن المتزحلق يتوقف عند الموضع (D)، إذن نجد : $V_D = 0m/s$

ومنه نكتب : $\frac{1}{2}mV_B^2 - mgh_2 = 0$ ، $h_2 = \frac{V_B^2}{2g}$

كما أن : $h_2 = BD\sin\alpha$ ، إذن : $BD.\sin\alpha = \frac{V_B^2}{2g}$

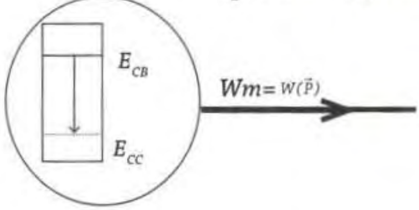
$$\boxed{BD = \frac{V_B^2}{2g\sin\alpha}}$$

، نعوض فنجد : $BD = \frac{(15)^2}{2(9,8)\sin 30°} \cong 23$

$$\boxed{BD \cong 23m}$$

3 تعيين الحصيلة الطاقوية لجملة المتزحلق بين الموضعين (B) و(C):

لاحظ أن الأرض غير داخلة في جملة " المتزحلق" وعليه فإن التحويل الميكانيكي ينتج من $\vec{P}$ و $\vec{R}$، لكن : $W(\vec{R}) = 0J$ لأن $\vec{R}$ عمودي على الانتقال أما : $W(\vec{P}) = -mgh_1$ ، لاحظ أنه سالب ، لذا تأتي الحصيلة الطاقوية كما يلي :



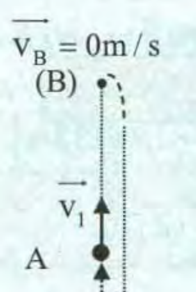
التمرين 12

تقذف كرية شاقوليا نحو الأعلى بسرعة$(15m/s)$، إنطلاقا من نقطة (A)، تبعد مسافة $(1,6m)$عن سطح الأرض (الشكل).

1 أحسب أقصى ارتفاع تبلغه الكرة (إستعن بمعادلة إنحفاظ الطاقة)

2 استنتج قيمة سرعة الكرة لحظة ملامستها الأرض.

يعطى : $g=9,8N/Kg$



الحل

1 ■ حساب الارتفاع الأعظمي :

في أقصى ارتفاع تبلغه الكرة تنعدم سرعتها أي $V_B = 0m/s$، كما هو موضح أيضا في الشكل.
نطبق معادلة إنحفاظ الطاقة بين (A) و (B)

الطاقة الابتدائية للكرة + الطاقة المستقبلة الطاقة المقدمة
= الطاقة النهائية للجملة

$E_{CA} + W(\vec{P}) - 0 = E_{CB}$ ، لكن : $E_{CB} = 0J$ لأنّ : $V_B = 0m/s$

إذن : $\frac{1}{2}mV_A^2 = -W(\vec{P})$

وبما أن الجسم صعد فإن عمل الثقل $W(\vec{P})$ يكون سالبا أي : $W(\vec{P}) = -mgh$

نعوض فنجد : $\frac{1}{2}mV_A^2 = -(-mgh)$ ، $\boxed{h = \frac{V_A^2}{2g}}$

نعوض فنجد : $h = \frac{(15)^2}{2(9,8)} \cong 11,48m$ $\boxed{h = 11,5m}$

2 ■ إستنتاج قيمة سرعة الكرة لحظة ملامستها الأرض :

نطبق من جديد معادلة إنحفاظ الطاقة على الكرية

• الطريقة الأولى : بين الموضعين (B) و (C) نكتب :

$E_{CB} + W(\vec{P}) - 0 = E_{CC}$ ، $0 + W(\vec{P}) = \frac{1}{2}mV_C^2$ ، $V_C^2 = \frac{2W(\vec{P})}{m}$

لكن: $W(\vec{P}) = +mgh$ ، لاحظ الإشارة (+) لأن الجسم في هذا الانتقال يكون في حالة هبوط

إذن : $\boxed{Vc = \sqrt{2gh}}$ هنا : $h = BA - AC$

$h = 11,5 + 1,5 = 13,1m$ ، $Vc = \sqrt{2 \times 9,8 \times 13,1}$

$\boxed{Vc = 16m/s}$

• الطريقة الثانية : نطبق معادلة إنحفاظ الطاقة بين الموضعين(A) و (C)

$E_{CA} + W(\vec{P}) - 0 = E_C$ لكن : $W(\vec{P}) = +mgh$

الإشارة (+) لأن الجسم في نهاية المطاف هبط من (A)إلى (C)حتى ولو أنه في الواقع صعد من(A) إلى (B)، ثم هبط من(B)و(C)

$\boxed{h = AC}$

$$\frac{1}{2}mV_A^2+mgh=\frac{1}{2}mV_C^2 \qquad \boxed{Vc=\sqrt{V_A^2+2g(AC)}}$$

$$V_C^2=V_A^2+2gh$$

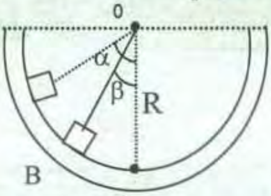
نعوض فنجد : $Vc=\sqrt{(15)2+2\times 9{,}8\times 16}$

$$\boxed{Vc\cong 16m/s}$$

وهي نفس النتيجة السابقة.

التمرين 13

مكعب صغير كتلته $m = 25g$، يمكن أن ينزلق بدون إحتكاك على حوض نصف كروي، نصف قطره $R = 40cm$ ومساره قوس من دائرة واقع في مستو شاقولي.



يترك الجسم كله ابتداءً من الموضع (A).

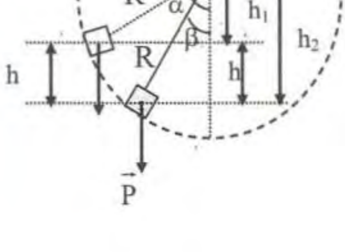
1 ▪ أ • استخرج عبارة عمل ثقل هذا الجسم $W(\vec{P})$ عندما ينتقل من (A) إلى (B) .

ب • أحسب عمل الثقل في النقطة (C)، علما أن $\alpha = 60°$

2 ▪ أعط عبارة الطاقة الحركية للمكعب Ec_B في النقطة (B)، وكذلك في النقطة (C) Ec_C. يؤخذ $g = 9{,}8N/Kg$.

الحل

1 ▪ أ • عبارة الثقل أثناء الانتقال من (A) إلى (B):



بما أن الجسم هبط فإن: $\boxed{W(\vec{P})=+mgh}$

لاحظ من الشكل أن : $h_1+h=h_2$

ومنه : $h=h_2-h_1$

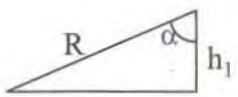
لاحظ أيضاً أن (h_2)هو مجاور الزاوية β

لذا نستعمل علاقة $\cos\beta$

إذن : $\cos\beta=\frac{\text{مجاور}}{\text{الوتر}}=\frac{h_2}{R}$

ومنه : $\boxed{h_2=R\cos\beta}$

كذلك (h_1) هو مجاور الزاوية α ، إذن : $\cos\alpha = \dfrac{h_1}{R}$ ، $\boxed{h_1 = R\cos\alpha}$



ومنه : $h = R\cos\beta - R\cos\alpha$

$$\boxed{h = R(\cos\beta - \cos\alpha)}$$

نعوض في عبارة $W(\vec{P})$ فنجد : $\boxed{W(\vec{P}) = mgR(\cos\beta - \cos\alpha)}$

ب • حساب عمل الثقل في النقطة (C) :

في النقطة (C) تكون $\beta = 0°$ ونعلم أن $\cos 0° = 1$ ، عندما نعوض في عبارة $W(\vec{P})$ السابق نجد : $\boxed{W(\vec{P}) = mgR(1-\cos\alpha)}$

• تطبيق عددي :

$$W(\vec{P}) = 0{,}025 \times 9{,}8 \times 0{,}4(1-\cos 60°)$$

$$\boxed{W(\vec{P}) = 0{,}049 = 4{,}9.10^{-2}\,J}$$

2 ـ عبارة الطاقة الحركية E_{CB} في الموضع (B):

نستعمل معادلة إنحفاظ الطاقة على جملة المكعب فنجد : $E_{CA} + W(\vec{P}) - 0 = E_{CB}$

لكن : $E_{CA} = 0J$ ، لأن : $V_A = 0m/s$ (الانطلاق من A)

إذن : $\boxed{E_{CB} = mgR(\cos\beta - \cos\alpha)}$ ، $E_{CB} = W(\vec{P})$

عبارة E_{CC}:

في الموضع (C)، $\beta = 0$ و $\cos 0 = 1$ إذن : $\boxed{E_{CC} = mgR(1-\cos\alpha)}$

الوحدة 3 ❖ العمل والطاقة الحركية الدورانية $Ec.W$

1 – دراسة الحركة الدائرية

1 - تعريف

الحركة الدورانية هي الحركة التي مسارها دائري.

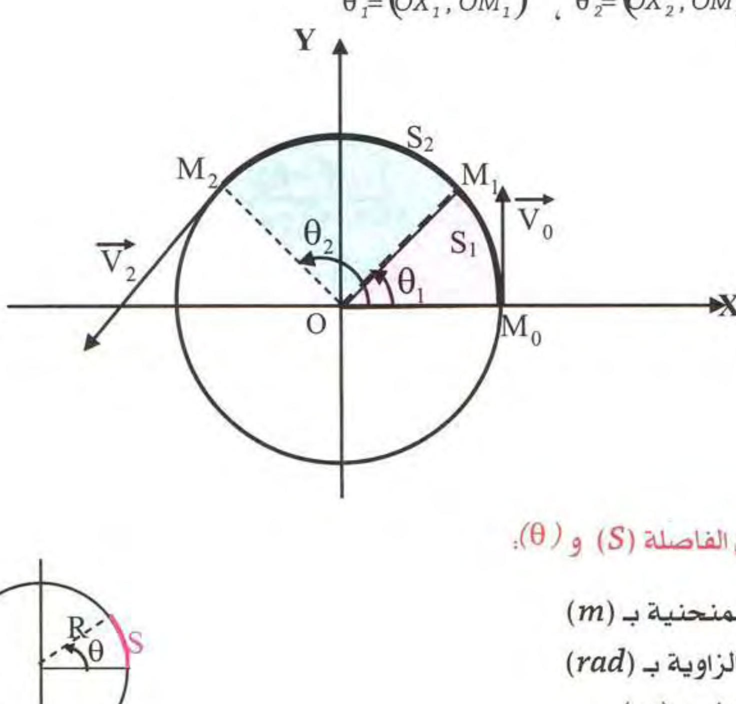
2 - تعريف بعض المقادير الفيزيائية:

- **الفاصلة المنحنية (S) : هي قيس القوس من دائرة.**

مثال: $S_1 = \widehat{M_0M_1}$ $S_2 = \widehat{M_0M_2}$

- **الفاصلة الزاوية (θ) : هي قيس الزاوية التي تحصرها الفاصلة المنحنية (S)**

مثال: $\theta_2 = (\overrightarrow{OX_2}, \overrightarrow{OM_2})$ ، $\theta_1 = (\overrightarrow{OX_1}, \overrightarrow{OM_1})$



- **العلاقة بين الفاصلة (S) و (θ):**

S : الفاصلة المنحنية بـ (m)

θ : الفاصلة الزاوية بـ (rad)

R : نصف القطر بـ (m)

$$\boxed{S = R\theta}$$

• حالة خاصة:

إذا دار المتحرك دورة واحدة فإن : $2\pi R$ = محيط الدائرة = S

• السرعة المتوسطة الخطية Vm :

$$\Delta S = S_2 - S_1$$
$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$\boxed{Vm_{(m/s)} = \frac{\text{المسافة الخطية}}{\text{زمن قطعها}} = \frac{\widehat{M_1M_2}}{\Delta t} = \frac{\Delta S}{\Delta t}}$$

• السرعة الزاوية المتوسطة ωm :

$$\boxed{\omega m = \frac{\text{الزاوية الممسوحة}}{\text{زمن مسحها}} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1}}$$

• العلاقة بين السرعتين ωm و Vm:

في مجال زمني $\Delta t = t_2 - t_1$ لدينا : $\omega m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{R - \Delta\theta}{\Delta t}$

$$\boxed{V_m = R.\omega_m}$$

• العلاقة بين السرعتين اللحظتين ω و V :

في لحظة زمنية (t) لدينا : $\boxed{V = R\omega}$

2 - عزم قوة بالنسبة $(M_{\vec{F}/\Delta})$ لمحور ثابت:

1 - مفهوم العزم

عزم قوة هو الفعل التدويري لهذه القوة لجسم قابل للدوران.

2 - عبارة عزم قوة بالنسبة لمحور (Δ) ثابت :

• يتناسب العزم طردا مع قيمة القوة $\vec{F}$ أي $M_{\vec{F}/\Delta} \propto F$

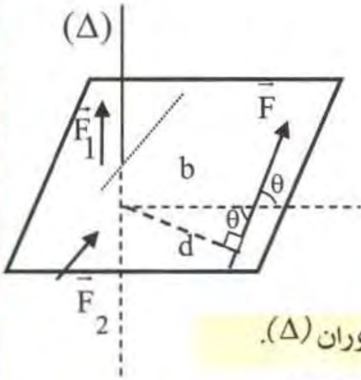
(الرّمز α هو رمز التناسب)

• كما يتناسب العزم طردا مع بُعد حامل القوة عن محور الدوران

أي : $M_{\vec{F}/\Delta} \propto d$.....

ومنه نستنتج أن العزم يتناسب مع جداء d مع F أي : $M_{\vec{F}/\Delta} \propto F.d$

ينزع رمز التناسب α، ويوضع مكانها رمز التساوي (=) مع إضافة ثابت K(يخضع قيمته للوحدات الدولية) ، إذن : $M_{\vec{F}/\Delta} = K\,F.d$



في جملة الوحدات الدولية (SI)

يؤخذ $K = 1$

$$\boxed{M_{\vec{F}/\Delta} = F.d}$$

الذراع d : هو البعد العمودي بين حامل القوة $\vec{F}$ ومحور الدوران (Δ).

لدينا : $\sin\theta = \dfrac{d}{b}$ ، $d = b\sin\theta$ $\qquad \boxed{M_{\vec{F}/\Delta} = F.b\sin\theta}$

حيث b هو البعد بين حامل القوة ومحور الدوران (Δ).

✓ ملاحظة هامة

★ العزم مقدار جبري، فإذا سبّب دوران للجسم في جهة نصطلح على أنها موجبة، يأخذ العزم إشارة(+) .

★ أما إذا سبب دوراناً في عكس الجهة الموجبة أخذ العزم إشارة ( )لذا نكتب :

$$\boxed{M_{\vec{F}/\Delta} = \pm F.d}$$

• العزم المعدوم: $M_{\vec{F}/\Delta} = 0\,N.m$

- إذا كان حامل القوة يوازي محور الدوران فإن: $\theta = 0$ ، $\sin\theta = 0$

ومنه : $\boxed{M_{\vec{F}/\Delta} = 0}$

✓ مثال: حامل $\vec{F}_1$ يوازي محور الدوران (Δ)، لذا نكتب : $M_{\vec{F}/\Delta} = 0\,N.m$

- إذا كان حامل القوة يمر من محور الدوران فإن : $b = 0m$

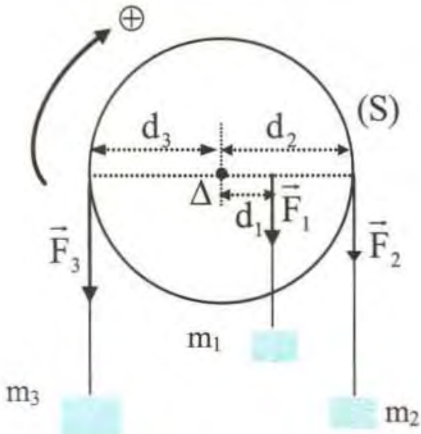
ومنه : $\boxed{M_{\vec{F}/\Delta} = 0\,N.m}$

✓ مثال: حامل $\vec{F}_2$ يمر من محور الدوران (Δ) ، لذا نكتب : $M_{\vec{F}/\Delta} = 0\,N.m$

3 عزم عدة قوى تؤثر على جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت:

نجعل بكرة (S)تدور في مستوي شاقولي حول محور دوران (Δ) ثابت يمر بين مركزها .

* نؤثر على البكرة بقوى $\vec{F}_1$ ، $\vec{F}_2$ ، $\vec{F}_3$ وهذا بتعليق الكتل m_1 m_2 ، m_3 بواسطة خيوط في نقاط مختلفة من البكرة.
* البكرة ستتأثر بعزوم هذه القوى ويكون المجموع الشعاعي لعزوم هذه القوى هو :



$$\sum M(\overrightarrow{F_i}/\Delta) = M(\overrightarrow{F_1}/\Delta) + M(\overrightarrow{F_2}/\Delta) + M(\overrightarrow{F_3}/\Delta)$$

وباعتبار أن الجهة الموجبة للدوران بعكس جهة عقارب الساعة (الشكل) فإننا نكتب:

$$\boxed{\sum M_{(\vec{F}/\Delta)} = +F_2.d_2 + F_1.d_1 - F_3.d_3}$$

4 عزم مزدوجة قوى $(\vec{F},\vec{F'})$:

1 - تعريف

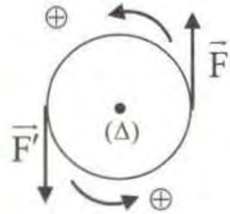
مزدوجة القوى هي زوج من القوى $(\vec{F},\vec{F'})$ يتميزان بأن لهما :

- حاملان متوازيان.
- جهتان متعاكستان.
- شدتان متساويتان $F=F'$.

✓ ملاحظة هامة:

إذا أثرنا على جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت (Δ) بمزدوجة قوى $(\vec{F},\vec{F'})$، فإنهما يديرانه في نفس الجهة .

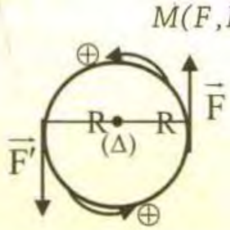
✓ مثال:



عند إستعمال اليدين في إدارة مقود السيارة، فإن مزدوجة قوتا اليدين تديران المقود في نفس الجهة .

- لاحظ أن $\vec{F}$ تدير المقود في الجهة الموجبة.
- لاحظ أيضا أن $\vec{F'}$ تدير المقود في نفس الجهة الموجبة.

2 - عبارة عزم مزدوجة :



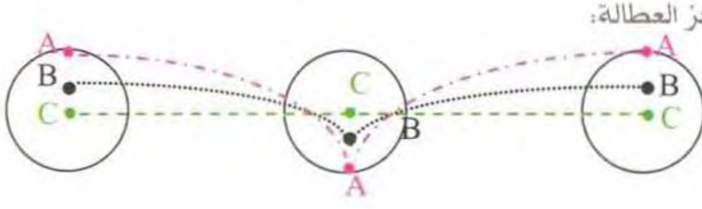
من الشكل المقابل يمكن كتابة : $M(\vec{F},\vec{F'})/\Delta=M(\vec{F'}/\Delta)+M(\vec{F'}/\Delta)$

$$=+F.R+F'.R$$

لكن : $F=F'$ ، $\boxed{M(\vec{F},D)=F(2R)}$

3 - عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور ثابت :

3 - 1 - مركز العطالة:



■ تجربة

عجلة تميز فيها ثلاثة نقاط C، B، A وتدفع فوق منضدة هوائية أفقية. نراقب حركة هذه النقاط، ونسجل في الوثيقة المرفقة مسار كل نقطة.

* النقطتان (A) و(B): ولهما مساران منحنيان (دويري، ***Cycloïde***)
* النقطة c(مركز العجلة) : مسارها مستقيم ، ولا يمكن أن نجد أخرى من العجلة لها مسار مستقيم.
* إصطلاح : ندعو النقطة c مركز العطالة.

تعريف

مركز العطالة هي نقطة خاصة من الجسم تتحرك حركة مستقيمة منتظمة على اعتبار أنّ الجسم جملة شبه معزولة ميكانيكيا (مجموع القوى المؤثرة فيه معدومة).

3 ـ 2 ـ مركز الكتلة والتعيين الهندسي له:

تعريف

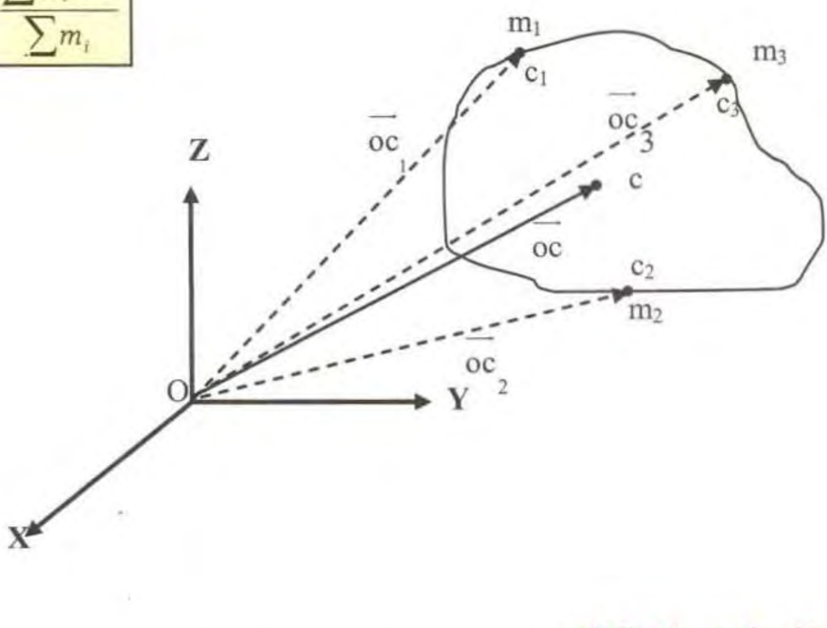
مركز الكتلة لجسم هو مركز الأبعاد المتناسبة (المرجح) لجملة النقاط المؤلفة لهذا

ـ بالنسبة لمعلم كيفي (O,XYZ) :

$$m_1 OC_1 + m_2 OC_2 + m_3 OC_3 + ... = (m_1 + m_2 + m_3 + ...)OC$$

$$\sum_i m_i \overrightarrow{OC}_i = \overrightarrow{OC} \sum_i m_i$$

$$\boxed{\overrightarrow{OC} = \frac{\sum m_i \overrightarrow{OC}}{\sum m_i}}$$



ـ بالنسبة لمعلم مركز الكتلة :

معلم مركز الكتلة هو معلم مبدؤه (O)، منطبق مع مركز الكتلة (C):

إذن : $\overrightarrow{OC} = \vec{O}$ مع $\sum m_i \neq 0$ $\vec{O} = \frac{\sum m_i \overrightarrow{OC}_i}{\sum m_i}$

$$\boxed{m_1 \overrightarrow{OC}_1 + m_2 \overrightarrow{OC}_2 + ... = \vec{O}}$$

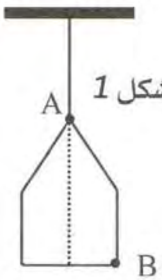
3 ـ 3 ـ مركز الثقل (G):

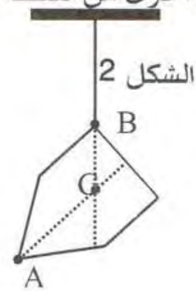
التعيين التجريبي لمركز الثقل

نأخذ ورق مقوى ونحدد فيه نقطتين (A) و (B).

- نعلقه من النقطة (A) بواسطة خيط ونرسم فوق الورق المقوى إمتداد الخيط بخط متقطع (الشكل 1)

- نعلقه مرة أخرى من النقطة (B) بواسطة الخيط ونرسم امتداد الخيط (الشكل 2)





الاستنتاج

نستنتج أن الخطين المرسومين يتقاطعان في نقطة. هذه النقطة هي نقطة مركز الثقل (G) ومنها نمثل قوة ثقل الجسم (الورق المقوى) $\vec{P}$

إذن فنقطة مركز الثقل (G) هي نقطة تطبيق قوة الثقل $(\vec{P})$

✓ ملاحظة هامة:

مركز الثقل (G) ومركز العطالة (C)نقطتان مختلفتان حسب التعريف الفيزيائي لكل منهما ففي مكان ليس فيه جاذبية النقطة (G) ليست موجودة أصلاً.

* أما النقطة (C)فهي موجودة لكل جسم لأن لكل جسم كتلة.

* أما في مكان فيه الجاذبية ثابتة ومنتظمة مثل الأرض فتعتبر أن النقطتين (G) و(C) منطبقتان .

4 - عزم عطالة جسم يدور حول محور ثابت(Δ):

نشاط 1: نؤثر على عربتين مختلفتين بنفس القوة $\vec{F}$ في طريق أفقي أملس.

ماذا نلاحظ؟

نلاحظ أن العربة ذات الكتلة الصغيرة (M_1) ، تكتسب سرعة أكبر من السرعة التي تكتسبها العربة ذات الكتلة الكبيرة (M_2).

نتيجة:

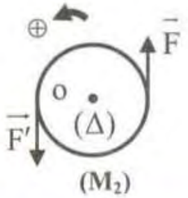
العربة (M_2) تبدي عطالة للحركة أكبر من عطالة العربة (M_1) فنقول أن العطالة (M_2) للعربة الثانية أكبر من العطالة (M_1) للعربة الأولى.

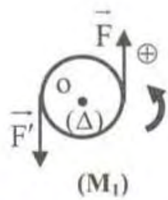
كلمة العطالة يعبر بها أيضاً عن 'الكتلة'.

نشاط 2: قرصان مختلفان قابلان للدوران حول محور ثابت (Δ)، يمر من مركزي عطالتيهما نؤثر عليهما بنفس المزدوجة $(\vec{F},\vec{F'})$

ماذا تلاحظ؟

نلاحظ أن القرص ذو الكتلة الأكبر يتحرك بسرعة أقل.



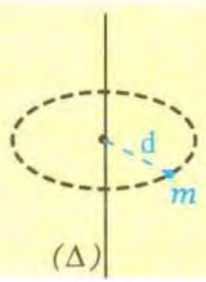


نتيجة:

القرص (M_2) يبدي عطالة للدوران أكبر من القرص (M_1) فنقول أن عزم عطالة القرص (M_2) وهو $(J_{M_2/\Delta})$ أكبر من عزم عطالة القرص (M_2) وهو $(J_{M_1/\Delta})$.

4 ■ 1 ■ تعريف

يعرف عزم العطالة (J/Δ) بالنسبة للمحور (Δ) لجسم نقطي كتلته (m) ويبعد مسافة (d) عن هذا المحور بالعبارة التالية : $J/\Delta = md^2$

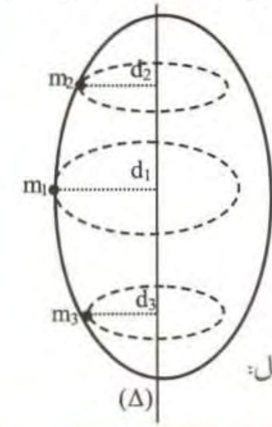


4 ■ 2 ■ وحدة عزم العطالة:

يقاس عزم العطالة بوحدة خاصة في جملة الوحدات (SI) هي $[Kg.m^2]$.

4 ▪ 3 ▪ عزم عطالة جملة ميكانيكية مؤلفة من عدة أجسام نقطية:

m_1 . m_2 . m_3 .... هي كتل الأجسام النقطية المؤلفة للجسم الصلب (S)

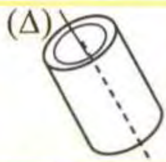
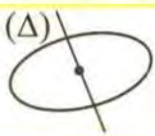
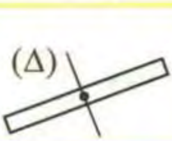


عزم عطالة الجسم (S) يعطى بالعبارة التالية :

$$J_{S/\Delta}=m_1d_1^2+m_2d_2^2+m_2d_3^2+........$$

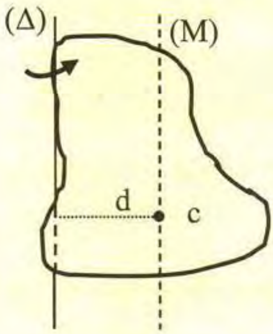
$$\boxed{J_{S/\Delta}=\sum m_i d_i^2}$$

4 ▪ 4 ▪ عزم عطالة بعض الأجسام المتجانسة، والمتناظرة الشكل:

الجسم	المحور (Δ)	عزم العطالة	الشكل
أسطوانة مجوفة (فارغة) نصف قطرها R وكتلتها M	محور الأسطوانة	$J/\Delta=MR^2$	
أسطوانة مصمتة (مملوءة) نصف قطرها R كتلتها M	محور الأسطوانة	$J/\Delta=\frac{MR^2}{2}$	
قرص نصف قطره R كتلته M	محور القرص	$J/\Delta=\frac{MR^2}{2}$	
قضيب كتلته M وطوله L	محور عمودي عليه يمر من منتصفه	$J/\Delta=\frac{ML^2}{12}$	
كرة مصمتة نصف قطرها R كتلتها M	محور يمر من مركزها	$J/\Delta=\frac{2MR^2}{5}$	

4 ■ 5 ■ نظرية هويغنز ستنر:

إذا كان محور الدوران لا يمر من مركز عطالة الجسم فلحساب عزم عطالة هذا الجسم حول هذا المحور نستعمل نظرية " هويغنز-ستنر ".



$$\boxed{J/\Delta = J/c + Md^2}$$

J/c: عزم عطالة الجسم حول مركز عطالته (C)

J/Δ : عزم عطالة الجسم حول محور دورانه (Δ).

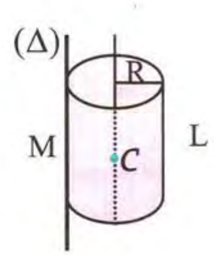
M: كتلة الجسم

d :البعد العمودي بين مركز العطالة (C) ومحور الدوران (Δ)

مثال

أحسب عزم عطالة الأسطوانة (L)المصمتة (المتجانسة المملوءة) حول محور (Δ) لا يمر بمركز عطالتها (c)، بل يمر من أحد مولداتها (الشكل)

نعلم أن : $J_{L/C}=\frac{1}{2}MR^2$



نستعمل نظرية "هويغنز-ستنر" $J_{L/\Delta}=J_{L/C}+Md^2$

هنا : $d = R$ $J_{L/\Delta}=\frac{1}{2}MR^2+MR^2$

$$\boxed{J_{L/\Delta}=\frac{3}{2}MR^2}$$

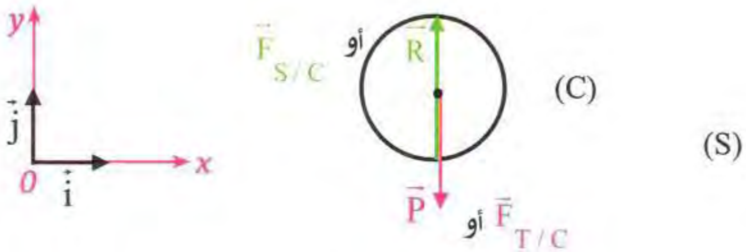
4 توازن جسم صلب :

1 توازن جسم صلب خاضع لقوتين :

نشاط1: كيف تفسر توازن كرة (c)فوق مستو (S) أفقي؟

الكرة خاضعة لقوتين هما :

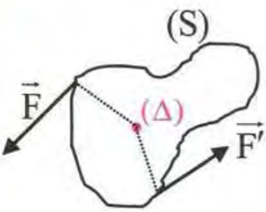
- قوة التلامس (فعل المستوى على الكرة): هي القوة $\vec{F}s/c$ أو $\vec{R}$
- قوة الثقل (فعل الأرض T في الكرة): هي القوة $\vec{F}_{T/c}$ أو $\vec{P}$



بما أن الكرة ساكنة بالنسبة لمعلم مختبري $(o,\vec{i},\vec{j})$ وهي خاضعة لقوتين فقط، إذن نستنتج أن فعل القوة $\vec{P}$ يفنى فعل القوة $\vec{R}$

نقول أن القوتين $\vec{P}$ و $\vec{R}$ متعاكستان مباشرة.

نشاط2: جسم صلب (S) قابل للدوران حول محور ثابت (Δ) نؤثر عليه بمزدوجة قوى $(\vec{F},\vec{F'})$



- هل أن مجموع القوتين المؤثرة عليه معدوم؟

نعم : لأن $\vec{F}$ و $\vec{F'}$ لهما نفس القيمة ولهما جهتين متعاكستين إذن : $\sum\vec{F}=\vec{0}$ ، أي $M_{\vec{F}/\Delta}+M_{\vec{F'}/\Delta}\neq 0$

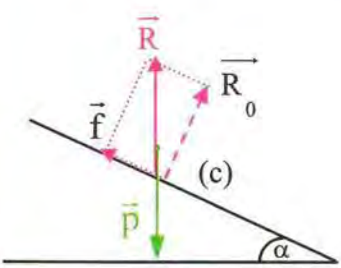
- هل أن الجسم متوازنا؟

كلا: لأن عزمي القوتين $\vec{F}$ و $\vec{F'}$ يديران الجسم (S) في نفس الجهة .

إذن : $M_{\vec{F}/\Delta}+M_{\vec{F'}/\Delta}\neq 0$

إذا تحقق الشرط $\sum\vec{F}=\vec{0}$ ، فهذا لا يعني أن الجسم متوازن.

نشاط3: جسم (c) يستند على مستو مائل به إحتكاك.



- هل يمكن أن يتوازن؟..... نعم
- كيف تفسر ذلك؟

الجسم (c) خاضع لقوتين هما :

- قوة التلامس (رد الفعل) : $\vec{R}$

قوة ثقله : $\vec{P}$

وحتى يتوازن يجب أن يكون فعل $\vec{P}$ يفنى فعل $\vec{R}$

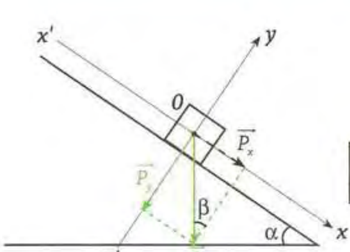
✓ ملاحظة هامة:

يمكن تحليل كل من $\vec{R}$ و $\vec{P}$ إلى مركبتين

$$\vec{R}\begin{cases}\vec{f}: & \text{قوة الإحتكاك}\\ \overrightarrow{R_0}: & \text{المركبة الناظمية على الطريق}\end{cases}$$

وأيضا

$$\vec{P}\begin{cases}\overrightarrow{P_x}: & \text{المركبة المماسية على الطريق}\\ \overrightarrow{P_y}: & \text{المركبة الناظمية على الطريق}\end{cases}$$



يمكن إيجاد عبارة P_x و P_y كما يلي :

لاحظ أن $\beta = \alpha$ لتعامد أضلاعها

كذلك لدينا : $sin\alpha = \frac{P_x}{P}$ ومنه : $\boxed{P_x = P\,sin\alpha}$

كما أن : $cos\alpha = \frac{P_y}{P}$ ، إذن : $\boxed{P_y = P\,cos\alpha}$

نتيجة:

لكي يتوازن جسم صلب خاضع لقوتين فقط يجب أن تكون هاتان القوتان متعاكستين مباشرة

أي أن : ⋆ لهما نفس الشدة $F_2 = F_1$

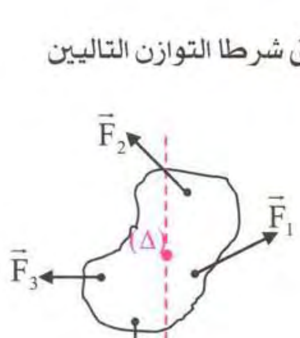
⋆ لهما نفس الحامل

⋆ جهتان متعاكستان $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

2 توازن جسم صلب خاضع لعدة قوى :

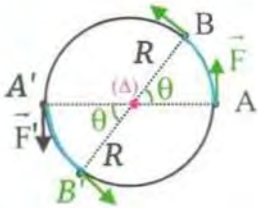
لكى يتوازن جسم صلب خاضع لعدة قوى يجب أن يتحقق شرطا التوازن التاليين

شرطا التوازن :
$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$
$$\sum M(\vec{F}/\Delta) = 0$$



5 – عبارة عمل مزدوجة :

إذا أثرت مزدوجة قوى $(\vec{F},\vec{F'})$ في جسم صلب (هنا مقود سيارة) قابل للدوران حول محور ثابت.(Δ) فما هو عمل هذه المزدوجة؟



إذا كانت القوة $\vec{F}$ ثابتة الشدة وتبقى مماسيه للقوس $\widehat{AB}$

فإن عملها $W(\vec{F})=F.\widehat{AB}$. لكن $\widehat{AB}=R.\theta$

مع R: نصف قطر المقود و θ (بالراديان) وهي الزاوية الممسوحة. ومنه : $W(\vec{F})=F.R.\theta$

لكن: $M(\vec{F}/\Delta)=F.R$ إذن : $\boxed{W(\vec{F})=M(\vec{F}/\Delta).\theta}$

عمل قوة ثابتة الشدة تؤثر في جسم قابل للدوران حول محور ثابت (Δ)
= عزم هذه القوة × زاوية الدوران θ

ومنه عمل المزدوجة $W(\vec{F},\vec{F'})$

$$W(\vec{F},\vec{F'})=W(\vec{F})+W(\vec{F'})$$
$$W(\vec{F},\vec{F'})=M\vec{F}/\Delta.\theta+M\vec{F'}/\Delta.\theta$$
$$W(\vec{F},\vec{F'})=F.R.\theta+F'.R.\theta$$

لكن : $F=F'$ إذن $W(\vec{F},\vec{F'})=F.2R.\theta$

$$W(\vec{F},\vec{F'})=M(\vec{F},\vec{F'}).\theta$$

عمل مزدوجة ثابتة = عزم المزدوجة × زاوية الدوران θ

6 – الطاقة الحركية الدورانية :

نعطي عبارة الطاقة الحركية الدورانية لجسم قابل للدوران حول محور ثابت (Δ) بالعبارة :

$$\boxed{Ec=\frac{1}{2}J_{\Delta}\omega^2}$$

J_{Δ} : هو عزم عطالة الجسم حول محور(Δ)، ω : السرعة الزاوية للجسم

✓ ملاحظة هامة:

إذا كان الجسم يتحرك حركة إنسحابية ودورانية في نفس الوقت فإن طاقته الحركية تعطى بالعبارة التالية :

$$\boxed{Ec=\frac{1}{2}MV^2+\frac{1}{2}J_{\Delta}\omega^2}$$

التمرين 1

أجب بصحيح أو خطأ، وصحح العبارة الخاطئة فيما يلي:

أ ■ الحركة الدائرية تتميز بأن قيمة سرعتها اللحظية (v) ثابتة .

ب ■ الحركة الدائرية المنتظمة تتميز بأن قيمة سرعتها اللحظية (v) ثابتة.

جـ ■ شعاع السرعة اللحظية $(\vec{v})$ ثابت في الحركة الدائرية المنتظمة.

د ■ العلاقة بين الفاصلة المنحنية (s) والزاوية (θ) هي $s = R\theta$ مع R نصف قطر الدوران، في كل الحركات الدورانية.

هـ ■ العلاقة بين قيمتي السرعة الخطية (v) والسرعة الزاوية هي $v = R\omega$.

و ■ وحدة السرعة الزاوية هي (rad / s).

ز ■ عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت (Δ) يعطي بالعبارة : $M(\vec{F}/\Delta) = Fd$
حيث d: هو ذراع القوة.

ح ■ العزم مقدار جبري.

ط ■ عزم قوة بالنسبة لنقطة مقدار شعاعي.

ي ■ ينعدم العزم عندما يكون حامل القوة يمر من محور الدوران.

ك ■ ينعدم العزم عندما يكون حامل القوة مواز لمحور الدوران.

ل ■ يتوازن الجسم الصلب عندما يتحقق الشرط $\sum \vec{F} = \vec{0}$

م ■ يتوازن الجسم الصلب عندما يتحقق الشرطان $\sum \vec{F} = \vec{0}$ و $M(\vec{F}/\Delta) = 0$ معاً.

ن ■ مركز العطالة (c) ومركز الثقل (G) لجسم، نقطتان مختلفتان في مكان فيه حقل الجاذبية متغير.

س ■ مركز العطالة (c) ومركز الثقل (G) ينطبقان على بعضهما على سطح الأرض.

غ ■ مركز العطالة هي نفسها عطالة الجسم.

ث ■ عزم العطالة J/Δ يتعلق بالحالة الحركية الإنسحابية للجسم .

ت ■ عزم العطالة لجسم مقدار ثابت.

الحل

أ ■ خطأ: فالحركة الدائرية، قيمة $\vec{v}$ فيها متغيرة، تكون ثابتة فقط إذا كانت دائرية منتظمة.

ب ◂ صحيح.

جـ ◂ خطأ، فشعاع السرعة اللحظية $\vec{v}$ متغير في كل لحظة، في الحركة الدائرية المنتظمة لأن جهة $\vec{v}$ متغيرة، وايضا حاملها متغير.

د ◂ صحيح، هـ ◂ صحيح ، و ◂ صحيح

ح ◂ صحيح، ط ◂ صحيح ، ي ◂صحيح، ك ◂ صحيح

ل ◂ خطأ: والصحيح هو أن شرطي توازن الجسم هما $\sum\vec{F}=\vec{0}$ و $\sum M(\vec{F}/\Delta)=0$

م ◂ صحيح، ن ◂ صحيح ، س ◂ صحيح

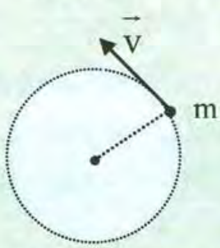
غ ◂ خطأ ، والصحيح هو أن عطالة الجسم هي كتلة الجسم نفسه، أما مركز العطالة (c) للجسم، فهي نقطة وحيدة مميزة.

ث ◂ خطأ ، والصحيح هو أن عزم العطالة مقدار يتعلق بالحالة الحركية الدورانية

ت ◂ خطأ ، والصحيح هو أن عزم العطالة (J/Δ) لجسم يتعلق بكتلة هذا الجسم (m)وببعده عن محور الدوران (Δ)، فكلما تغير البعد تغير عزم العطالة.

التمرين 2

جسم نعتبره نقطة مادية كتلتها $m = 100g$، تتحرك في مسار دائري بسرعة ثابتة، فتقطع نصف محيط الدائري في فترة زمنية تساوي $(40s)$، ونصف قطر الدوران $R = 2m$.



1 ◂ ماهي طبيعة حركة الجسم؟

2 ◂ حدد قيمة ما يلي خلال $(40s)$.

أ – الفاصلة المنحنية s ب – الفاصلة الزاوية θ

جـ - السرعة الخطية v د – السرعة الزاوية ω

3 ◂ أحسب الدور الزمني T(الفترة الزمنية المستغرقة لينجز المتحرك دورة واحدة).

الحل

1 ◂ طبيعة الحركة :

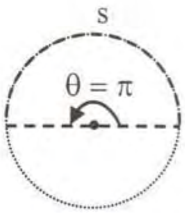
* المسار دائري: إذن فالحركة دائرية.
* قيمة السرعة ثابتة: إذن فالحركة منتظمة ولذا فإن:الحركة دائرية منتظمة.

2 ▪ أ تحديد قيمة الفاصلة المنحنية (s)

خلال (40ثا) ، مسح المتحرك قوساً s(نصف محيط الدائرة)

$$s = \frac{\text{المحيط}}{2} = \frac{2\pi R}{2}$$

$$\boxed{s = \pi R}$$



$\boxed{s = 6,28m}$ ، $s = 3,41 \times 2$ ، أو $\boxed{s = 2\pi}$

ب قيمة الفاصلة الزاوية θ

* الطريقة 1 : من الشكل السابق نرى أن $\boxed{\theta = \pi}$
* الطريقة 2 : نعلم أن : $s = R.\theta$ إذن : $\boxed{\theta = \frac{s}{R}}$ ، $\theta = \frac{2\pi}{R}$ ، $\boxed{\theta = \pi}$

جـ قيمة السرعة الخطية (اللحظية) :

نعلم أن : $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s}{\Delta t} = \frac{6,28}{40}$ ، $\boxed{v = 0,157 m/s}$

د – قيمة السرعة الزاوية ω

نعلم أن : $\omega = \frac{v}{R}$ ، نعوض فنجد : $\omega = \frac{0,157}{2}$

$$\boxed{\omega = 0,0785 = 7,85.10^{-2}\,rad/s}$$

3 ▪ حساب الدور الزمني T:

* طريقة 1 : الدور الزمني T هو الزمن اللازم لكي ينجز المتحرك دورة واحدة.

فخلال نصف دورة $\xleftarrow{\text{استغرق زمنا}}$ 40s

إذن خلال 1 دورة $\xleftarrow{\text{استغرق زمنا}}$ T = 80s $\boxed{T = 80s}$

* طريقة 2 : يمكن استعمال العلاقة : $T = \frac{2\pi}{\omega}$

$\boxed{T = 80s}$ ، $T = \frac{2\pi}{0,0785} = \frac{2 \times 3,14}{0,0785}$

التمرين 3

1 ■ حدد الدور الزمني T لكل من :

★ نقطة على سطح الأرض.

★ عقرب الدقائق في ساعة .

2 ■ أحسب السرعة الزاوية ω لكل منها .

الحل

1 ■ الدور الزمني T:

• لنقطة على سطح الأرض: تنجز نقطة من سطح الأرض دورة خلال $24h$ تقريبا:

إذن $\boxed{T = 23h56min \approx 24h}$

• لعقرب الدقائق:

ينجز عقرب الدقائق دورة خلال ساعة واحدة. أي :

$$\boxed{T = 1h = 60min = 3600s}$$

2 ■ السرعة الزاوية لنقطة من سطح الأرض بالنسبة لمعلم مركزي أرضي نحسبها كما يلي:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{24 \times 3600} = 7,3.10^{-5}\ rad/s$$

السرعة الزاوية لعقرب الدقائق هي :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{3600} \cong 1,7.10^{-3}\ rad/s$$

التمرين 4

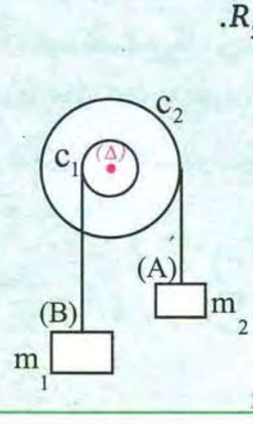
تتكون جملة ميكانيكية من أسطوانتين خفيفتين (C_1) و (C_2) ملتحمتين لهما نفس محور الدوران (Δ). نصف قطر الأولى $R_1 = 10cm$ والأخرى $R_2 = 20cm$.

نلف حبلا خفيفاً، على محيط كل اسطوانة،

وينتهي الحبلين بجسمين (A) و (B) كتلتاهما

(m_1) و (m_2) كما هو موضح في الشكل المقابل.

تكون الجملة في حالة توازن.



1 ■ مثل القوى المؤثرة على الجسمين (A) و (B)

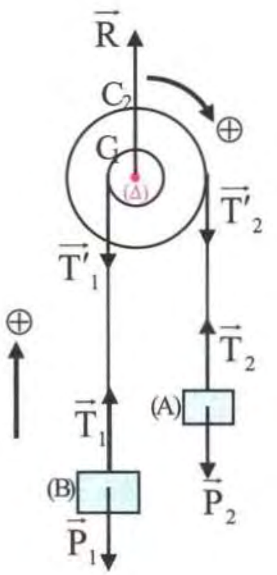
وكذلك على جملة الأسطوانتين .

2 ▪ طبق شرطا التوازن على الجسمين والأسطوانتين وجد علاقة بين (m_1) و (m_2) و R_1 و R_2.
أحسب قيمة (m_2) علما أن : $m_1 = 600g$.

3 ▪ نسحب الجسم (A) قليلا نحو الأسفل، ونتركه لحاله. بإهمال الاحتكاك:
أ – حدد طبيعة حركة كل من (A)، (B)، (c_1)،(c_2).
ب – إذا علمت أن السرعة الزاوية للأسطوانتين هي $\omega = 2rad/s$.
فاحسب سرعة كل من الجسمين (A) و(B).

الحل

1 ▪ تمثيل القوى المؤثرة في كل جسم من الجملة:



• الجسم (A): يخضع للقوتين هما :
$\overrightarrow{P_1}$: ثقل الجسم (B)

$\overrightarrow{T_1}$: قوة شد الخيط الأول (توتر الخيط) للجسم (B)

• الجسم (B): يخضع للقوتين هما :
$\overrightarrow{P_2}$: ثقل الجسم (A)
$\overrightarrow{T_2}$: قوة شد الخيط الثاني (توتر الخيط) للجسم (A)

• الأسطوانتان :
$\overrightarrow{T'_1}$: قوة شد الخيط من طرفه المثبت بالأسطوانة C_1.
$\overrightarrow{T'_2}$: قوة شد الخيط من طرفه المثبت بالأسطوانة C_2.
$\vec{R}$: رد فعل محور الدوران (Δ) على جملة الأسطوانتين.

لم نمثل ثقلي الأسطوانتين، لأن الأسطوانتين خفيفتان.

2 ▪ شرطا التوازن :

وهما : $\begin{cases} \sum \vec{F} = \vec{0} \\ \sum M(\vec{F}/\Delta) = 0 \end{cases}$ على كل جسم

• الجسم (A):

قابل للإنسحاب، لذا يكفي أن نطبق عليه الشرط الأول : $\overrightarrow{T_2}+\overrightarrow{P_2}=\vec{0}$

بالاسقاط على محور موجه كما في الشكل نجد :

$T_2=P_2$ ، $-T_2+P_2=0$ ومنه : $\underline{T_2=m_2\,g....(1)}$

• الجسم (B):

قابل للانسحاب أيضا، لذا نطبق عليه الشرط الأول $\overrightarrow{T_1}+\overrightarrow{P_1}=\vec{0}$

بالاسقاط على المحور الموجه كما في الشكل نجد :

$T_1=P_1$ ، $-T_1+P_1=0$ ومنه : $\underline{T_1=m_1\,g....(2)}$

جملة الأسطوانتين هي جملة قابلة للدوران لذا نطبق عليهما الشرط الثاني $\sum M(\vec{F}/\Delta)$

$$M(\overrightarrow{T'_2}/\Delta)+M(\overrightarrow{T'_1}/\Delta)+M(\vec{R}/\Delta)=0$$

لدينا عزم $\overrightarrow{T'_2}$ يدير في الاتجاه الموجب (يدير في الاتجاه الموجب (أنظر الشكل) فهو إذن موجب.

كما أن العزم = القوة × الذراع

والذراع هنا هو نصف القطر (R_2) إذن : $M(\overrightarrow{T'_2}/\Delta)=+T'_2.R_2$

⋆ أما عزم $(\overrightarrow{T'_1})$ فهو سالب، لأنه يحاول أن يدير الأسطوانتين في الاتجاه السالب.

إذن : $M(\overrightarrow{T'_1}/\Delta)=-T'_1.R_1$

⋆ أما عزم $(\vec{R})$ فهو معدوم لأنه يمر من محور الدوران.

إذن : $\underline{M(\vec{R}/\Delta)=0\,N.m}$

نعوض في شرط التوازن فنجد : $T'_2.R_2-T'_1.R_1+0=0$

$$\underline{T'_2.R_2=T'_1.R_1.....(3)}$$

ننتبه إلى أنه دائما يتحقق $T_1=T'_1$ (قوتي الشد على نفس الخيط)

كما أن $T_2=T'_2$ (قوتي الشد على نفس الخيط)

وهكذا تتحول المعادلة (3) إلى المعادلة التالية : $\underline{T_2\,R_2=T_1\,R_1.....('3)}$

بالتعويض عن و بما يساويهما في المعادلتين (1) و (2) في المعادلة $('3)$ نجد :

$$m_2\,g\,R_2=m_1\,g\,R_1$$

نستنتج عندئذ : $\boxed{m_2\,R_2=m_1\,R_1}$

حساب قيمة الكتلة m_2 :

$$\boxed{m_2=\frac{m_1\,R_1}{R_2}}$$

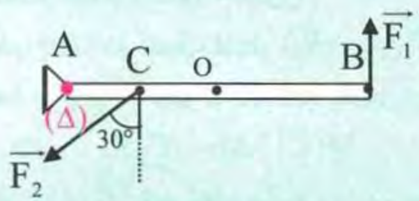
$$m_2=\frac{0,600\times0,10}{0,20}\quad,\quad m_2=0,300Kg=300g$$

3 ▪ أ – باهمال الاحتكاك، تبقى الجملة في حالة توازن حتى في حالة حركة منتظمة بالنسبة لمعلم أرضي فالتوازن لا يعني السكون .
وتكون حركة كل من (A) مستقيمة منتظمة.
أما حركة الأسطوانتين فتكون دائرية منتظمة .
ب – قيمة السرعة الخطية للجسمين (A) و (B)

$$v_A = R_2.\omega = 0,20 \times 2 = 0,4 m/s$$
$$v_B = R_1.\omega = 0,10 \times 2 = 0,2 m/s$$

التمرين 5

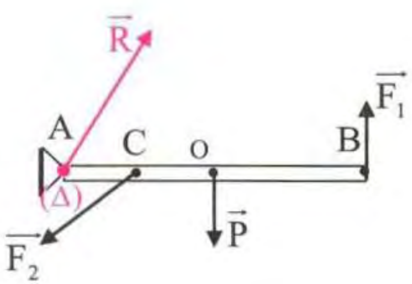
ساق معدنية متجانسة (AB) كتلتها $(m = 500g)$، وطولها $\ell = 40cm$، قابلة للدوران حول محور (Δ) أفقي يمر من نهايتها (A).
نؤثر عليها بقوتين $\overrightarrow{F_1}$ و $\overrightarrow{F_2}$.
كما هو موضح في الشكل المقابل.



1 ▪ مثّل في الشكل جميع القوى.
2 ▪ أعط شرطا التوازن لهذه الساق.
3 ▪ أحسب قيمة القوة $\overrightarrow{F_2}$ علما أن: $F_1 = 4N$ ، $AC = \frac{\ell}{4}$ ، $g = 9,8N/Kg$

الحل

1 ▪ تمثيل القوى :
$\vec{P}$: ثقل الساق
$\vec{R}$: رد فعل محور الدوران على الساق
ولا نستطيع في البداية تحديد زاوية ميله بالضبط.



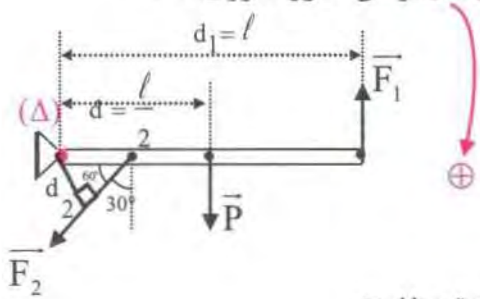
2 ▪ شرطا التوازن :
هما : $\sum M(\vec{F}/\Delta)$ و $\sum \vec{F} = \vec{0}$

3 ◾ حساب قيمة F_2.

نطبق الشرط الثاني للتوازن $\sum M(\vec{F}/\Delta)=0$ على الساق المعدنية، ونختار جهة موجبة للدوران بجهة دوران عقارب الساعة على سبيل المثال.

$$\sum M(\vec{R}/\Delta)+\sum M(\overrightarrow{F_2}/\Delta)+\sum M(\overrightarrow{F_1}/\Delta)=0$$

لكن : $\sum M(\vec{R}/\Delta)$ لأن $\vec{R}$ يمر من محور الدوران (Δ)



لنتذكّر أن : العزم = القوة × الذراع

الذراع هو البعد العمودي بين حامل القوة ومحور الدوران.

لاحظ أن: ذراع $\overrightarrow{F_1}$ هو : d_1 وذراع $\vec{P}$ هو : d

وذراع $\overrightarrow{F_2}$ هو : d_2(لاحظ أن d_2 عمودي على $\overrightarrow{F_2}$)

إذن : $M(\overrightarrow{F_1}/\Delta)=-F_1.d_1$ فالقوة $\overrightarrow{F_1}$ تحاول أن تدير الساق في الاتجاه السالب.

$M(\overrightarrow{F_2}/\Delta)=+F_2.d_2$ فالقوة $\overrightarrow{F_2}$ تحاول أن تدير الساق في الاتجاه الموجب

كذلك : $M(\vec{P}/\Delta)=+Pd=mgd$

نعوض في شرط التوازن السابق نجد : $0+F_2 d_2+mgd-F_1d_1=0$

$$F_2 d_2=-mgd+F_1d_1$$

لكن: $d_1=\ell$ و $d=\frac{\ell}{2}$ و $d_2=\frac{\ell}{4}sin60°$

نعوض فنجد : $F_2\frac{\ell}{4}sin60°=-mg\frac{\ell}{2}+F_1.\ell$ إذن

$F_2\, sin60°=4F_1-2mg$ ،

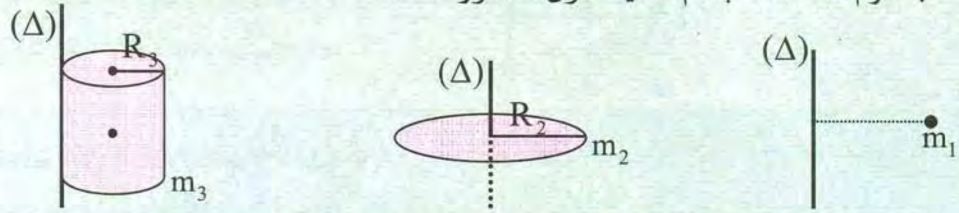
$$\boxed{F_2=\frac{4F_1-2mg}{sin60°}}$$

بالتعويض الحسابي نجد : $F_2=\frac{4(4)-2(0,500)\times 9,8}{0,866}$

$\boxed{F_2 = 7,2N}$

التمرين 6

أحسب عزم عطالة الأجسام التالية حول المحور (Δ).



أسطوانة متجانسة | قرص | جسم نقطي

يعطى : $m_1 = 10g$ ، $m_2 = 100g$ ، $m_3 = 1,2Kg$
$\ell = 40cm$ ، $R_2 = 20cm$ ، $R_3 = 15cm$

الحل

1 - حساب عزم عطالة الأجسام :

* عزم عطالة الجسم النقطي:

يعطى بالعبارة : $J/\Delta = m_1 l^2$

نعوض فنجد : $J/\Delta = 10\times 10^{-3}\times (0,40)^2$

$\boxed{J/\Delta = 1,6.10^{-3}\ Kg.m^2}$

* عزم عطالة القرص:

تعطى عزم عطالة القرص متجانس بالنسبة لمحور (Δ) يمر من مركز عطالته

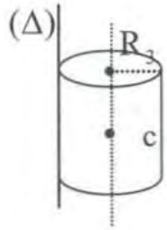
بالعبارة : $\boxed{J/\Delta = \frac{1}{2} m_2 R_2^2}$

$J/\Delta = \frac{1}{2}(0,100)(0,20)^2$ ، $\boxed{J/\Delta = 2.10^{-3} Kg.m^2}$

* عزم عطالة الأسطوانة:

تعطى عبارة عزم عطالة الأسطوانة المتجانسة حول محور يمر من مركز عطالتها (c) بالعبارة : $J/c=\frac{1}{2}m_3 R_3^2$

* أما عزم عطالتها بالنسبة للمحور (Δ) الذي يمر من إحدى مولداتها (الشكل) ، فيعطى بنظرية "هويغنز-ستنر"



$$J/\Delta=J/c+m_3 R_3^2$$

منه نجد : $J/\Delta=\frac{1}{2}m_3 R_3^2+m_3 R_3^2$

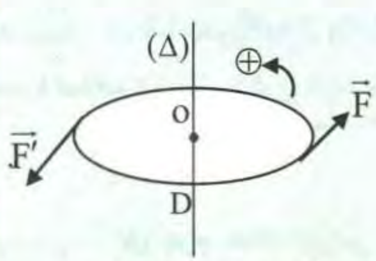
$$\boxed{J/\Delta=\frac{3}{2}m_3 R_3^2}$$

نعوض فنجد : $J/\Delta=\frac{3}{2}\times 1,2\times(0,15)^2$

$$\boxed{J/\Delta=4,05.10^{-2}\ Kg.m^2}$$

التمرين 7

نؤثر على قرص (D) ، نصف قطره $R=20cm$ ، وكتلته $(m=50g)$ بمزدوجة قوى $(\vec{F},\vec{F'})$ فنجعله يدور حول محور (Δ) يمر من مركزه (o).



1 ـ أحسب عزم مزدوجة القوى $M(\vec{F},\vec{F'})/\Delta$ حول (Δ) علما أن $F=F'=10N$

2 ـ أحسب العمل الذي تنجزه هذه المزدوجة، عندما يدور القرص نصف دورة.

3 ـ أحسب الاستطاعة المتوسطة P لهذه المزدوجة خلال فترة زمنية $\Delta t=10s$

4 ـ أحسب الطاقة الحركية الدورانية للقرص عندما بلغت سرعته الخطية $v=10m/s$.

الحل

1 ▪ حساب عزم مزدوجة القوى $M(\vec{F},\vec{F'})/\Delta$.

نعلم أن :
$$\boxed{M(\vec{F},\vec{F'})/\Delta=+F.(2R)}$$

$$M(\vec{F},\vec{F'})/\Delta=10\times 2(0,20)=4$$

$$\boxed{M(\vec{F},\vec{F'})/\Delta=4N.m}$$

2 ▪ حساب عمل المزدوجة :

تعطى عبارة عمل المزدوجة عندما يدور الجسم بزاوية (α) هي :

$$\boxed{W(\vec{F},\vec{F'})=M(\vec{F},\vec{F'})/\Delta\times\alpha}$$

وبما أن المتحرك دار نصف دورة فإن $\alpha=\pi$ ومنه : $w(\vec{F},\vec{F'})=4\times\pi$

$$\boxed{w(\vec{F},\vec{F'})=4\pi=12,56J}$$

3 ▪ حساب الاستطاعة المتوسطة P

تعطى عبارة الاستطاعة المتوسطة هي :
$$P=\frac{w(\vec{F},\vec{F'})}{\Delta t}=\frac{12,56}{10}$$

$$\boxed{P=1,256w}$$

4 ▪ حساب الطاقة الحركية الدورانية Ec للقرص:

عبارة الطاقة الحركية الدورانية للقرص هي :
$$\boxed{Ec=\frac{1}{2}J_{/\Delta}W^2}$$

حيث : $J_{/\Delta}$ هو عزم عطالة القرص حول محور (Δ) بحيث : $J_{/\Delta}=\frac{1}{2}mR^2$ ،

إذن : $Ec=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}mR^2\right)\omega^2$

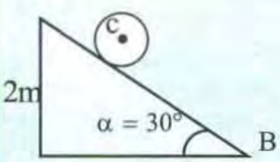
$Ec=\frac{1}{4}m(R\omega)^2$ ، لكن : $v=Rw$

إذن : $Ec=\frac{1}{4}mv^2$ نعوض فنجد : $Ec=\frac{1}{4}(0,5)(10)^2$

$$\boxed{Ec=12,5J}$$

التمرين 8

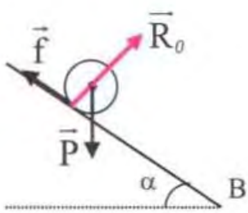
تتدحرج كرة مملوءة كتلتها $M = 2Kg$، ونصف قطرها $R = 20cm$،
في مستو مائل زاوية ميله α.
إنطلقت من الموضع (A) بدون سرعة إبتدائية.
باستعمال معادلة إنحفاظ الطاقة
- جد قيمة سرعتها في الموضع (B) .
نعتبر الاحتكاك معاكس للحركة وقيمته $f = 4N$
تعطى عزم عطالة الكرة حول محور يمؤ من مركز عطالتها $J/c=\frac{2}{5}MR^2$.



الحل

• حساب سرعة الكرة V_B :

نمثل القوى على الشكل



بتطبيق معادلة إنحفاظ الطاقة نكتب :

$$E_{cA}+w(\vec{P})-W(\vec{f})=E_{cB}$$

بما أن الكرة تتدحرج فهذا يعني أنها تدور وتنسحب وعليه فإن طاقتها الحركية (E_c)هي مجموع طاقتيها الحركيتين الإنسحابية والدورانية (الدوران حول c).

أي : $E_c=\frac{1}{2}Mv^2+\frac{1}{2}J/c\omega^2$

- في الموضع (A) لدينا : $E_{cA} = 0J$ (لأنها إنطلقت من (A) بدون سرعة إبتدائية)

إذن : $0+Mgh-f.AB=\frac{1}{2}Mv^2+\frac{1}{2}J/c\omega^2$

لكن : $J/c=\frac{2}{5}MR^2$ كما أن: $\omega=\frac{v}{R}$ وأيضا : $AB=\frac{h}{sin\alpha}$

نعوض فنجد : $Mgh-f\frac{h}{sin\alpha}=\frac{1}{2}Mv^2+\frac{1}{2}\left(\frac{2}{5}MR^2\right)\frac{v^2}{R_2}$

$$h\left(Mg-\frac{f}{sin\alpha}\right)=\frac{1}{2}Mv^2\left(1+\frac{2}{5}\right)$$

$$h\left(Mg-\frac{f}{\sin\alpha}\right)=\frac{1}{2}Mv^{2}\left(\frac{7}{5}\right)$$

$$\boxed{v=\sqrt{\frac{10}{7}h\left(g-\frac{f}{M\sin\alpha}\right)}}$$

نعوض بالقيم فنجد :

$$v=\sqrt{\frac{10}{7}\times 2\left(9{,}8-\frac{4}{2\sin 30°}\right)}$$

$$\boxed{v\cong\sqrt{16{,}6}}$$

$$\boxed{v\cong 4{,}07\,m/s}$$

الوحدة 4

❖ الطاقة الكامنة Ep

1 – الطاقة الكامنة

تعريف

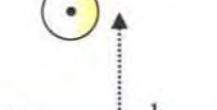
الطاقة الكامنة لجملة هي الطاقة المرتبطة بالأوضاع النسبية لمختلف أجزائها المتأثرة ببعضها البعض.

2 – أنواع الطاقة الكامنة

2 – 1 - الطاقة الكامنة الثقالية Epp (طاقة الوضع):

▪ بالنسبة لجملة (جسم- ارض) :

عندما يكون جسم كتلته M، على ارتفاع h من سطح الأرض، فإنه يخزّن من طاقة كامنة ثقالية.



المستوى المرجعي
للطاقة الكامنة الثقالية Epp_0

▪ عبارة الطاقة الكامنة الثقالية :

تعرف عبارة الطاقة الكامنة الثقالية بالنسبة لمستوى مرجعي طاقتها الكامنة الثقالية Epp_0 كما يلي :

$$\boxed{Epp = \pm\ Mgh + Epp_0}$$

Epp_0 : هي الطاقة الكامنة الثقالية للمستوى المرجعي.

- يمكن إعطاؤه أية قيمة (عادة ما نضع $Epp_0 = 0$) لذا نقول أن الطاقة الكامنة الثقالية معرفة بمقدار ثابت هو : Epp_0 .

- الإشارة (+) إذا كان الجسم أعلى المستوى المرجعي.

- الإشارة (-) إذا كان الجسم أسفل المستوى المرجعي.

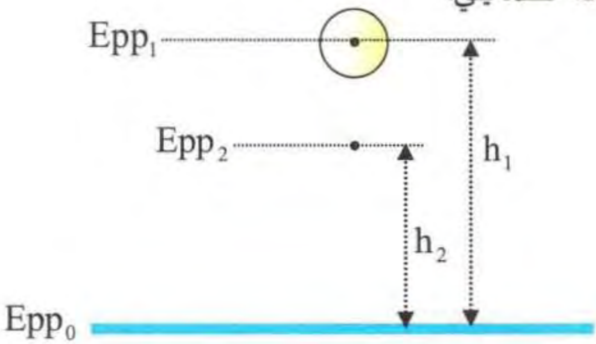
▪ عبارة تغير الطاقة الكامنة الثقالية ΔEpp :

عندما نغير موضع جسم من الارتفاع (h_1) إلى الارتفاع (h_2) فكيف تتغير الطاقة الكامنة الثقالية؟

- في الموضع h_1 : $Epp_1 = Mgh_1 + Epp_0$

- في الموضع h_2 : $Epp_2 = Mgh_2 + Epp_0$

التغير ΔEpp ، نعينه كما يلي:



$$\Delta Epp = Epp_2 - Epp_1$$

إذن :

$$\Delta Epp = Mgh_2 + Epp_0 - (Epp_1 + Epp_0)$$

$$\Delta Epp = Mgh_2 - Mgh_1$$

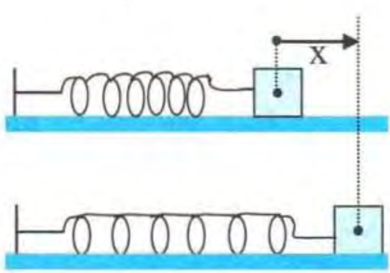
$$\boxed{\Delta Epp = Mg(h_2 - h_1)}$$

نتيجة

تغير الطاقة الكامنة الثقالية لا يعتمد على طاقة المستوى المرجعي Epp_0.

2 - 2 - الطاقة الكامنة المرونية Epe:

عندما يستطيل نابض أو خيط مطاطي ثابت مرونته K بمقدار x فإنه يخزن طاقة كامنة مرونية Epe.



عبارة الطاقة الكامنة المرونية Ep:

تعطى عبارة الطاقة الكامنة المرونية كما يلي:

$$Epe = \frac{1}{2} K x^2$$

K: ثابت مرونة النابض

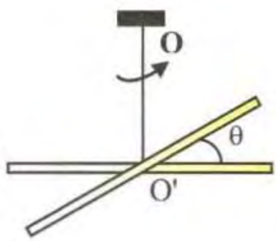
x: استطالة أو تقلص النابض

2 - 3 - الطاقة الكامنة الفتلية:

عندما نفتل بزاوية θ سلك فتل (oo')، ثابت فتله C فإنه يخزن طاقة كامنة فتلية مرونية Epe.

عبارة الطاقة الكامنة المرونية الفتلية

$$Epe = \frac{1}{2} C\theta^2$$



التمرين 1

حدد الصحيح من الخطأ، وصحح العبارة الخاطئة فيما يلي:

أ ـ عبارة الطاقة الكامنة الثقالية Epp هي: $Epp = mgh + Epp_0$ حيث h هو ارتفاع الجسم عن المستوى المرجعي للطاقة الكامنة الثقالية.

ب ـ الطاقة الكامنة الثقالية معرّفة بمقدار ثابت .

جـ ـ الطاقة Epp تتعلق بالمستوى المرجعي Epp_0.

د ـ تغير الطاقة الكامنة الثقالية ΔEpp لا يعتمد على المستوى المرجعي Epp_0.

هـ ـ الطاقة الكامنة الثقالية $Epp = + mgh$ إذا كان الجسم أعلى المستوى المرجعي للطاقة الكامنة الثقالية وكان $Epp_0 = 0J$.

و ـ الطاقة الكامنة الثقالية $Epp = - mgh$ إذا كان الجسم أسفل المستوى المرجعي للطاقة الكامنة الثقالية مع $Epp_0 = 0J$.

الحل

أ ـ صحيح	ب ـ صحيح	جـ ـ صحيح
د ـ صحيح	هـ ـ صحيح	و ـ صحيح

التمرين 2

إختر الإجابة الصحيحة:

1 ـ عبارة ΔEpp لجسم ينتقل من (A) إلى (B) هي :
$\Delta Epp = +w_{AB}(\vec{p})$ ، $\Delta Epp = -w_{AB}(\vec{p})$.

2 ـ عندما يهبط الجسم فإن طاقته الكامنة الثقالية: تزداد، تنقص، تبقى ثابتة.

3 ـ عندما ينتقل جسما أفقيا فإن طاقته الكامنة الثقالية: تبقى ثابتة، تزداد ، تنقص.

4 ـ الطاقة الكامنة الثقالية لجسم لا تعرف إلا بالنسبة لجملة :
"الجسم" ، "الجسم-أرض" ، "الأرض".

الحل

1 ▪ العبارة الصحيحة هي: $\Delta Epp = -w_{AB}(\vec{p})$.

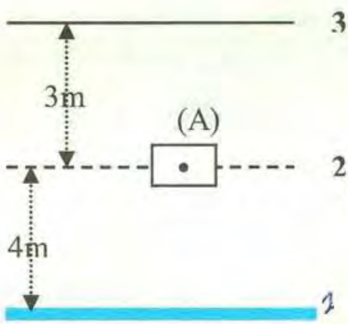
2 ▪ عندما يهبط الجسم، فإن طاقته الكامنة الثقالية تنقص.

3 ▪ عندما ينتقل الجسم أفقيا فإن طاقته الكامنة الثقالية تبقى ثابتة.

4 ▪ الطاقة الكامنة الثقالية لجسم لا تعرف إلا بالنسبة لجملة "الجسم-أرض".

التمرين 3

جسم (A) كتلته $m = 200g$ موجودة في مكان موضح في الشكل المقابل أحسب طاقته الكامنة الثقالية Epp.



1 ▪ باختيار الجملة "جسم-أرض".

أ • باعتبار المستوى المرجعي للطاقة الكامنة الثقالية هو المستوى 1

ب • باعتبار المستوى المرجعي للطاقة الكامنة الثقالية هو المستوى 2

جـ • باعتبار المستوى المرجعي للطاقة الكامنة الثقالية هو المستوى 3

2 ▪ باختيار الجملة "الجسم A".

أحسب Epp في الحالات أ، ب، جـ السابقة يؤخذ $g = 10N/Kg$.

الحل

1 ▪ حساب Epp بالنسبة لجملة "الجسم-ارض":

نعلم أن عبارة الطاقة الكامنة الثقالية هي: $Epp = mgh + Epp_0$

وباعتبار $Epp = 0J$ فإن: $Epp = mgh$

هذا في حالة أن الجسم يقع أعلى المستوى المرجعي للطاقة الكامنة الثقالية.

* أما إذا كان الجسم يقع أسفل المستوى المرجعي للطاقة الكامنة الثقالية، فإن: $\boxed{Epp = -mgh}$

• في الحالة أ: نستعمل العلاقة $Epp = + mgh$ مع $h = 4m$

إذن: $Epp = 0,2 \times 10 \times 4$ ، $\boxed{Epp = +8J}$

• **في الحالة ب** : الجسم (A) في نفس المستوى 2

إذن : $h = 0m$ ، $\boxed{Epp = 0J}$

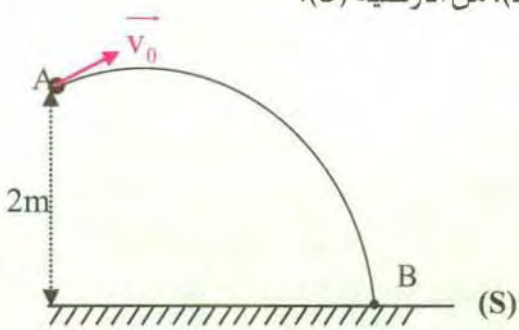
• **في الحالة جـ** : نستعمل العلاقة : $Epp = -mgh$

$Epp = -0,2 \times 10 \times 3$ ، $\boxed{Epp = -6J}$

2 ◂ باختيار الجملة "الجسم"، فإنه لا يمكن التكلم عن طاقة كامنة ثقالية Epp للجسم.

التمرين 4

يقذف جسم كتلته $m = 1Kg$ بسرعة $\overrightarrow{v_0}$ قيمتها $v_0 = 10m/s$ من نقطة (A) بالنسبة لمعلم أرضي ثم يترك لحاله، فيسقط في النقطة (B)، من الأرضية (S).



1 ◂ باعتبار (S) هو المستوى المرجعي للطاقة الكامنة الثقالية.
أحسب كل من Epp_A و Ec_A .

2 ◂ باستعمال مبدأ إنحفاظ الطاقة، أحسب قيمة سرعة الجسم $\overrightarrow{v_B}$ (في النقطة B).
يؤخذ $g = 10N/Kg$.

الحل

1 ◂ حساب Epp_A:

باعتبار (S) هو المستوى المرجعي للطاقة الثقالية أي : Epp_0 يكون
$Epp_A = mgh$ مع $h = 2m$

إذن : $Epp_A = -1 \times 10 \times 2$ ، $\boxed{Epp_A = 20J}$

حساب Ec_A:

لدينا : $Ec_A = \frac{1}{2}Mv_A^2$ ، لكن : $v_A = v_0 = 10m/s$

إذن : $Ec_A = \frac{1}{2} \times 1 \times (10)^2$ ، $\boxed{Ec_A = 50J}$

2 ◄ حساب قيمة السرعة v_B:

عندما نريد إدخال الطاقة الكامنة الثقالية **Epp** في معادلة إنحفاظ الطاقة فإنه ينبغي إعتبار الجملة "الجسم-أرض"، وليس جملة "الجسم" فقط.

* عندما ندخل **Epp** فليس هناك مجال لإدخال $w(\vec{P})$ لأنه في هذه الحالة $w(\vec{P})$ لا تعتبر لا طاقة مستقبلة ولا طاقة مقدمة فهي طاقة داخلية.

لنطبق معادلة إنحفاظ الطاقة :

$$Ec_A + Epp_A = Ec_A + Epp_B$$

لكن : $Epp_B = 0J$ لأن (S) هو المستوى المرجعي للطاقة الكامنة الثقالية.

$Ec_B = 50 + 20$ ، $\boxed{Ec_B = 70J}$

لكن : $\boxed{v_B = \sqrt{\frac{2Ec_B}{m}}}$ ، $Ec_B = \frac{1}{2}mv_B^2$

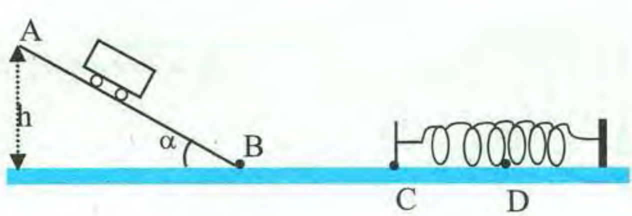
$\boxed{v_B = 11,8m/s}$ ، $v_B = \sqrt{\frac{2 \times 70}{1}}$

التمرين 5

تنحدر عربة صغيرة كتلتها $M = 500g$ بدون سرعة إبتدائية من النقطة (A) أعلى مستوى مائل، يهمل به الإحتكاك زاوية ميله $\alpha = 20°$ ، فتمر بالنقاط B و C أين يوجد نابض أفقي ثابت مرونته $K = 200N/m$.

تلتحم العربة بالنابض، ويكون التقلص الأعظمي x_0 عند النقطة D

(أنظر الشكل)



نعتبر المستوى الأفقي الذي يشمل النقاط (B)، (C)، (D)هو المستوى المرجعي للطاقة الكامنة الثقالية.

1 ▪ باعتبار الجملة "عربة-أرض-نابض"

أ • مثل الحصيلة الطاقوية للجملة بين الموضعين (A) و(D).

ب • بكتابة معادلة إنحفاظ الطاقة جد قيمة x_0

يعطى: $AB = 100cm$ ، $g = 9,8N/Kg$

2 ▪ باعتبار الجملة "عربة-نابض"

أ • مثل من جديد الحصيلة الطاقوية للجملة بين الموضعين (A) و(D).

ب • أحسب x_0 من جديد، وماذا تستنتج؟

جـ - أحسب قيمة القوة المرونية التي يؤثر بها النابض على العربة.

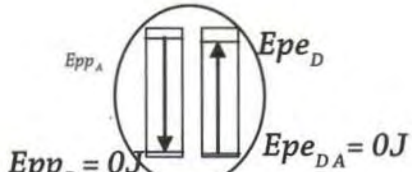
الحل

1 ▪ ا • تمثيل الحصيلة الطاقوية بين الموضعين (A)و (D) لجملة "عربة – ارض - نابض"

في الموضع (A) لدينا : $\left.\begin{array}{l} Ec_A=0J \\ Ec_A=Mgh \\ Epe_A=0 \end{array}\right\}$ مع $h = AB\sin\alpha$

في الموضع (D) لدينا : $\left.\begin{array}{l} Ec_D=0J \\ Epp_D=0J \\ Epe_D=\frac{1}{2}Kx^2 \end{array}\right\}$

ولذا تمثل الحصيلة الطاقوية كما يلي :



ب • حساب التقلص العظمي x_0 :

بكتابة معادلة إنحفاظ الطاقة نجد :

$$E_A = E_C$$

$$Ec_A + Epp_A + Epe_A = Ec_D + Epp_D + Epe_D$$

$$0 + M g\, AB sin\alpha + D = 0 + 0 + \frac{1}{2}Kx_0^2$$

$$M g (AB) sin\alpha = \frac{1}{2}Kx_0^2$$

$$\boxed{x_0 = \sqrt{\frac{2M g (AB) sin\alpha}{K}}}$$

نعوض فنجد :

$$x_0 = \sqrt{\frac{2\times 0{,}5\times 9{,}8\times 1\times sin 20°}{200}}$$

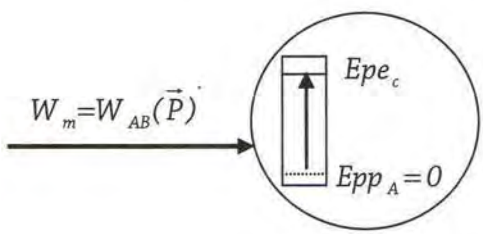
$$x_0 = 0{,}129m \quad , \quad \boxed{x_0 = 12{,}9cm}$$

2 ـ أ • تمثيل الحصيلة الطاقوية للجملة "عربة - نابض"

في الموضع (A) لدينا : $\left.\begin{matrix} Ec_A = 0J \\ Epe_A = 0J \end{matrix}\right\}$

في الموضع (D) لدينا : $\left.\begin{matrix} Ec_D = 0J \\ Epe_D = \frac{1}{2}Kx_0^2 \end{matrix}\right\}$

وهكذا تأتي الحصيلة الطاقوية فيها عمود واحد فقط لأن (E_c) معدومة في البداية والنهاية ولكن الجملة تستقبل تحويلا ميكانيكيا W_m هو $w_{AB}(\vec{P})$



ب • حساب x_0:

باستعمال معادلة إنحفاظ الطاقة نجد :

$$Ec_A + Epe_A + W_m = Ec_D + Epe_D$$

$$0+0+Mgh=0+\frac{1}{2}Kx_0^2$$

$$Mgh(AB)\sin\alpha=\frac{1}{2}Kx_0^2$$

ومنه نجد :

$$\boxed{x_0=\sqrt{\frac{2Mg(AB)\sin\alpha}{K}}}$$

وهي نفس العبارة وبالتالي نفس القيمة ($x_0 = 12,9cm$).

★ الاستنتاج :

نستنتج أن معادلة إنحفاظ الطاقة تؤدي إلى نفس النتيجة مهما كانت الجملة المختارة فتغير "الجملة" لا يُغير من نتائج الظاهرة المدروسة وهذا أمر طبيعي (بمعنى فيزيائي).

جـ • قيمة القوة المرونية عند التقلص الأعظمي (x_0):

تعطى قيمة القوة المرونية بالعبارة $F = Kx$

وهنا $x = x_0$ إذن : $F = Kx_0$

نعوض فنجد : $F = 200 \times 0,129$ ، $\boxed{F = 25,8N}$

الوحدة 5

❖ الطاقة الداخلية Q, E_i

الطاقة الكامنة

توطئة

لدينا كمية من الماء موضوعة في إناء (جملة)، نلاحظ أن طاقة هذه الجملة هيEc و Eppو $Emic$ إذن فالطاقة الكلية للجملة هي : $E = Ec + Epp + Emic$

* أما Ec فنعتبرها معدومة باعتبار سكون الماء بالنسبة لمعلم أرضي.
* أما Epp فنعتبرها ثابتة على اعتبار أن مركز عطالة الجملة على ارتفاع ثابت من سطح الأرض.
* وإذا كانت درجة الحرارةT للجملة ثابت فإن $Emic$ نعتبرها أيضا ثابتة.
* لكن إذا تغيرت درجة الحرارة فما الذي يتغير في هذه الجملة؟
* أكيد ستتغير $Emic$وهذا لأن الجزيئات تكسب سرعة وبالتالي طاقة حركية وعليه نقول أن الطاقة الداخلية $Emic$ للجملة تتغير.

الطاقة الداخلية لجملة

الطاقة الداخلية لجملة تتعلق بالبنية المجهرية للمادة والحالة الحرارية لها.

1 - 1 - البنية المجهرية:

1 ◘ البنية الفيزيائية: **التي تتميز بالحالات الأربعة للمادة : صلب - سائل - غازي - بلازما.**

2 ◘ البنية الكيميائية: **تتعلق بنوع الإرتباط بين ذرات المادة.**

3 ◘ البنية النووية: **تتعلق بالارتباط بين النويات (البروتونات والنترونات).**

1 - 2 - مركبات الطاقة الداخلية:

وتتميز بـ :

المركبة الحرارية، المركبة المنسوبة للحالة الفيزيائية والكيميائية، المركبة المنسوبة للحالة النووية (خارج المنهاج).

نبدأ بمعالجة المركبة الحرارية.

1 ◘ المركبة الحرارية للطاقة الداخلية:

ا • العوامل التي يتعلق بها التحويل الحراري Q:

يحدث تحويل حراري للجملة كلما :

★ تغيرت درجة الحرارة θ من θ_i إلى θ_f أي أن $Q \alpha (\theta_f - \theta_i)$

α : "هي إشارة التناسب"

★ تغيرت كتلة المادة m أي أن $Q \alpha m$

★ تغير نوع المادة c أي أن $Q \alpha c$

c : السعة الحرارية الكتلية للمادة (نوع المادة)

ب • عبارة التحويل الحراري Q للطاقة الداخلية دون تغير الحالة الفيزيائية للمادة:

مما سبق نستنتج العبارة التالية :

$$\boxed{Q = mc(\theta f - \theta i)}$$

θ_i : درجة الحرارة الابتدائية ($initial$) للمادة و تقاس بالدرجة المئوية ($0°$)

θ_f : درجة الحرارة النهائية ($final$)

m: كتلة المادة المستقبلة والفاقدة للتحويل الحراري وتقاس بـ (Kg)

c: السعة الحرارية الكتلية للمادة وتتعلق وتقاس بـ $J/(Kg.c°)$

★ عندما تتلقى المادة حرارة فإن درجة حرارتها تزداد أي : $\theta_f > \theta_i$ إذن : $Q > 0$

★ عندما تفقد المادة حرارة فإن $\theta_f < \theta_i$ ، $Q < 0$

✓ ملاحظة هامة:

التحويل الحراري يغير من الطاقة المجهرية للجملة وبالتالي يكون $Q = \Delta Emic$

جـ • فعل جول:

هو التحويل الحراري الذي يوافق مرور تيار كهربائي شدته (I) في ناقل أومي مقاومتهR خلال مدة زمنية t ويؤدي إلى تغير درجة حرارة المادة من θ_i إلى θ_f

$$\boxed{Q = mc\left[\theta_f - \theta_i\right] = RI^2 t = We}$$

2 ■ المركبة المنسوبة للحالة الفيزيائية – الكيميائية للجملة:

إن التأثير بين جزيئات المادة: ينتج عنه طاقة التماسك.

والتأثير بين ذرات المادة : ينتج عنه طاقة الرابطة الكيميائية.

أ • طاقة التماسك :

هي الطاقة اللازمة لإنكسار أو تكوين الروابط التي تتماسك بها جزيئات المادة.

ب • عبارة التحويل الحراري Q في حالة تغير الحالة الفيزيائية للمادة :

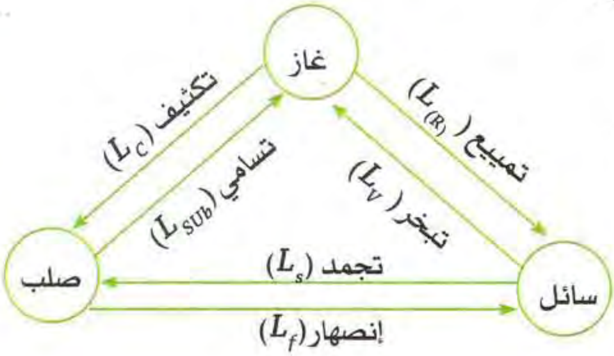
يتطلب تغيير الحالة الفيزيائية لجسم نقي كتلتهm عند درجة حرارة ثابتة تحويلا حراريا

Q. يعطى بالعبارة التالية : $\boxed{Q = mL}$

حيث L: هي السعة الكلية لتغير الحالة ووحدته هي $[J/Kg]$.

تكتب العبارة في حالة :

- الإنصهار $Q_f = mL_f$ حيث: L_f يمثل السعة الكتلية للانصهار.
- التجمد $Q_s = -Q_f = -mL_f$ الاشارة ناقص تدل على أن المادة فقدت طاقة حرارية.
- التبخر : $Q_v = mL_v$ حيث L_v هو السعة الكتلية للتبخر.
- التمييع : $Q_1 = -Q_v = -mL_v$.



$$L_C = -L_{SUb}$$
$$L_R = -L_V$$
$$L_f = -L_S$$

جـ • طاقة الرابطة الكيميائية :

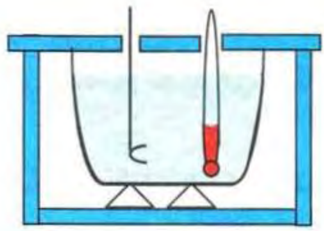
عندما يحدث تفاعل كيميائي تنكسر روابط كيميائية وتتكون أخرى مما يحدث تغييرا في مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة. تدعى هذه الطاقة طاقة الرابطة الكيميائية وتساوي قيمة التحويل الحراري الذي يحدث

* تكون التحولات ماصة للحرارة إذا اكتسب الجسم طاقة حرارية من الوسط الخارجي.
* تكون التحولات ناشرة للحرارة إذا فقد الجسم طاقة حرارية وقدمها للوسط الخارجي.

◄ المسعر : هو وعاء لا يتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي إذ نعتبره جملة معزولة حراريا (طاقويا).

◄ وصفه : يتألف من وعائين الوعاء الخارجي يمنع وصول أو خروج الحرارة بين المسعر والوسط الخارجي أما الوعاء الداخلي فعادة ما يصنع من معدن الألمنيوم Al النقى به مازج (مخلط) زجاجي وبه محرار زئبقي.

◄ فائدته : المسعر يسمح بقياس السعة الحرارية C لأي مادة كما أنه يعتبر وسيلة للعزل الحراري بين جملتين مختلفتين فيقال عنه أنه جملة كاظمة أو جملة أدياباتيكية *S.Adiabatique* .



C

السعة الحرارية الكلية للمسعر :

$$C_{\text{المسعر}} = C_{\text{المازج}} + C_{\text{المحرار}} + C_{\text{الوعاء الداخلي}} + C_{\text{المادة الموجودة بالمسعر}}$$

علاقة السعة الحرارية C لمادة سعتها الحرارية الكتلية c:

$$C = m \quad c$$

السعة الحرارية كتلية	السعة الحرارية
$[J/Kg.c]$	$[J/Kg]$

المكافئ المائي للمسعر μ:

هو كتلة الماء التي تستقبل نفس التحويل الحراري الذي إستقبله المسعر.

التمرين 1

أ • أذكر أربعة تحويلات طاقوية تسمح برفع درجة حرارة جملة.
ب • إذا زادت درجة حرارة جسم (θ). ما الذي يحدث بداخله؟ اشرح.
جـ • إذا تغيرت درجة حرارة جسم (θ). ماهو المقدار الفيزيائي الذي يتغير؟

الحل

أ ▪ التحويلات الطاقوية التي تسمح برفع درجة حرارة جملة هي :

- التحويل الميكانيكي Wm.
- التحويل الكهربائي We
- التحويل الحراري Q.
- التحويل الاشعاعي Er أو (Wr) .

ب ▪ إذا زادت درجة حرارة جسم θ، فإن طاقتها الداخلية Ei تتغير، ذلك لأن سرعة جزيئاته، ومكوناته الداخلية تتغير، وبالتالي تتغير طاقتها الحركية الميكروسكوبية $Emic$ وكذلك طاقتها الكامنة الميكروسكوبية $Epmic$لتباعد الجزيئات عن بعضها البعض.

جـ – إذا تغيرت درجة الحرارة θ لجسم، فإن طاقتها الداخلية Ei تتغير.

التمرين 2

أجب بصحيح أو خطأ، وصحح الخطأ فيما يلي:

1 ▪ درجة الحرارة θ:
أ • هي مقدار يميز الطاقة الميكروسكوبية للجملة المدروسة.
ب • تقاس بالدرجة المئوية (سلسيوس) وبالدرجة المطلقة (الكلفن)

2 ▪ التحويل الحراري Q:
أ • هو مقدار يعبر عن تحويل الطاقة بين جملتين متفاعلتين .
ب • يقاس بالجول (J)

3 ▪ الحرارة مقدار يمكن لجملة أن تختزنه.

4 ▪ جملة تعطي حرارتها لجملة أخرى.

الحل

1 ▪ أ • صحيح ، ب • صحيح

2 ▪ أ • صحيح ، ب • صحيح

3 ▪ صحيح . 4 ▪ صحيح.

التمرين 3

إختر الإجابة الصحيحة :

أ • إذا نقصت درجة الحرارة لجملة فإن طاقتها الداخلية (الميكروسكوبية) تزداد/تنقص.

ب • إذا زادت درجة حرارة جملة فإنها إكتسبت/ فقدت طاقة.

جـ • عندما يتحول سائل إلى الحالة الصلبة، في درجة حرارة ثابتة فإنه إستقبل/ فقد طاقة.

د • عندما يتحول سائل إلى الحالة الغازية، في درجة حرارة ثابتة فإنه استقبل/ فقد طاقة.

الحل

أ • إذا نقصت درجة حرارة جملة فإن طاقتها الداخلية تنقص.

ب • إذا زادت درجة حرارة جملة فإنها إكتسبت طاقة.

جـ • عندما يتحول سائل إلى الحالة الصلبة، في درجة حرارة ثابتة فإنه فقد طاقة.

د • عندما يتحول سائل إلى الحالة الغازية، في درجة حرارة ثابتة فإنه إستقبل طاقة.

التمرين 4

1 ▪ ماهي قيمة التحويل الحراري Q اللازم إعطاءه لقطعة حديد(Fe) كتلتها $m = 0,5Kg$ ، حتى ترتفع درجة حرارتها من درجة الحرارة $(\theta i = 25°c)$ إلى $(\theta_f = 95°c)$؟

2 ▪ يعطى نفس قيمة التحويل الحراري Q إلى كمية من الماء كتلتها $(m = 0,5Kg)$، ودرجة حرارتها الابتدائية $(15°c)$، فكم ترتفع درجة حرارة الماء؟

معطيات :

$c_{FE} = 0,460KJ.Kg^{-1}.c^{°-1}$ ، $c_{ماء} = 4,18KJ.Kg^{-1}.c^{°-1}$.

الحل

1 ▪ قيمة التحويل الحراري Q:

هذا التحويل الحراري رفع درجة حرارة قطعة الحديد $\theta i = 25°c$ إلى $\theta_f = 95°c$، وبين هاتين الدرجتين تبقى قطعة الحديد صلبة، أي أن الحالة الفيزيائية لا تتغير، وعليه نستعمل عبارة التحويل الحراري Q بدون تغير الحالة الفيزيائية $Q = mc(\theta_f - \theta i)$

$m = 0,70Kg$: كتله قطعة الحديد

$c = c_{Fe} = 0,460KJ.Kg^{-1}.c^{°-1}$: السعة الحرارية الكتلية للحديد Fe

إذن: $Q = m_{Fe}\, c_{Fe}(\theta_f - \theta i)$

نعوض فنجد: $Q = 0,5 \times 0,460(95° - 25°)$

$$\boxed{Q = 16,1KJ}$$

2 ▪ حساب θ_f للماء:

التحويل الحراري للماء يعطى بنفس العبارة السابقة $Q = mc(\theta_f - \theta i)$

هنا: $Q = m_{\text{ماء}}\, c_{\text{ماء}}\, (\theta_f - \theta i)$

إذن: $$\frac{Q}{m_{\text{ماء}}\, c_{\text{ماء}}} = \theta_f - \theta i$$

ومنه نجد: $$\boxed{\theta_f = \frac{Q}{m_{\text{ماء}}\, c_{\text{ماء}}} + \theta i}$$

بما أنه أعطى للماء نفس التحويل الحراري فإن $Q = 16,1KJ$

نعوض فنجد: $$\theta_f = \frac{1,61.10^3}{0,5 \times 4,18.10^3} + 15$$

$$\boxed{\theta_f \cong 22,7°c}$$

3 ▪ تقييم النتائج:

* نلاحظ أنه من أجل نفس التحويل الحراري لنفس الكمية من الحديد والماء فإن درجة حرارة الحديد قفزت من $25°c$ إلى $95°c$.

* أما الماء فلم تتغير درجة حرارته كثيرا إذا انتقلت من $15°c$ إلى $22,7°c$وهذا يفسر كيف أن الحديد (والمعادن بشكل عام) ترتفع درجة حرارتها بسهولة كبيرة وبمقادير كبيرة مقارنة بالماء.

التمرين 5

أحسب التحويل الحراري اللازم لكتلة $(m = 0,1Kg)$من الجليد درجة حرارتها الابتدائية $(\theta i = -15°c)$ ، حتى تصبح درجة حرارتها $(25°c)$. وهذا تحت الضغط الجوي .

<u>معطيات</u> :

$L_{جليد} = 335KJ.Kg^{-1}.c^{-1}$.

$c_{ماء} = 4,18KJ.Kg^{-1}.c^{-1}$

$c_{جليد} = 2,1KJ.Kg^{-1}.c^{-1}$.

الحل

حساب التحويل الحراري Q

بما أن درجة حرارة الماء تنتقل من $(\theta i = -15°c)$ إلى $(\theta_f = 25°c)$ ، فهذا يعني أن الحالة الفيزيائية للجليد تغيرت من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، ولذا لا ينبغي استعمال العلاقة $Q = mc(\theta_f - \theta i)$، بل يفضل استعمال المخطط الطاقوي التالي :

عدم تغير في الحالة الفيزيائية للماء	تغير في الحالة الفيزيائية للماء	عدم تغير في الحالة الفيزيائية للماء
سائل ⟵ سائل	سائل ⟵ صلب	صلب ⟵ صلب
ماء	ماء	جليد

في المرحلة 1 :

لا يوجد تغير في الحالة الفيزيائية للجليد لذا يمكن استعمال العلاقة $Q_1 = mc_{جليد}(\theta_1 - \theta i)$.

في المرحلة 2 :

يوجد تغير في الحالة الفيزيائية للماء من الحالة الصلبة (جليد) إلى الحالة السائلة (ماء) لذا لا يمكن استعمال علاقة التحويل الحراري السابقة بل نستعمل العلاقة التالية : $Q_2 = mL_{fus}$

في المرحلة 3 :

لا يوجد تغير في الحالة الفيزيائية للماء لذا يمكن إستعمال العلاقة :

$Q_3 = mc_{ماء}(\theta_f - \theta_2)$.

وعليه يكون التحويل الحراري الكلي Q مساويا إلى مجموع كل هذه التحويلات الحرارية.

بمعنى : $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$$\boxed{Q = mc_{جليد}(\theta_1 - \theta i) + mL_{fus} + mc_{ماء}(\theta_f - \theta_2)}$$

نعوض فنجد :

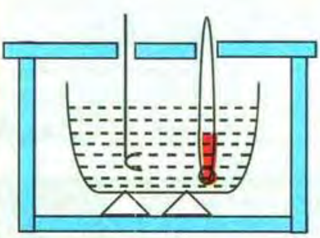
$$Q = 0{,}1 \times 2{,}1.10^3(0-(-15)) + 0{,}1 \times 335.10^3 + 0{,}1 \times 4{,}18.10^3(25-0)$$
$$Q = 3{,}15.10^3 + 33{,}5.10^3 + 10{,}45.10^3$$

إذن $Q = 47{,}1.10^3\ J$ ومنه $\boxed{Q \cong 4{,}7.10^4 J \cong 47KJ}$

التمرين 6

1 ▪ ذكّر بالسعة الحرارية لمسعر علما أنه يتألف من وعاء داخلي مزود بعازل حراري، ومحرار، ومازج (مخلّط).

2 ▪ مسعر يتكون وعاؤه الداخلي من معدن Al كتلته $130g$ ومحرار مؤلف من أنبوب زجاجي كتلته $15g$ ، يحتوي على $0{,}4cm^3$ زئبق (Hg).
والمازج يتألف من ساق زجاجي كتلته $(12g)$.
أحسب السعة الحرارية للمسعر C_{cal}



$c_{Al} = 904J.Kg^{-10}.c^{-1}$ ، $c_{Hg} = 140J.Kg^{-10}.c^{-1}$

$c_{H2O} = 4185J.Kg^{-1}.c^{-1}$ ، $c_{زجاج} = 840J.Kg^{-10}.c^{-1}$

الكتلة الحجمية للزئبق ρ هي : $\rho = 13{,}6g.cm^{-3}$.

الحل

1 ◂ السعة الحرارية للمسعر :

$$c_{\underset{(cal)}{\text{مسعر}}} = c_{\text{داخلي وعاء}} + c_{\text{محرار}} + c_{\text{مازج}}$$

$$Al \quad (\text{زجاج}) \quad (\text{زئبق}) \quad (\text{زجاج})$$

$$\boxed{c_{\text{مسعر}} = m_{Al}c_{Al} + m_{\text{زجاج}} c_{\text{زجاج}} + m_{\text{زئبق}} c_{\text{زئبق}} + m'_{\text{زجاج}} c_{\text{زجاج}}}$$

مع ملاحظة أن الكتلة الحجمية $(\rho) = \dfrac{\text{الكتلة}(m)}{\text{الحجم}(V)}$ إذن : $m = \rho . V$

$$m_{\text{زئبق}} = 13,6\frac{g}{cm^3} \times 0,4\,cm^3 = 5,44\,g$$

2 ◂ حساب السعة الحرارية للمسعر :

نعوض بالأعداد في العبارة السابقة نجد :

$$c_{cal} = (0,130\times904) + (0,012\times840) + (0,00544\times140) + (0,015\times940)$$

$$\boxed{c_{cal} = 142,46\,J.c^{\circ-1}}$$

التمرين 7

في مسعر معزول عزلاً حرارياً تاماً، نضع $200g$ ماء درجة حرارة توازنه هي $21,3°c$.
يسكب في وعائه الداخلي $20g$ ماء درجة حرارته $40,0°c$ ، فتصبح درجة حرارة المسعر $22,8°c$ ، $C = 4,18KJ.Kg^{-1}$

1 ◂ ماهي السعة الحرارية للمسعر؟

2 ◂ أجسب المكافئ المائي للمسعر μ .

الحل

1 ■ حساب السعة الحرارية للمسعر:

بما أن الجملة معزولة حراريا، فهي جملة إدياباتيكية، كما يصطلح عليها فيزيائياً.

$$Q_{\text{مسعر}} + Q_{\text{ماء}} = 0$$

أي أن :

$$Q_{\text{مسعر}} + Q_{\text{ماء بارد}} + Q_{\text{ماء ساخن}} = 0$$

لكن :

$$Q_{\text{مسعر}} = C_{\text{مسعر}}(\theta_f - \theta_i)$$

نعوض في العبارة السابقة فنجد :

$$C_{\text{مسعر}} = \frac{-(Q_{\text{ماء بارد}} + Q_{\text{ماء ساخن}})}{\theta_f - \theta_i}$$

لدينا:

$$Q_{\text{ماء بارد}} = mC_{\text{ماء}}(\theta_f - \theta_i)$$
$$= 0,200 \times 4180(22,8 - 21,3)$$

$$\boxed{Q_{\text{ماء بارد}} = 125,4J}$$

كذلك :

$$Q_{\text{ماء ساخن}} = mC(\theta_f - \theta i)$$
$$= 0,02 \times 4180(22,8 - 40)$$

$$\boxed{Q_{\text{ماء ساخن}} = \quad 143,9J}$$

نعوض في المعادلة المؤطرة سابقا نجد :

$$C_{\text{مسعر}} = \frac{-(1254 - 1437,9)}{22,8 - 21,3}$$

$$\boxed{C_{\text{مسعر}} = 122,6J \ .c^{0-1}}$$

2 ■ المكافئ المائي للمسعر:

نعلم أن :

$$\mu = \frac{C_{\text{مسعر}}}{C_{\text{ماء}}} \ , \ C_{\text{مسعر}} = \mu C_{\text{ماء}}$$

نعوض فنجد :

$$\mu = \frac{122,6}{4185} \cong 0,0293Kg$$

$$\boxed{\mu \cong 29,3g}$$

الوحدة 1

مفهوم الحقل المغناطيسي

1 المغناطيسية:

1 - 1 - تأريخ:

- إن الظاهرة المغناطيسية، تنبّه لها الإنسان منذ القدم، فقد لاحظ طاليس (546-624 ق.م) أن المغناتيت (*magnétite*) ، وهو حجر يستطيع جذب قطع الحديد إليه. (المغناتيت هو حجر يتألف من أكسيد الحديد المغناطيسي Fe_3O_4).
- كما لاحظ أن الكهرمان (أو العنبر الأصفر)، وهو صمغ متحجّر، عند دلكه بالصوف يستطيع جذب الأجسام الخفيفة مثل التّبن، الرّماد، الأوراق الصغيرة نحوه، فسّميت بالظاهرة الكهربائية (ننبه إلى أن المصطلح العربي كهرباء أتى من الكلمة الفارسية -كاه ربا- بمعنى جاذب التبن).
- أمّا الإنجليزي جيلبرت "*W GILBERT 1544-1603*" ففي عام *1600* ألف كتابه...... *DeMagnete* "وفيه فرّق بين الظاهرة المغناطيسية والكهربائية في شكليهما البسيطين المعروفين آنذاك.
- وفي عام *1785*م. وضع الفرنسي كولوم -*C.A.Coulomb 1736-1806* "قانون كولوم" وفيه حدّد شدة قوة التجاذب أو التنافر الكهربائيين بين الأجسام المشحونة.

التوحيد بين الكهرباء والمغناطيسية:

- إستطاع الدّانماركي أورستد "*H.C Orested*" بتجربته الشهيرة "تجربة أورستد" سنة (*1820*م) أن يبيّن أنّه عند مرور تيار كهربائي في سلك (بسبب حركة الإلكترونات)، فإن السلك تصبح له الخاصية المغناطيسية.

تجربة فارادي

- كما بيّن العالم الإنجليزي -فارادي- "*M.FARADAY*" بتجربته الشهيرة "تجربة فاراداي *1831*م" أن تقريب مغناطيس، أو ابعاده، أو تدويره بجوار سلك ملفوف (وشيعة) في دارة مغلقة يجعل إلكترونات السّلك تتحرك، وبالتالي ينشأ تيار كهربائي.

وبهذا يكون كل من أرستد وفارادي، قد ربطا بين الكهرباء، والمغناطيسية في حقل واحد هو الكهرومغناطيسية.

الحقل الكهربائي ⇄ الحقل المغناطيسي

- استطاع العالم السّكوتلندي ماكسويل "J.C MAXWELL 1831-1879" أن يثبت نظرياً عام (1873م) وجود الأمواج الكهرومغناطيسية.
- أما العالم الألماني هرتز " 1894 - 1857"، فقد أعطى البرهان التجريبي عام 1888م لوجود الأمواج الكهرومغناطيسية (الأمواج الهرتزية، وأمواج الرّاديو).

1 - 2 - تذكير بالمغانط:

ماهو المغناطيس؟

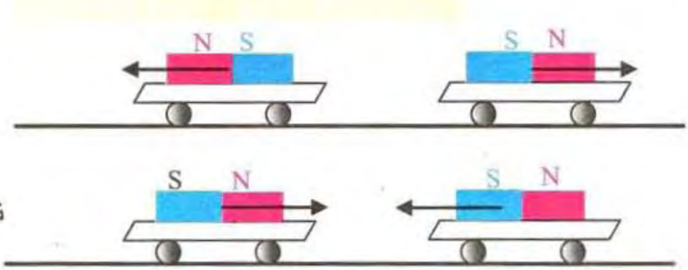
المغناطيس هو كل جسم يجذب إليه قطع الحديد والنيكل والكوبالت وأيضا سبائك هذه المعادن، كالفولاذ وغيره.

تسمّى الأجسام التي يجذبها المغناطيس بالمواد المغناطيسية، والمواد التي لا يجذبها كالنحاس، والألمنيوم ......بالمواد اللاّمغناطيسية.

قطبا المغناطيس:

- القطب الشمالي N
- القطب الجنوبي S

القطبان من نفس النوع يتنافران.
القطبان من نوعين مختلفين يتجاذبان.



تنافر مغناطيسي

2 – الحقل المغناطيسي $\vec{B}$:

نشاط1 :

- ضع صفيحة من الزجاج الضّفيري (*Plexiglas*) أو ورق مقوى ، فوق قضيب مغناطيسي، وانثُر فوقها برادة الحديد واطرق فوقها طرقاً خفيفاً.
- ماذا تلاحظ؟
- ستلاحظ تشكل خطوط منحنية ذات شكل مميّز تحيط بالقضيب المغناطيسي كما هو موضح في الشكل 2 - 1.
- لو نزعنا المغناطيس وأعدنا التجربة هل ستلاحظ الخطوط السابقة؟
- بالطبع لا.

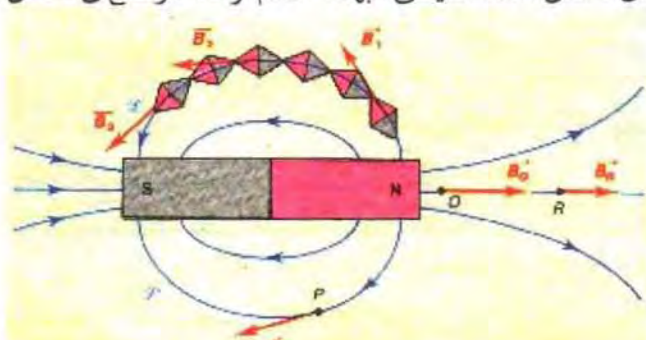
إصطلاح:

نسمّى هذه المنحنيات بخطوط الحقل المغناطيسي، ومجموعة هذه الخطوط تسمّى الطيف المغناطيسي.

الشكل 2 - 1

نشاط2 :

- ضع إبر ممغنطة صغيرة فوق صفيحة الزجاج، فهل ستّتجه جميعها بنفس الكيفية؟
- ستأخذ الإبر الممغنطة، إتجاهات مختلفة تنحني فيه مع إنحناءات خطوط الحقل، وتكون جهات الإبر بحيث تكون خارجة من شمال المغناطيس وداخلة نحو جنوبه.
- إذن فهل يعني هذا أن للحقل المغناطيسى جهة؟ - نعم، وهذا موضح في الشكل 2 - 2



الشكل 2-2

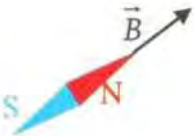
تعريف

الحقل المغناطيسي هو مجموعة الخصائص المغناطيسية التي تمتاز بها كلّ نقطة من نقاط الفضاء الذي يوجد فيها المادة المغناطيسية، وتظهر هذه الخصائص في شكل فعل ميكانيكي يؤثر على بوصلة عندما توضع في نقطة ما منه .

خصائص الحقل المغناطيسي :

الحقل المغناطيسي مقدار شعاعي يرمز له بالرمز $\vec{B}$ وينمذج بنقطة تطبيق وشعاع.

- نقطة التطبيق: هي النقطة المعتبرة.
- الحامل: المماس لخط الحقل في النقطة المعتبرة وينطبق مع حامل البوصلة الموضوعة في هذه النقطة .



- الجهة: من جنوب البوصلة إلى شمالها، أي في الاتجاه $N \longleftarrow S$.
- الشدة: تتغير من نقطة إلى أخرى.

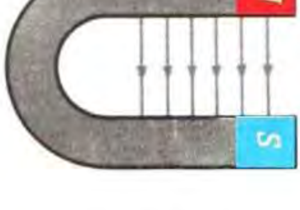
وحدة الحقل المغناطيسي :

- تقاس شدة الحقل المغناطيسي في النظام الدّولي SI بوحدة خاصة هي التسلا، ويرمز لها بالحرف (T).
- آلة قياس الحقل المغناطيسي هي التسلامتر.


التسلامتر

الحقل المغناطيسي المنتظم $\vec{B} = \overrightarrow{cte}$:

داخل مغناطيس على شكل حرف U نحصل على خطوط متوازية مما يدّل على أن الحقل ثابت الحامل والجهة والشدة فهو حقل منتظم $\vec{B} = \overrightarrow{cte}$ فنسميه حقل منتظم.



3 – الحقل المغناطيسي الأرضي:

نشاط:

- علق بوصلة (أو ابرة ممغنطة) بخيط قابل للفتل كما هو موضح في الشكل المقابل أبعدها عن تأثير كل المغانط.

هل تأخذ البوصلة وضعاً محدداً؟ - حدده إذن.

- نعم، تأخذ البوصلة وضعاً محددًا لا شاقولياً ولا أفقياً، بل تكون مصوبة نحو الأرض.

كما هو في الشكل المقابل

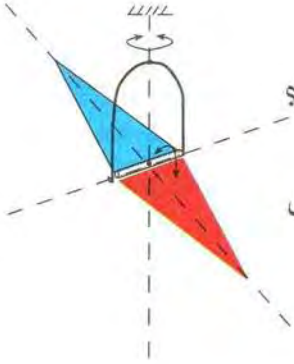
- غيِّر مرة أخرى جهة البوصلة.

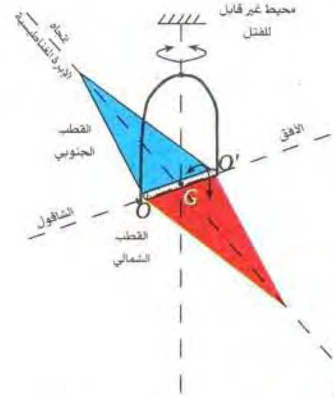
هل ستبقى البوصلة في هذه الوضعية الجديدة؟

- كلاً، فالبوصلة ستعود إلى وضعها الأول.

- هل هذا يعني أن البوصلة خاضعة لتأثير حقل مغناطيسي؟

- نَعم.

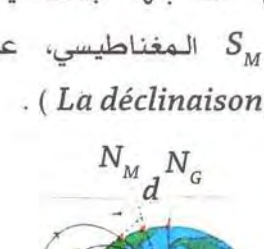




✓ إصطلاح:

نسمَى الحقل المغناطيسي الخارجي التي تخضع له الإبرة المغنطة أو (البوصلة)، وهي بعيدة عن تأثير كل المغانط الأخرى، بالحقل المغناطيسي الأرضي $\overrightarrow{B_T}$.

نعتبر الأرض مغناطيساً كبيراً يمكن نمذجتها بمغناطيس ضخم، موضوع في مركزها، ويميل محورها S_M - N_M المغناطيسي، عن محورها الجغرافي S_G - N_G بزاوية ندعوها زاوية الإنحراف d (*La déclinaison*).



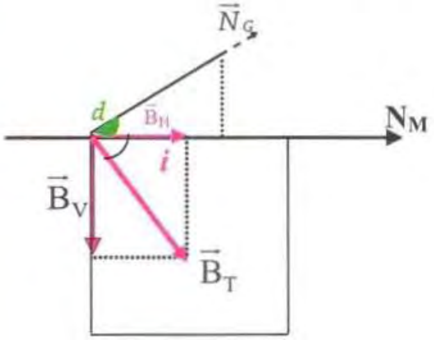
• البوصلة مصوَبة نحو الأرض، فهي تصنع زاوية هي زاوية الميل i (*inclinaison*) بالنسبة

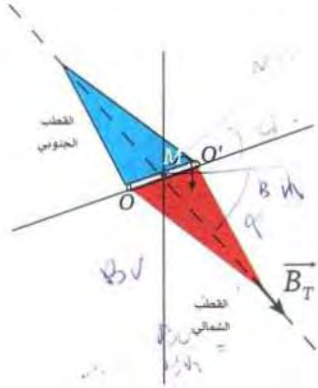
للمستوي الأفقي.

- يمكن تحليل الحقل المغناطيسي الأرضي $\overrightarrow{B_T}$ إلى مركبتين هما :

$\vec{B}_H$: المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي.

$\vec{B}_V$: المركبة الشاقولية للحقل المغناطيسي الأرضي.



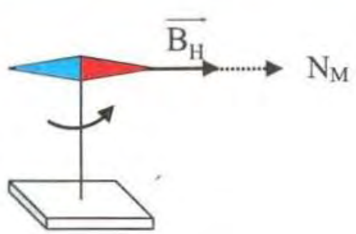


✓ ملاحظة هامة

إن i و d و B_T تتغير قيمها من مكان لآخر على سطح الأرض، كما تتغير في نفس المكان من زمن لآخر. وإليك جدول بقيم i و d و B_T لبعض المناطق.

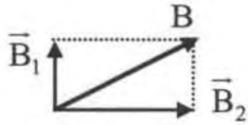
الموقع	i (°)	d (°)	BT (ηT)
الجزائر	50	5	40000
باريس	64	5	47000
القطب الشمالي	90°	0	56000
مدار مستقر	-	-	160
خارج الغلاف المغناطيسي	-	-	5

- إن الإبرة الممغنطة الأفقية التي يمكنها أن تدور فقط حول محور شاقولي ستتجه نحو المركبة الأفقية $\overrightarrow{B_H}$ للحقل المغناطيسي الأرضي.



تركيب الحقول المغناطيسية :

إذا وجدت عدة حقول مغناطيسية $\overrightarrow{B_1}$ ، $\overrightarrow{B_2}$ ، .... فإنّه في نقطة من الفضاء يكون الحقل المغناطيسي المحصّل $\vec{B}$ هو المجموع الشعاعي لهذه الحقول.



$$\boxed{\vec{B} = \overrightarrow{B_1} + \overrightarrow{B_2}}$$

4 – الكهرومغناطيسية:

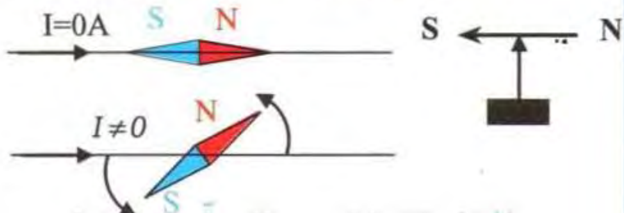
هل أن مرور التيار الكهربائي في ناقل ينشئ حقلاً مغناطيسياً؟

4 – 1 – تجربة أرستد Oersted (1820م):

في سنة 1820م لاحظ أرستد بمحض الصدفة إنحراف بوصلة كانت موضوعة بجوار سلك ناقل، إثر مرور تيار كهربائي فيه (الوثيقة).

* نتيجة:

كل سلك يمّر فيه تيار كهربائي، يصبح مصدراً لحقل مغناطيسي $\vec{B}$، يمكن الكشف عنه ببوصلة. الحقل الكهربائي ⟵ الحقل المغناطيسي.



عدم مرور تيار كهربائي

مرور تيار كهربائي

4 – 2 – الحقل المغناطيسي المتولّد عن تيار مستقيم:

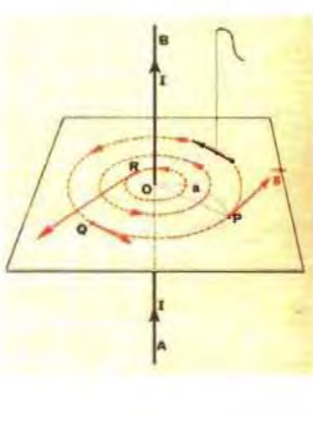
تعطى شدة الحقل المغناطيسي B الناشئ عن سلك مستقيم طويل جداً (لا نهائي الطول) يجتازه تيار شدته I ثابتة في نقطة معينة تبعد عن السّلك مسافة r بالعلاقة:

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}}$$

B : شدة الحقل بـ $[T]$

I : شدة التيار بـ$[A]$

r : البعد العمودي للنقطة المعينة عن السلك بـ $[m]$

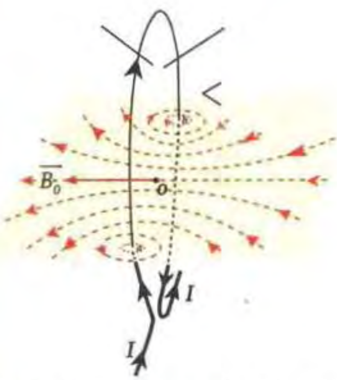


μ_0 : نفاذية الفراغ وقيمته

$$\boxed{\mu_0 = 4\pi .10^{-7}\ T.m/A}$$

4 - 3 - الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار حلقي:

▪ حالة حلقة واحدة:

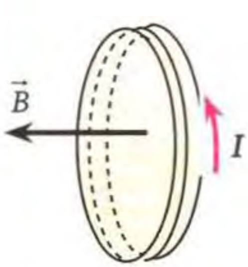


تعطى عبارة الحقل المغناطيسي في مركز حلقه نصفقطرها R ويجتازها تيار كهربائي I

بالعلاقة: $$B=\mu_0 \frac{I}{2R}$$

▪ حالة وشيعة مسطحة:

- الوشيعة المسطحة هي وشيعة تحتوي على N لفة متراصة فيما بينها نصف قطرها R ، أكبر من طولها L.

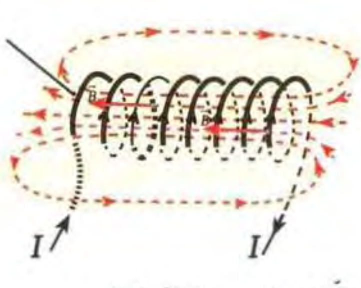


- عندما يجتازها تيار شدته Iثابتة، ينشأ فيها حقل مغناطيسي تعطى شدته B ، في مركز هذه الوشيعة

بالعبارة: $$B=\mu_0 \frac{NI}{2R}$$

▪ حالة وشيعة طويلة (حلزونية):

- الوشيعة الطويلة هي وشيعة تحتوي على N لفة غير متراصة فيما بينها طولها L أكبر من نصف قطرها R .



- عندما يجتازها تيار شدته I ثابتة، ينشأ فيها حقل مغناطيسي. تعطى شدته B ، في مركز هذه

الوشيعة بالعبارة: $$B=\mu_0 \frac{NI}{L}$$

أو بالعبارة: $B=\mu_0 nI$ مع $n=\frac{N}{L}$ حيث n: عدد اللفات في وحدة الأطوال.

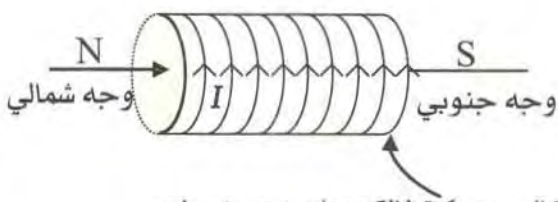
4 - 4 - تحديد جهة وحامل الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ الناتج عن تيار كهربائي:

يتم بقاعدتين:

- قاعدة اليد اليمنى
- قاعدة رجل آمبير

4 – 5 – تحديد وجهي الوشيعة:

حسب جهة التيار يتغير وجها الوشيعة



5 – مغناطيسية المواد :

يعود نشوء الحقل المغناطيسي في المادة إلى حركة الإلكترونات وهي نوعان:

حركة الإلكترونات حول نواة الذرة: وتشبه في ذلك تيار كهربائي يسرى في حلقة.

حركة الإلكترونات حول نفسها(سبين $SPIN$): تبيّن أن كل إلكترون يدور حول نفسه.

- إذن فالحقل المغناطيسي في المادة ناتج عن هذين الدّورانين للإلكترونات، غير أن الحقل الناتج عن دوران الإلكترون حول نفسه (سبين) هو حقل كبير جدًا مقارنة بالحقل الناتج عن دورانه حول النواة. وهكذا نميّز ثلاثة أنواع من المواد:

المواد عكسية المغنطة ($M.Dianagnétiques$):

قابليتها للمغنطة صغيرة جدًا أي $x < 1$ هذه المواد عند وضعها في حقل مغناطيسي ينشأ فيها حقل مغناطيسي داخلي، يفنى الحقل المغناطيسي الخارجي.

فهذه مواد لامغناطيسية، بمعنى غير قابلة للتمغنّط.

- أمثلة: الذهب (Au) ، الفضة (Ag) ، النحاس(Cu) .

المواد طردية المغنطة ($M.Paramagnétiques$):

قابليتها المغناطيسية موجبة لكنها أصغر من الواحد $x < 1$ لها عزوم مغناطيسية دائمة، لكن محّصلتها معدومة.

- مثل: الألمنيوم (Al)، البلاتين (Pt)، المنغانيز (Mn).

المواد حديدية المغنطة ($M.Ferromagnétiques$):

قابليتها المغناطيسية $x >> 1$ إذا وضعت في حقل مغناطيسي خارجي، فإنها تتمغنط، وتحافظ على مغنطتها حتى بعد إنعدام الحقل المغناطيسي الخارجي، فهي دائمة المغنطة.

- مثل: الحديد (Fe)، النيكل (Ni) ، الكوبالت (Co)، الفولاذ، ....

وهذه المواد تفقد مغنطتها عند رفع درجة حرارتها إلى درجة حرارة معينة تسمّى درجة حرارة كوري ($Curie$).

وكل مادة لها درجة حرارة كوري خاصّة بها فمثلا الحديد درجة حرارة كوري له تساوي ($770°c$) .

التمرين 1

أتأكد من معارفي:

1 ◂ أذكر بعض المصادر للحقل المغناطيسي.

2 ◂ كيف يكشف عن الحقل المغناطيسي في نقطة من الفضاء؟

3 ◂ كيف يهتدى الرُبَان في البحر؟

4 ◂ كيف نجسّد الطّيف المغناطيسي لمغناطيس؟

5 ◂ في أي جهة تنحرف البوصلة، على سطح الأرض؟

6 ◂ هل يوجد فرق بين الطيفين المغناطسيين لكل من قضيب مغناطيسي، ووشيعة طويلة يجتازها تيار كهربائي ثابت؟

الحل

1 ◂ • بعض المصادر للحقل المغناطيسي هي:

• المغانط.

• التيارات الكهربائية عندما تجتاز نواقل .

2 ◂ يكشف عن الحقل المغناطيسي في نقطة من الفضاء بالبوصلة، أو الإبرة الممغنطة.

3 ◂ يهتدي الربَان في البحر بالبوصلة التي تقيس تغير جهة الحقل المغناطسي الأرضي.

4 ◂ نجسّد الطّيف المغناطيسي لمغناطيس بذّر برداة الحديد فوق ورق أو زجاج يستند على المغناطيس.

5 ◂ تنحرف البوصلة في الإتجاه S_M - N_M للحقل المغناطيسي الأرضي.

6 ◂ لا يُوجد فرق بين الطيفين المغناطسيين لكل من القضيب المغناطيسي، والوشيعة التي يجتازها التيار الكهربائي.

التمرين 2

عيّن الصحيح من الخطأ وصحّح العبارة الخاطئة.

أ ◂ يمكن فصل القطبين N و S لمغناطيس عن بعضهما.

ب ◂ الوشيعة تتميّز بوجهين ثابتين، بغض النّظر عن جهة التيار الكهربائي.

جـ ◂ خطوط الحقل المغناطيسي لقضيب مغناطيسي تتقاطع فيما بينها، وتقع في نفس المستوى وتخرج من الجنوب إلى الشمال.

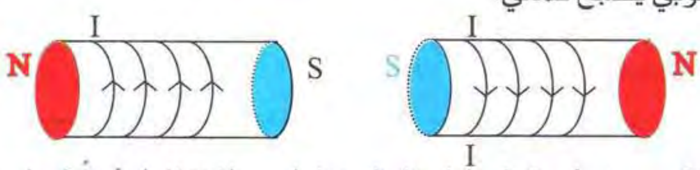
د ◂ قيمة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي من رتبة $B_h=2.10^{-5}T$

هـ ▪ شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ لقضيب مغناطيسي، يتغيّر من نقطة لأخرى.
و ▪ زاويتا الإنحراف d والميل i للحقل المغناطيسي الأرضي تتغيران في المكان وفي الزّمن.

الحل

أ ▪ خطأ: والصّحيح هو أنّه لا يمكن فصل القطبين الشمالي (N) والجنوبي (S) لمغناطيس عن بعضهما. فحتى عندما نجزئ مغناطيس إلى جزئين تتحوّل إلى مغناطيسين، كل منهما له شمال وجنوب (كما هو موضح في الشكل).

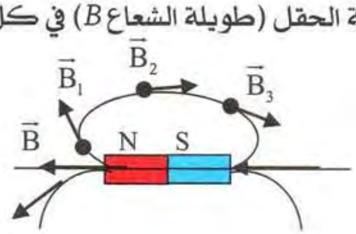
ب ▪ خطأ: والصّحيح هو أنّه إذا مرّ تيار في وشيعة في جهة معيّنة، فإننا نحصل على وجه شمالي(N) ووجه جنوبي (S) للوشيعة، يمكن تعيينهما بقاعدة اليد اليمنى. فإذا عكسنا جهة التيار ينعكس وجها الوشيعة، فالوجه الشمالي يصبح جنوبي والوجه الجنوبي يصبح شمالي.



جـ ▪ خطأ: والصّحيح هو أن خطوط الحقل المغناطيسي لا تتقاطع أبداً فيما بينها، ولا تقع في نفس المستوى، بل نجد خطوطاً تقع في نفس المستوى، وخطوطاً أخرى تقع في مستويات أخرى، وهذه المستويات موجودة في كل الفضاء، إذن فخطوط الحقل تقع في كلّ الفضاء المحيط بالمغناطيس. وتخرج من الشمال (N) لتدخل إلى الجنوب (S).

د ▪ صحيح.

هـ ▪ لاحظ تغيّر حامل وجهة وقيمة الحقل (طويلة الشعاع $\vec{B}$) في كل نقطة من الشكل التالي:



و ▪ صحيح.

التمرين 3

أرفق بسهم كل مصدرٍ من مصادر الحقول للمغناطيس التالية، قيمة الحقل المغناطيسي المناسب له.

مصدر الحقل المغناطيسي	قيمة الحقل المغناطيسي بـ (T)
الأرض	من $1T$ إلى $5T$
قضيب مغناطيس	$2.10^{-2}T$
مغناطيس كهربائي	$5.10^{-5}T$
وشيعة فائقة النّاقلية	من $10T$ إلى $40T$

الحل

الأرض ← $5.10^{-5}T$

قضيب مغناطيس ← $2.10^{-2}T$

مغناطيس كهربائي ← من $1T$ إلى $5T$

وشيعة فائقة النّاقلية ← من $10T$ إلى $40T$

التمرين 4

أكمل الفراغات في الجمل التالية:

تصَنف المواد حسب قابليتها للمغنطة إلى ثلاثة أصناف هي:

1. مواد .... المغنطة، وتتميّز بأن ليس لذراتها عزوم مغناطيسية دائمة مثل: .... وبالتالي ....لأن قابليتها للمغنطة x ....
2. ومواد ...... المغنطة، وتتميّز بأن لذراتها عزوم مغناطيسية دائمة، غير أن محصّلة هذه العزوم ....مثل: ...... وبالتالي لا تحافظ .....لأن قابليتها للمغنطة x............
3. مواد ....المغنطة، تمتاز بقابليتها الكبيرة ....، وتحتفظ بمغنطتها حتى بعد إنعدام الحقل المغناطيسي الخارجي، وبالتالي فإنّ قابليتها للمغنطة x......... وتفقد هذه المواد مغنطتها عند درجة حرارة تسمى ....

الحل

1. مواد عكسية المغنطة، وتتميّز بأن ليس لذراتها عزوم مغناطيسية دائمة مثل: الفضة، النحاس، الذهب وبالتالي لا تتمغنط لأن قابليتها للمغنطة صغيرة $x<0$.

2- ومواد طردية المغنطة، وتتميّز بأن لذراتها عزوم مغناطيسية دائمة، غير أن محصّلة هذه العزوم معدومة.

مثل: (Mn)، (Pi)، (Al) وبالتالي لا تحافظ على مغنطتها لأن قابليتها للمغنطة صغيرة موجبة لكن أقل من الواحد $x<1$.

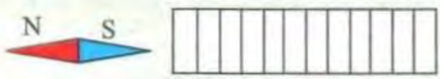
3- مواد حديدية المغنطة، تمتاز بقابليتها الكبيرة للمغنطة، وتحتفظ بمغنطتها حتى بعد إنعدام الحقل المغناطيسي الخارجي، وبالتالي فإنّ قابليتها للمغنطة $x >> 1$ وتفقد هذه المواد مغنطتها عند درجة حرارة تسمى درجة حرارة كوري $(Curie)$.

التمرين 5

يجتاز وشيعة طويلة تيار كهربائي (I) ، نقرّب منها إبرة ممغنطة، فنحصل على الشكل المقابل

1 - حدّد وجهي الوشيعة.

استنتج جهة التيار I.



2 - نقطع التيار عن الوشيعة- حدّد الجهة التي تنحرف فيها الإبرة الممغنطة.

الحل

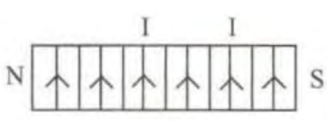
1 - تحديد وجهي الوشيعة:

بما أن القطب الجنوبي S للإبرة المغنطة هو الذي اقترب من الوشيعة، فهذا يعني أنّها إقتربت من الوجه الشمالي N للوشيعة، إذن الوجه الشمالي N للوشيعة هو الوجه المقابل للقطب الجنوبي S للإبرة المغنطة .

والوجه الآخر البعيد من الإبرة هو الوجه الجنوبي للوشيعة.

2 - استنتاج جهة التيار I المار في الوشيعة:

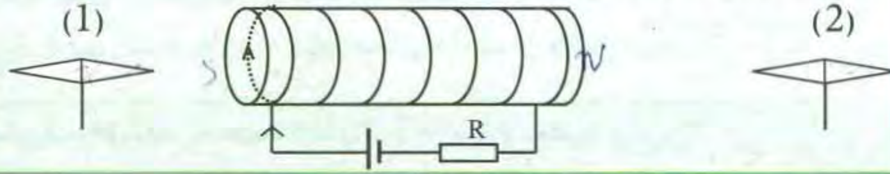
حسب قاعدة اليد اليمنى، يجب أن تكون جهة I كما هي موضحة في الشكل المقابل، حتى يكون الوجه الشمالي للوشيعة هو الأقرب إلى الإبرة الممغنطة



3 - عندما نقطع التيار عن الوشيعة، تفقد هذه الأخيرة مغنطتها، وتكون الإبرة الممغنطة في هذه الحالة، غير خاضعة إلاّ لتأثير الحقل المغناطيسي الأرضي $\overrightarrow{B_T}$. وبالتالي تنحرف باتجاه N_M - S_M أي بالإتجاه شمال - جنوب للحقل $\overrightarrow{B_T}$.

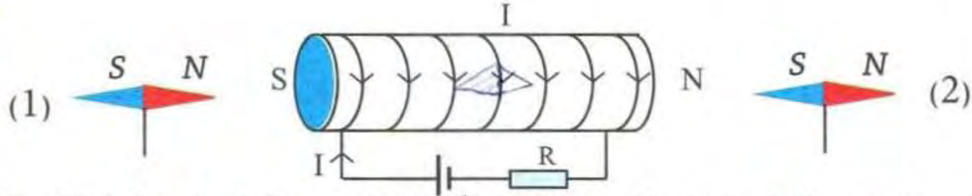
التمرين 6

حدد في الشكل المقابل قطبي الإبرتين الممغنطتين.



الحل

نعلم أن جهة التيار الكهربائي (I) موضَح كما في الشكل وحسب قاعدة اليد اليمنى فإن الوجه المقابل للإبرة الممغنطة (2) يكون هو الوجه الشمالي للوشيعة، وبالتالي يكون القطب الجنوبي للإبرة هو الأقرب إلى هذا الوجه.

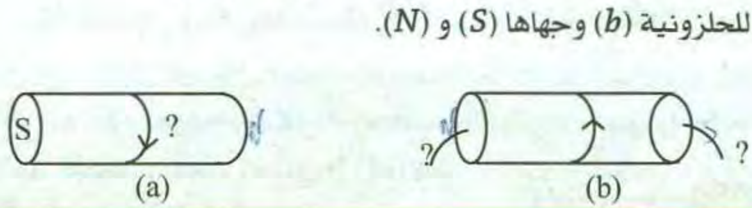


والوجه الجنوبي للوشيعة يكون أقرب إلى الإبرة (1) التي تقترب من الوشيعة من قطبها الشمالي N كما هو موضح في الشكل.

التمرين 7

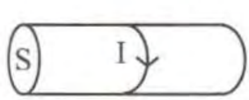
لاحظ الشكلين (a) و (b)مع تحديد:

- بالنسبة للحلزونية (a) (وشيعة طويلة) جهة التيار المَار فيها .
- بالنسبة للحلزونية (b) وجهاها (S) و (N).

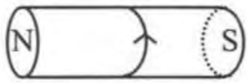


الحل

- نستعين بقاعدة اليد اليمنى
- بالنسبة للوشيعة (a)تكون جهة التيار نحو الأسفل كما هو موضح في الشكل المقابل

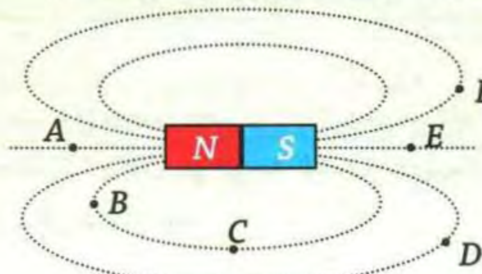


- بالنسبة للوشيعة (b) يكون الوجهان كما هو موضح في الشكل



التمرين 8

يعطى الشكل المرفق بعض خطوط الحقل لمغناطيس مستقيم



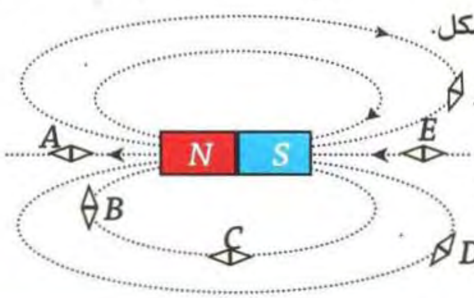
1 ▪ حدّد جهة هذه الخطوط.

2 ▪ مثّل إبرة ممغنطة صغيرة في النقاط المعيّنة في الشكل، مع تعيين (S) و (N) لكل إبرة.

الحل

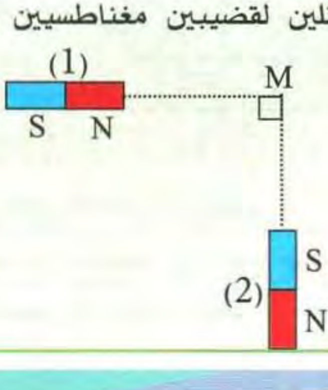
1 ▪ إنّ خطوط الحقل المغناطيسي تخرج من القطب الشمالي N للمغناطيس، وتدخل من قطبه الجنوبي S وقد مثّلنا جهة الخطوط في الشكل.

2 ▪ كل إبرة ممغنطة يكون حاملها مماسياً لخط الحقل في النقطة المعيّنة، وتكون جهتها بجهة $\vec{B}$ في تلك النقطة ، كما هو موضح في الشكل.



التمرين 9

في نقطة M من الفضاء، يحدث فيه تراكب حقلين لقضيبين مغناطسيين (1) و (2)، حاملاهما متعامدان، شدتا الحقلين في (M) هما $B_1=3,0mT$ و $B_2=4,0mT$.



1 ▪ مثّل شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ المحصل في M .

2 ▪ حدد قيمة وجهة $\vec{B}$.

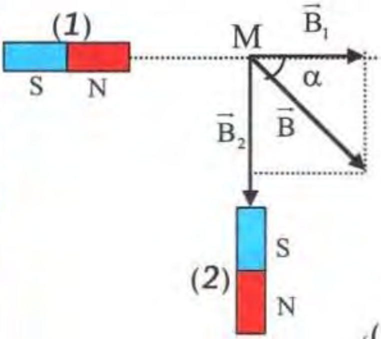
3 ▪ ماهو إتجاه بوصلة توضع في النقطة M.

يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي.

الحل

1 ■ تمثيل شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$.

في النقطة (M) تمثل كل من $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$ بحيث تكون جهة $\vec{B}_1$ نحو خارج المغناطيس (1) لأن الحقل يخرج من N وجهة $\vec{B}_2$ تكون نحو داخل المغناطيس (2) لأن الحقل يدخل من جهة S.



مقياس الرسم: $1mT \longrightarrow 0,5cm$

إذن: $B_1 = 3mT \longrightarrow 1,5cm$

$B_2 = 4mT \longrightarrow 2cm$

ثم باستعمال قاعدة متوازي الأضلاع، نعين المحصلة .

2 ■ تحديد قيمة $\vec{B}$.

باستعمال نظرية فيثاغورث لتعامد كل من $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$

نجد: $B=\sqrt{B_1^2+B_2^2}$ نعوض دون أن تحول (mT) إلى (T)، وبالتالي تكون النتيجة بـ (mT).

$B=\sqrt{3^2+4^2}$ ، $\boxed{B = 5mT}$

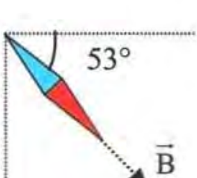
تحديد جهة $\vec{B}$: باستعمال العلاقات المثلثية $cos\alpha$ ، $sin\alpha$ أو $tan\alpha$ نجد :

$$tan\alpha = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \frac{B_2}{B_1} = \frac{4mT}{3mT}$$

$tan\alpha = \frac{4}{3}$ ، $\boxed{\alpha = 53,1° \cong 53°}$

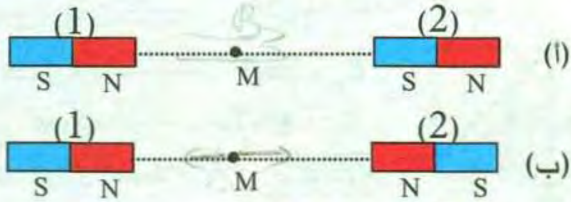
بمعنى أن جهة $\vec{B}$ تصنع زاوية $(\alpha = 53°)$ مع الخط الأفقي المار من النقطة M.

3 ■ إذا وضعت بوصلة في النقطة M، فإن إبرتها ستنحرف بالزاوية $\alpha = 53,1°$ ، ويكون حاملها باتجاه $\vec{B}$، وهذا بإهمال تاثير الحقل المغناطيسي الأرضي $\vec{B_T}$ عليها.



التمرين 10

نستعمل مغناطيسين متماثلين، ونحقق بهما الشكلين (أ) و (ب).



إذا علمت أن النقطة M تقع في منتصف المسافة الواقعة بين المغناطيسين، في كل شكل وأن كل مغناطيس يُنشئ حقلاً في M شدته $B_1 = B_2 = 4{,}0mT$

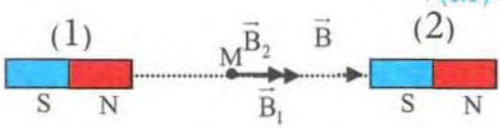
1 ◂ أرسم الحقل $\vec{B}$ الناتج عن تراكب الحقلين في النقطة M، لكل من الحالتين (أ) و (ب).

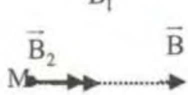
2 ◂ أحسب شدة الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ في النقطة M، نهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي في النقطة M.

الحل

1 ◂ رسم الحقل $\vec{B}$ في النقطة (M):

الحالة (أ)

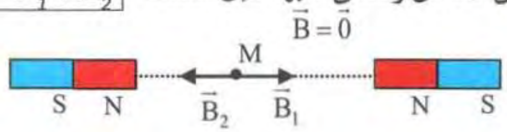




لاحظ أن الشعاع $\vec{B}$ هو تركيب الشعاعين $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$ لذا نكتب شعاعيا: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2}$

وبما أن للحقلين $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$ نفس الحامل ونفس الجهة فإن الشدة: $\boxed{B = B_1 + B_2}$

الحالة (ب)



لاحظ أن الشعاع $\vec{B}$ هو تركيب الشعاعين $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$ لذا نكتب شعاعيا: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2}$، وبما أن الشعاع $\vec{B}_1$ له نفس حامل $\vec{B}_2$ وجهتان متعاكستان فإن الشدة: $\boxed{B = B_1 - B_2}$

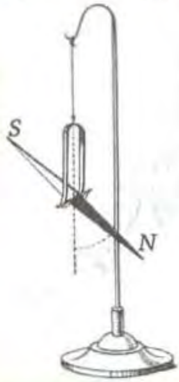
2 ◄ حساب شدة الحقل B:

في الحالة (أ): $B = B_1 + B_2 = 4 + 4$ ، $\boxed{B = 8mT}$

في الحالة (ب): $B = B_1 - B_2 = 4 - 4$ ، $\boxed{B = 0mT}$ فالحقل المغناطيسي معدوم.

التمرين 11

تعلّق إبرة ممغنطة كما هو موضح في الشكل المقابل بحيث يمكنها التحرك والدّوران في كل الإتجاهات وهذا بفضل محور دوران يمر من مركز عطالتها، وخيط قابل للفتل.



نلاحظ أن الإبرة تصوّب نحو الأسفل بزاوية ميل $i = 50°$ وزاوية إنحراف $d = 5°$ وهذا عندما تكون بمعزل عن كل المغانط.

1 ◄ أ • ماهو الحقل المغناطيسي المسؤول عن إنحراف الإبرة؟

• اشرح.

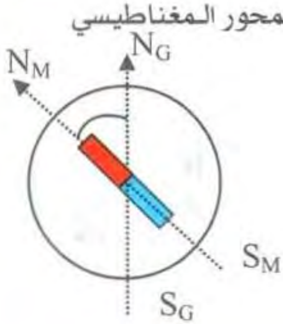
ب • ماهو رمزه؟

2 ◄ حدّد في شكل هذا الحقل مظهراً الزاويتين (i) و (d) مع تمثيل المركبتين الأفقية $\overrightarrow{B_h}$ والشاقولية $\overrightarrow{B_v}$ لهذا الحقل.

3 ◄ إذا علمت أنّه تمّ قياس قيمة هذا الحقل الذي خضعت له الإبرة فكان مساوياً إلى $4.10^4 \eta T$ فاحسب كل من $\overrightarrow{B_h}$ و $\overrightarrow{B_v}$.

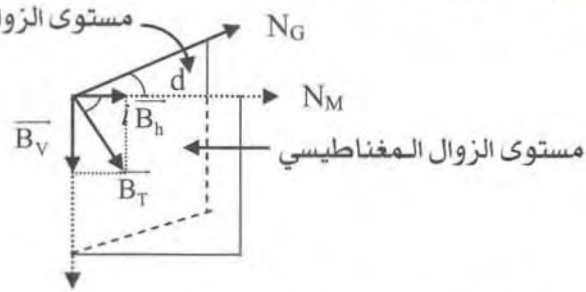
الحل

1 ◄ أ • الحقل المغناطيسي المسؤول عن إنحراف الإبرة الممغنطة هو الحقل المغناطيسي الأرضي وهذا باعتبار أن الإبرة بعيدة عن تاثير الحقول المغناطيسية لكل المغانط الأخرى. فالحقل المغناطيسي للأرض، يمكن نمذجته بالحقل المغناطيسي الناتج عن مغناطيس مستقيم، ضخم موضوع في مركز الأرض، والمحور المغناطيسي N_M-S_M لهذا القضيب المغناطيسي ينحرف قليلاً عن المحور الجغرافي شمال – جنوب N_G-S_G بزاوية صغيرة ندعوها زاوية الإنحراف (في الجزائر سنة 2005م كانت $d = 6°$) وهذا المغناطيس الوهمي تتغير زاوية إنحرافه ببطء مع الوقت.



ب • يرمز للحقل المغناطيسي الأرضي بالرمز $\overrightarrow{B_T}$.

2 ▪ تمثيل $\overrightarrow{B_T}$:



المركبة الأفقية: $\overrightarrow{B_h}$

المركبة الشاقولية: $\overrightarrow{B_v}$

الحقل المغناطيسي $\overrightarrow{B_h}$ يجعل الإبرة الممغنطة مصوَبة نحو الأرض فلا هي أفقية، ولا هي شاقولية.

i : زاوية الميل، وهي الزاوية التي تصنعها الإبرة الممغنطة مع الخط الأفقي، بمعنى (i) هي الزاوية بين $\overrightarrow{B_T}$ ومركبته الأفقية $\overrightarrow{B_h}$.

3 ▪ حساب قيمة كل $\overrightarrow{B_h}$ و $\overrightarrow{B_v}$:

من الشكل السابق نكتب: $\cos i = \frac{B_h}{B}$ ، إذن: $\boxed{B_h = B\cos i}$

لدينا: $B = 4.10^4 \eta T$ و $i = 50°$ بالتعويض نجد:

$B_h = 4.10^4 \cos 50$ ، $\boxed{B_h = 2,57.10^4 \eta T}$

وإذا حوّلنا من النانوتسلا ηT لى التسلا T

نجد : $B_h = 2,57 .10^4 .10^{-9}\, T$

$\boxed{B_h = 2,57.10^{-5} T}$

وهي قيمة المركَبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي في الفضاء الذي وُضعت فيه الإبرة المغنطة.

- لحساب قيمة المركبة الشاقولية B_Vللحقل المغناطيسي الأرضي، نستعمل مثلا:

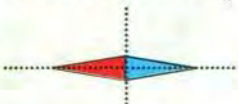
$B_V = B\sin i$، $\sin i = \frac{B_v}{B_T}$ نعوض فنجد: $B_V = 4.10^4 \sin 50$

إذن: $\boxed{B_V = 3,06.10^4 \eta T}$

التمرين 12

لقياس شدة الحقل المغناطيسي $\overrightarrow{B_1}$ لقضيب مغناطيسي نتبع الخطوتين التاليتين

1 ▪ نضع بوصلة محورها شاقولي، يمكنها من الدوران في مستو أفقي فقط. ونجعلها بعيدة عن تأثير كل المغانط، إلا من الحقل المغناطيسي الأرضي $\overrightarrow{B_T}$.

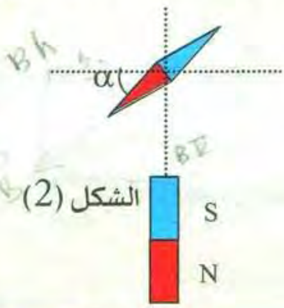


الشكل 1

أ • بيّن أن الوضع الذي تأخذه البوصلة ممثل بالشكل (1) ، ومثل شعاع الحقل المغناطيسي التي تخضع له.

ب • ماهي شدة الحقل المغناطيسي $\overrightarrow{B_2}$ الذي تخضع له البوصلة. يعطى: $B_T = 4.10^{-5}\,T$ و $B_h = 2.10^{-5}\,T$.

2 ▪ نقرّب من البوصلة مغناطيساً من جهة قطبه الجنوبي (S) حامله عمودي على حامل البوصلة، وشعاع حقله $\overrightarrow{B_1}$ ، فتنحرف هذه الأخيرة بزاوية $\alpha = 60°$ ، كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل (2)

أ • مثّل في شكل الحقلين المغناطسيين اللذين تخضع لهما البوصلة.

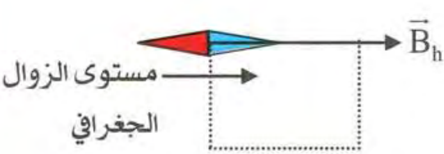
ب • أحسب شدة الحقل المغناطيسي $\overrightarrow{B_1}$ للقضيب المغناطيسي في موضع تواجد البوصلة.

جـ • أحسب شدة الحقل الكلي $\overrightarrow{B}$ الذي تخضع له البوصلة.

الحل

1 ▪ أ • بما أنّ البوصلة لها محور دوران شاقولي، ولا يمكنها الدّوران إلا في مستو أفقي، فهذا يعني أن البوصلة تبقى في وضع أفقي فقط، ولا تصوّب نحو الأرض، وبالتالي تكون زاوية ميلها $i=0$، وعليه فإنها تتجه في إتجاه المركبة الأفقية $\overrightarrow{B_h}$ للحقل المغناطيسي الأرضي.

كما هو موضح في الشكل 1 – المعطى.



ب ▪ الحقل المغناطيسي التي تخضع له البوصلة نتيجة تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي $\overrightarrow{B_T}$ هو مركبته الأفقية $\overrightarrow{B_h}$.

إذن: $\overrightarrow{B_2} = \vec{B}_h$ ومنه: $\boxed{B_2 = B_h = 2.10^{-5}T}$

2 ـ تمثيل الحقلين $\overrightarrow{B_1}$ و $\overrightarrow{B_2}$ اللذين تخضع لهما البوصلة:

ب • حساب قيمة $\overrightarrow{B_1}$:

لدينا: $tan\alpha = \frac{B_1}{B_h}$ ، إذن: $\boxed{B_1 = B_h tan\alpha}$

بالتعويض نجد: $B_1 = 2.10^{-5} tan\, 60°$ ، إذن: $\boxed{B_1 = 3,46.10^{-5}\, T}$

ج • حساب شدة الحقل المغناطيسي الكلي $\overrightarrow{B}$:

حسب فيثاغورث لدينا: $B = \sqrt{B_1^2 + B_h^2}$

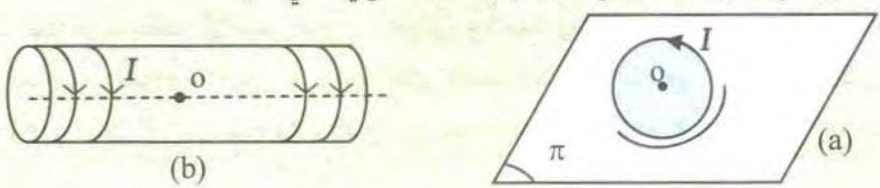
ومنه نجد: $B = \sqrt{(3,46.10^{-5})^2 + (2.10^{-5})^2}$ ، إذن : $\boxed{B \cong 4.10^{-5} T}$

وبطريقة أسهل نكتب: $cos\alpha = \frac{B_h}{B}$

إذن: $B = \frac{B_h}{cos\alpha}$ ، نعوض فنجد: $B = \frac{2.10^{-5}}{cos 60°} = 4.10^{-5} T$

التمرين 13

يعطى لك الشكلين المرفقين (a) و(b) اللذين يمثلان وشيعة مسطحة وحلزونية على الترتيب، يجتاز كل منهما تيار شدته (I). π مستوي أفقي.



1 ـ مثّل شعاع الحقل المغناطيسي $\overrightarrow{B}$ في النقطة (o) لكل وشيعة.

2 ـ أعط عبارة B لكل وشيعة في النقطة (o).

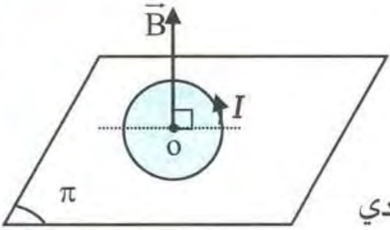
3 ـ أحسب قيمة B في الحالتين علما أن شدة التيار الكهربائي $I=5A$

عدد حلقات كل وشيعة $N=1000$ ونصف قطر الوشيعة المسطحة $R=4cm$

وطول الحلزونية $L=60cm$. تعطى نفاذية الفراغ $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}\, T.m/A$.

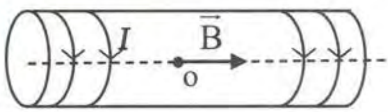
الحل

1 ▪ يمثَل شعاع الحقل المغناطيسي $\overrightarrow{B}$ في النقطة (o) لكل من الوشيعة المسطحة والحلزونية، باستعمال قاعدة اليد اليمنى، أو رجل آمبير.



- بالنسبة للوشيعة المسطَحة، يكون $\overrightarrow{B}$ في مستوي عمودي على المستوى الأفقي π، كما هو موضح في الشكل .

- بالنسبة للحلزونية:



يكون $\overrightarrow{B}$ منطبق على محورها كما هو موضح في الشكل:

2 ▪ عبارة $\overrightarrow{B}$ لكل وشيعة في النقطة (o):

- بالنسبة للوشيعة المسطَحة: $\boxed{B = \frac{\mu_0 NI}{2R}}$

بالنسبة للحلزونية (الوشيعة الطويلة): $\boxed{B = \frac{\mu_0 NI}{L}}$

3 ▪ حساب قيمة B في مركز كل وشيعة:

- بالنسبة للوشيعة المسطَحة:

$$B = \frac{4\pi.10^{-7} \times 1000 \times 5}{2(4.10^{-2})} \quad , \quad \boxed{B = 7,85.10^{-2}\ T}$$

- بالنسبة للحلزونية:

$$B = \frac{4\pi.10^{-7} \times 1000 \times 5}{60.10^{-2}} \quad , \quad \boxed{B = 1,05.10^{-2}\ T}$$

التمرين 13

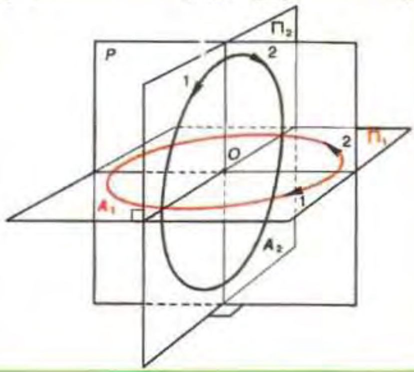
نعتبر وشيعتين مسطَحتين متماثلتين (A_1) و (A_2) لهما نفس المركز o، نصف قطر كل منهما $R=8cm$ وواقعتين في مستويين (π_1) و (π_2) متعامدتين فيما بينهما. كل وشيعة ينشأ في مركزها (0) حقلاً مغناطيسيا قيمته $B_0=1,50.10T$ (الشكل).

1 ▪ إذا علمت أن التيار الذي يمر في كل وشيعة شدته $I=3,2A$ فاحسب عدد اللفَات N لكل وشيعة. يعطى: $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}\ S.T$.

2 ▪ نجعل جهة التيار في كل وشيعة (1) أو (2)، كماهو موضَح في الشكل المقابل.

أعط خصائص الحقل المغناطيسي المحصل $\overrightarrow{B}$ الناتج عن تركيب الحقلين. عندما يجتاز كل وشيعة تياراً جهته معرفة كما يلي:

	الوشيعة A_1	الوشيعة A_2
الحالة (1)	الإتجاه (1) للتيار	الاتجاه (1) للتيار
الحالة (2)	الإتجاه (2)	الاتجاه (1)
الحالة (3)	الإتجاه (1)	الاتجاه (1)
الحالة (4)	الإتجاه (2)	الاتجاه (1)



الحل

1 ـ حساب عدد اللفات لكل وشيعة:

بما أن الوشيعة مسطحة فإن الحقل المغناطيسي الذي ينشأ في مركزها o، نتيجة مرور تياراً كهربائياً شدته I، يعطى بالعبارة:

$$B_0=\frac{\mu_0 NI}{2R} \quad ، \quad N=\frac{B_0 . 2R}{\mu_0 I}$$

نعوض فنجد: $N=\frac{1,50.10^{-3}\times 2\times 8.10^{-2}}{4\pi.10^{-7}\times 3,2}$ ، $\boxed{N\cong 60}$

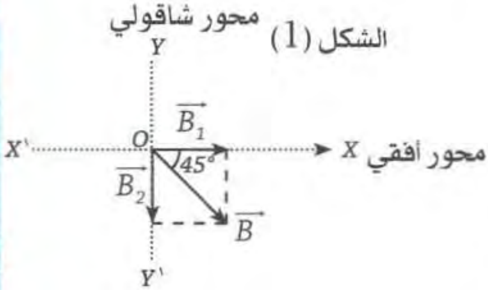
2 ـ خصائص الحقل المغناطيسي المحصل $\overrightarrow{B}$:

نعلم أنّ الحقل المغناطيسي الناشئ عن الوشيعة A_1 وهو $B_1=B_0$ ويكون حامله عمودياً على مستوى الوشيعة A_1، أي شاقوليا، وجهته تحدّد بقاعدة اليد اليمنى كما أن الحقل المغناطيسي الناشئ عن الوشيعة A_2 هو $B_2=B_0$ وحامله يكون أفقي، وجهته تحدّد بقاعدة اليد اليمنى.

والحقل المركب $\overrightarrow{B}$ هو المجموع الشعاعي للحقل $\overrightarrow{B_1}$ و $\overrightarrow{B_2}$. $\boxed{\overrightarrow{B}=\overrightarrow{B_1}+\overrightarrow{B_2}}$

* في الحالة (1):

الإتجاه (1) للتيار في الوشيعتين (A_1) و (A_2) يجعل جهة الحقلين كما هو موضح في الشكل (1)



الشكل (1)

- قيمة $\overrightarrow{B}$:

$B=\sqrt{B_1^2+B_2^2}$ ، لكن: $B_1=B_0$

وأيضا: $B_2=B_0$.

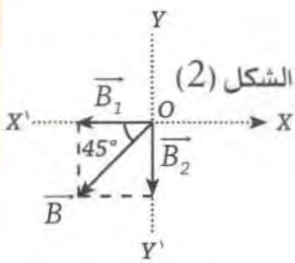
إذن: $B=\sqrt{B_0^2+B_0^2}$ ، $\boxed{B=B_0\sqrt{2}}$

$B=1{,}5.10^{-3}\times\sqrt{2}$ ، $\boxed{B=2{,}12.10^{-3}T}$

حامله: يضع زاوية °45 مع المحور الأفقي .

جهته: موضحة في الشكل.

* في الحالة (2):

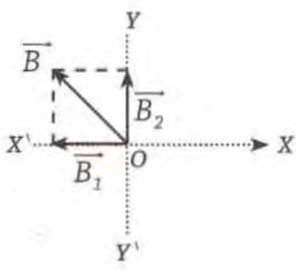


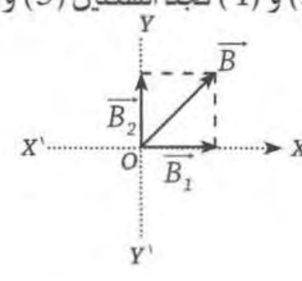
الشكل (2)

بنفس الطريقة السابقة نجد الشكل (2)

أيضا نجد: $\boxed{B = 2{,}12 .10^{-3}T}$

في الحالتين (3) و (4) نجد الشكلين (3) و (4)





وفي كلتا الحالتين نجد: $\boxed{B = 2{,}12 .10^{-3}T}$

التمرين 15

نعتبر وشيعة طويلة بمركزها إبرة ممغنطة. عندما لا يجتازها أي تيار كهربائي، تأخذ الإبرة الممغنطة الوضع المشار إليه في الشكل

المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي تعطى بالقيمة $B_T=2.10^{-5}T$.

عدد لفات الوشيعة في وحدة الأطوال هي $n=1000$.

يعطى: $\mu_0=4\pi.10^{-7}\ S.I$.

إختر كل إجابة صحيحة.

1 ▪ عندما نجعل تياراً يجتاز الحلزونية، في الإتجاه المحدّد في الشكل خطوط الحقل داخل الحلزونية تتجه نحو: أ • نحو اليسار

ب • نحو اليمين

جـ • نحو الأسفل

2 ▪ نجعل $I=20\ mA$ يجتاز الحلزونية، الحقل المغناطيسي في مركزها قيمته هي: أ • $2,5mT$ ، ب • $25\mu T$ ، جـ • $2,5.10^{-4}T$.

3 ▪ القطب الشمالي للإبرة الممغنطة ينحرف: أ • نحو اليمين

ب • نحو اليسار

4 ▪ زاوية الإنحراف تساوي: أ • $86,3°$ ، ب • $20,5°$ ، جـ • $51,3°$

الحل

1 ▪ لتحديد جهة خطوط المغناطيس داخل الوشيعة، نستعمل قاعدة اليد اليمنى، نجعل أصابع اليد اليمنى تدور بجهة التيار I، والإبهام يشير إلى جهة الحقل المغناطيسي $\overrightarrow{B_b}$ الناتج عن الوشيعة، فيكون في جهة اليسار.

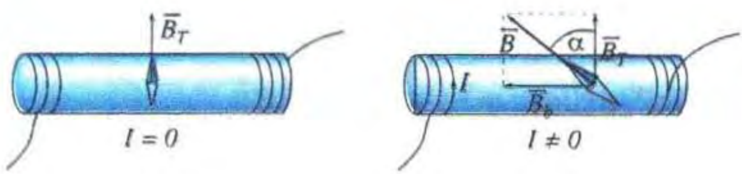
وأيضا خطوط الحقل تكون بجهة اليسار وبالتالي الإجابة الصحيحة هي أ .

2 ▪ قيمة $\overrightarrow{B_b}$ تعطى بالعلاقة $B_b=\mu_0 nI$

نعوض فنجد: $B_b=4\pi.10^{-7}\times1000\times20.10^{-3}$ ، $B_b=25.10^{-6}T$

إذن: $\boxed{B_b=25\mu T}$ وهي الإجابة ب .

3 ◄ في حالة $I=0A$، تكون جهة الإبرة الممغنطة بجهة $\overrightarrow{B_T}$
في حالة $I \neq 0$ ، تنحرف الإبرة بزاوية (α) كما هو موضح في الشكل.



إذن جهة إنحراف الإبرة نحو اليسار، وهي الإجابة ب

4 ◄ زاوية الإنحراف نحسبها باستعمال $tan\alpha$

$$tan\alpha = \frac{B_b}{B_T} = \frac{25.10^{-6}}{2.10^{-5}} = 1,25$$

إذن: $\boxed{\alpha=51,3°}$ وهي الإجابة جـ .

التمرين 16 (تمرين تجريبي)

نضع مسبر تسلامتر في المركز o لحلزونية يجتازها تيار يمكن تغيير شدته I، وهذا قصد قياس شدة الحقل المغناطيسي B الناشئ في مركزها (الشكل) فنحصل على جدول القياسات التالية:

$I(A)$	5,0	4,5	4,0	3,0	2,0	1,0	0,5
$B(mT)$	3,4	3,0	2,7	2,0	1,4	0,7	0,4

1 ◄ هل من الضروري في هذه التجربة الأخذ بعين الإعتبار الحقل المغناطيسي الأرضي؟

2 ◄ أرسم البيان $B=f(I)$- ماذا تستنتج؟

3 ◄ أ • أعط العبارة النظرية للحقل المغناطيسي في o.

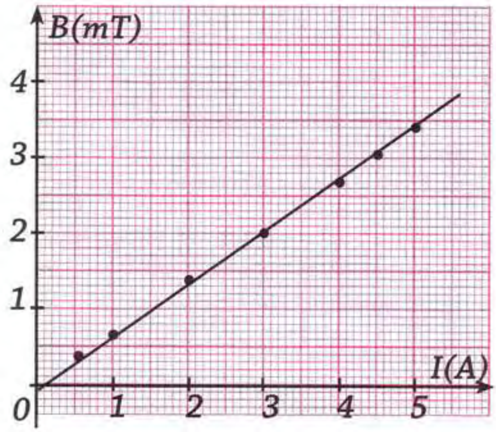
ب • استنتج عدد اللفّات N للحلزونية.

معطيات:
طول الحلزونية $L=40cm$
المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي $20\mu T$.
نفاذية الفراغ $\mu_0=4\pi.10^{-7}\ s\ I$.

الحل

1 ـ يمكن إهمال الحقل المغناطيسي الأرضي أمام الحقل المغناطيسي للوشيعة، فالأول في حدود ($20\mu T=2.10^{-5}T$) والأخير في حدود($3,4mT$) الذي هو أكبر من الأول بحوالي **100** مرة.

2 ـ بيان $B=f(I)$



الاستنتاج:

إن البيان هو خط مستقيم، ميله موجب، يمر من المبدأ، معادلته من الشكل: $y=a\,x$

إذن: $\boxed{B = a\,I}$ حيث a هو ميل المستقيم، تسمّى هذه العبارة: عبارة بيانية.

3 ـ أ • العبارة النظرية للحقل المغناطيسي في مركز الحلزونية o:

$$B=\mu_0\frac{N}{L}I$$

ب • إستنتاج عدد اللفات N :

بالمطابقة بين العبارتين البيانية والنظرية نكتب: عبارة بيانية ..... $B = a\,I$

عبارة بيانية ..... $B=\mu_0\frac{N}{L}I$

بالمطابقة نجد: $a=\mu_0\frac{N}{L}$ ، ومنه نكتب: $\boxed{N=\frac{aL}{\mu_0}}$

لدينا: $L=40cm=0,4m$. $\mu_0=4\pi\,.10^{-7}s.I$ لنحسب ميل المستقيم a:

$$a=\frac{\Delta B}{\Delta I}=\frac{3,4-2,0}{5,0-3,0}=0,3mT/A$$

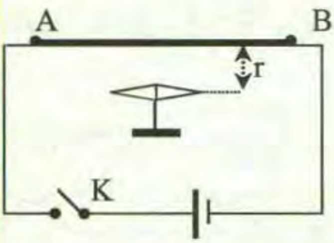
$$a=0,7.10^{-3}\ T/A=7.10^{-4}T/A$$

نعوض في عبارة N، نجد: $N=\frac{7.10^{-4}\times 0,4}{4\pi.10^{-7}}\cong 223$

$\boxed{N\cong 223}$

التمرين 17

نربط سلكاً مستقيما AB بدارة كهربائية. توضع إبرة ممغنطة أفقية أسفل السّلك على بعد $r = 4cm$



1 ◂ عندما تكون القاطعة K مفتوحة يكون محور الإبرة في وضع أفقي كما هو موضح في الشكل.
أيُّ حقل مغناطيسي تخضع له الإبرة؟

2 ◂ تغلق القاطعة، فيسرى تيار كهربائي في السّلك (AB) شدته $I=10A$.

أ • ماذا يحدث للإبرة الممغنطة؟

ب • ماذا تسمى هذه التجربة؟ وما أهميتها.

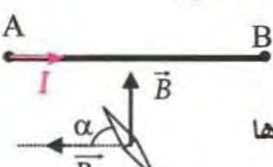
3 ◂ أ • استنتج شدة الحقل المغناطيسي الناتج عن السلك في نقطة تواجد الإبرة الممغنطة.

ب • حدّد مقدار إنحراف الإبرة الممغنطة.

تُعطى المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي $B_h=2.10^{-5}T$.

الحل

1 ◂ عندما تكون القاطعة K مفتوحة فإن $I=0A$ وبالتالي لا ينشأ حقل مغناطيسي من السّلك AB. وهكذا تكون الإبرة خاضعة للحقل المغناطيسي الأرضي $\overrightarrow{B_T}$ فقط، وبما أن الإبرة أفقية، فإنها تخضع بالضبط إلى المركبة الأفقية $\overrightarrow{B_h}$ للحقل المغناطيسي الأرضي.



2 ◂ أ • عند غلق القاطعة K، يمّر تيار كهربائي شدته $I=10A$ في السّلك AB، فينشأ حقل مغناطيسي $\vec{B}$ في السّلك، يؤثّر في البوصلة، فيجعلها تنحرف، في جهة نحدّدها بقاعدة اليد اليمنى، كما هو موضح في الشكل.

ب • تسمى هذه التجربة -تجربة أرستد-

لها أهمية تاريخية، تتمثل في أن أرستد عام *1820*م بيّن أن الحقل الكهربائي (تيار كهربائي)، يمكن أن يولّد حقلاً مغناطيسيا

الحقل لكهربائي ←——— الحقل المغناطيسي

3 ـ أ • استنتاج شدة الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ الناتج عن السلك:

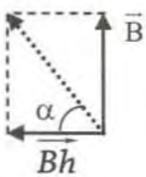
نعلم أن شدة الحقل المغناطيسي الناتج عن سلك مستقيم طويل في نقطة تبعد عنه بُعداً r تعطى بالعبارة: $B=\dfrac{\mu_0 T}{2\pi\, r}$

نعوض فنجد: $B=\dfrac{4\pi.10^{-7}\times 10}{2\pi.4\times 10^{-2}}$ ، $\boxed{B = 5.10^{-5}T}$

ب • تحديد مقدار الإنحراف α للبوصلة:

لدينا: $tan\alpha=\dfrac{B}{B_h}=\dfrac{5.10^{-5}}{2.10^{-5}}=2{,}5$

إذن: $\boxed{\alpha = 75{,}8°}$



التمرين 18 (تمرين تجريبي)

نهدف من خلال هذه التجربة إلى تعيين المركبة الأفقية $\overrightarrow{B_h}$ للحقل المغناطيسي الأرضي، وكذلك الحقل المغناطيسي لمعدلة $\overrightarrow{B_r}$ (*rhéostat*) على بعد معين منها. من أجل ذلك نحقق التجربة التالية:

نضع بوصلة داخل حلزونية S (*Solénoïde*) ، محور هذه الأخيرة عمودي على مستوى الزوال المغناطيسي.

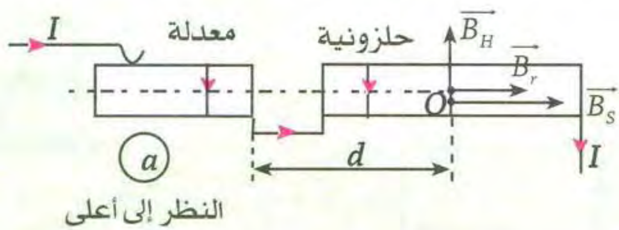
تغذّى الحلزونية بواسطة تيار I شدته ثابتة ويمّر على معدلة r، فينشأ في مركز الحلزونية حقل مغناطيسي شدته $B_S=1{,}7.10^{-4}T$.

ننبه إلى أن المعدّلة تشبه الحلزونية، فعندما يجتازها التيار السابق تنشئ بدورها في مركز الحلزونية حقلاً مغناطيسياً مشوّشا $\overrightarrow{B_r}$

ننجز التجربة الأولى كما يلي:

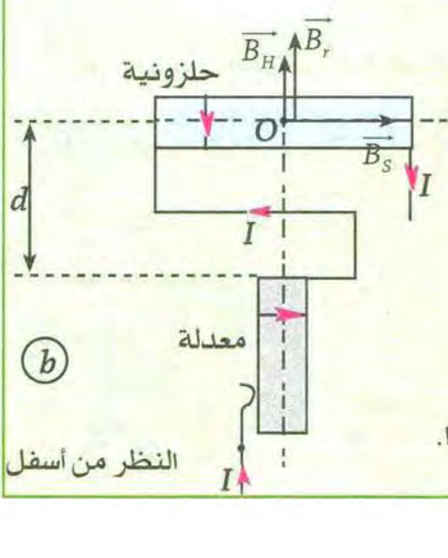
نجعل محور المعدّلة على امتداد محور الحلزونية كما هو موضح في الشكل (a)، وتكون المسافة d بين نهاية المعدّلة، ومركز الحلزونية (O) فيكون الحقل المغناطيسي $\overrightarrow{B_r}$ موازيا لـ $\overrightarrow{B_S}$ وفي نفس جهته.

عندما نشغل الدّارة ويمر التيار I، تنحرف البوصلة بزاوية $\alpha_1 = 83{,}4°$



التجربة الثانية:

محور المعدّلة عمودياً على محور الحلزونية. وعلى نفس البعد السابق d من مركز الحلزونية (O) ونشغل الدّارة الكهربائية بنفس التيار I، فيكون $\overrightarrow{B_r}$ في هذه الحالة عمودياً على $\overrightarrow{B_S}$، لكنه موازياً لـ $\overrightarrow{B_H}$، فتنحرف البوصلة بزاوية $\alpha_2 = 82{,}9°$.



1 ■ حدّد من التجربة (1) عبارة B_r بدلالة B_S، B_H و α_1

2 ■ حدّد من التجربة (2) عبارة B_r بدلالة B_S، B_H و α_2.

3 ■ أ • أثبت أنّ B_H تعطى بالعبارة:

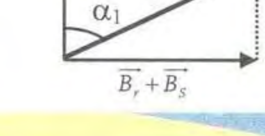
$$B_H = \frac{B_S(1+\tan\alpha_2)}{\tan\alpha_2(1+\tan\alpha_1)}$$

ب • أحسب قيمة B_H للمعدلة على بعد d منها.

الحل

1 ■ عبارة B_r بدلالة B_S، B_H و α_1

من الشكل (a) يمكن رسم مايلي:

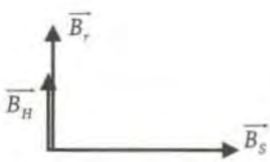


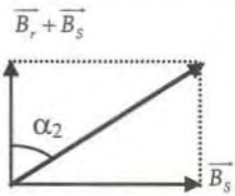
$$tan\alpha_1=\frac{B_r+B_S}{B_H}$$

إذن: $B_r+B_S=B_H\, tan\alpha_1$ ومنه نكتب: $(1)...\ \boxed{B_r=B_H\, tan\alpha_1-B_S}$

2 ▪ عبارة B_r بدلالة B_S، B_H و α_2:

نعيد رسم الشكل كما يلي:





لدينا $tan\alpha_2=\dfrac{B_S}{B_r+B_H}$

$$B_r+B_H=\frac{B_S}{B_r+B_H}$$

$$(2)...\ \boxed{B_r=\frac{B_S}{B_r+B_H}-B_H}$$

3 ▪ أ • إثبات العبارة المعطاة :

من العلاقتين المؤطرتين في السؤالين (1) و (2) نكتب:

$$B_H\, tan\alpha_1-B_S=\frac{B_S}{tan\alpha_2}-B_H$$

$$B_H\, tan\alpha_1+B_H=\frac{B_S}{tan\alpha_2}+B_S$$

$$B_H\left(1+tan\alpha_1\right)=B_S\left(1+\frac{1}{tan\alpha_2}\right)$$

$$B_H=\frac{B_S\left(1+\dfrac{1}{tan\alpha_2}\right)}{\left(1+tan\alpha_1\right)}$$

في الأخير نكتب :

$$B_H=\frac{B_S\left(1+tan\alpha_2\right)}{tan\alpha_2\left(1+tan\alpha_1\right)}$$

ب • حساب قيمة B_H

نعوّض في العبارة السابق ة بالقيم المعطاة فنجد:

$$B_H=\frac{1{,}7.10^{-4}\,(1+tan\,82{,}9)}{tan\,82{,}9\,(1+tan\,83{,}4)}$$

$$\boxed{B_H \cong 1{,}98.10^{-5}T}$$

4 ◄ حساب Br:

من السؤال (1) لدينا: $B_r = B_H \tan\alpha_1 - B_S$ نعوّض: $B_r = 1{,}98.10^{-5}\tan 83{,}4 - 1{,}7.10^{-4}$

$$\boxed{B_r = 1{,}13.10^{-6}T}$$

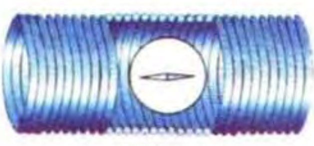
التمرين 19 (وضعية إدماجية)

* أحضر أستاذ الفيزياء وشيعة، نصف قطرها $R=0{,}5cm$، وطولها $L=50cm$. ووضعها بحيث يكون محورها واقعا في مستوى الزوال المغناطيسي الأرضي، وربطها بدارة تحتوي على مولّد لتيار كهربائي I ثابت، يمكن تغييره بواسطة معدلة.
* وضع بوصلة في مركز الوشيعة، فأخذت الوضع المشار إليه في الشكل المقابل، وهذا في حالة عدم مرور تيار كهربائي فيها $(I=0A)$.

1 ◄ أ • ماهي المعطيات التي تدل على أن الوشيعة التي أحضرها الأستاذ هي وشيعة طويلة (حلزونية S)؟

ب • ماذا نعني بمستوى الزوال المغناطيسي الأرضي - مثله في شكل.

جـ • حدّد جهة البوصلة، برأيك لماذا انحرفت هكذا؟

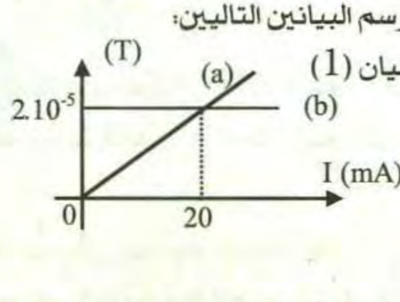


$I=0mA$

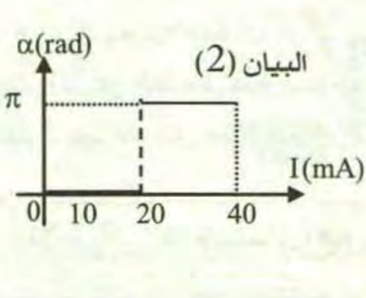
2 ◄ بدأ الأستاذ بتغيير شدة التيار (I) ، وقياس زوايا إنحراف البوصلة (α). وكذلك قاس الحقل المغناطيسي B_S النّاشئ في مركز الوشيعة.

ورسم البيانين التاليين:

البيان (1)



البيان (2)



وطلب منك أن تجيب عن الأسئلة التالية:

أ • ماهو الجهاز الذي تم به قياس الحقل المغناطيسي B_S للوشيعة.

ب • حدّد من البيان (1) بيان كل من $B_h=f(I)$ و $B_S=g(I)$ مع التبرير.

حيث B_h هي المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي.

3 ▪ قصد تفسير جزئي البيان (2) أي $\alpha=h(I)$

أ • مثل على البوصلة الحقلين المغناطيسين المؤثرين عليها. مع تحديد حامل وجهة كل منهما.

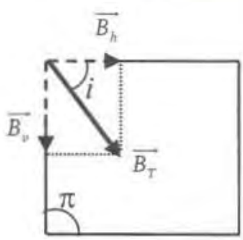
ب • استنتج جهة مرور التيار في الحلزونية.

4 ▪ أ • ماذا يحدث للبوصلة، عند تثبيت شدة التيار عند القيمة $I=0,02A$.

ب • أحسب عدد الحلقات N للوشيعة. يعطى: $\mu_0=4\pi .10^{-7}\ S.I$.

الحل

1 ▪ أ • المعطيات لتي تدل على أن الوشيعة طويلة هي أن قطرها $D=2R=1cm$ ، أصغر بكثير من طولها $L=50cm$. أي : $D<<L$



ب • نعنى بمستوى الزوال المغناطيسي، المستوى الشاقولي الذي يشمل الحقل المغناطيسي الأرضي $\overrightarrow{B_T}$.

π: مستوى الزوال المغناطيسي.

جـ • تتجه البوصلة بجهة المركبة الأفقية $\overrightarrow{B_h}$ للحقل المغناطيسي الأرضي. مما يدل على أنها تتحرك في مستوى أفقي فقط.

2 ▪ أ • الجهاز الذي تمّ به قياس الحقل المغناطيسي للوشيعة هو التسلامتر.

ب • من البيان نلاحظ أن:

- المنحنى (b) هو خط مستقيم ميله معدوم وقيمته ثابتة عند القيمة $2.10^{-5}T$، مهما تغيّرت شدة التيار I، فهو مستقل عنها. فهو إذن يمثل قيمة المركبة الأفقية $\overrightarrow{B_h}$ للحقل المغناطيسي الأرضي.

إذن: $\boxed{B_h=f(I) \quad \text{هو المنحنى } (b)}$

- أما المنحنى (a) فهو خط مستقيم ميله موجب، يمرّ من المبدأ، معادلته من الشكل $B=a\,I$ فهو يطابق العلاقة النظرية $B=\dfrac{\mu_0 N}{L}I$ ، التي تعبّر عن تغير الحقل المغناطيسي للحلزونية بتغيّر شدة التيار $B_S=g(I)$

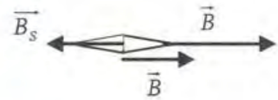
إذن: $\boxed{B_s=g(I) \quad \text{هو المنحنى } (a)}$

3 ـ أ • تمثيل الحقلين المغناطسيين $\overrightarrow{B_h}$ و $\overrightarrow{B_S}$ على البوصلة:

من البيان (2) $\alpha = h(I)$ نلاحظ مايلي:

- في حالة $I < 20mA$: لدينا: $\alpha = 0$ ، وهذا معناه أن البوصلة هي في وضع أفقي وبجهة $\overrightarrow{B_h}$ وهذا يدل على أن: $B_h < B_S$

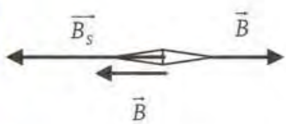
إذن فالبوصلة تخضع لحقلين مغناطسيين متعاكسين. نوضح حامليهما الأفقيين وجهتيهما في الشكل التالي:



لاحظ أن: $\vec{B}$ هو محصلة $\overrightarrow{B_h}$ و $\overrightarrow{B_S}$ مع $B=B_h - B_S$

- في حالة $I > 20mA$: لدينا: $\alpha = \pi$ ، وهذا معناه أن البوصلة إنحرفت بـ $180°$، وأصبحت في جهة $\overrightarrow{B_S}$ وهذا يدل على أن: $B_S > B_h$ في هذه الحالة.

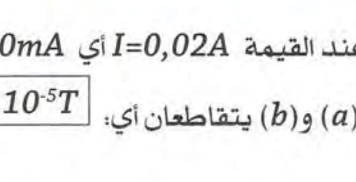
إذن فالبوصلة تخضع للحقلين كما يلي:



لاحظ أن: $\vec{B}$ هو محصلة $\overrightarrow{B_h}$ و $\overrightarrow{B_S}$ مع $\boxed{B=B_S - B_h}$

ب • استنتاج جهة التيار (I) المار في الحلزونية:

في كلتا الحالتين السابقتين نلاحظ أن جهة وحامل $\overrightarrow{B_S}$، أفقي وإلى اليسار، وحسب قاعدة اليد اليمنى تكون جهة (I)، كما هو موضح في الشكل المقابل



4 ـ أ • عند تثبيت شدة التيار I عند القيمة $I=0,02A$ أي $I=20mA$، نلاحظ من البيان (1) أن المنحنيين (a) و(b) يتقاطعان أي: $\boxed{B_h = B_S = 2.10^{-5}T}$

لاحظ أنّ $B_h=B_S$ عند القيمة $I=0,02A$.

ب • حساب عدد حلقات الوشيعة N :

لدينا: $B=\mu_0\frac{N}{L}I$ ، إذن: $N=\frac{B_S.L}{\mu_0 I}$

لكن: $B_S=B_h$ عند $I=0,02A$ ، إذن: $N=\frac{B_h.L}{\mu_0 I}$

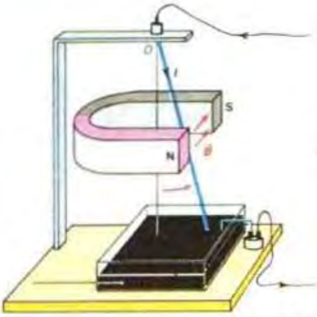
نعوّض فنجد: $N=\frac{2.10^{-5}\times 0,50}{4\pi.10^{-7}\times 0,02}$ ، إذن: $\boxed{N\cong 400}$

المجال 2
الظواهر الكهربائية

الوحدة 2
مقاربات الأفعال المتبادلة الكهرومغناطيسية

1 – قانون لابلاس: Laplace (1749-1827)

الإظهار التجريبي للقوة الكهرومغناطيسية :



ساق من نحاس أو ألمنيوم، جزء منه مغمور داخل حقل مغناطيسي $\vec{B}$، ينحرف عن وضع الشاقول، كلما مرّ فيه تيار كهربائي (I) وتتغيّر جهة الانحراف بتغير جهة (I) أو جهة $\vec{B}$.

تسمى القوة التي حركت الساق بالقوة الكهرومغناطيسية وتنسب إلى العالم لابلاص، فنقول قوة لابلاص.

جهة القوة الكهرومغناطيسية :

حامل وجهة القوة الكهرومغناطيسية يعطيان بالقاعدتين التاليتين

1 ■ قاعدة اليد اليمنى:

- السبّابة $(Index)$: تحدّد جهة التيار I .
- الوسطى $(Majeur)$: تحدّد جهة الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ $(Magnétique)$.
- الإبهام $(Pouce)$: يحدّد جهة القوة $\vec{F}$ $(Poussée)$.

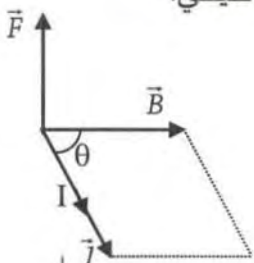
2 ■ رجل آمبير :

★ قانون لابلاص:

القوة الكهرومغناطيسية $\vec{F}$، المؤثرة على جزء (l)من ناقل مستقيم يجتاز تيار كهربائي I، وهو مغمور مغناطيسي $\vec{B}$ ، يصنع زاوية θمع الناقل $(\vec{l})$ الموجه بجهة التيار بالعبارة الشعاعية $\vec{F}=I\vec{l}\times\vec{B}$.

خصائص قوة لابلاص :

- نقطة التطبيق: منتصف جزء الناقل l المغمور داخل الحقل المغناطيسي $\vec{B}$.
- الحامل: عمودي على المستوى المؤلف من الناقل والحقل المغناطيسي.



- الجهة: تجدّد بقاعدة اليد اليمنى أو إنسان آمبير.
- القيمة: تعطى بالعبارة: $\boxed{F = I l B \sin\theta}$

مع: $\theta = \widehat{(\vec{l},\vec{B})}$ أي: θ هي الزاوية بين $(\vec{l}$ و $\vec{B})$

I : يقاس بالأمبير (A) ☑ مثال: سكّتا لابلاص

l : يقاس بالمتر (m)

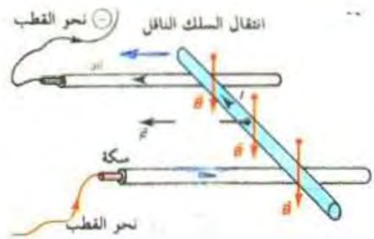
B : يقاس بالتسلا (T)

F: تقاس بالنيوتن (N)

سكتا لابلاص

رجل آمبير

☑ أمثلة لجمل تعمل بالقوة الكهرومغناطيسية:



دولاب بارلو

✓ ملاحظة هامة :

نظراً لأن الثلاثي $\vec{F}$ ، $\vec{B}$ ، $\vec{l}$ واقع في الفضاء نضطر في كثير من الأحيان في الورقة إلى إستعمال الرمزين ⊙ ، ⊗ للحقل المغناطيسي $\vec{B}$.

الرمز: $\odot\vec{B}$: يعني أنّ الحقل المغناطيسي خارج من الورقة الممثل فيها وعمودي عليها.

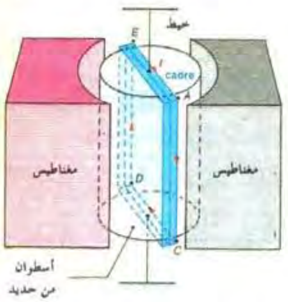
الرمز: $\otimes\vec{B}$: يعني أنّ الحقل المغناطيسي داخل في الورقة الممثل فيها، وعمودي عليها.

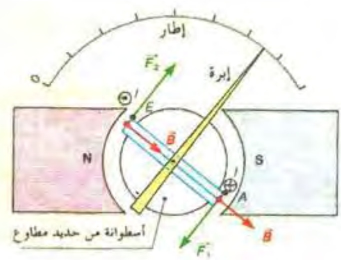
2 تطبيقات قانون لابلاص: (الربط الكهرومغناطيسي)

▪ الإطار المتحرك:

أسلاك الإطار مغمورة في حقل مغناطيسي $\vec{B}$

عندما يجتازها تيار كهربائي (I) يخضع الإطار لقوى كهرومغناطيسية، تسبّب له الدوران حول محوره.





مقدار الدوران يتناسب مع (I). تستعمل في أجهزة القياس الكهربائية كالغالفونومتر (مقياس A، مقياس V) فكلما تغيرت شدة التيار (I)، تغيرت زاوية انحراف المؤشر المرتبط بالإطار المتحرك.

أمبيرمتر : المقاومة r صغيرة على التوازي

فولتمتر : المقاومة R كبيرة على التسلسل

▪ المحرك الكهربائي:

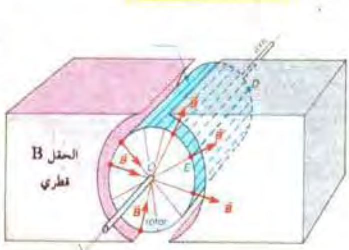
يتكون من:

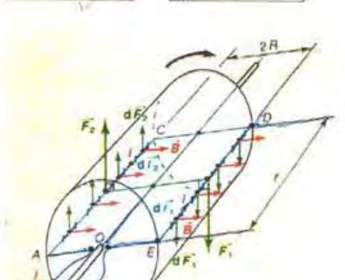
- الجزء الثابت ($Stator$): وهو عبارة عن مغناطيس أو مغناطيس كهربائي.

الدوار

- الجزء المتحرك ($Rotor$): وهو عبارة عن وشيعة أو أكثر من وشيعة ملفوفة حول نواة حديدية قابلة للدوران حول محور ثابت.

عندما يمر التيار الكهربائي (I) في وشيعة الدوار تنشأ قوى كهروطيسية تعمل على تدويره.





التمرين 1

ناقل مستقيم طوله l_0، وجزؤه المغمور في حقل مغناطيسي $\vec{B}$ منتظم هو l، ويجتازه تيار كهربائي شدته I ثابتة، يخضع لقوة $\vec{F}$ الإقتراحات التالية صحيحة أو خاطئة صحّح الخطأ منها:

1 ■ ندعو هذه القوة قوة كهربائية.

2 ■ ندعو هذه القوة قوة لابلاص.

3 ■ تعطى عبارة هذه القوة بالعلاقة $F = I\,l_0\,B \sin\theta$

4 ■ تحدّد جهة القوة $\vec{F}$ بإبهام اليد اليمنى، عندما يوجّه الحقل بالوسطى $\vec{B}$ بالوسطى والتيار يوجه بالسّبابة .

5 ■ إذا كان الحقل $\vec{B}$ عمودياً على الناقل فإنّ القوة تكون أعظمية وتساوي $F = Il\,B$.

6 ■ إذا كان الحقل $\vec{B}$ موازياً للناقل فإن القوة التي تخضع لها الناقل معدومة $F=0N$

7 ■ تتغير جهة $\vec{F}$ إذا تغيرت جهة كل من (I) و$\vec{B}$ ، أو كليهما.

الحل

1 ■ خطأ: والصحيح هو : ندعو هذه القوة قوة كهرومغناطيسية (أو قوة لابلاص).

2 ■ صحيح.

3 ■ خطأ: والصحيح هو: تعطى عبارة هذه القوة بالعلاقة $F=IlB\sin\theta$ وليس l_0، لأن جزء المستقيم (l) هو المغمور كليّة في الحقل، وليس l_0.

4 ■ صحيح.

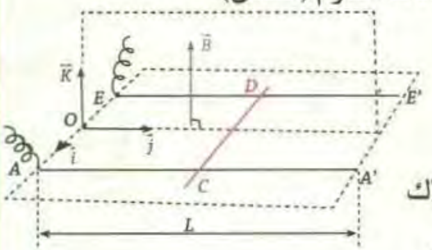
5 ■ صحيح: لأنه عندما يكون $\vec{B}$ عمودياً على الناقل $\vec{l}$ فإن $\theta = \frac{\pi}{2}$ وبالتالي $\sin\theta = 1$ إذن: $F = IlB$.

6 ■ صحيح: لأنه عندما يكون $\vec{B}$ موازياً للناقل $\vec{l}$ الموجه فإن $\theta = 0$ وبالتالي $\sin\theta = 0$ ، إذن: $F = IlB \times 0$ ومنه: $F = 0N$.

7 ■ صحيح.

التمرين 2

سكتا لابلاص AA' و EE' مصنوعتان من النحاس، متوازيتان، وموضوعتان أفقياً. يمكن لساق CD من النحاس أن يتحرك فوقهما بدون إحتكاك مقاوم (الشكل).



يُغمر السّاق والسّكتان في حقل مغناطيسي منتظم شاقولي، وموجّه نحو الأعلى، قيمته $B=20mT$.

يُسمح لتيار كهربائي شدته $I=4A$ ، أن يمّر في أسلاك التوصيل ويدخل من النقطة A، مروراً بالسكة، ثم بالسّاق CD إلى آخر الدارة.

1 ▪ بيّن لماذا تكون السكتان والسّاق مصنوعة من النحاس؟

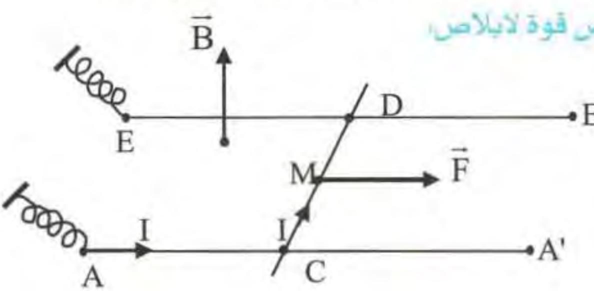
2 ▪ حدّد خصائص قوة لابلاص يعطى: $CD = l = 15cm$.

3 ▪ أحسب العمل الذي تنجزه القوة الكهروكغناطيسية $W(\vec{F})$ عندما ينتقل الساق مسافة $d=L=60cm$.

الحل

1 ▪ في تجربة سكتى لابلاص، عادة ما تكون السكتان والساق الناقل مصنوعة من مواد لامغناطيسية كالنحاس أو الألمنيوم حتى لا تتأثر بالحقل المغناطيسي $\vec{B}$. وبالتالي يمكن للسّاق أن يتحرك فوق السكتين، لأنه لو كانت السكتان والساق من حديد، فإنها تتمغنط بفعل الحقل - وبالتالي فإن السكّة تمسك بالساق، فلا تجعله يتحرك فوقها.

2 ▪ تحديد خصائص قوة لابلاص:



الحامل والجهة يحدّدان بإبهام اليد اليمنى عند توجه الوسطى بجهة $\vec{B}$ والسبابة بجهة I. إذن: - نقطة التأثير: منتصف الساق M

- الحامل: موازي للسكتين
- الجهة: من A إلى A' كما هو موضح في الشكل
- القيمة: تعطى بقانون لابلاص $F = IlB\sin\theta$

لدينا: $I=4A$ ، $B=20mT=0,02T$ ، $l=CD=15cm=0,15m$

θ هي الزاوية بين $\vec{l}$ و (أي CD) و $\vec{B}$

وبما أن $\vec{B}$ واقع في مستوي عمودي على مستوى السكتين والساق $\overrightarrow{CD}$ ، فإن: $\theta=\frac{\pi}{2}$

نعوض فنجد: $F=4\times0,15\times0,02\times\sin\frac{\pi}{2}$

$$\boxed{F=0,012N=1,2.10^{-2}\,N}$$

3 ▪ العمل الذي تنجزه القوة الكهرومغناطيسية $W(\vec{F})$

تعطى عبارة العمل بالعلاقة: $W(\vec{F})=Fd\cos\alpha$

هنا α: هي الزاوية بين الانتقال $\vec{d}$ والقوة $\vec{F}$ وبما أن القوة في جهة الإنتقال

فإن: $\alpha=0$، إذن: $W(\vec{F})=Fd\cos0$

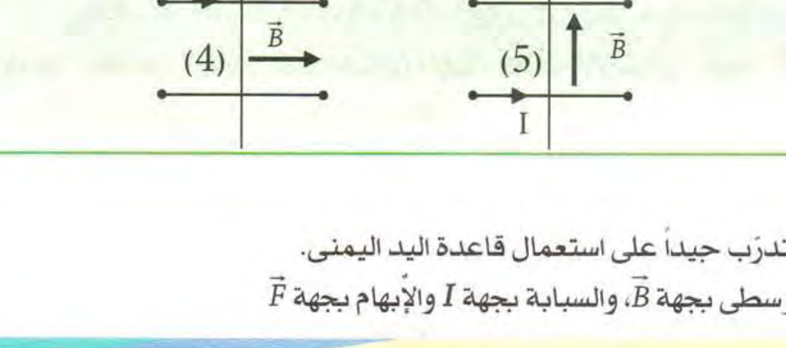
$$\boxed{W(\vec{F})=Fd}$$

نعوض فنجد: $W(\vec{F})=1,2.10^{-2}\times0,60$

$$\boxed{W(\vec{F})=7,2.10^{-3}\,J}$$

التمرين 3

حدد جهة وحامل القوة الكهرومغناطيسية في كل حالة من الحالات التالية التي يخضع فيها الساق إلى هذه القوة.

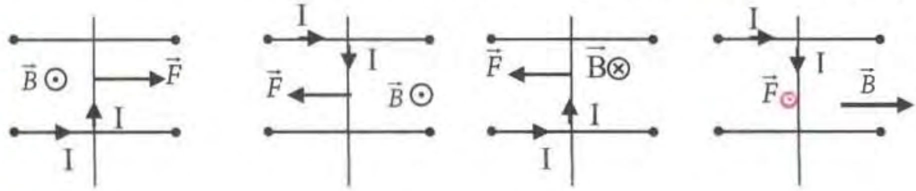


الحل

يجب أن نتدرّب جيداً على استعمال قاعدة اليد اليمنى.

فتوجّه الوسطى بجهة $\vec{B}$، والسبابة بجهة I والإبهام بجهة $\vec{F}$

- $\odot\ \vec{B}$ الرمز يعني أن الحقل المغناطيسي خارج من خلف الورقة إلى أمامها، وبشكل عمودي على المستوى الذي يشملها.
- $\vec{B}\otimes$ الرمز يعني أن الحقل المغناطيسي داخل من أمام الورقة، ويخرج من خلفها، وبشكل عمودي. وعليه تأتي الحالات (1) و(2) و (3) و (4) كما يلي:



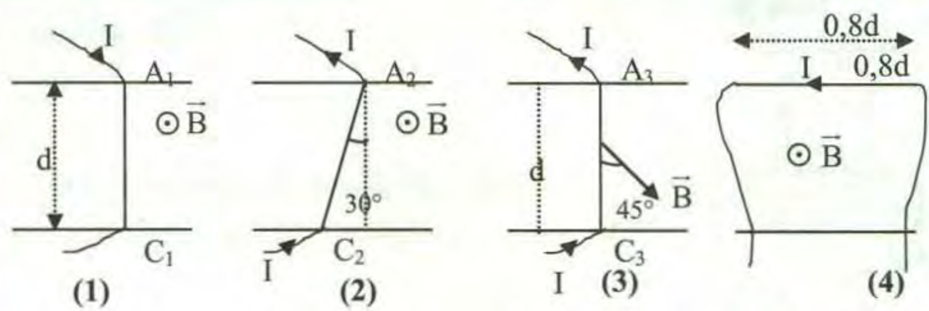
القوة عمودية على سطح الورقة نحو الخارج.

أما في الحالة (5) فإن جهة (I) جهة الناقل لها نفس جهة $\vec{B}$، بمعنى أن الزاوية بين الساق $\vec{l}$ و$\vec{B}$ هي $\theta = 0$ وبالتالي فإن تطبيق قانون لابلاص يعطي: $F = IlB\sin 0 = 0$ ، $\boxed{F = 0}$

ففي هذه الحالة لا يخضع الساق إلى قوة لابلاص.

التمرين 4

مجموعة من الأسلاك الناقلة A_iC_i مع $i = 1,2,3$ موضوعة في حقل مغناطيسي منتظم $\vec{B}$ كما هو موضح في الأشكال التالية:



1 ▪ حدّد في كل شكل المستوى الذي يقع فيه الحقل $\vec{B}$.

2 ▪ مثّل على كلّ سلك القوة الكهرومغناطيسية التي يخضع لها.

3 ▪ أحسب قيمة هذه القوة علماً أن: $B = 50mT$ ، $I = 5A$ ، $d = 10cm$

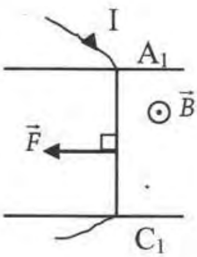
الحل

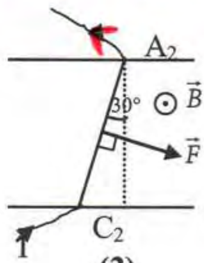
1 ▪ تحديد المستوى الذي يقع فيه الحقل $\vec{B}$:

في الأشكال (1) و(2) و(4) : الحقل $\vec{B}$ خارج، أي موجّه من خلف الورقة نحو أمامها، وعمودي على مستواها.

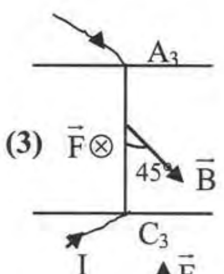
في الشكل (3): الحقل $\vec{B}$ واقع في مستوى الورقة ويميل عن السلك بزاوية $\theta=45°$

2 ▪ تمثيل القوة الكهرومغناطيسية $\vec{F}$:



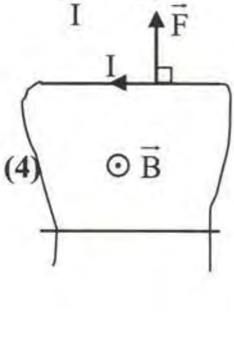


(2)



في الشكل (3):

القوة $\vec{F}$ واقعة في مستوي عمودي على مستوى الورقة، وموجّه نحو الداخل، أي أنها بجهة قوة ثقل السلك $\vec{P}$ لذا نرمز لها بالرمز $\otimes\vec{F}$.



في الشكل (4) :

القوة $\vec{F}$ واقعة في مستوى الورقة عمودي على السلك، وليست شاقولية (كما قد يتبادر للذهن)

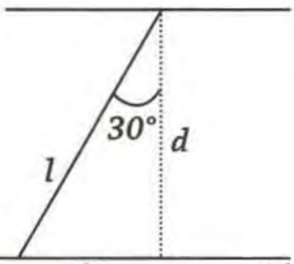
3 ▪ حساب قيمة القوة

نطبّق قانون لابلاص في كل حالة من الحالات وهو: $F = IlB\sin\theta$

الحالة (1): $\theta = \frac{\pi}{2}$ ، $l = d = 10cm$

إذن: $F = 5\times 0,10\times 50.10^{-3}\sin\frac{\pi}{2}$ ، $\boxed{F = 2,5.10^{-2}N}$

الحالة (2): $l \neq d \quad , \theta = \frac{\pi}{2}$



لنحسب l : لدينا: $\cos 30° = \frac{d}{l}$ ، إذن: $l = \frac{d}{\cos 30°}$

نعوض في قانون لابلاص $F = IlB\sin\theta$

$$F = I\frac{dB}{\cos 30°}\sin\frac{\pi}{2} = \frac{IdB}{\cos 30°}$$

$$F = 5 \times \frac{0,10}{0,866} \times 50.10^{-3}$$

$$\boxed{F = 2,89.10^{-2}N}$$

الحالة (3): $\theta = 45° \quad , l = d$ إذن: $F = IdB\sin 45°$

$$F = 5 \times 0,10 \times 50.10^{-3} \times 0,707$$

$$\boxed{F = 1,77\ .10^{-2}N}$$

الحالة (4): $\theta = \frac{\pi}{2} \quad , l = 0,8d$ إذن: $F = I(0,8d)B\sin\frac{\pi}{2}$

$$F = 5 \times 0,8 \times 0,10 \times 50.10^{-3} \times 1$$

$$\boxed{F = 2.10^{-2}N}$$

التمرين 5

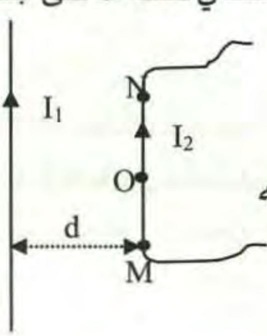
سلك مستقيم وطويل، يسرى فيه تيار كهربائي شدته $I_1 = 10A$.

1 ـ أ • أحسب شدة الحقل المغناطيسي $\overrightarrow{B_1}$ الذي ينشئه هذا السلك في نقطة O على بعد $d = 4cm$ من السلك.

ب • مثل الحقل $\overrightarrow{B_1}$.

2 ـ توضع منتصف قطعة مستقيمة MN في النقطة O بحيث تكون موازية للسلك، ونجعل تياراً شدته $I_2 = 5A$ ، يمَر فيها (الشكل)

أ • أحسب قيمة القوة الكهربائية $\overrightarrow{F_1}$ التي تخضع لها القطعة MN.يعطى $MN = 50cm$.



ب • حدّد حصائصها. وهل تنجذب القطعة MN إلى السّلك الطويل، أم تبتعد عنه؟
جـ • عندما تعكس جهة التيار I_2 هل تتغير القوة $\overrightarrow{F_1}$ ؟

الحل

1 أ • حساب B_1:

تعطى شدة الحقل المغناطيسي الناشئ عن سلك مستقيم طويل يجتازه تيار (I)، على

بعد r من السلك بالعلاقة: $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ إذن: $\boxed{B=\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{d}}$

نعوض فنجد: $B_1=\frac{4\pi.10^{-7}}{2\pi}\times\frac{10}{4.10^{-2}}$ ، $\boxed{B_1=5.10^{-5}T}$

ب • تمثيل $\overrightarrow{B_1}$:

يمثل بشعاع في النقطة (O)، وهذا الشعاع يقع في مستو عمودي على المستوى الذي يشمل السلك. فإذا اعتبرنا أن السلك واقع في مستوى الورقة، فإن $\overrightarrow{B_1}$ يكون موجه نحو داخل الورقة وعمودي عليها، لذا مثلناه بالرمز $\overrightarrow{B_1}\otimes$.

2 أ • حساب قيمة القوة الكهربائية التي تخضع له القطعة MN:

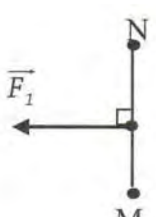
القطعة MN، يجتازها تيار I_2، وواقعة في الحقل المغناطيسي $\overrightarrow{B_1}$ ، لذا ستخضع إلى قوة كهروكغناطيسي تعطى بقانون لابلاص $F_1=I_2(MN)B_1\sin\theta$

هنا $\theta=\frac{\pi}{2}$ لأن القطعة MN عمودية على $\overrightarrow{B_1}$

إذن: $F_1=5\times0,50\times5.10^{-5}\sin\frac{\pi}{2}$ ، $\boxed{F_1=1,25\ .10^{-4}N}$

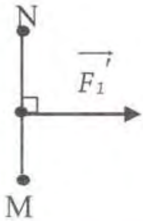
ب • تحديد خصائص $\overrightarrow{F_1}$:

تحدّد قاعدة اليد اليمنى:



* نقطة التطبيق: منتصف القطعة MN أي النقطة O.
* الحامل: واقع في مستوى الورقة وعمودي عليها.
* الجهة: نحو السلك الطويل.
* الشدة : $F_1=1,25\ .10^{-4}N$.

هذه القوة $\overrightarrow{F_1}$ تجعل القطعة MN تنجذب من السلك الطويل.



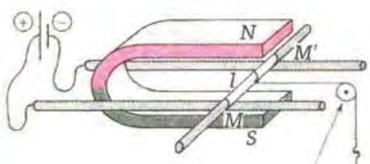
جـ • عندما نعكس جهة التيار I_2، تتغير جهة القوة بحيث تجعل القطعة MN، تتنافر من السلك الطويل

التمرين 6

يمثل الشكل المقابل (1) تجربة سكتى لابلاص.

جزء السّاق الأسطواني MM' مغمور داخل حقل مغناطيس شدته $B=0,1T$ لمغناطيس على شكل حرف U . يجتاز السّاق تيارا كهربائيا شدته $I=5A$.

يربط الساق بواسطة خيط خفيف، يمّر على محز بكرة، ويعلق بطرفه الآخر جسماً كتلته m



الشكل - 1 -

1 ▪ أحسب شدة القوة الكهرومغناطيسية التي يخضع لها الساق. علما أن $MM' =l=5cm$.

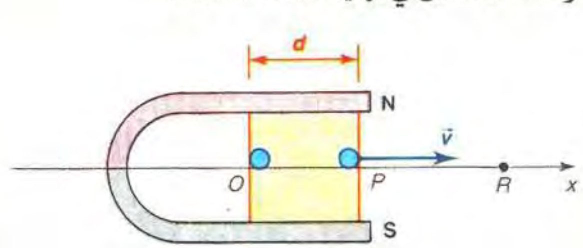
2 ▪ مثّل القوى المؤثرة على الساق MM'.

3 ▪ كم تكون قيمة الكتلة m، حتى يتوازن الساق في معلم سطح الأرض؟ يؤخذ: $g=10\ N.Kg^{-1}$

4 ▪ ننزع الخيط والكتلة m، ونعكس جهة التيار.

ينطلق الساق من السّكون بدءاً من النقطة (O) الشكل (2) ويكون تحت تأثير الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ لمسافة $d=4cm$.

أحسب سرعة مركز عطالة الساق في نهاية هذه المسافة.



الحل

1 ▪ حساب شدة القوة الكهرومغناطيسية التي يخضع لها السّاق:

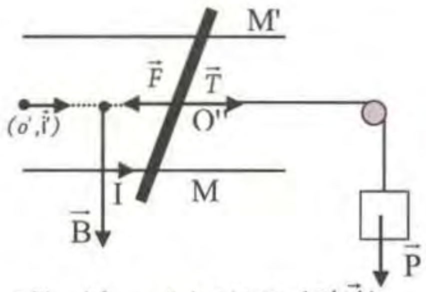
نستعمل قانون لابلاص: $F = IlB \sin\theta$

لدينا: $\vec{B}$ يوجّه من الشمال N للمغناطيس إلى جنوبها S. فهو إذن شاقولي نحو الأسفل.

- أما $\vec{l}$ فهو أفقي (لاحظ أن التيار يدخل من M ويخرج من M')
إذن : $\vec{B}$ و $\vec{l}$ متعامدان، ومنه: $\theta = \frac{\pi}{2}$

نعوض فنجد : $F = 5 \times 5.10^{-2} \times 0,1 \sin\frac{\pi}{2}$ ، $\boxed{F_1 = 2,5\,.10^{-2}N}$

2 ◄ تمثيل القوى المؤثرة على الساق:



$\vec{F}$: القوة الكهرومغناطيسية:
تحدّد جهتها وحاملها بقاعدة اليد اليمنى
$\vec{T}$: قوة التوتر (فعل الخيط في الساق):
تكون على امتداد الخيط

3 ◄ قيمة الكتلة (m) :

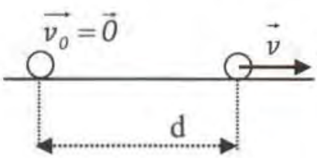
بما أن الكتلة في حالة توازن بالنسبة لمعلم سطحي أرضي $(O',\vec{i'})$ فإننا نطبق مبدأ العطالة
$\sum\vec{F} = \vec{0}$ ومنه نكتب: $\vec{F} + \vec{T} = \vec{0}$
بالاسقاط على معلم الحركة $(O',\vec{i'})$ نجد: $F+T = 0$ ومنه: $T = F$
ويمكن إثبات بسهولة أن $T=P=mg$ لأن الجسم المعلق أيضاً في حالة توازن ومنه نكتب:

$mg=F$ ، إذن: $\boxed{m = \frac{F}{g}}$

نعوض فنجد: $m = \frac{2,5.10^{-2}}{10}$ ، $m=2,5.10^{-3}Kg$ ، $\boxed{m=2,5g}$

4 ◄ حساب سرعة مركز عطالة الساق:

* عند نزع الكتلة والخيط، يصبح $T=0N$ وبالتالي يكون الساق خاضعاً لتأثير القوة الكهرومغناطيسية فقط.



وعند تغير جهة التيار، تنعكس جهة القوة الكهرومغناطيسية، كما هو موضح في الشكل، الذي هو مقطع عرضي للشكل.
نطبق مبدأ إنحفاظ الطاقة، لذا يجب تعريف الجملة:
الجملة: هي الساق MM'

إذن: $E_{\text{الابتدائية}} + E_{\text{المستقبلة}} - E_{\text{المقدمة}} = E_{\text{النهائية}}$

$0 + W(\vec{F}) - 0 = \frac{1}{2}mv^2$

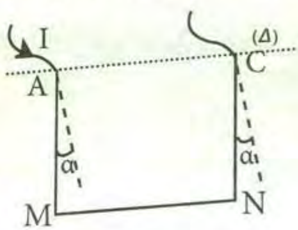
$$Fd = \frac{1}{2}mv^2 \quad ، \quad \boxed{v = \sqrt{\frac{2Fd}{m}}}$$

نعوض فنجد: $v = \sqrt{\dfrac{2 \times 2,5.10^{-2} \times 0,04}{50.10^{-3}}}$ ، $\boxed{v = 0,2m/s}$

التمرين 7

ناقل $AMNC$ غير قابل للتشوه مكون من ثلاثة أجزاء مستقيمة، يمكنه الدوران حول محور أفقي (Δ) يمر من (A) و (C). يغذي هذا الناقل بتيار (I)كما هو موضح في الشكل

1 ▪ نعتبر أن الإطار في حالة توازن تحت تأثير ثقله ورد فعل محور الدوران (Δ)على الإطار .
حدّد المستوى الذي يتوان فيه الإطار.



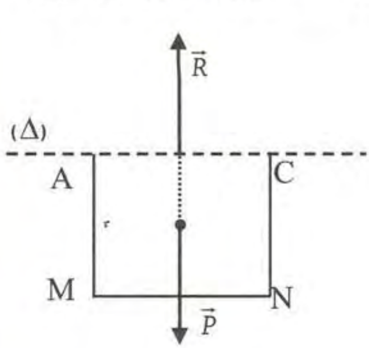
2 ▪ يُغمر الإطار في حقل مغناطيسي منتظم $\vec{B}$ ، شاقولي نحو الأعلى فيرتفع الإطار قليلاً، وينزاح عن وضع توازنه بزاوية (α).
حدّد القوة الكهرومغناطيسية التي يخضع لها كل جزء من أجزاء الإطار.

3 ▪ نجعل الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ أفقي . ماذا يحدث الإطار؟

الحل

1 ▪ في غياب الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ يكون الإطار خاضعاً لقوتين فقط هما ثقله $\vec{P}$ ورد فعل محور الدوران $\vec{R}$. وبما أنه في حالة توازن وأن القوة $\vec{P}$ شاقولية فيجب أن تكون $\vec{R}$ شاقولية ومعاكسه لـ$\vec{P}$، وهذا حسب مبدأ العطالة.

وعليه يكون الإطار واقع في مستو شاقولي



2 ■ عندما يُغمر الإطار في حقل مغناطيسي $\vec{B}$ شاقولي نحو الأعلى فإن كلاً من الجزئين $\overrightarrow{AM}$ و$\overrightarrow{CN}$ الشاقوليين يكونان موازيين لـ$\vec{B}$ ومعاكسين له. إذن فالزاوية θ التي يصنعها كل من هذين الجزئين مع $\vec{B}$ هي $\theta = \pi$

وبالتالي تكون القوة الكهرومغناكيسية التي يخضع لها كل منهما معدومة.

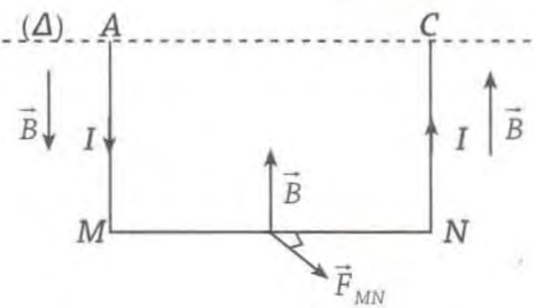
إذن أنَ: $F_{AM} = I.AM.B\sin\pi = 0$

$F_{NC} = I.NC.B\sin\pi = 0$

أما الجزء $\overline{MN}$ فهو متعامد مع$\vec{B}$ ، أي أن: $\theta = \frac{\pi}{2}$

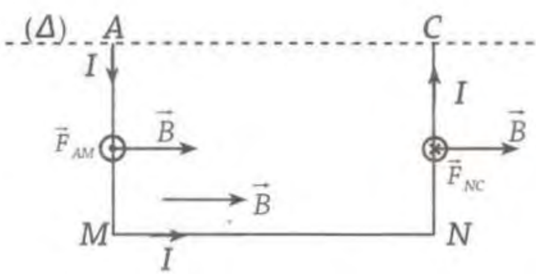
لذا نجد: $F_{MN} = I.MN.B\sin\frac{\pi}{2}$ ، $\boxed{F_{MN} = I.MN.B \neq 0}$

وهذه القوة هي المسؤولة عن رفع الإطار



3 ■ عند جعل الحقل المغناطيسي أفقي

• الجزء الأفقي MN



يصبح $\vec{B}$ موازياً لـ$\overline{MN}$ وفي نفس جهته وعليه تكون $\theta = 0$

إذن: $F_{MN} = I.MN.B\sin 0 = 0$

• الجزء الشاقولي AM

يصبح عمودياً على $\vec{B}$ ، إذن: $\theta = \frac{\pi}{2}$ ومنه: $F_{AN} = I.AM.B\sin\frac{\pi}{2}$

إذن: $\boxed{F_{AM} = I.AM.B}$

وتحدد جهتها وحاملهما بقاعدة اليد اليمنى فتكون أفقية وموجهة إلى الأمام، وفي الشكل تكون $\vec{F}_{AM}$ واقعة في مستوى عمودي على الورقة وموجه من خلف الورقة إلى أمامها، لذا نرمز لها بالرمز $\odot\vec{F}_{AM}$

* أما الجزء الشاقولي NC

فإن : $\theta = \dfrac{\pi}{2}$ وعليه: $F_{NC} = I.\ NC.B$

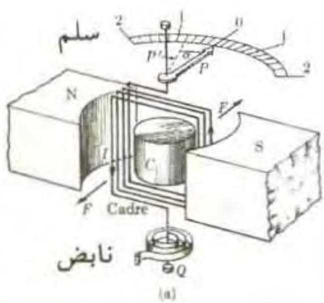
وحامل $\vec{F}_{NC}$ تحدَد بقاعدة اليد اليمنى، فتكون داخل الورقة $\otimes\vec{F}_{NC}$

القوتان $\vec{F}_{AM}$ و$\vec{F}_{NC}$ تحاولان تدوير الإطار ، لو كان له محور شاقولي، وبما أن محورها (Δ) أفقي فإنهما لا يستطيعان تدوير الإطار.

التمرين 8

تعطى لك الوثائق التالية لبعض نماذج أجهزة القياس:

النموذج الأول:



النموذج الثاني:

النموذج الثالث:

حدد باختصار مبدأ إشتغال كل نموذج.

الحل

النموذج الأول:

يمثل جهاز الغلفانومتر والذي يشتغل بمبدأ الإطار المتحرك الذي يعتمد على القوة الكهرومغناطيسية، فإذا مر تيار كهربائي شدته (I)، في الوشيعة المسطحة سبّبت القوة الكهرومغناطيسية دوران الإطار، فيدور معه المؤشر بزاوية (α) تتناسب طرداً مع (I).

النموذج الثاني:

هو مكبر صوت وفيه يتّم تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية فعندما يسرى تيار في الوشيعة الأسطوانية المتحركة، والمثبتة حول القطب الشمالي للمغناطيس تخضع الوشيعة إلى قوة كهرومغناطسية تجعلها تتحرك على المحور $X'X$ ويتحرك معها الغشاء المثبت بها.
وفي حالة التيار المتناوب يُنجز الغشاء حركة إهتزازية لها نفس تواتر التيار، تجعل الهواء الذي يحيط به يهتز، فيعطى صوتاً.

النموذج الثالث:

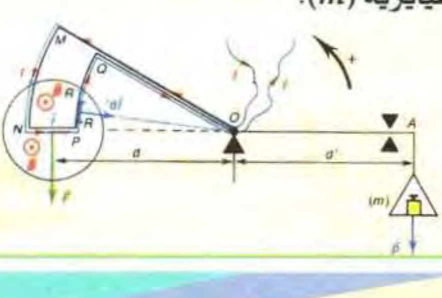
يمثل المحرك الكهربائي، الذي يعتمد أيضا على مبدأ القوة الكهرومغناطيسية.
ويتميز المحرك بجزئه الساكن *Stator* المؤلَف من المغناطيس، وبجزئه المتحرك (*rotor*) الذي يحتوي على الوشيعة القابلة للدوران نتيجة مزوجة القوى المؤثرة فيها، عندما يجتازها تيار كهربائي.

التمرين 9

قبل إبتكار التسلامتر، كان يستعمل ميزان كوطون (*Balance de cotton*) لقياس شدة الحقل المغناطيسي يعطى الشكل المقابل مبدأ تركيب هذا الميزان، وهو ميزان عادي، يحتوي من جهة على كفّة مثبتة بذراع يمكن وضع كتل عيارية فيها، ومن الجهة الأخرى صفيحة عازله $OQPNM$ بها شريط ناقل، يعبره تيار I ، ويغمر في الحقل المغناطيسي الذي نريد قياس شدتهB

الطرفان PQ وNM قوسان من دائرتين لهما نفس المركز O. أما الجزء NP فهو مستقيم وأفقي.

يُغمر جزء من الصفيحة في حقل مغناطيسي $\vec{B}$، عمودي على سطحها. في غياب أي تيار كهربائي يكون الميزان متوازناً، وعند مرور تيار كهربائي شدتهI في الشريط الناقل، يختل التوازن نضطر لإعادته إلى وضع كتل عيارية (m).



1 أ • حدّد حامل وجهة القوى الكهرومغناطيسية المؤثرة على أجزاء الصفيحة المغمورة في الحقل $\vec{B}$

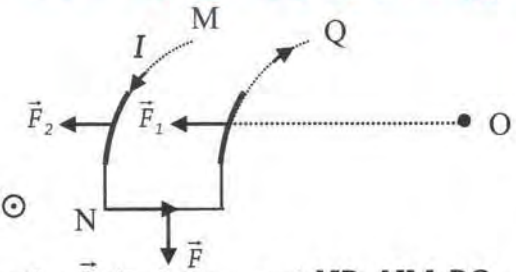
ب • إذا علمت أن حامل القوة الكهرومغناطيسية الذي يمر من المركز(O)، لا يتدّخل في إختلال التوازن.
فبيّن أن جزء الصفيحة NP، هو الوحيد الذي تؤثر فيه قوة $\vec{F}$ مسؤولة عن إختلال التوازن.

2 ◄ ماذا يحدث لو عكسنا جهة التيار.

3 ◄ نقبل أن $d=d'$ ، وأن التوازن يحصل عندما يتحقق$F=mg$.
أحسب قيمة الحقل المغناطيسيB. يعطى: $m = 0,5g$. $I = 10A$. $g = 9,8N/Kg$.

الحل

1 ◄ أ • تحديد حامل وجهة القوى الكهرومغناطيسية المؤثرة على أجزاء الصفيحة



بأخذ أجزاء صغيرة من الناقلين PQوNM وNP المغمورة في الحقل $\vec{B}$ ، والتي يمر فيها التيارI، فإنها تخضع إلى قوى كهرومغناطيسية تحدد بقاعدة اليد اليمنى، ويتبيّن أن حاملي كل من$\vec{F}_1$ و$\vec{F}_2$ يمّران من المركز (O)، أما حامل$\vec{F}$ فلا يمّر من (O) بل حامله شاقولي.

ب • حسب السؤال السابق (ب)، فإن $\vec{F}_1$ و$\vec{F}_2$ لا يتدخلان في إختلال التوازن لأنهما يمّران من (O)، فقط القوة $\vec{F}$ هي التي تتدخل في إختلال التوازن.

2 ◄ لو عكسنا جهة التيار، فإن جهة القوة $\vec{F}$ ستكون نحو الأعلى، وهذا أمر لا يساعدنا على إعادة توازن الميزان.

3 ◄ حساب قيمة B.

عند التوازن يتحقق: $F=mg$

لكن: $F=IlB\sin\theta$ مع $\theta=\frac{\pi}{2}$ لأن: $\vec{F}$ عمودي على $\vec{l}$ ، $l=NP=2cm$

إذن: $IlB\sin\frac{\pi}{2}=mg$ ومنه: $\boxed{B=\frac{mg}{Il}}$

نعوض فنجد: $B=\frac{0,5.10^{-3}\times 9,8}{10\times 2.10^{-2}}$ ، $\boxed{B=2,45.10^{-2}T}$

الوحدة 1

❖ العدسات

1 تذكر المكتسبات القبلية:

1 - 1 - الضّوء- ماهو الضّوء؟

▪ اعتبر نيوتن في نظريته المعروفة بنظرية الإصدار أن الضوء يتألف من حبيبات ضوئية تتحرك في خطوط مستقيمة عندما تصادف سطحاً عاكساً كالمرايا أو السطوح الحرة للسوائل فإنها تنعكس عليها ويحدث بذلك ظواهر الانعكاس

أما عندما تصادف أوساطاً تسمح بنفوذ الضوء من خلالها يحدث ظواهر الانكسار

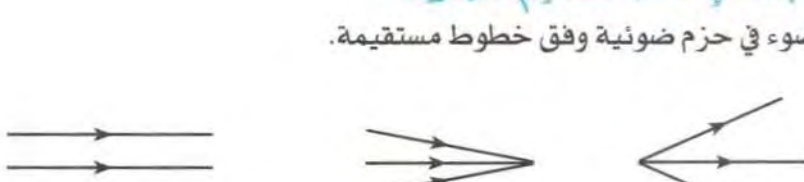
غير أن هويغنز اعتبر أن للضوء طبيعة موجية لأنه يحدث ظاهرة التداخل تماما مثل الصّوت، وقد كان يعرف أن للصوت طبيعة موجية وزاد في تأكيد ذلك علماء مثل فرينل و يونغ.

▪ وفي مطلع القرن 20 أحيى أينشتاين فكرة الطبيعة الجسيمية للضوء وقال أن الضوء يتألف من جسيمات كل جسيم يحمل كماً طاقياً سماه الفوتون

▪ ومنذ ذلك الوقت، اعتبر أن للضوء طبيعة موجية وطبيعة جسيمية في آن واحد. ففي بعض الحالات يظهر الطبيعة الجسيمية له مثل: الانعكاس والانكسار وظواهر الإنعراج، وفي حالات أخرى يظهر الطبيعة الموجية كظواهر التدخل الضوئي.

1 - 2 - مبدأ الإنتشار المستقيم للضّوء:

ينتشر الضوء في حزم ضوئية وفق خطوط مستقيمة.



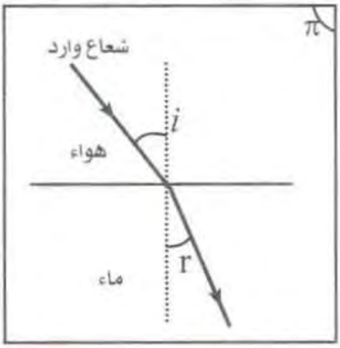
حزمة ضوئية متباعدة   حزمة ضوئية متقاربة   حزمة ضوئية متوازية

1 - 3 - قوانين الضوء الهندسي:

1 ▪ 3 ▪ 1 ▪ قانونا الانعكاس:

* القانون الأول: الشعاعان الوارد والمنعكس يقعان في نفس المستوى.

* القانون الثاني: زاوية الورود i تساوي زاوية الانعكاس i' أي : $\boxed{i = i'}$.



1 ■ 3 ■ 2 ■ قانونا الانكسار:

- القانون الأول: الشعاعان الوارد والمنكسر يقعان في نفس المستوى.
- القانون الثاني: $\boxed{\dfrac{\sin i}{\sin r} = \text{ثابت}}$

1 ■ 3 ■ 3 ■ قرينة الانكسار n:

$$\boxed{n = \frac{C}{V_{\text{الوسط}}} = \frac{\text{سرعة الضوء في الخلاء}}{\text{سرعة الضوء في الوسط}}}$$

مثال: حساب بعض قرائن الانكسار لبعض الأوساط بالنسبة لإشعاع معين

- سرعة الضوء في الماء: $V_{\text{ماء}} = 225000Km/s$
- سرعة الضوء في أحد أنواع الزجاج: $V_{\text{زجاج}} = V_{\text{خلاء}} = 150000Km/s$
- سرعة الضوء في الهواء: $V_{\text{هواء}} \approx V_{\text{خلاء}} = 300000Km/s$

$$n_{\text{زجاج}} = \frac{C}{V_{\text{زجاج}}} = \frac{3.10^8}{2.10^8} = 1,5$$

$$n_{\text{ماء}} = \frac{C}{V_{\text{ماء}}} = \frac{3.10^8}{2,25.10^8} = 1,33$$

$$n_{\text{هواء}} = \frac{C}{V_{\text{هواء}}} = \frac{C}{C} = 1$$

نتيجة:

لكل وسط قرينة انكسار خاصة به وبالتالي زاوية انكسار خاصة به، وهذا بالنسبة لإشعاع معيّن.

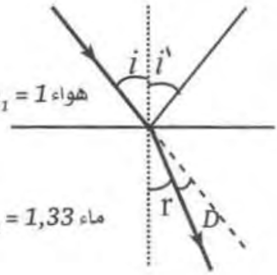
- وهكذا نعيد صياغة القانون الثاني للانكسار $\dfrac{n_2}{n_1} = \text{ثابت} = \dfrac{\sin i}{\sin r}$

إذن: $\boxed{n_1 \sin i = n_2 \sin r}$

مثال: حزمة ضوئية متوازية تسقط على سطح حر لسائل بزاوية ورود $i=30°$

1 • أحسب زاوية الانعكاس.

2 • أحسب زاوية الانكسار r علما أن قرينة انكسار الماء تساوي $1,33$ بالنسبة لهذا الإشعاع.



3 • استنتج زاوية الانحراف D.

4 • أعطي بدقة سير الأشعة الضوئية.

الحــــل

1 • حساب i:

حسب القانون الثاني للانعكاس $i=i'$ $\boxed{i'=30°}$

(قانون الانعكاس الحسن بن الهيثم)

2 • حساب r:

نستعمل قانون الانكسار للحسن بن الهيثم $n_1 \sin i = n_2 \sin r$

$$\sin r = \frac{n_1 \sin i}{n_2} = \frac{1 \times \sin 30°}{1,33} = \frac{0,5}{1,33} = 0,376$$

$$\boxed{r = 22°}$$

زاوية الانحراف D:

$D = i - r = 30° - 22°$ ، $\boxed{D=8°}$

2 – العدسات:

2-1 - توطئة:

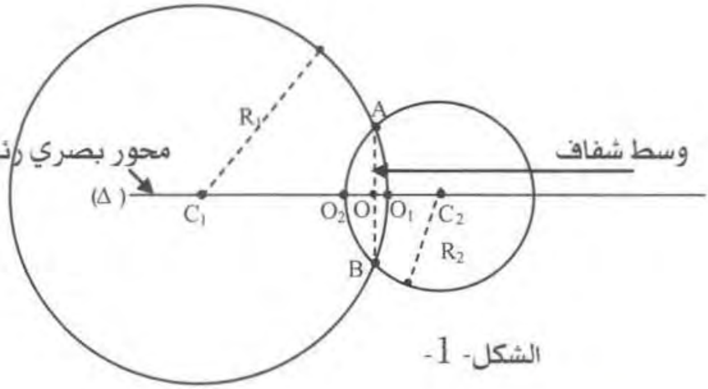
كل الأجهزة البصرية من آلة التصوير، والمجهر، .... إلى المنظار الفلكي تحتوي في الأساس على عنصر بصري ندعوه العدسة. (سُمَيت بذلك لأنها تشبه حبّة العدس).

2-2 - تعريف:

العدسة هي جملة ضوئية، تتألف من وسط شفاف، ومتجانس محدود بسطحين كرويين يمكن أن يكون أحدهما مستو.

الشكل1: يظهر شكل تخطيطي لعدسة محدّبة الوجهين، وفيها نميّز:

- مركزي الكرتين C_1 وC_2
- نصفي قطري الوجهين الكرويين للعدسة R_1 وR_2
- سمك العدسة $e=O_1O_2$
- القطر الداخلي للعدسة AB.
- النحور البصري الرئيسي للعدسة هو المستقيم (Δ) الذي يمر من المركزين C_1 و C_2.
- المركز البصري O، وهو نقطة تقاطع AB مع O_1O_2.



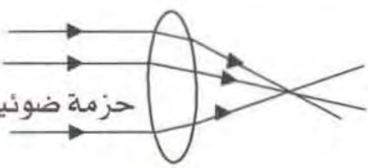
الشكل- 1-

2 -3 - نوعا العدسات:

يوجد نوعين فقط للعدسات وهما:

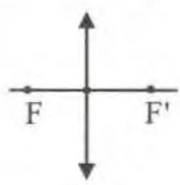
أ • العدسات المقرّبة:

- نتعرَف عليها بأنَ وسطها غليظ، وحوافها رقيقة.
- تعمل عموماً على تكبير الصّور.
- تعمل على جعل الحزمة الضوئية الساقطة على أحد سطحيها، تبرز مقتربة من المحور البصري الرئيسي.

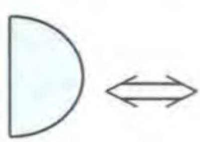


حزمة ضوئية متوازية — لاحظ اقتراب الأشعة البارزة

من أمثلة العدسات المقربّة ما يلي:



رمز العدسة المقرَبة



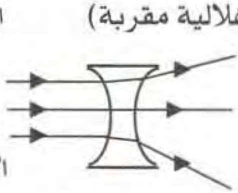
عدسة مستوية محدبة

عدسة مقعرة محدبة (هلالية مقربة)

عدسة محدبة الوجهين

ب • العدسات المبعّدة:

- نتعرَف عليها بأنَ وسطها ضيّق، وحوافها غليظة.
- تعمل عموماً على تصغير الصور.
- تعمل على جعل الحزمة الضوئية الساقطة على أحد وجهيها، تبرز من الوجه الآخر مبتعدة عن المحور البصري الرئيسي.



لاحظ ابتعاد الأشعة البارزة

من أمثلة العدسات المبعدَة ما يلي:

عدسة مقعرة الوجهين — عدسة مستوية محدبة — العدسة مقعرة محدبة (هلالية مبعدة)

2-4 - العدسات الرقيقة:

العدسة الرقيقة هي عدسة سمكها $e=O_1O_2$ على المحور البصري الرئيسي يكون أصغر بكثير من نصفي قطري سطحيها الكرويين R_1 و R_2وأيضا يكون أصغر من الفرق بينهما.

بمعنى : عدسة رقيقة $\Longleftarrow$ $e<<R_2$ ، $e<<R_1$ و $e<<|R_2-R_1|$

2-5 -خصائص الصّور المعطاة من طرف عدسة:

	العدسة المقرَبة	العدسة المبعدَة
حالة جسم قريب من العدسة	تعطى صور مكبَرة معتدلة	تعطى صورة مصغَرة، معتدلة
حالة جسم بعيد عن العدسة	تعطى صورة مقلوبة	تعطى صورة معتدلة

التمرين 1

أجب عن الأسئلة التالية:

أ • كيف نفرق بين العدسات المقربة، والمبعدة. بحاسَة اللَمس؟

ب • هل أنَ كل أشكال العدسات تشبه حبة العدس؟

جـ • ماهي الشروط المحققة حتى نقول عن عدسة أنها رقيقة؟

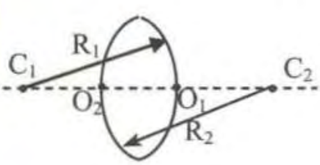
الحل

• العدسات المقرَبة، عندما نلمسها في الوسط (أو المركز) نشعر بأنها غليظة، أمّا حوافها فتكون رقيقة.

العدسات المبعدة، عندما نلمسها في الوسط، نشعر أنها رقيقة، بينما حوافها تكون غليظة.

ب • العدسة محدَبة الوجهين هي فقط التي تشبه حبة العدس.

جـ • الشروط التي يجب تحقيقها لنقول عن عدسة أنّها رقيقة هي:



⋆ أن يكون سمكها أصغر من نصف قطر كل وجه من وجهيها، وأيضا أصغر من الفرق بينهما بمعنى أن: $e=O_1O_2=R_1R_2$

⋆ وأيضا $e<<R_2$ وكذلك $e<<|R_2-R_1|$

التمرين 2

أجب بصحيح أو خطأ، وصحح الخطأ فيما يلي:

1 ▪ العدسات ذات الحواف الرَقيقة هي عدسات مقرَبة.

2 ▪ العدسات ذات الحواف الغليظة هي عدسات مبعدَة.

3 ▪ العدسة محدبة الوجهين هي عدسة مبعدَة.

4 ▪ العدسة مقعرَة الوجهين هي عدسة مبعدَة.

5 ▪ الكتابة الصغيرة تقرأ بعدسة مقربة.

6 ▪ العدسات المقربَة، تجعل الحزمة الضوئية المتوازية الساقطة على أحد وجهيها تبرز من السطح الآخر متجمعة في نقطة من المحور الرئيسي.

الحل

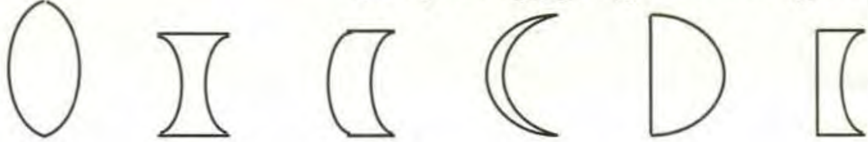
1 صحيح. 2 صحيح.

3 خطأ: والصحيح هو العدسة محدبَة الوجهين هي عدسة مقربَة

4 صحيح. 5 صحيح 6 صحيح

التمرين 3

تعَرف على العدسات المقربَة من بين الأشكال التالية:



(أ) (ب) (جـ) (د) (هـ) (و)

الحل

• العدسات المقربَة هي العدسات ذات الحواف الرَقيقة (ينتهي طرفيها في هذه المخططات بنقطة) ولذا فهي العدسات (ب) ، (جـ) ، (و).

• أمَا العدسات المبعدَة، فهي لاعدسات ذات الحواف الغليظة (ينتهي طرفيها في هذه المخططات بمستقيم). ولذا فهي العدسات (أ)، (د)، (هـ).

التمرين 4 (وضعية إدماجية)

دار جدال بين أحمد وسفيان لقراءة جريدة كتابتها صغيرة، باستعمال المكبَرة.

قال سفيان: صحيح المكبرة تعمل على تكبير الكتابة، لكنها تجعلها مقلوبة فإذا أبعدتها عن الجريدة، أصبحت الكتابة معتدلة، لكنها تزداد صغراً.

قال أحمد: كلاً يا صديقي، فالمكبرة تعمل على تكبير الكتابة، ولا تقلبها، فإذا أبعدتها عن الجريدة، أصبحت الكتابة مقلوبة، وتزداد صغراً.

أيّهما على صواب؟

الحل

المكبرة هي عدسة محدّبة الوجهين، فهي إذن عدسة مقربَة.

إذا كانت قريبة من الجريدة، نرى الكتابة كبيرة ومعتدلة فإذا أبعدناها عن الجريدة، أصبحنا لا نرى الكتابة، لأنها تصغر أكثر و تصبح مقلوبة.

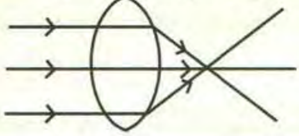
إذن أحمد كان على صواب.

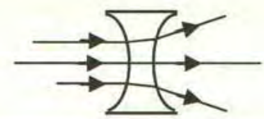
التمرين 5

أنظر الشكلين المقابلين، واملأ العبارات التالية:

العدسات ذات الحواف الرَقيقة ...... الحزمة الضوئية الواردة إليها فنقول أنّها ......

العدسات ذات الحواف الغليظة ...... الحزمة الضوئية الواردة إليها فنقول أنها ....





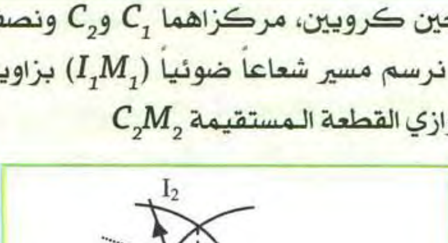
الحل

العدسات ذات الحواف الرَقيقة تقرّب الحزمة الضوئية الواردة إليها فنقول أنّها عدسات مقربة.

العدسات ذات الحواف الغليظة تبعّد الحزمة الضوئية الواردة إليها فنقول أنّها عدسات مبعدة.

التمرين 6

عدسة محدّبة الوجهين، مثّلناها بتقاطع سطحين كرويين، مركزاهما C_1 وC_2 ونصفا قطريهما (R_1) و (R_2)على الترتيب (الشكل). نرسم مسير شعاعاً ضوئياً (I_1M_1) بزاوية ورود $30°$. نجعل القطعة المستقيمة C_1M_1 توازي القطعة المستقيمة C_2M_2



1 أ • ماذا يسمَى المجسَم المحدود بتقاطع السطحين الكرويين؟

ب • ماذا يمثل المستقيم (Δ)؟

جـ •ماذا تمثل النقطة O؟

د • ماذا تمثل كل من الأشعة M_2I_2 . M_1M_2 . I_1M_1 ؟

2 بتطبيق القانون الثاني للإنكسار، على الكاسر الكروي الذي مركزه C_1، وباعتبار أن قرينة انكسار الزجاج $n=1,65$ بالنسبة لهذا الإشعاع.

أ • جد زاوية الانكسار r_1 بحيث: $r_1=\widehat{C_1M_1O}$

ب • استنتج قيمة زاوية البروز.

جـ • قارن بين زاوية البروز والورود. ماهي النتيجة المستخلصة؟

3 أثبت العلاقة التالية: $\frac{OC_1}{OC_2}=\frac{R_1}{R_2}$

الحل

1 ■ أ • الجسم المحدود بتقاطع السطحين الكرويين هو عدسة محدّبة الوجهين.

ب • المستقيم (Δ)، هو المحور البصري الرئيسي (الأساسي) لأنه يشمل المركزين C_1 و C_2

جـ • النقطة O هي المركز البصري للعدسة، لأنها ناتجة عن تقاطع المحور البصري الرئيسي مع القطر الداخلي للعدسة.

د • الشعاع I_1M_1: هو الشعاع الوارد

الشعاع I_1M_2: هو الشعاع المنكسر

الشعاع M_2I_2: هو الشعاع البارز

2 ■ أ • ايجاد زاوية الانكسار r_1

بتطبيق القانون الثاني للإنكسار على الكاسر الكروي الذي مركزه (C_1) نكتب:

$$n_1 \sin r_1 = n_2 \sin r_2$$

لدينا: $n_1=1$ لوجود الهواء ، $i_1 = 30°$ ، $n_1 = n_2 = 1,65$

نعوض فنجد: $1\sin30=1,65\, r_1$ ، $\sin r_1=\frac{\sin30}{1,65}$ ، $\sin r_1=0,303$

إذن: $\boxed{r_1 \cong 17,6°}$

ب • ايجاد قيمة زاوية البروز i_2

بما أن C_1M_1 يوازي C_2M_2 فإن الزاويتين $\widehat{C_1M_1O}$ و $\widehat{C_2M_2O}$ متساويتان نكتب إختصاراً $\boxed{r_1=r_2=17,6°}$

ونطبق من جديد القانون الثاني للإنكسار، على الكاسر الكروي الذي مركزه (C_2)

$$n \sin r_2 = n_3 \sin i_2$$

i_2 هي زاوية البروز ، $n_3 = n_{\text{هواء}} = 1$

إذن: $\sin i_2=\frac{n\sin r_2}{1}$ ، نعوض فنجد: $\sin i_2=\frac{1,65\sin(17,6)}{1}$

ومنه: $\sin i_2=0,5$ ، إذن: $\boxed{i_2=30°}$

جـ • المقارنة بين i_1 و i_2:

نلاحظ أن $i_1=30°$ و i_2 ، وهذا يعني أن الشعاع البارز M_2I_2 يخرج موازياً للشعاع الوارد I_1M_1 .

النتيجة المستخلصة

* كل شعاع ضوئي وارد يدخل العدسة، ويمّر من مركز بصرها O، فإن الشعاع البارز يحرج من العدسة موازياً للشعاع الوارد.

* وإذا كانت العدسة رقيقة، فإننا نعتبر عمليا أن الشعاع البارز يكون امتداد للشعاع الوارد المار من O وبالتالي لا يصيبه أيّ انحراف زاوي.

3 ▪ إثبات العلاقة:

إن المثلثين C_1OM_1 و C_2OM_2 متشابهين (لهما الزاويتين r_1 و r_2 متساويتين كما أن المستقيمين C_1M_1 و C_2M_2 متوازيين)

إذن يمكن كتابة $\frac{C_1O}{C_2O}=\frac{C_1M_1}{C_2M_2}$ لكن نصف القطر $C_1M_1=R_1$ و $C_2M_2=R_2$

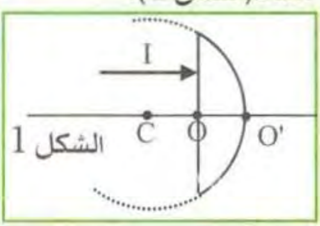
إذن: $\boxed{\frac{C_1O}{C_2O}=\frac{R_1}{R_2}}$ وهي العلاقة المطلوبة.

* ملاحظة:

لم نأخذ بالقيم الجبرية للقطع المستقيمة، فاعتبرنا وهي العلاقة المطلوبة مثلاً قيس القطعة C_1O هو نفسه قيس القطعة OC_1.

التمرين 7

يسقط شعاع ضوئي على الوجه المستوي لعدسة زجاجية مستوية-محدَبة موازياً لمحورها البصري في النقطة I منها، والتي تقع على بعد $1,5cm$ من محورها البصري الرئيسي. نصف قطر الوجه الكروي للعدسة $R=3cm$ قطرها الداخلي يساوي $5cm$ (الشكل 1).



الشكل 1

نعتبر أن قرينة إنكسار الزجاج هو $n_1=1,6$

وقرينة إنكسار الهواء هو $n_A=1$

1 ▪ أ • ماذا تمثّل النقطتان (C) و (O) ؟

ب • أعد رسم الشكل 1 بالسلم 1-

جـ • أحسب سمك العدد $l=OO'$. هل نعتبر هذه العدسة رقيقة؟

د • مثّل الناظم على الوجه المستوى.

2 ▪ إعتماداً على القانون الثاني للإنكسار.

أ • مثّل مسير الشعاع الضوئي النّافذ عبر العدسة (الشعاع المنكسر)

ب • مثّل النّاظم على السطح الكروي (الوجه المحدّب)، واحسب زاوية البروز.

جـ • مثّل على الشكل - 1 الشكل الضوئي البارز.

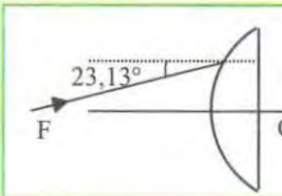
3 ◂ أ • أحسب مقدار الإنحراف الزّاوي D الذي يصيب الشعاع الضوئي الوارد.

ب • حدّد عندئذ نوع العدسة.

4 ◂ إذا رمزنا بـF' نقطة مرور الشعاع البارز من المحور الرّئيسي للعدسة.

فقّس البعد OF' وقارنه بالقيمة المعطاة من العلاقة النظرية التالية:

$OF' = \dfrac{R}{n-1}$.



الشكل 2

5 ◂ استناداً للنتائج السابقة، أكمل مسير الشعاع الضوئي (O) الممثل في الشكل 2، مع توضيح المبدأ الذي اعتمدت عليه.

6 ◂ لو ألصقنا بالعدسة الممثلة في الشكل 2، عدسة مماثلة لها بحيث ينطبق المركز البصري (O) لهما تماماً.

أ • حدّد النقطة F' التي يخرج منها الشعاع الضوئي البارز (من مجموع العدستين) ومثله على الشكل

ب •قارن بين OF و OF'.

الحل

1 ◂ أ • النقطة (C): تمثل مركز الوجه الكروي المحدّب.

النقطة (O): تمثل نقطة تقاطع القطر الداخلي للعدسة مع المحور البصري، فهي إذن المركز البصري.

ب • إعادة رسم الشكل المرفق.

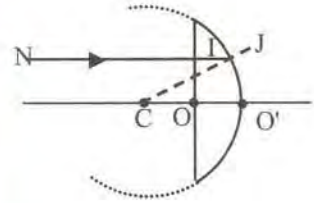
جـ • بالقياس نجد سمك العدسة $e=OD'=1,5\text{cm}$، هذه العدسة ليست رقيقة لأن (e) في حدود $R=3cm$، ولا يمكن إهمال (e) أمام R.

تمثيل الناظم على الوجه المستوي

وهو المستقيم IN العمودي على السّطح المستوي.

2 ◂ أ • لتمثيل الشعاع الضوئي النّافذ عبر العدسة (وهو نفسه المنكسر على السطح المستوي)، نحسب زاوية الانكسار r باستعمال القانون الثاني للانكسار.

$n_1 \sin i = n_2 \sin r$



$n_1 = n_A = 1$ لأن الشعاع الضوئي الوارد ينتشر في الهواء

$n_2 = n_v = 1{,}6$ لأن الشعاع المنكسر ينفذ عبر الزجاج

$i = 0°$

إذن: $\boxed{\sin r = \dfrac{n_A \sin i}{n_2}}$ ، $\sin r = \dfrac{1 \times \sin 0}{1{,}6}$

إذن: $\sin r = 0$ ومنه: $\boxed{r = 0°}$

فزاوية الانكسار معدومة، وهذا يعني أن الشعاع الضوئي الوارد، ينفذ عبر الوشيعة دون أن ينكسر، فيسقط في النقطة J من الوجه المحدّب (أنظر الشكل)

ب • تمثيل الناظم على السطح الكروي:

إن المستقيم الذي يصل مركز الوجه الكروي (C)، بنقطة سقوط الشعاع النافذ J، هو الناظم على الوجه الكروي المحدب (أنظر الشكل)

حساب زاوية البروز r' :

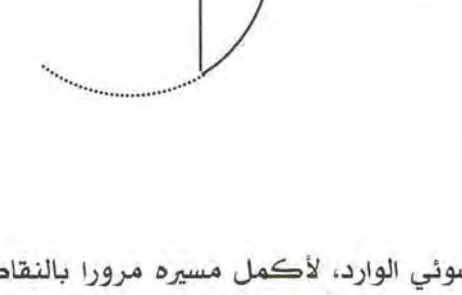
الشعاع النافذ الذي يسقط على النقطة J، يكسره السطح الكروي المحدّب بزاوية r' بالنسبة للناظم CJ، باستعمال القانون السابق يمكن حساب r'

$n'_1 \sin i' = n'_2 \sin r'$

هنا: $n'_1 = n_V = 1{,}6$ لأن الشعاع النافذ IJ يمر داخل وسط الزجاج

كذلك من الشكل نلاحظ أن زاوية الورود i' نحسبها من المثلث CBJ

لدينا: $\sin i' = \dfrac{CB}{CJ} = \dfrac{OI}{R}$ ، $\sin i' = \dfrac{1{,}5}{3} = 0{,}5$ ومنه: $\boxed{i' = 30°}$



$n'_2 = n_A = 1$ لأن الشعاع البارز JF' ينتشر في وسط الهواء إذن: $\boxed{\sin r' = \dfrac{n_V \sin i'}{n_A}}$

إذن: $\sin r' = \dfrac{1{,}6 \times 0{,}5}{1}$

$\sin r' = 0{,}8$ ومنه نجد: $\boxed{r' = 53{,}13°}$

3 ـ ا • تحديد زاوية الانحراف D

لو لم تعترض العدسة مسير الشعاع الضوئي الوارد، لأكمل مسيره مرورا بالنقاط

$H.J.I.B$ لكن لوجود العدسة انحرف الشعاع البارز، فمَر بالنقطة F' وعليه فإن زاوية الانحراف D حسب الشكل هي: $\boxed{D = r' - i'}$

إذن: $D = 23{,}13°$ ، $\boxed{D = 53{,}13 - 30}$

ب • نوع العدسة:

هذه عدسة مقرّبة لأنها جعلت الشعاع البارز ينحرف مقترباً من المحور البصري الرّئيسي.

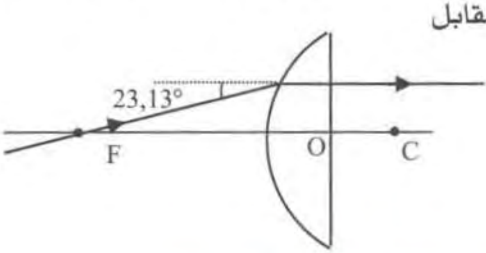
4 ■ بالقياس نجد: $\boxed{OF' = 5cm}$ إنتبه إلى أنّ السلم هو 1

باستعمال العبارة النظرية $OF' = \frac{R}{n-1}$ ، نجد: $OF' = \frac{3}{1{,}6-1}$

إذن: $\boxed{OF' = 5cm}$ ، وهي نفس النتيجة المقاسة.

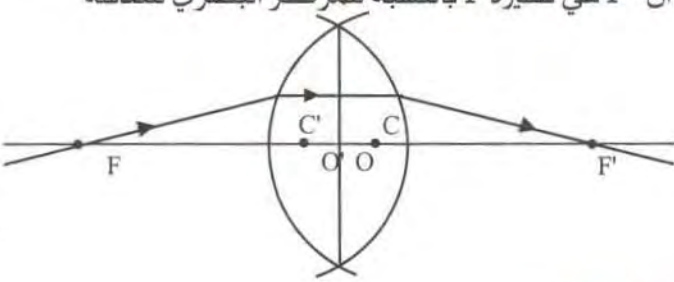
5 ■ لاحظ أن الشعاع الضوئي الوارد إلى العدسة كما هو موضّح في الشكل 2، يرد إليها بزاوية $21{,}13°$، وهي نفس زاوية الانحراف التي حصلنا عليها من الشكل 1

وعليه فإنّه حسب مبدأ الرجوع العكسي للضوء، فإن الشعاع يخرج من العدسة موازياً للمحور البصري الرّئيسي. كما هو موضح في الشكل المقابل



6 ■ أ • تحديد النقطة التي يخرج منها الشعاع الضوئي البارز عند لمّ العدستين

تناظر الشكل يدل على أن F' هي نظيرة F بالنسبة للمركز البصري للعدسة



ب• من الشكل نتأكد أن $OF = OF'$.

الوحدة 2 ❖ الصورة المعطاة من طرف عدسة

1 – صورة جسم معطاة من طرف عدسة مقرّبة:

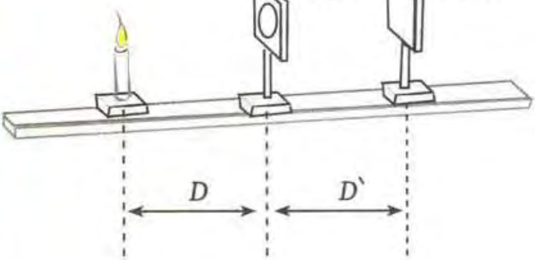
1 - 1 - كيف يمكن تلقي صورة لجسم عن طريق عدسة مقرّبة؟

نشاط 1:

أحضر نضداً ضوئيا يتألف من:

- سكّة مدرّجة.
- عدسة مقرّبة موضوعة فوق حامل.
- شاشة فوق حامل.
- جسم، مثل مصباح أو شمعة.

الشكل المقابل يجسّد النشاط.



1 ■ نثبت وضع الشمعة:

غيّر وضع الشاشة بالنسبة للعدسة، حتى تحصل على صورة واضحة للشمعة.

س1: ما طبيعة هذه الصورة؟ ج1: هذه الصورة حقيقية.

س2: هذه الصورة مقلوبة أم معتدلة؟ ج2: هذه الصورة مقلوبة.

2 ■ غيّر موضع الشمعة من جديد:

س1: هل تبق الصورة مرتسمة على الشاشة؟ ج1: بالطبع لا.

س2: كيف تحصل على صورة الشمعة من جديد؟ ج2: بتغير موضع الشاشة.

نتيجة 1

كل وضع مناسب لجسم بالنّسبة لعدسة، صورة ذات وضعية محدّدة، وهي حقيقية ومقلوبة فإذا غيّرنا وضع الجسم، تغيرت وضعية صورته.

هل يمكن دائماً تلقى صورة جسم على شاشة عن طريق عدسة مقربة؟

نشاط 2:

- قرّب تدريجياً الشمعة من العدسة.
- ابحث في كل حالة عن وضعية الشاشة التي تظهر فيها واضحة للشمعة .

س1: كلما قربنا الشمعة من العدسة، هل أن الصورة ابتعدت أم اقتربت من العدسة؟

ج1: الصورة تبتعد عن العدسة وتصبح أكبر من الجسم ، كلما قرّبنا الشمعة من العدسة.

س2: هل يُوجد بُعْد معين للشمعة من العدسة ابتداءً منه، يستحيل تلقي صورة لها على الشاشة؟

ج2: ابتداءً من وضع معين كلما قربنا الجسم من العدسة لا نستطيع الحصول على الجسم في الشاشة.

س3: إذا نزعت الشاشة، ووضعت عينك خلف العدسة، على امتداد محورها البصري الرّئيسي، هل تشاهد من جديد صورة الشمعة؟

ج3: نعم.

س4: ما طبيعة هذه الصورة؟ وهل هي مقلوبة أم معتدلة؟

ج4: هذه صورة لا يمكن تلقيها على الشاشة، فهي إذن صورة وهمية ، حتى وإن رأيناها بالعين المجردة، وهي صورة معتدلة.

نتيجة 2

ابتداء من بعد معيّن للجسم عن العدسة، ندعوه البعد المحرقي لا يمكن تلقي صورة له، لذا نقول عنها أنها صورة وهمية وتكون معتدلة ، وأكبر من الجسم.

هل يمكن دائماً الحصول على صورة واضحة على شاشة من خلال عدسة مقربة؟

نشاط 3:

1 • خذ مصباحاً متوهجاً 1، وضعه بعيداً عن المحور البصري الرئيسي لعدسة مقرّبة

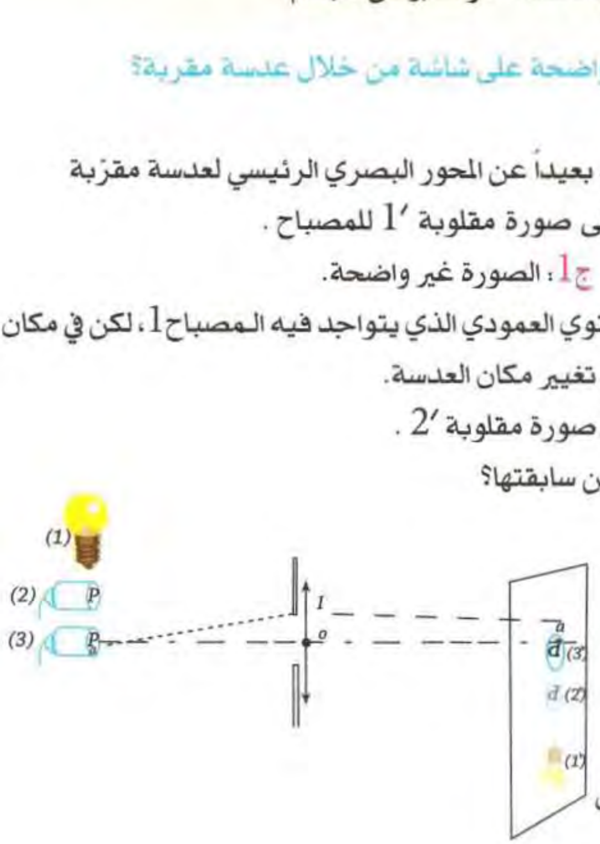
• غيّر وضع الشاشة، حتى تحصل على صورة مقلوبة ′1 للمصباح .

س1: هل أن الصورة واضحة؟ ج1: الصورة غير واضحة.

2 • ضع جسماً آخر 2 في نفس المستوي العمودي الذي يتواجد فيه المصباح1، لكن في مكان أقرب من المحور الرئيسي للعدسة دون تغيير مكان العدسة.

- غيّر وضع الشاشة، حتى تحصل على صورة مقلوبة ′2 .

س2: هل أن الصورة أكثر وضوحاً من سابقتها؟



ج2: نعم.

3 • ضع الجسم السابق في وضع 3 يقع على المحور الرئيسي للعدسة، دون تغيير مكان العدسة.

• غيّر وضع الشاشة، حتى تحصل على صورة مقلوبة ′3.

س3: هل أن الصورة واضحة وأكثر إضاءة؟

ج3: نعم، لقد حصلنا على صورة من سابقتيها وأكثر إضاءة .

س: ما هو الشرط الذي يعطى لمكان توجد الجسم من العدسة، حتى يعطى صورة أوضح ما يمكن؟

ج: الشرط هو أن يكون الجسم على المحور البصري الرئيسي للعدسة، أو بالجوار القريب منه.

4 • خذ ورقة سوداء، وقص منها قطعة صغيرة على شكل قرص بحيث تكون أبعاد الفتحة أصغر من القطر الداخلي للعدسة المستعملة، وألصقها بالعدسة، بحيث يبقى مركز العدسة ظاهراً.

راقب صورة الجسم 3 من جديد على الشاشة.

س4: هل أن الصورة في هذه المرَة واضحة تماماً؟

ج4: نعم لقد حصلنا في هذه المرة على صورة معالمها واضحة جداً

س5: هل هي أكثر إضاءة؟

ج5: لا، بل هي أقل إضاءة.

س6: برأيك لماذا هي كذلك؟ فهل الحاجز العاتم (الورقة الشفافة)، دور في ذلك؟

ج6: هي أقل إضاءة لأن كل الأشعة الصادرة منها النافذة من العدسة لا تشارك في تكوين الصورة لأن الحاجز العاتم منعها من النفوذ عبر العدسة، ولهذا السبب تكون أقل إضاءة، لكن بالمقابل تكون أكثر وضوحاً.

س: ماهو الشرط الذي يعطي لعدسة، حتى تعطى صورة أوضح ما يمكن؟

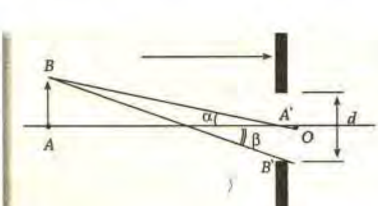
ج: الشرط هو وضع حاجز عاتم بجوار العدسة، لا يسمح بمرور إلاّ الأشعة التي تمر من مركز العدسة. أو نقول أن العدسة تعطى صورة أوضح إذا كانت الأشعة التي تتلقاها من الجسم، تكون ذات زوايا ورود صغيرة.

1 - 2 - شرطا غاوس GAUSS

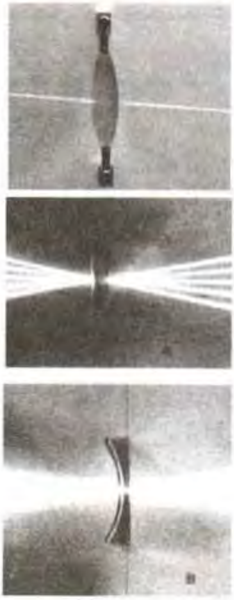
لكي نحصل دوماً على صورة واضحة يجب تحقيق الشرطين المستنتجين سابقاً، واللذان ندعوهما "شرطا غاوس" وهما:

1 ■ يجب أن يكون الجسم صغير الأبعاد ويقع على المحور البصري الرئيسي للعدسة أو في الجوار القريب منها.

2 ■ أن تكون فتحة العدسة ضيّقة.



2 – التعيين التجريبي لبعض النّقاط المميزة، وأبعادها بالنسبة للعدسات الرقيقة:



2–1 ماهو المركز البصري الرئيسي؟

نشاط: لاحظ الشكل (1) المقابل.

س1: هل حدث إنحراف للحزمة الضوئية عند اختراقها العدسة؟

ج1: لا، لم يصبها أي انحراف.

س2: برأيك لو جعلنا الحزمة الضوئية تمّر من مكان آخر في العدسة هل يصيبها انحراف؟

ج2: نعم.

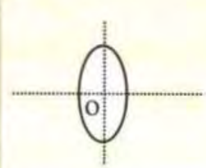
س3: إذن النقطة من العدسة التي يخترقها الشعاع الضوئي دون إنحراف، هل نعتبرها نقطة مميزّة؟ ما اسمها إذن؟ .

ج2: نعم، فالمركز البصري هو نقطة مميزّة من العدسة.

تعريف

⋆ المركز البصري O هو نقطة مميزّة من العدسة، إذا مرّ منها شعاع ضوئي لا يصيبه أي انحراف.

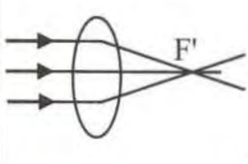
⋆ يعيّن المركز البصري من تقاطع القطر الداخلي للعدسة مع محورها البصري الرئيسي.

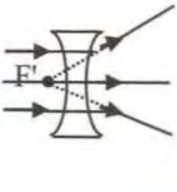


نشاط2:

2– 2 – ماهو المحرق الرئيسي الخيالي للعدسة؟

لاحظ الشكل المقابل:





س1: هل أن الأشعة الضوئية الموازية للمحور البصري الرئيسي للعدستين المقربة والمبعدّة عندما تخرج من العدستين، تلتقي في نقطة مميزّة؟

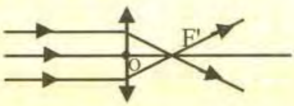
ج1: هذا صحيح بالنسبة للعدسة المقربة، غير أنه بالنسبة للعدسة المبعدّة، إمتداد الأشعة البارزة هي التي تلتقي في النقطة المميزّة.

س2: ماذا تسمَى هذه النقطة؟

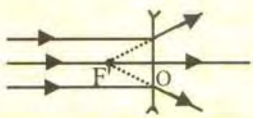
ج2: تسمَى المحرق الخيالي الرئيسي F' للعدسة .

نتيجة 1

الأشعة الضوئية الموازية للمحور البصري الرئيسي للعدسة المقربة والساقطة عليها عندما تخرج من العدسة تمَر من نقطة مميزَة من المحور الرئيسي F' هي المحرق الخيالي الرئيسي للعدسة المقربة.



الأشعة الضوئية الموازية للمحور البصري الرئيسي للعدسة المبعدة والساقطة عليها عندما تخرج من العدسة، يكون امتدادها مارَ من نقطة مميزة من المحرق الرئيسي هي المحرق الخيالي الرئيسي F' للعدسة المبعدة.



✓ ملاحظة هامة:

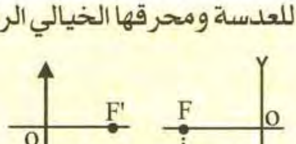
F' : تعتبر **نقطة حقيقية** بالنسبة للعدسة المقربة، للإلتقاء الحقيقي للأشعة البارزة فيها.

F': تعتبر **نقطة وهمية** بالنسبة للعدسة المبعدة: لأن امتداد الأشعة البارزة تلتقي فيها وليس التقاء حقيقي للأشعة البارزة، فهو إذن التقاء نظري تصَوري.

2 3 - ماهو البعد المحرقي الخيالي(الصَوري)؟

تعريف

* البعد المحرقي الخيالي هو المسافة بين المركز البصري o للعدسة ومحرقها الخيالي الرئيسي F'، ويرمز له بالحرف f' ، أي: $f' = OF'$
* لكل عدسة بعدها المحرقي الخيالي f' الخاص بها.

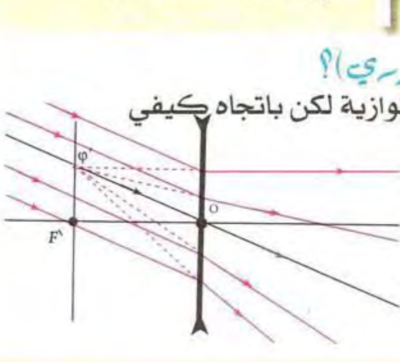


2- 4 - ماهو المستوى المحرقي الخيالي (الصوري)؟

أعد تجربة النشاط (2)، لكن بجعل الأشعة الضوئية متوازية لكن باتجاه كيفي

س1: ماذا تلاحظ؟

ج1: ستلاحظ أن الأشعة البارزة (في حالة العدسة المقربة) أو امتداداتها (في حالة العدسة المبعدَة) تلتقي في نقطة واحدة φ'، واقعة في مستوي عمودي



على المحور البصري الرئيسي، يشمل المحرق الرئيسي الخيالي $F^{\backprime}$

س2: ماذا تسمَى النقطة φ'؟ وماذا يسمى المستوى الذي يشمل φ'؟

ج2: تسمى هذه النقطة بالمحرق الخيالي الثانوي.

يسمى هذا المستوى بمستوى المحرق الخيالي لأنه يشمل المحرق الخيالي الرئيسي $F^{\backprime}$

تعريف

المستوى المحرقي الخيالي لعدسة هو مستوى موازي للعدسة وعمودي على المحور البصري الرئيسي لها ويشمل محرقها الخيالي الرئيسي $F^{\backprime}$.

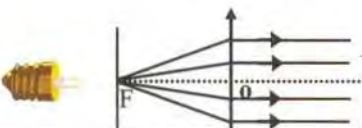
العدسة المقربة مستواها المحرقي الخيالي حقيقي.

والعدسة المبعدة مستواها المحرقي الخيالي وهمي.

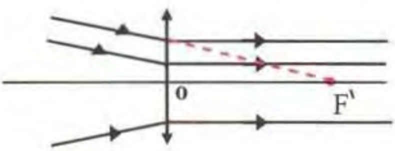
2- 5 - ماهو المحرق الجسمي الرئيسي لعدسة؟

نحقق التجربة الموضحة في الشكل المقابل:

بحيث نجعل مصباحا لمنبع ضوئي نقطي يتحرك على المحور البصري الرئيسي لعدسة.



ستجد أنه من أجل وضع معين المصباح محددا بالنقطة F بالنسبة للعدسة، تخرج الأشعة الضوئية الساقطة على شكل حزمة ضوئية متوازية.



س: ماذا تسمَى هذه النقطة F؟

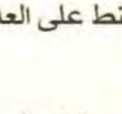
ج: تسمَى المحرق الرئيسي الجسمى للعدسة.

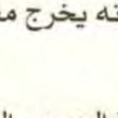
تعريف

* المحرق الرئيسي الجسمى لعدسة هو نقطة F من المحور البصري الرئيسي للعدسة، إذا مرَ منها شعاعي ضوئي (أو إذا مرَ امتداده منها) وسقط على العدسة، فإنه يخرج منها موازياً للمحور البصري الرئيسي.

* البعد المحرقي الجسمى هو بعد المركز البصري للعدسة o على المحرق الجسمى الرئيسي F لها. أي: $f = OF$

لكل عدسة بعدها المحرقي الجسمى f الخاص بها.





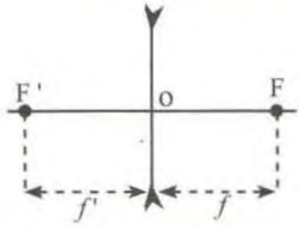
✓ ملاحظة هامة:

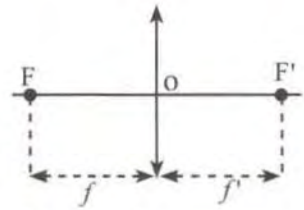
F: تعتبر نقطة حقيقية بالنسبة للعدسة المقرَبة.

F: تعتبر نقطة وهمية بالنسبة للعدسة المبعدَة (لأنَها نقطة التقاء امتدادات الأشعة الساقطة على العدسة).

المقارنة بين `F` و F للعدسة:

`F` هي نظيرة F بالنسبة للمركز البصري.





البعد المحرقي الجسمى للعدسة f = بعدها المحرقي الخيالي `f`

$f = f'$

2- 6 - ماهو المستوي المحرقي الجسمى لعدسة؟

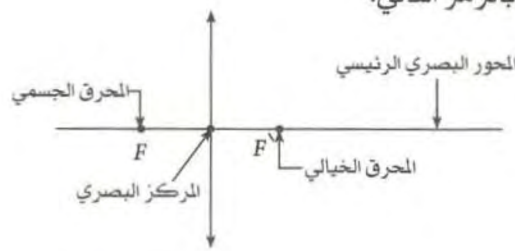
تعريف

* المستوى المحرقي الجسمى لعدسة هو مستوى يوازي العدسة وعمودي على المحور البصري الرئيسي لها ويشمل محرقها الجسمى الرئيسي F.
* العدسة المقربة مستواها المحرقي الجسمى حقيقي.
* العدسة المبعدة مستواها المحرقي الجسمى وهمي.

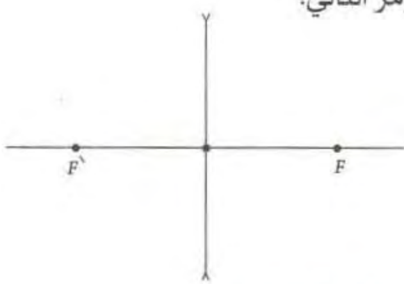
❖ نمذجة العدسة المقربة

1 – نمذجة العدسة المقربة:

يرمز للعدسة المقربة بالرمز التالي:



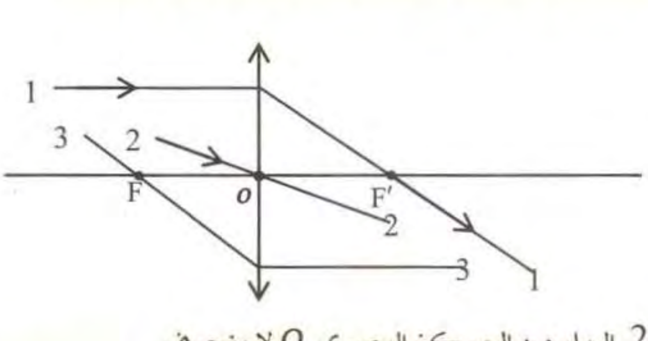
ونرمز للعدسة المبعدة بالرَمز التالي:



2 _ تمثيل المسير الضوئي لأشعة ضوئية:

ساقطة على عدسة مقرَبة، وبارزة منها

* الشعاع الضوئي 1 الموازي للمحور البصري الرئيسي يخرج من (F')



الشعاع الضوئي 2 المار من المركز البصري O لا ينحرف.

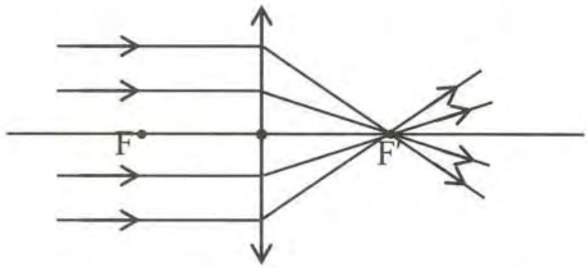
الشعاع الضوئي 3 المار في (F) عندما يسقط على العدسة يخرج موازيا لمحورها البصري الرئيسي.

3 – رسم الصورة لجسم حقيقي الناشئة عن العدسة المقرّبة:

1 – حالة جسم بعيد جدا (جسم يقع في اللانهاية):

الجسم البعيد جدا مثل الشمس تأتي الأشعة الضوئية منه متوازية.

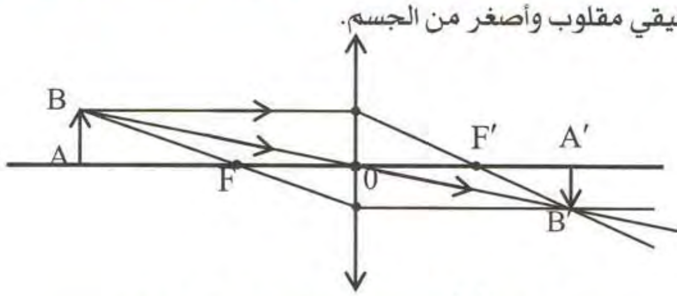
عندما تسقط هذه الأشعة على عدسة مقربة فإنها تتقارب في نقطة ندعوها المحرق الرئيسي الخيالي (F').



فصورة جسم حقيقى يقع فى اللا نهاية هو نقطة ضوئية حقيقية تقع فى (F').
لذا نقول أن الصورة حقيقية نقطية تقع في (F').

2 – حالة جسم حقيقي يقع على بعد أكبر من البعد المحرقي OF:

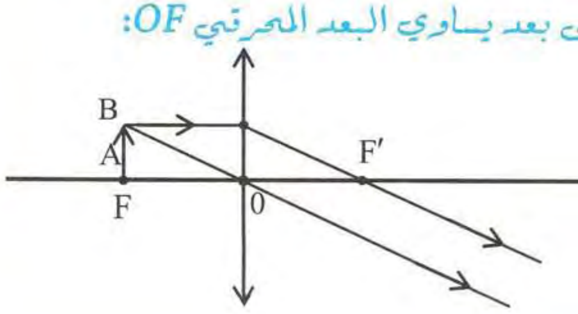
الخيال $A'B'$ حقيقي مقلوب وأصغر من الجسم.



الصورة $A'B'$ حقيقية وأصغر من الجسم.

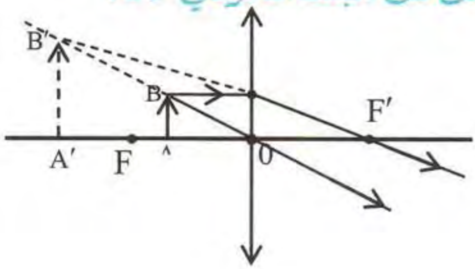
3 – حالة جسم حقيقي يقع على بعد يساوي البعد المحرقي OF:

الخيال يقع في الملا نهاية.



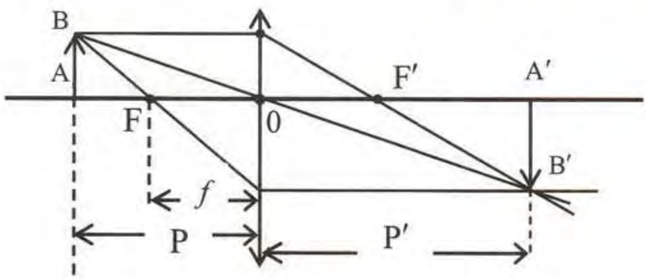
الصورة تقع في المالا نهاية

4 -حالة جسم حقيقي يقع على بعد أقل من البعد المحرقي OF:



الخيال وهمي معتدل وأكبر من الجسم.

4 – علاقة التبديل للعدسات الرقيقة:



بُعد الجسم عن العدسة: $P=\overline{OA}$ بُعد الخيال عن العدسة: $P'=\overline{OA'}$

البُعد المحرقي للعدسة: $f=\overline{OF}$

علاقة التبديل: $\boxed{\frac{1}{P}+\frac{1}{P'}=\frac{1}{f}}$

التكبير γ: $\boxed{\gamma=\frac{-P'}{P}=\frac{A'B'}{AB}=\frac{\text{طول الخيال}}{\text{طول الجسم}}}$

اصطلاحات

الجسم	الجسم حقيقي: $P>0$	الجسم وهمي: $P<0$
الصورة	الصورة حقيقية: $P'>0$	الصورة وهمية: $P'<0$
العدسة	مقرَبة: $f>0$	مُبعدة: $f<0$

إذا كان $\gamma>0$، فالصورة معتدلة، وإذا كان $\gamma<0$ فالصورة مقلوبة.

التمرين 1

إختر الإجابة الصّحيحة:

أ • جسم يقع أمام عدسة مقربَة وعلى بعد كبير منها، نتلقى صورته في شاشة نضعها (خلف/أمام) العدسة وتكون (وهمية/حقيقية)، وأيضاً (معتدلة/مقلوبة) وطولها (أكبر/أصغر) من طول الجسم.

ب • كلّما اقترب الجسم من العدسة المقربَة (زاد/نقص) طول صورته.

جـ • إذا وضع جسم أمام عدسة مقربَة، وعلى بعد أقل من البعد المحرقي لها، فإنّ صورته تقع (خلف/أمام) العدسة وبالتالي (تتلقاها/لا تتلقاها) على الشاشة.

الحل

أ • جسم يقع أمام عدسة مقربَة وعلى بعد كبير منها، نتلقى صورته في شاشة نضعها خلف العدسة وتكون حقيقية، وأيضاً مقلوبة وطولها أصغر من طول الجسم.

ب • كلّما اقترب الجسم من العدسة المقربَة زاد طول صورته.

جـ • إذا وضع جسم أمام عدسة مقربَة، وعلى بعد أقل من البعد المحرقي لها، فإنّ صورته تقع أمام العدسة وبالتالي لا تتلقاها على الشاشة.

التمرين 2

أجب بصحيح أو خطأ، وصحّح العبارة الخاطئة:

أ • الجسم الواقع بين عدسة مقربَة ومحرقها الجسمي الرّئيسي، تظهر له صورة وهمية معتدلة أمام العدسة.

ب • لا يمكن تلقي صورة وهمية على شاشة، فقط يمكن رؤيتها مباشرة بالعين المجردَة، ومن وراء العدسة.

جـ • المحرق الجسمي الرّئيسي F لعدسة مقربَة هو نقطة حقيقية.

د • البعد المحرقي $f = OF$.

هـ • المستوى المحرقي الجسمي لعدسة مقربَة يمر من المركز البصري o.

و • المستوى المحرقي الخيالي لعدسة مقربة يمر من F'.

ي • المستوى المحرقي الخيالي لعدسة مقربة وهمي.

ك • كلّ الأشعة المتوازية الساقطة على عدسة مقربة تلتقي في نقطة تنتمي إلى المستوى المحرقي الخيالي (الصوري).

الحل

أ • صحيح   ب • صحيح   جـ • صحيح   د • صحيح

هـ • خطأ: والصَحيح هو المستوى المحرقي الجسمي لعدسة مقربة يمر من المحرق الجسمي الرئيسي F .

و • صحيح.

ي • خطأ: والصَحيح هو المستوى المحرقي الخيالي (الصوري) لعدسة مقربة حقيقي.

ك • صحيح.

التمرين 3

إختر العلاقة الصحيحة:

1 ▪ علاقة التبديل في العدسات الرقيقة تعطى بـ:

(أ) $\frac{1}{P}+\frac{1}{P'}=\frac{1}{f}$ (ب) $\frac{1}{\overline{OA'}}-\frac{1}{\overline{OA}}=\frac{1}{\overline{OF'}}$ (جـ) $\frac{1}{P}-\frac{1}{P'}=\frac{1}{f'}$

2 ▪ علاقة التكبير هي:

(أ) $\gamma=-\frac{P'}{p}$ (ب) $\gamma=-\frac{P}{p}$ (جـ) $\gamma=\frac{\overline{OF'}}{\overline{OF}}$

3 ▪ علاقة التقريب هي: (أ) $C=\frac{1}{f}$ (ب) $C=f$

الحل

1 ▪ (أ) ، (ب)   2 ▪ (أ) ، (جـ)   3 ▪ (أ)

التمرين 4

إختر الإجابة الصحيحة مع الإثبات. نعتبر الجسم حقيقي:

1 ▪ إذا كان $P>f$ فإن: $P'>f$ ، $P'<f$ ، $P'=f$.

2 ▪ إذا كان $P=f$ فإن: $P'=f$ ، $P'=0$ ، $P'\to\infty$.

3 ▪ إذا كان $\gamma=1$ فإن: $P=P'$ ، $P=2P'$ ، $P=\frac{P'}{2}$ ، $P=-P'$.

الحل

1 ▪ إذا كان $P > f$ فإن: $P' > f$ ونثبت ذلك كما يلي:

نستعمل علا قة التبديل للعدسات:

$$\frac{1}{P'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{P} \quad , \quad \frac{1}{P'} + \frac{1}{P} = \frac{1}{f} \quad \text{إذن:} \quad \boxed{P' = \frac{fP}{f-P}} \quad \dots (\star)$$

نعتبر الجسم حقيقي: في هذه الحالة يكون $P > 0$ (P موجب)

بما أن: $P > f$ يمكن أن نضع: $P = \alpha f$ مع $\alpha > 1$ ،

نعوض في العلاقة المؤطرة $(\star)$ فنجد: $P' = \frac{f.\alpha P}{\alpha f - f} = \frac{\alpha f^2}{f(\alpha - 1)} = \frac{\alpha f}{\alpha - 1}$

$$\boxed{P' = \left(\frac{\alpha}{\alpha - 1}\right) f} \quad \dots\dots\dots (\star)$$

بما أن: $\alpha > 1$ ، فإن: $\frac{\alpha}{\alpha - 1} > 1$ ومنه نجد: $\boxed{P' > f}$

2 ▪ إذا كان $P = f$ فإن: $P' \to \infty$

يمكن أن نستفيد من العلاقة $(\star)$ من السؤال السابق

$$P' = \frac{f\,P}{P - f} = \frac{f.f}{f - f} = \frac{f^2}{0} \to \infty \quad \text{، إذن:} \quad \boxed{P' \to \infty}$$

3 ▪ إذا كان $\gamma\ 1$ فإن: $P = P'$ نعلم أن علاقة التكبير هي: $\gamma = \frac{-P'}{P}$

في حالة $\gamma = 1$ فإن: $1 = \frac{-P'}{P}$ و منه: $\boxed{P = P'}$

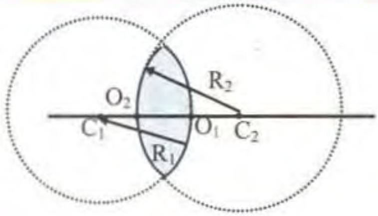
التمرين 5

1 ▪ أعط الفرق بين العدسة الرقيقة والعدسة الغليظة.

2 ▪ حدّد شرطي الحصول على صور ة واضحة حسب العالم غاوس $GAUSS$.

الحل

1 ▪ الفرق بين العدستين الرقيقة والغليظة:



كما هو معلوم أنّ العدسة هي جملة ضوئية مكوّنة من وسط شفاف عادة ما يكون زجاجا مثل زجاج الصوّان *flint glass* محددة بوجهين كرويين مقعرين أو محدّبين كما هو موضح في الشكل السابق.

نصف قطر الوجه الكروي الأول هو(R_1)، ونصف قطر الوجه الكروي الآخر هو(R_2).

- لاحظ أن سمك العدسة $e = O_1O_2$

- لكي نعتبر **العدسة رقيقة** يجب أن يكون السّمك (e) أصغر بكثير من R_1و R_2وأيضا أصغر من الفرق $|R_1 - R_2|$ أي $e >> R_1$ و$e >> R_2$

وأيضا $e << |R_1 - R_2|$. وإذا لم يتحقق ذلك فإن **العدسة تعتبر غليظة**.

2 ▪ شرطا الحصول على خيال واضح حسب غاوس:

حتى تعطى العدسة خيالا واضحا أعطى غاوس شرطين يُعرفان **بشرطي غاوس** وهما:

1 - أن يكون الجسم صغير الأبعاد (بمعنى أن العدسة تتلقى الأشعة القادمة من الجسم بزوايا ورود صغيرة).

2 - أن يكون الجسم واقعا على المحور البصري الرئيسي للعدسة أو بجواره.

التمرين 6

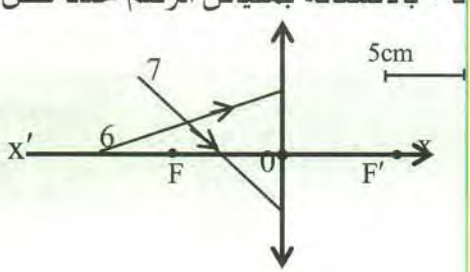
إكمال مسير الأشعة الضوئية السّاقطة على عدسة مقربة:

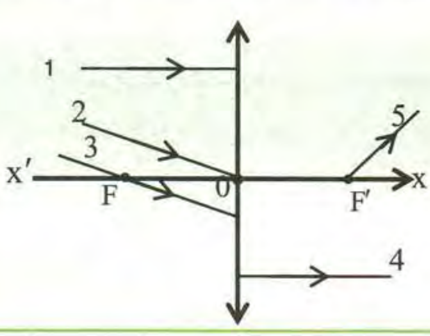
أ • أكمل مسير الأشعة الضوئية 1 و 2 و 3 السّاقطة على العدسة المقربة.

ب • من أين أتى الشعاعان الضوئيان 4 و 5 البارزان من العدسة المقربة.

جـ • أكمل مسير الشعاعين الضوئيين 6 و 7 الكيفيان.

د • بالاستعانة بمقياس الرسم حدّد كل من البعد المحرقي الجسمي والبعد الخيالي.





الحل

أ • إكمال مسير الأشعة الضوئية 1 و 2 و 3:

الشعاع الضوئي 1 : موازي للمحور البصري الرئيسي $(x'ox)$ ، لذا عندما يسقط على العدسة يخرج من المحرق الخيالي الرئيسي (F').

الشعاع الضوئي 2 : يمرّ من المركز البصري (O) لذا لا يصيبه أي انحراف، إذن يُكمل سيره.

الشعاع الضوئي 3 : يمر من المحرق الجسمي الرئيسي (F)، فعندما يسقط على العدسة ، يخرج موازيا للمحور البصري الرئيسي $(X'OX)$.

ب • الشعاع الضوئي 4: خرج من العدسة، موازيا للمحور البصري إذن فأكيد أتى من (F) (تماما مثل الشعاع 3).

الشعاع الضوئي 5 : يمر من المحرق الخيالي (F') ، فأكيد أتى موازيا لمحور العدسة $(X'OX)$ قبل سقوطه عليها (تماما مثل الشعاع 1).

جـ • مسير الشعاعين الضوئيين 6 و 7: هذان الشعاعان كيفيان فلا هما موازيان للمحور البصري ولا يمرّان من (F) أو من (O) ولذا فلا كمال مسير منهما نتبّع الطريقة التالية:

الشعاع الضوئي 6: نتبع الخطوات التالية :

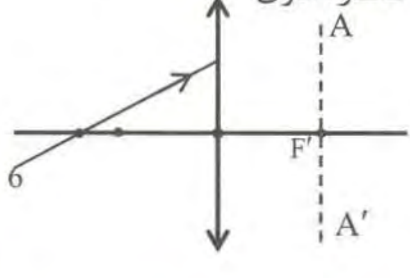
الخطوة 1 : نرسم خط مستقيم <u>موازي للعدسة</u> ويمر من F' وهو المستقيم $AF'A'$ (نقول أن هذا الخط ينتمي للمستوي المحرقي الخيالي).

الخطوة 2: نرسم خطا مستقيما موازي للشعاع الضوئي 6، ويمرّ من وهو (F) نعلم أن هذا الخط عندما يسقط على العدسة يخرج موازيا لمحورها البصري $(x'ox)$ فيتقاطع مع المستقيم $AF'A'$ في النقطة (هـ).

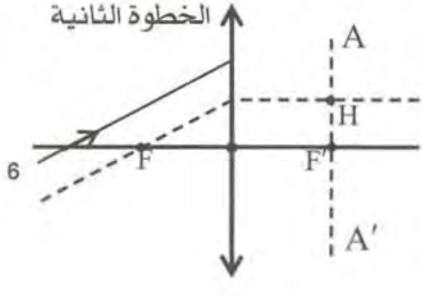
الخطوة 3: نرسم خطا مستقيما آخر موازيا أيضا للشعاع 6، ويمرّ من (O) نعلم أن هذا الخط عندما يسقط على العدسة لا يصيبه أيّ انحراف، ونلاحظ أنه يتقاطع مع المستقيم $AF'A'$ في النقطة (H) أيضا.

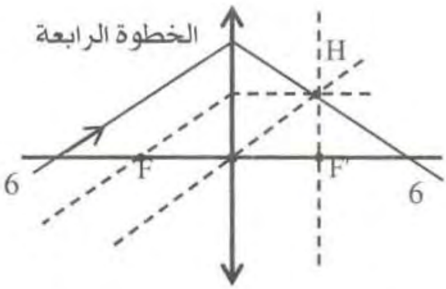
الخطوة 4: الشعاع الضوئي 6 عند خروجه من العدسة يجب أن يمرّ من النقطة (هـ).

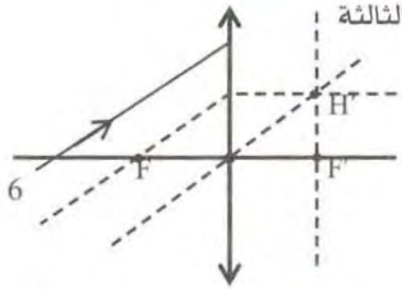
الخطوة الأولى



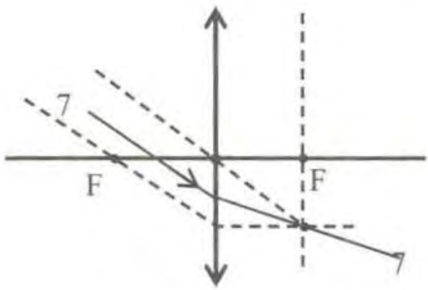
الخطوة الثانية







الشعاع الضوئي 7: بنفس الطريقة المتبعة في إكمال المسير الضوئي للشعاع 6 نرسم في شكل واحد طريقة إكمال الشعاع 7.



* ملاحظة : يمكن الاكتفاء بشعاع واحد موازي للشعاع 7 بدل شعاعين موازيين له.

د • البعد المحرقي الجسمي f :

باستعمال مقياس الرسم نجد أن: $f = OF = 1,5 \times 5 = 7,5cm$ $\boxed{f = 7,5cm}$

البعد المحرقي الخيالي f' : $f' = OF' = 1,5 \times 5 = 7,5cm\ ;\ f = 7,5cm$

التمرين 7

1 ▪ أعط بالبيان صورة جسم حقيقي (AB) ، يوضع أمام عدسة مقرّبة بُعدها المحرقي f هذا في الحالات التالية:

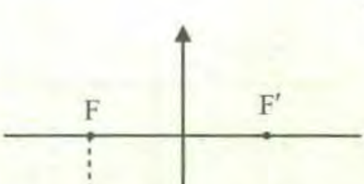
أ • الجسم يقع في مالانهاية (الجسم نعيد جدًا جدً).

ب • الجسم يقع على بُعد أكبر من $(2f)$.

جـ • الجسم يقع على بعد يساوي $(2f)$.

د • الجسم يقع على بعد يساوي (f).

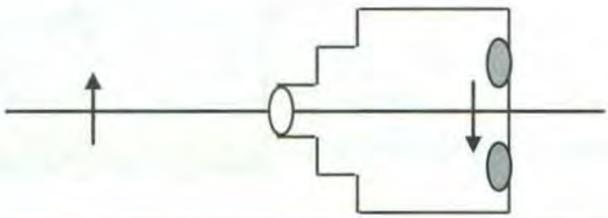
و • الجسم يقع على بعد أقل من (f).



2 ◂ قيم النتائج.

3 ◂ نعلم أنه يرتسم في الشريط الحسّاس (La péllicule) لآلة التصوير صورا مصغَرة (*Le négatif*) لأجسام حقيقية.

استنادا للحالات السابقة من السؤال 1 على أيّ بُعد يكون الجسم من عدسة آلة التصوير حتى تظهر له صورة مصغرة من الشريط الحساس.



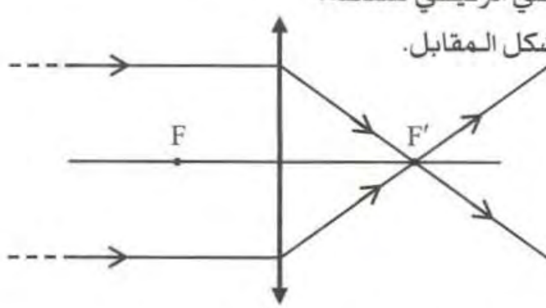
الحل

1 ◂ رسم الصور (الأخيلة).

أ• حالة جسم يقع في المالا نهاية: $(P \to \infty)$

إن الجسم الذي يقع بعيداً جداً من العدسة، يقال أنه (جسم يقع في اللا نهاية). وإذا كان كذلك، فكل الأشعة التي تردُ منه تكاد تكون متوازية، تماما مِثل الأشعة التي ترد من الشمس. وعليه فإنّ هذا لجسم البعيد جدا، لا نمثّله، بل نمثّل الأشعة الواردة منه متوازية وموازية للمحور البصري الأساسي الرئيسي للعدسة.

كما هو موضّح في الشكل المقابل.



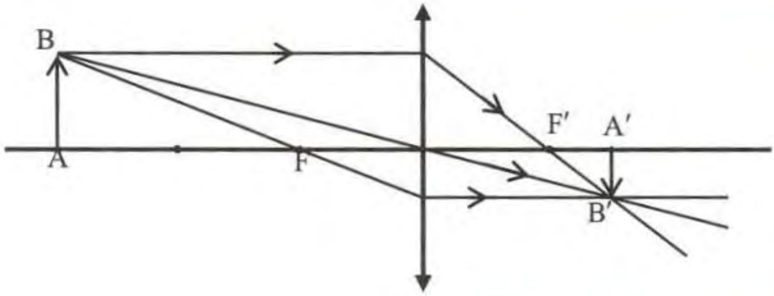
- وكما نعلم أن الأشعة المتوازية تتقارب في المحرق الخيالي F' .

- لاحظ أن تقارب الأشعة يعطى نقطة ضوئية حقيقية.

إذن فالصورة نقطية حقيقية وأبعادها مهملة وتبعد عن العدسة بالبعد $P' = f$.

ب• حالة جسم حقيقي يقع على بعد أكبر من : $(P > 2f)$

نضع الجسم (AB)على أي بعد أكبر من $2f$، إذ لم يحدّد البعد. ونمثل أشعة واردة منه، وكيفية انحرافها عندما تلاقي العدسة المقرّبة.

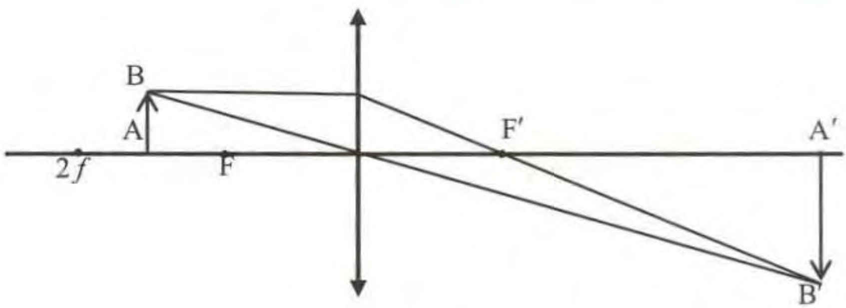


الصورة حقيقية مقلوبة وأصغر من الجسم.

✓ ملاحظة هامة:

نقول عن الصورة أنها صورة حقيقية لأن الأشعة الواردة من النقطة (AB)، عندما تلاقي العدسة تتقارب، وتلتقي **بشكل حقيقي** في نقطة هي النقطة (B') .

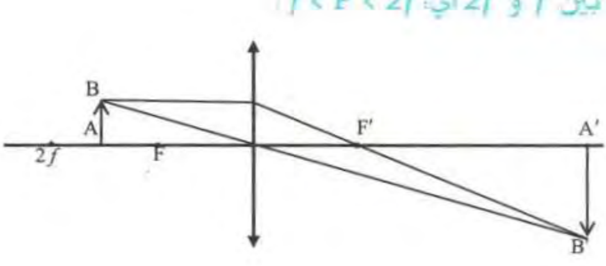
جـ• حالة جسم حقيقي يقع على بعد يساوي $2f$ اي: $(P = 2f)$:



الصورة حقيقية مقلوبة وأبعادها هي نفس أبعاد الجسم

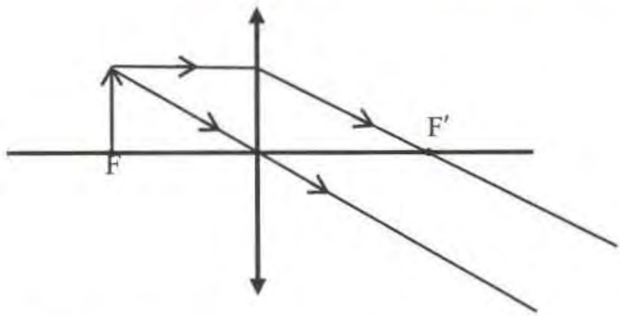
كما أن بعده عن العدسة هو: $P' = 2f = P$

د• حالة جسم حقيقي يقع على بعد بين f و $2f$ اي: $f < P < 2f$:



الصورة حقيقية مقلوبة وأبعادها أكبر من أبعاد الجسم ويقع على بعد $P' > P$.

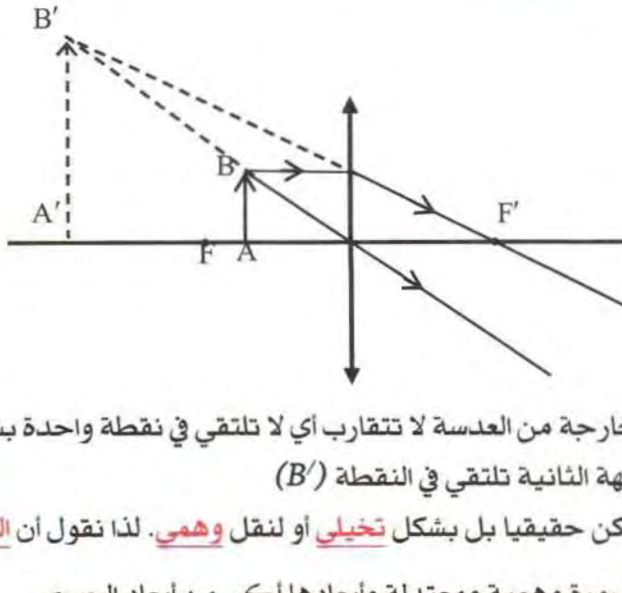
هـ • حالة جسم حقيقي يقع على بعد يساوي f أي $P = f$ ،



لاحظ أن الأشعة الخارجة من العدسة متوازية، فهي لا تلتقي (يقال تلتقي في اللا نهاية).

فالصورة تقع في اللا نهاية، نعتبرها وهمية وأبعادها كبيرة جدا.

و • حالة جسم حقيقي يقع على بعد أقل من اي $P < f$.



لاحظ أن الأشعة الخارجة من العدسة لا تتقارب أي لا تلتقي في نقطة واحدة بشكل حقيقي. غير أن امتدادها من الجهة الثانية تلتقي في النقطة (B')

فالتقاء الأشعة لم يكن حقيقيا بل بشكل تخيلي أو لنقل وهمي. لذا نقول أن الصورة وهمية

فالصورة وهمية ومعتدلة وأبعادها أكبر من أبعاد الجسم.

2 ■ تقييم النتائج:

- نحصل دوما على صورة حقيقية مقلوبة شريطة أن يكون بُعد الجسم الحقيقي (P) عن العدسة يحقق الشرط $P > f$

- تكون دوما الصّورة الحقيقية أصغر من الجسم إذا كان $P > 2f$

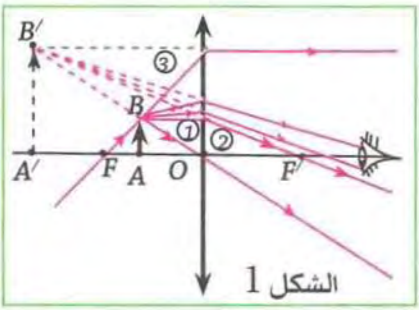
- يكون الصّورة حقيقية وطولها يساوي طول الجسم إذا كان $P = 2f$

- تكون الصورة وهمية ومعتدلة وطولها اكبر من طول الجسم إذا كان $P < f$
- يقع الخيال في اللا نهاية إذا كان الجسم واقعا في المستوي المحرقي الجسمي (أي على بعد $P = f$).

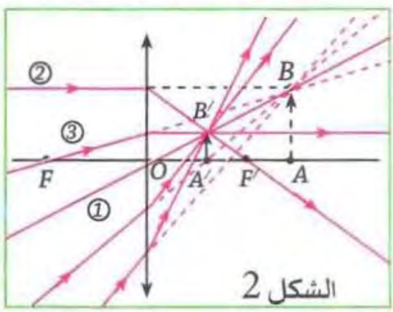
3 ـ حتى يرتسم في الشريط الحساس (*La péllicule*) لآلة التصوير صورة أصغر من الجسم يجب أن يكون $P > 2f$ بمعنى ان يكون الجسم على بعد أكبر من ضعف البعد المحرقي عن جسمية آلة التصوير.

التمرين 8

إليك الشكلين التاليين بسلم $0,1$



الشكل 1



الشكل 2

1 ـ بيّن في كل شكل:

أ • طبيعة الجسم AB. ب • طبيعة الصورة $A'B'$.

2 ـ ماهي النتيجة التي تستخلصها من السؤال 1؟

3 ـ حدّد في كل حالة بالقياس: ⋆ البعد المحرقي للعدسة ⋆قيمة التكبير.

الحل

1 ـ أ • طبيعة الجسم AB :

⋆ في حالة الشكل 1 : الجسم AB حقيقي .

⋆ في حالة الشكل 2: الجسم AB وهمي لأنه واقع خلف العدسة، فامتداد الشعاعان الضوئيان 2 و 3 هما اللذان يلتقيان في النقطة B، وليس الشعاعان نفسهما، إذن فهو إلتقاء وهمي.

ب • طبيعة الصورة $A'B'$:

⋆ في حالة الشكل 1 : الصورة $A'B'$ وهمية، لأنها ناتجة عن إمتدادات الأشعة 1 و 2 و 3 وليس عن الأشعة نفسها.

• في حالة الشكل 2: الصورة $A'B'$ حقيقية.

2 ◄ النتيجة المستخلصة من السؤال 1 هي:

٭ إذا وضع الجسم بين العدسة ومحرقها الجسمي الرئيسي F فإن صورته تكون وهمية، ولا ترى إلا من خلف العدسة. إذن:

جسم حقيقي $\xrightarrow{\text{عن طريق العدسة المقربة يعطى}}$ صورة وهمية

٭ إذا كان الجسم وهمياً (واقع خلف العدسة)، فإنه يعطي صورة حقيقية، تقع أيضا خلف العدسة. إذن:

جسم وهمي $\xrightarrow{\text{عن طريق العدسة المقربة يعطى}}$ صورة حقيقية

3 ◄ أ • بالقياس نحسب البعد المحرقي f:

السلم هو $0{,}1$ بمعنى كل $0{,}1cm$ من الشكل يقابل $1cm$. وهذا يؤدي إلى أن قياس $1cm$ يعطى $10cm$ كبعد حقيقي.

• في حالة الشكل 1: بالقياس نجد: $OF \rightarrow 2cm$ إذن: $\boxed{f = 20cm}$

• في حالة الشكل 2: بالقياس نجد: $OF \rightarrow 2{,}1cm$ إذن: $\boxed{f = 21cm}$

ب • قيمة التكبير:

الطريقة الأولى: لدينا: $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$

• بالنسبة للشكل 1: $\gamma = \frac{21cm}{8cm} = 2{,}625\,cm$

• بالنسبة للشكل 2: $\gamma = \frac{6cm}{15cm} = 0{,}4\,cm$

الطريقة الثانية: لدينا:

• بالنسبة للشكل 1: $P' = -34cm$ الإشارة (-) لأن الصورة وهمية

$P = -12{,}8cm$ الإشارة (+) لأن الجسم حقيقي

$\gamma = \frac{-(-34)}{12{,}8} \cong 2{,}65\,cm$ وهي تقريبا نفس القيمة المحسوبة بالطريقة الأولى.

• بالنسبة للشكل 2: $P' = +12{,}8cm$ الإشارة (+) لأن الخيال حقيقي

$P = -12{,}8cm$ الإشارة (-) لأن الجسم وهمي

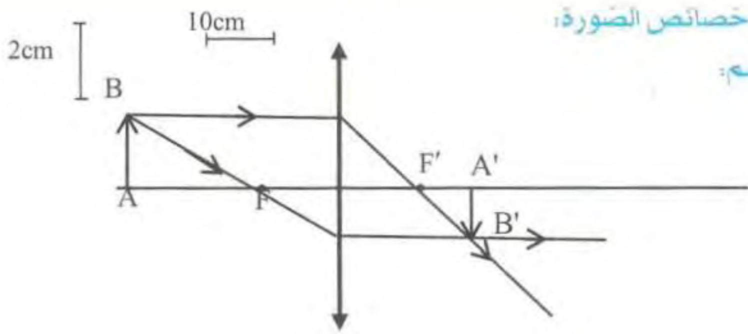
$\gamma = \frac{-(12{,}8)}{-29{,}9} \cong 2{,}65\,cm$ وهي تقريبا نفس القيمة المحسوبة بالطريقة الأولى.

التمرين 9

1 ▪ جسم (AB) ارتفاعه $(2cm)$، يوضع فوق المحور البصري الرئيسي، وعلى بعد $(30cm)$ من عدسة مقرّبة بعدها المحرقي $f = 10cm$.
عيّن خصائص الصورة المتشكلة عن طريق العدسة.
أ • بالبيان. ب • بالحساب.
2 ▪ يوضع الآن الجسم السابق أمام العدسة، وعلى بعد $(8cm)$ منها. عيّن خصائص الخيال من جديد: أ • بالبيان. ب • بالحساب.

الحل

1 ▪ تعيين خصائص الصّورة:
أ • الرسم:



• **طبيعة الصورة:**
الصورة $(A'B')$ حقيقية ومقلوبة (لاحظ أنّ الصّورة $(A'B')$ ناتجة عن امتداد حقيقي للأشعة البارزة من العدسة، كما هو موضح في الشكل.

• **طول الصورة:**
بالقياس نجد $A'B' \rightarrow 0,5cm$ ، وباستعمال مقياس الرّسم نجد أنّ:
$A'B' = 2\times0,5$ ، $\boxed{A'B' = 1cm}$

• **بُعد الصّورة عن العدسة (P') :**
بالقياس نجد $P' \rightarrow 1,5cm$ باستعمال مقياس الرّسم نكتب
$P' = 1,5\times10$ ، $\boxed{P' = 15\,cm}$.

ب • بالحساب:
نستعمل علاقة التبديل للعدسات الرّقيقة: $\frac{1}{P}+\frac{1}{P'}=\frac{1}{f}$ امتدادا حقيقيا

- طول الخيال: بالقياس نجد $A'B' \to 5cm$ ،
وباستعمال مقياس الرّسم نكتب: $A'B' = 5\times 2$, $A'B' = 10cm$
إذن: $\boxed{A'B' = 10cm}$.
- بُعد الصورة P' عن العدسة : بالقياس نجد: $P' \to 4cm$.
باستعمال مقياس الرّسم نجد $\boxed{|P| = 40cm}$.

ب • بالحساب:
نستعمل علاقة التبديل للعدسات: $\frac{1}{P}+\frac{1}{P'}=\frac{1}{f}$.

* بما أن العدسة مقرّبة فإن البعد المحرقي (f) يأخذ قيمة موجبة، أي أنّ : $f = +10cm$.

* بما أنّ الجسم (AB) حقيقي، فإنّ بُعد الجسم عن العدسة وهو (p) يأخذ قيمة موجبة

($P = +8cm$) نعوّض في علاقة التبديل فنكتب:

$$\frac{1}{+8}+\frac{1}{P'}=\frac{1}{+10} \ , \ \frac{1}{P'}=\frac{1}{10}-\frac{1}{8}=\frac{8-10}{80} \ , \ \frac{1}{P'}=\frac{-2}{80}$$

$$\frac{1}{P'}=\frac{-1}{40} ، \quad \boxed{P' = -40cm}$$

- لاحظ أنّ لـ (P') قيمة سالبة فالصورة وهمية.

لنحسب التكبيرة γ: لدينا $\gamma = -\frac{P'}{P}$ ، نعوّض فنجد:

$$\gamma = \frac{-(-40)}{8} = +5 ، \quad \boxed{\gamma = +5}$$

بما أن γ لها قيمة موجبة، إذن فالصحيح (غير مقلوب).

- لتعيين طول الخيال ($A'B'$) ، لدينا:

$$\gamma = \frac{-A'B'}{AB} ، \quad \boxed{A'B' = -\gamma . AB} \quad . \ A'B' = -5\times 2 = -10$$

$$\boxed{|A'B'| = 10cm}$$

نموذج الغاز المثالي

طريقة لتعيين كمية المادة في الحالة الغازية

1 – المكتسبات القبلية:

س : ماهي الحالات المختلفة للمادة؟

ج: أربعة وهي : الصَلبة، السَائلة، الغازية، البلازم (الوثيقة 1-)

الوثيقة - 1 -

س : كيف تترتّب الأفراد الكيميائية(الذرات والجزيئات) داخل المادة؟

ج: في الحالة الصَلبة: تكون الأفراد الكيميائية متقاربة جدًا، وفي الحالة السَائلة تكون متباعدة. أمَا في الحالة الغازية، فتكون متباعدة جدًا مقارنة بأبعاد الذرات (الوثيقة 2).

الوثيقة - 2 -

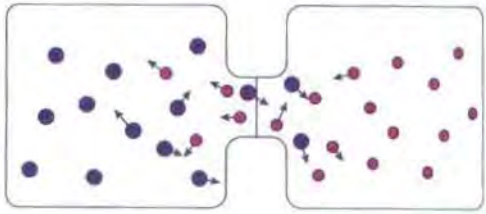
2– مفهوم ضغط غاز وقياسه:

2- 1 - الوصف الميكروسكوبي للغاز:

- الغاز مؤلف من جزيئات في حالة حركة عشوائية دائمة في الفراغ.
- جزيئات الغاز متباعدة عن بعضها مقارنة بأبعاد الجزئيات نفسها.
- سرعة جزيئات الغاز في حدود بعض مئات الأمتار في الثانية .
- جزيئات الغاز غير مرتبة، بل تأخذ شكل الفضاء الذي تكون فيه فهي قابلة للتخلخل

(فالجزيئات يمكن أن تتباعد عن بعضها).

- كما أنها قابلة للإنضغاط (فالجزيئات يمكن أن تقترب من بعضها).



2 - 2 - الوصف الماكروسكوبي للغاز:

إنّ الكأس "الفارغ" هو في الواقع مملوء بالهواء، ويحتوي في حدود 10^{21} جزيء في حالة حركة. إنّ وصف الغاز، بشكل تام، يتطلّب معرفة حركة كل جزيئ، وهذا أمر غير ممكن لذا نعمد إلى وصف الغاز ماكروسكوبيا، باعتباره جملة مادية (مؤلّفة من كل جزيئات الغاز) تتميز ببعض المقادير الفيزيائية التي تحدّد حالة الغاز، فكلما تغيرت، تغيرت معها حالة الغاز. وهذه المقادير هي:

- درجة حرارة الغاز T (أو t) :

يتم قياسها بالمحرار، بالتماس المباشر بين الغاز والمحرار

* وحدة درجة الحرارة هي الدرجة المئوية ($C°$) أو الكلفن (K).

- حجم الغاز (V)

هو حجم الإناء الذي يوضع فيه الغاز.

* وحدة الحجم هي اللتر (L) أو (m^3).

- كمية مادة الغاز (n):

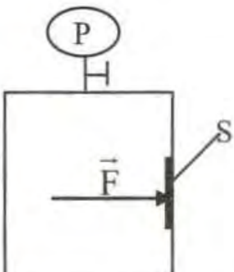
وتحدد عدد مولات الغاز.

كلّ ($mol\ 1$) يحتوي على عدد أفوقادرو من الجزيئات، إذن : $\boxed{1mol \longrightarrow 6.10^{23}}$

- ضغط الغاز (P):

وهو محلّ دراسة في الفقرة الموالية

2 - 3 - ضغط الغاز :



السّطح (S)، من الإناء يخضع لقوة ضاغطة $\vec{F}$ ناظمية عليه ناتجة عن الغاز، نقول أن للغاز ضغطا P .

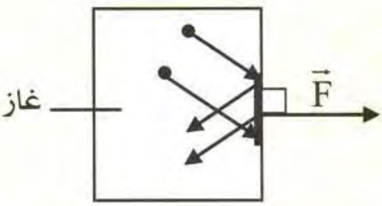
س: كيف تفسّر ضغط الغاز؟

ج: ضغط الغاز ناتج عن تصادم جزيئات هذا الغاز بكل سطوح تلامسه مع الإناء الذي يحتوي الغاز.

تعريف

الضغط يساوي نسبة القوة الضاغطة على السطح المضغوط.

يعطى بالعبارة: $P = \frac{F}{s}$



F : تقاس بالنيوتن (N)

S : تقاس بالمتر المربع (m^2)

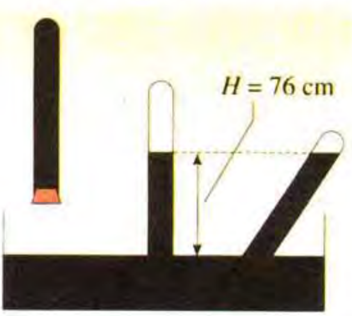
P: يقاس بالباسكال (Pa)

* **وحدة الضغط** : في جملة الوحدات الدولية يقاس الضغط بالباسكال (Pa)

عادة ما نستعمل وحدات أخرى لقياس الضغط وهي:

- البار (bar): $1bar = 10^5Pa$
- الجو : [الضغط الجوي] atm : $1atm = 1,0123 .10^5Pa$
- عمود الزئبق : $1atm = 76cm\ Hg$
- ضغط الغاز يقاس بجهاز يسمى المانومتر (ونميز نوعين : مقياس الضغط التفاضلي و مقياس الضغط المطلق)
- ضغط الهواء يقاس بجهاز يسمى البارومتر

تجربة توريشللي : قياس الضغط الجوي



مقياس الضغط التفاضلي

3 – درجة الحرارة :

- إن درجة حرارة جسم تؤثر على خواصه الفيزيائية (التمدد، اللَون، المقاومة الكهربائية ...).
- إذا كان جسمان في تماس بينهما، فإنه بعد مدة، تتساوى درجتا حرارتيهما، فنقول أنهما في توازن حراري.

درجة الحرارة مقدار فيزيائي له تأثير على حالة المادة.

4 دراسة العوامل المؤثرة في الغاز :

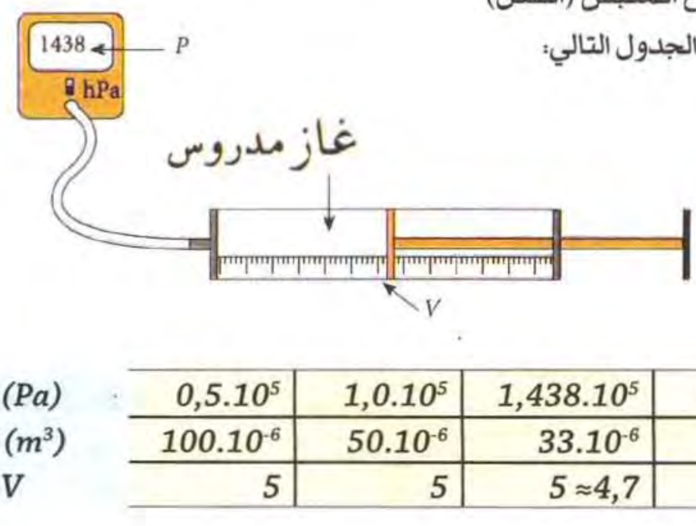
حاول الفيزيائيون منذ القرن 17 إيجاد علاقة بين متغيرات الحالة للغاز وهي : P ، V ، T ، n ، وقد توصل إلى ذلك كلّ من بويل (*BOYLE 1662*) وماريوط (*Mariotte 1676*)، وشارلز (*Charles 1778*)

علاقة الضغط P و V لغاز بحجمه بثبوت درجة حرارته T

4 - 1 - قانون بويل - ماريوط :

4 ◾ 1 ◾ 1 ◾ نشاط:

* الهدف منه إيجاد علاقة بين P و V لغاز بثبوت درجة الحرارة T .
* تملأ حقنة بكمية (n) من الهواء، ونعمل على جعل درجة حرارة الغاز (T) ثابتة.
* بواسطة مقياس الضغط، يقاس ضغط الغاز P من أجل حجوم مختلفة V للغاز، التي نحصل عليها بتغيير أوضاع المكبس (الشكل)
* تدوّن النتائج في الجدول التالي:



$P\,(Pa)$	$0,5.10^5$	$1,0.10^5$	$1,438.10^5$	$2,0.10^5$
$V\,(m^3)$	100.10^{-6}	50.10^{-6}	33.10^{-6}	25.10^{-6}
$P.V$	5	5	$5 \approx 4,7$	5

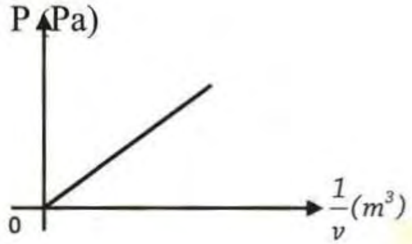
س: ماذا تستنتج؟

ج : نستنتج أن $\boxed{PV = cte}$ ومقدار الثابت (cte) يتعلّق بالكمية (n) من الغاز، ودرجة حرارته T.

وأيضاً نكتب: $\boxed{P_1V_1 = P_2V_2 = ... = cte}$

4 ◾ 1 ◾ 2 ◾ نص القانون:

من أجل نفس الكمية n من غاز، وعند درجة حرارة T ثابتة، يكون حاصل جداء ضغط الغاز P في حجمه V مقداراً ثابتاً أي : $PV = cte$.



4 ■ 1 ■ 3 ■ بيان $P=f\left(\frac{1}{V}\right)$:

نلاحظ أنّ البيان هو خط مستقيم ميله موجب،

يمرّ من المبدأ، معادلته من الشكل

، وهذا يعني أن

ضغط الغاز P يتناسب عكساً مع حجمه V

$$PV=a\frac{1}{V}$$

من العلاقة السابقة يمكن كتابة: $PV=a=cte$ بحيث a هو ميل المستقيم

$$P_1V_1=P_2V_2$$

✓ ملاحظة هامة:

* الغازات الحقيقية لا تحقّق بالضبط قانون بويل-ماريوط، وتقترب من تحقيق القانون كلّما كان ضغطها صغيراً.

* الغاز الذي يحقّق قانون بويل-ماريوط يسمّى "الغاز المثالي" "*Gaz parfait*"

هذا الغاز غير موجود.

4 - 2 - علاقة ضغط الغاز (P) بدرجة حرارته (T) إثبوت حجمه (V) قانون شارل (*Charles 1778*):

4 ■ 2 ■ 1 ■ نشاط:

* الهدف منه إيجاد علاقة بين (P) ودرجة الحرارة المئوية (t)، ومن ثم درجة الحرارة المطلقة (T) لكمية معينة من غاز.

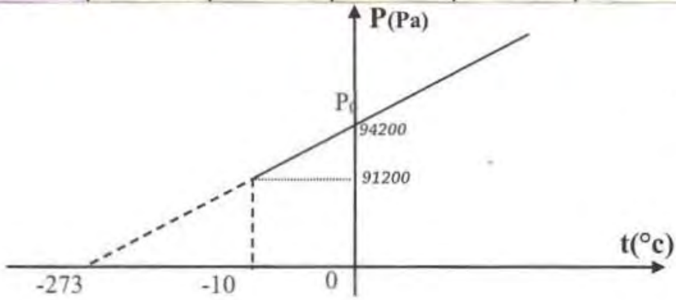
- بالون زجاجي سعته $(1L)$ ، مغلق مملوء بالهواء، يمكن تسخينه أو تبريده.

- يمكن قياس ضغط الغاز P في داخل البالون بواسطة مقياس الضغط، كما يمكن قياس درجة حرارته $t\,(°c)$ (الشكل)

- تدوّن النتائج في الجدول التالي:

$P(Pa)$	91200	94600	97400	99800	100600	110200
$t(°c)$	-10	0	8	15	20	45

البيان $P= f(t)$:



* **النتائج :**

- المنحنى البياني هو خط مستقيم ميله موجب لا يمرّ من المبدأ $(0°c)$.
- إمتداد المستقيم، يمرّ من نقطة فاصلتها $t=-273°c$، وبقياسات أكثر دقّة وُجدت $t = -273,15°c$.

نلاحظ أن ضغط الغاز يصبح منعدماً $P= 0\ Pa$ عندما $t = -273,15°c$

س$_1$: هل يمكن عملياً أن يصبح ضغط الغاز منعدماً؟

ج$_1$: لا لايمكن أن تقبل هذه النتيجة.

س$_2$: هل يمكن إذن الوصول إلى الدَرجة $t = -273,15°c$ ؟

ج$_2$: لا يمكن بأيّ تجربة من التجارب للوصول إلى هذه الدَرجة.

إصطلاح:

* درجة الحرارة $T = -273,15°c$ تسمّى الصّفر المطلق إذ لا يمكن الوصول إليها بأي تجربة.

* الصّفر المطلق يرمز إليها بـ $T = 0K$. $0K == - 273,15°c$

K : بمعنى كلفن نسبة إلى اللورد $KELVIN$.

4 ـ 2 ـ 2 ـ قانون شارل:

* معادلة البيان السابق هي معادلة مستقيم من الشكل: $y = ax + b$

أي: $P = at + b$

حيث : b هو ترتيبة نقطة تقاطع المستقيم مع محور P في درجة حرارة $(0°c)$ لذا نرمز له بالرمز P_0 . أي : $b = P_0$ إذن : $P = at + P_0$

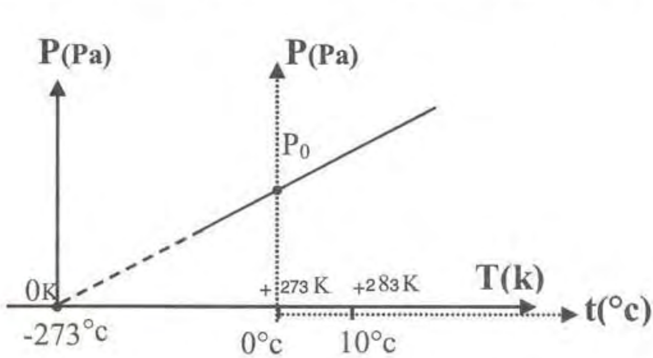
a: هو ميل المستقيم ونعيّنه كالتالي : $a=\frac{P_0-0}{0-(-273)}$ ، إذن : $a=\frac{P_0}{273}$

عندما نعوّض عن (a) في عبارة P نجد : $P=\frac{P_0}{273}t+P_0$

ومنه : $P=P_0\left(\frac{1}{273}t+1\right)$ ، نضع : $\frac{1}{273}=\alpha$ فنجد: $\boxed{P=P_0\left(1+\alpha t\right)}$

وهو قانون شارل بدرجة الحرارة (t) المئوية.

* عندما نغير مبدأ المعلم السابق من $(0°c)$ إلى مبدأ جديد هو $(-273°c)$، ونضع في مكان القيمة الموافقة لها وهي الصّفر المطلق (أو صفر كلفن)، نحصل من جديد على البيان التالي:



* نلاحظ أن البيان $P = f(T)$ (لم نقل $P = f(t)$) هو خط مستقيم ميله موجب **يمرّ من المبدا $(0K)$** معادلته من الشكل $P = KT$ بحيث : $K=$ الميل $=\frac{P_0}{273}$

إذن : $P=\frac{P_0}{273}T$ وبوضع $\alpha=\frac{1}{273}$ نكتب : $\boxed{P=\alpha\, P_0 T}$ أو $\boxed{\frac{P}{T}=cte}$

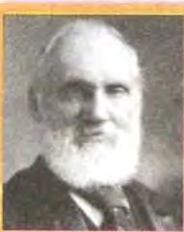
وهو قانون شارل بدرجة الحرارة المطلقة T .

نص قانون شارل:

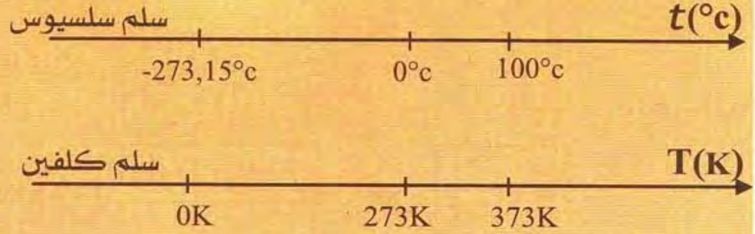
عند حجم ثابت، يتناسب الضغط P لكمية معيّنة من غاز، طرداً مع درجة حرارته المطلقة T ، $\boxed{\frac{P}{T}=cte}$ وأيضا نكتب : $\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}=.........=cte$.

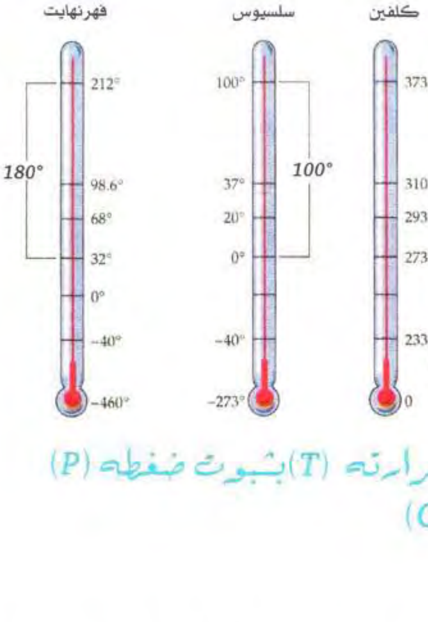
سلم كلفين (السلّم المطلق) وسلم سلسيوس (السلّم المئوي):

بمقارنة محور ($t°c$) مع محور $T(°K)$ نجد :



(كلفين)





العلاقة بين T و t :

$$\boxed{T(K) = t(°c) + 273}$$

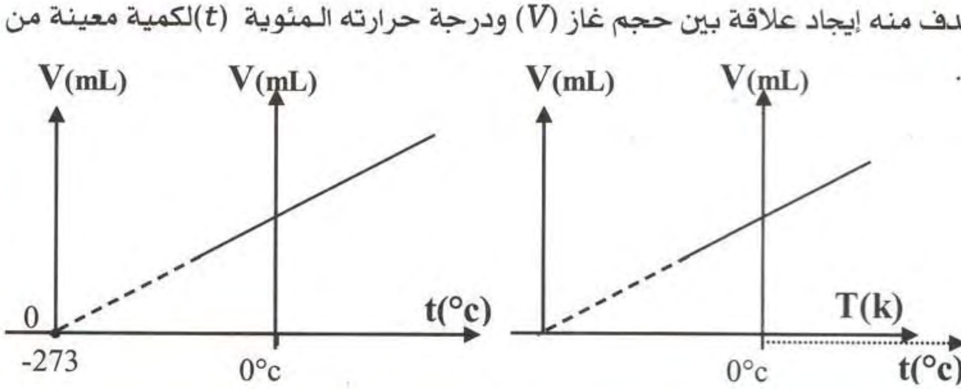
T : درجة الحرارة المطلقة بالكلفين (K)

t : درجة الحرارة المئوية بالدرجة سلسيوس $(°c)$

4 - 3 - علاقة حجم الغاز (V) بدرجة حرارته (T) بثبوت ضغطه (P) قانون غي لوساك (Gay -Lussac 1802)

4 ▪ 3 ▪ 1 ▪ نشاط

⋆ الهدف منه إيجاد علاقة بين حجم غاز (V) ودرجة حرارته المئوية (t) لكمية معينة من غاز .



قانون غي لوساك:

إن الحجم V لكمية من غاز يتناسب طرداً مع درجة حرارته المطلقة Tعند ثبوت ضغطه أي : $\boxed{\dfrac{V}{T}=cte}$.

يمكن أيضاً كتابة : $\dfrac{V_1}{T_1}=\dfrac{V_2}{T_2}=.......=cte$

★ من البيان السابق نستنتج أن: $\boxed{V=V_0(1+\alpha t)}$ مع $\boxed{\alpha=\dfrac{1}{273}}$

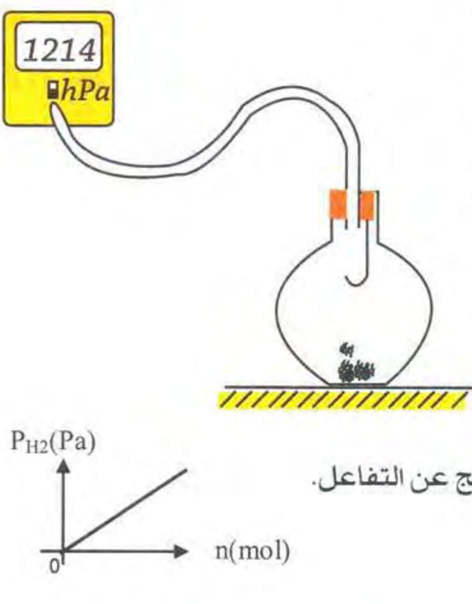
t : درجة الحرارة المئوية

كما أن : $\boxed{V=KT}$ مع $\boxed{K=\dfrac{V_0}{273}}$

4 - 4 - علاقة ضغط غاز (P) بكمية مادته (n)بثبوت الحجم V:

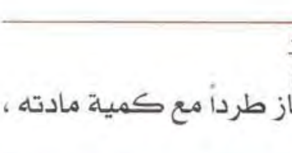
نشاط:

★ الهدف منه إيجاد العلاقة بين ضغط الغاز وكمية مادته من أجل حجم معيّن



في بالون صغير حجمه $(1L)$ يحتوي على محلول حمض الكبريت، نترك قطعة صغيرة من معدن الزنك تسقط في المحلول، نلاحظ حدوث تفاعل بين المعدن والحمض، فينطلق كمية (n) من غاز ثاني الهيدروجين ، تتناسب مع كمية الزنك التي تتفاعل مع مرور الزمن.

يسمح مقياس الضغط بقياس تغير الضغط داخل البالون عند درجة حرارة ثابتة (الشكل المقابل).



تغير الضغط ناتج عن ضغط غاز الهيدروجين الناتج عن التفاعل.

نكرر التجربة ونرسم البيان التالي:

بيان $PH_2=f(n)$

إستنتاج :

نستنتج أن : $\dfrac{f}{n}=cte$ ويمكن كتابة : $\dfrac{P_1}{n_1}=\dfrac{P_1}{n_1}=..........=cte$

من أجل نفس درجة الحرارة ، نفس الحجم لغاز يتناسب ضغط الغاز طرداً مع كمية مادته ،

أي : $\boxed{\dfrac{P}{n} = cte}$

5 - قانون الغاز المثالي:

من الدراسات السابقة وجدنا :

$$PV = cte = K_1 ....(1)$$
$$P = KT ....(2)$$
$$V = K'T ....(3)$$
$$P = K''n ....(4)$$

من هذه العلاقة يمكن كتابة : $PV = K\,K'\,K''\,n.T$

نضع : $KK'K'' = R$ ، تسمى R : ثابت الغازات المثالي وقيمته

$R = 8,31451070\ Pa\ .mol^{-1}.K^{-1}$

إذن نكتب قانون الغازات المثالية : $\boxed{PV = nRT}$

ونأخذ $\boxed{R = 8,314\ Pa.mol^{-1}.K^{-1}}$

P: ضغط الغاز بـ (Pa)

V: حجم الغاز بـ (m^3)

n: كمية مادة الغاز بـ (mol)

R: ثابت الغازات المثالية بـ $(J\ .\ K^{-1}.\ mol^{-1})$

T: درجة الحرارة المطلقة بـ (K)

الغاز المثالي:

* رأينا سابقاً أنّه عند الصّفر المطلق $T=0\ K$ ، ينعدم ضغط الغاز، بمعنى $P=0\ Pa$ وهذا يؤدي إلى توقف الجزيئات ببعضها وبحواف الإناء الذي يتواجد فيه الغاز .

* كما رأينا أن حرارة الغاز T ناتجة عن إزدياد سرعة جزيئاته، فعند توقف إصطدام الجزيئات تنعدم سرعة الجزيئات، وبالتالي تصبح درجة الحرارة $T=0K$.

إن الغاز الذي يحقق هذه الخواص، يسمى الغاز المثالي.

لكن هل يوجد غاز مثالي في الطبيعة؟

* في الطبيعة لا توجد إلاّ الغازات الحقيقية، وحتى نعتبر أنها تتصرف كغاز مثالي نفرض بعض الشروط وهي:

* الجزيئات المؤلفة للغاز يجب أن تكون متباعدة جداً عن بعضها (أي أن درجة حرارته عالية).

* ضغط الغاز، يكون ضعيف جداً.

التمرين 1

إختر الإجابة الصّحيحة

أ • جزيئات الغازات في حالة سكون/حركة بالنّسبة لبعضها البعض.

ب • سرعة جزيئات الغاز في حدود عشرات/مئات/ملايين الأمتار في الثانية.

جـ • يوجد بين جزيئات الغاز الفراغ/الهواء.

د • المسافة بين جزيئتين من غاز اصغر بكثير/ أكبر بكثير من أبعاد الجزئ الجزئ نفسه.

هـ • في حالة تسرّب غاز من إناء إلى إناء آخر أوسع (توسّع الغاز) يحدث تباعد/تقارب بين جزيئاته.

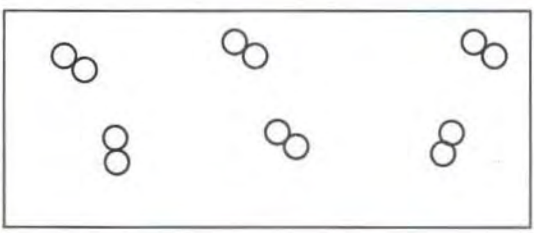
الحل

أ • حركة ب • مئات جـ • الفراغ د • أكبر بكثير هـ • تباعد

التمرين 2

مثّل جزيئات غاز ثاني الأكسجين داخل وعاء.

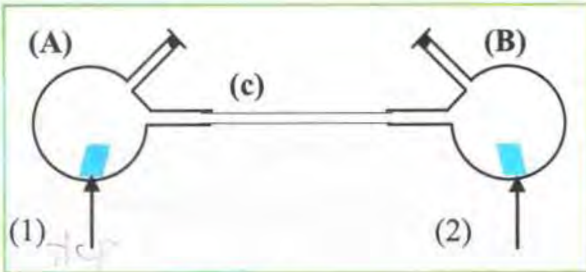
الحل



التمرين 3

نحقق التركيب الموضّح في الشكل المقابل الذي يحتوي على بالونين زجاجيين (A) و (B) ذو عنقين، ومتصلتين ببعضهما بواسطة أنبوب زجاجي (c) له خلفية سوداء، تمكّننا من رؤية أبخرة بعض الغازات المارّة عبر الأنبوب الزجاجي.

نحضّر قطعتين متماثلتين (1) و (2) من القطن، نشرّب الأولى (1) بمحلول حمض كلور الهيدروجين المركز وندخلها في البالون (A)، فينطلق غاز كلور الهيدروجين HCl، والأخرى (2) نشربها بمحلول النّشادر المركّز وندخلها في البالون (B) ، فينطلق غاز النشادر NH_3.



1 ▪ يتفاعل الغازان لإعطاء كلور الأمونيوم NH_4cl .

• أكتب معادلة التفاعل الكيميائي الحادث بين الغازين.

2 ▪ ماهي الآلية التي تفسّر إلتقاء الغازين في الأنبوب الزجاجي؟

3 ▪ بعد لحظات، نشاهد أبخرة بيضاء في منطقة من الأنبوب(c) ، قريبة من البالون (A).

أ • ماذا نقول عن السّرعة المتوسطة V_{moy} لجزيئات الغازين؟.

• قارن بين سرعتي النوعي المختلفتين من جزيئات الغازين

ب • قارن أيضاً بين كتلتيهما الموليتين.

جـ • جد علاقة بين V_{moy} لجزئ الغاز وكتلته المولية الجزيئية M .

$M(cl)=35,5g.mol^{-1}$ ، $M(N)=14g.mol^{-1}$ ، $M(H)=1g.mol^{-1}$

الحل

1 ▪ معادلة التفاعل الكيميائي الحادث.

$Hcl(g) + NH_3(g) = NH_4cl(g)$

2 ▪ نفسّر الآلية التي تم بها إلتقاء الغازين في الأنبوب الزجاجي بهجرة جزيئات الغازين، بعد ملايير الإصطدامات بينها. أمّا إذا إلتقى هذين النوعين من جزيئات الغازين(Hcl) و(NH_3) فإنه يحدث بينها إصطدامات، يترتب عنه ظهور أبخرة بيضاء، دلالة على تكوين جزيئات جديدة هي NH_4cl.

3 ▪ أ • إن الحصول على الأبخرة البيضاء في منطقة من الأنبوب (c) قريبة من البالون (A)، دلا لة على أن جزيئات (NH_3) وجزيئات Hcl إلتقت في تلك المنطقة، وهذا يؤدّي إلى القول إلى أن الجزيئاتNH_3 ، قطعت مسافات متوسّطة (d_1) أكبر من المسافات المتوسطة (d_2) التي قطعتها الجزيئات Hcl ، وهذا في نفس الفترة الزمنية Δt . بمعنى $d_1 > d_2$

وبما أن $V_{1moy}=\frac{d_1}{\Delta t}$ و $V_{2\,moy}=\frac{d_2}{\Delta t}$ نستنتج أن $V_1moy > V_2moy$، فسرعة

الجزيئات NH_3 أكبر من سرعة الجزيئات Hcl.

ب • المقارنة بين الكتلتين الموليتين الجزيئيتين للغازين:

$$M(NH_3) = (14)+(1 \times 3) = 17g.mol^{-1}$$
$$M(Hcl) = 1+35,5 = 36.5g.mol^{-1}$$

نلاحظ أن : $\boxed{M(NH_3) < M(Hcl)}$

جـ • العلاقة بين $Vmoy$ و M لكل جزيئ:

ممّا سبق لدينا : $V\ NH_3 > V\ Hcl$ لأن : $M(NH_3) < M(Hcl)$

فكلما نقصت الكتلة المولية للجزيء زادت سرعته أي : $\boxed{V \propto \frac{1}{M}}$

فالسرعة تتناسب عكساً مع الكتلة المولية للجزيء

التمرين 4

إختر الإجابة الصّحيحة من بين الإقتراحات التالية:

أ • يعطى الضّغط بالعبارة : $P=F.S$ ، $P=\frac{F}{S}$ ، $F=P.S$

ب • يقاس الضغط بوحدة هي : $N.m^{-1}$ ، s ، Pa

جـ • تعطى : $1\ bar = 10^5 Pa$ ، $1Pa = 10^5 bar$ ، $1atm = 76\ cm\ Hg$

$1Pa = 1,013\ .105atm$ ، $1atm = 10,13.10^5\ Pa$

د • آلة قياس ضغط الغاز هي : البارومتر، المانومتر.

هـ • آلة قياس الضّغط الجوّي هي : البارومتر، المانومتر.

و • الضّغط في الحواف الداخلية لكرة قدم يعود إلى :

الضغط الجوي، تصادم جزيئات الهواء على الحواف الداخلية للكرة.

ي • الضّغط على خارج كرة القدم يعود إلى : الضّغط الجوي، تصادم جزيئات الهواء.

الحل

الإجابات الصّحيحة :

أ • $P=\frac{F}{S}$ ، $F=P.S$

ب • Pa

جـ • $1 bar = 10^5 Pa$ ، $1 atm = 76\ cm\ Hg$ ، $1 atm = 10,13.10^5\ Pa$

د • المانومتر.

هـ • البارومتر.

و • تصادم جزيئات الهواء على الحواف الدّاخلية للكرة.

ي • الضغط الجوي.

التمرين 5

أجب ب «نعم» أو «لا» :

أ • درجة الحرارة $-273,15\ °c$ تسمَى الصفر المطلق.

ب • الصفر المطلق يرمز له بـ $0°K$ (أي درجة الصفر المطلق).

جـ • الصفر المطلق يرمز له بـ $0K$ (أي الصفر المطلق).

د • الغاز المثالي ينعدم ضغطه $(Pa=0\ Pa)$ عند $T=0K$.

هـ • الغاز الحقيقي ينعدم ضغطه $(P=0Pa)$ عند $t=0°c$

و • يمكن إعتبار الغاز الحقيقي غازاً مثالياً إذا تحقق الشرطين التاليين :

- جزيئات الغاز متباعدة جدًا عن بعضها البعض.
- ضغط الغاز ضعيف جدا.

ي • الغاز المثالي هو الذي يحقق بالضبط قانون بويل ماريوط

ك • يمكن أن تكون درجة حرارة غاز $-2°c$

ط • يمكن أن تصل درجة حرارة غاز إلى $1000K$

ظ • يمكن أن تصل درجة حرارة غاز إلى $-273,15°c$

الحل

أ • نعم ب • خطأ جـ • نعم د • نعم هـ • خطأ

و • نعم ي • نعم ك • نعم ط • نعم ظ • خطأ

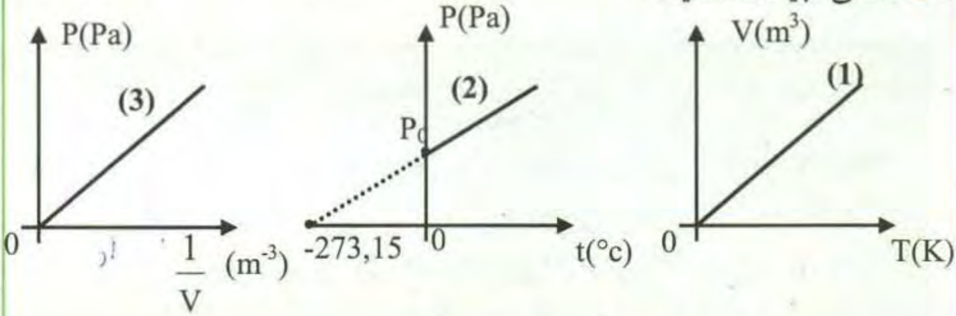
التمرين 6

1 ▪ تعطى أسماء بعض العلماء والقوانين التي وضعوها، دون ترتيب.

أرفق بكل عالم القانون الذى وضعه. بويل ، غي لوساك ، ماريوط ، شارل

$PV=cte$ ، $\frac{V}{T}=K'$ ، $V=V_0(1+\alpha t)$ ، $\frac{P}{T}=K$ ، $P=P_0(1+\alpha t)$

2 ▪ تعطى البيانات التالية:



أ • أرفق بكل بيان قانونه المناسب.

ب • إستنتج قيمة α

الحل

1 ▪ إرفاق بكل عالم القانون الذي وضعه:

* قانون بويل وماريوط: $PV = cte$
* قانون شارل : $P=P_0(1+\alpha t)$ ، بدرجة الحرارة المئوية (t) .
* قانون غي لوساك: $\frac{P}{T}=K$ ، بدرجة الحرارة المطلقة (T) .

قانون غي لوساك $V=V_0(1+\alpha t)$ ، بدرجة الحرارة المئوية (t)

$\frac{V}{T}=K'$ ، بدرجة الحرارة المطلقة (T)

2 ▪ أ • إرفاق بكل بيان منحاه المناسب:

المنحنى (1) : $V = f(T)$ هو خط مستقيم ميله موجب يمر من المبدأ، فمعادلته من الشكل : $y = ax$.

أي : $V = K'T$ وهو قانون غي لوساك.

المنحنى (2) :

$P = g(t)$ هو خط مستقيم ميله موجب لا يمّر من المبدأ، معادلته من الشكل :
$y = ax + b$

اي أن : $P = at + b$ مع : $b = P_0$ و a هو ميل المستقيم ونحسبه كما يلي:

$a = \dfrac{P_0 - 0}{0-(-273)}$ إذن : $a = \dfrac{P_0}{273}$ ، نعوض في المعادلة فنجد: $P = \dfrac{P_0}{273}t + P_0$

إذن : $\boxed{P = P_0\left(1 + \dfrac{1}{273}t\right)}$ فهو من الشكل $P = P_0(1+\alpha t)$ ،
وهذا هو **قانون شارل**

المنحنى (3) : $P = h\left(\dfrac{1}{V}\right)$ هو خط مستقيم ميله موجب يمّر من المبدأ، معادلته من الشكل : $y = ax$

إذن : $P = a\left(\dfrac{1}{V}\right)$ ، اي أنّ : $\boxed{\dfrac{P}{V} = a = cte}$ ، وهذا هو قانون **بويل وماريوط**

ب • تعيين الثابت α :

في الدراسة السّابقة ومن المنحنى (2) لدينا : $P = P_0\left(1 + \dfrac{1}{273}t\right)$

كما أن : $P = P_0\,(1 + \alpha t)$

بالمطابقة بين هاتين العبارتين نجد : $\boxed{\alpha = \dfrac{1}{273}}$.

التمرين 7

متزحلق كتلته $M=70Kg$ بثيابه وحذائه وكتلة زلاجته $m=7Kg$

إن سطح تلامس كل زلاجة هو مستطيل أبعاده $175cm \times 7cm$

أما الحذاء الواحد، فله سطح مستطيل أبعاده في حدود $28cm \times 8cm$

أحسب قيمة الضّغط P الذي يحدثه:

أ • المتزحلق بالزلاجتين على الثلج.

ب • المتزحلق بزوج الحذاء مباشرة على الثلج.

جـ • الزلاّجتين على الثلج .

يؤخذ : $g=9,8\ N/Kg$

الحل

حساب قيمة الضغط P :

يعطى الضغط (P)الذي تحدثه قوة F على سطح (S) بالعبارة : $\boxed{P = \dfrac{F}{S}}$

أ • عندما يضغط المتزحلق بالزلاجتين على الثلج تكون القوة الضاغطة:

$F = P_{\text{المتزحلق}} + P_{\text{الزلاجتين}}$

$F = (M+m)g$. $F = Mg + mg$

أما السطح المضغوط S فيساوي مجموع سطحي الزلاجتين.

سطح كل زلاجة هو : $S_1 = S_2 = 1,75 \times 0,07\ m^2$

إذن : $S_1 = S_2 = 0,1225m^2$

ومنه نكتب : $P = \dfrac{(M+m)g}{2S_1} = \dfrac{(70+7)\times 9,8}{0,245}$

$\boxed{P = 3,08.10^3\ Pa}$

ب • عندما يضغط المتزحلق بزوج الحذاء مباشرة على الثلج، فإن السطح المضغوط يساوي مجموع سطحي زوجي الحذاء.

وسطح كل زوج من الحذاء $S'_1 = S'_2 = 0,28 \times 0,08$

إذن : $S = 2S'_1 = 0,044\ m^2$

كما أن : $P = Mg$ لأن المتزحلق لا يرتدي الزلاجتين ومنه نكتب :

$P = \dfrac{mg}{2S'_1} = \dfrac{70\times 9,8}{0,0448}$ ، $\boxed{P = 1,53.10^4\ Pa}$

جـ • عندما تضغط الزلاجتان على الثلج، فإن القوة الضاغطة تساوي ثقل الزلاجتين

إذن : $P = mg$

أما السطح المضغوط فيساوي سطح الزلاجتين أي : $S=2S_1$

ومنه : $P = \dfrac{mg}{2S_1} = \dfrac{7\times 9,8}{0,245}$

إذن : $\boxed{P = 2,8.10^2\ Pa}$

التمرين 8

قارب شراعي، مساحة شراعه $10m^2$ ، الذي نفرضه مستوياً.

1 ▪ تهَب ريح على أحد وجهي الشراع، فتحدث فيه ضغطاً إضافياً يساوي $40Pa$.
أحسب قيمة القوة الضاغطة التي أحدثتها الريح على الشراع.

2 ▪ يزاد هبوب الريح على الشراع فيبلغ قيمه $80Pa$ لذا وجب إنقاص سطح الشراع إلى القيمة التي تصبح فيها قيمة القوة الضاغطة مسا وية إلى $600N$.
أحسب قيمة السَطح الجديد للشراع.

الحل

1 ▪ حساب قيمة القوة الضاغطة التي أحدثها الريح:

نعلم أن : $P=\frac{F}{S}$ ، $\boxed{F = P . S}$

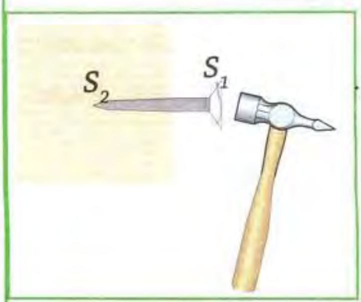
نعوض فنجد : $F = 40 \times 10$ ، $\boxed{F = 400N}$

2 ▪ حساب قيمة السَطح الجديد للشراع :

لدينا : $S=\frac{F}{P}$ ، إذن : $S=\frac{600}{80}$ ، $\boxed{S = 7,5\ m^2}$

التمرين 9

يُدَقُ مسمار بمطرقة، تحدث فيه قوة ضاغطة شدتها $F=10N$.



أحسب قيمة الضَغط الذي :

أ • تحدثه المطرقة على رأس المسمار الذي سطحه S_1 يعطى $S_1= 1cm^2$ (الشكل)

ب • يحدثه النهاية المدّببة S_2 للمسمار على الخشبة علماً أنَ $S_2=1mm^2$

جـ • قارن بين قيمتي الضغطين المحسوبين في السؤالين (أ) و (ب) – ماذا تستنتج؟

د • بيَن لماذا يصعب دق المسمار الذي كُسِر رأسه المدبَب؟

الحل

أ • حساب قيمة ضغط المطرقة على رأس المسمار:

لدينا : $P_1=\frac{F_1}{S_1}$ ، $F_1=F=10N$ و $S_1=10m^2=1.10^{-4}m^2$

نعوض فنجد : $P_1=\frac{10}{1.10^{-4}}$ ، $\boxed{P_1 = 10^5\,Pa}$

ب • حساب قيمة الضغط الذي يحدثه الرأس المدبب للمسمار على الخشبة:

لدينا : $P_2=\frac{F_2}{S_2}$

تنتقل القوة الضاغطة من الرأس S_1 إلى النهاية المدببة S_2

إذن : $F_2=F=10N$ و $S_2 = 1mm^2 = 1.10^{-6}\,m^2$

نعوض فنجد : $P_2=\frac{10}{1.10^{-6}}$ ، $\boxed{P_2 = 10^7\,Pa}$

جـ • المقارنة بين P_1 و P_2 :

نلاحظ أن : $P_2 = 100P_1$

رُغم أن القوتين الضاغطتين F_1 و F_2 متساويتين، إلاّ أن ضغط النهاية المدببة للمسمار التي مساحتها على الخشبة أكبر بـ 100 مرة من ضغط المطرقة على رأس المسمار الذي مساحتها (S_1).

وبما أن $S_2 < S_1$ و $P_2 > P_1$ ، فإننا نستنتج أنّه كلما نقص السطح المضغوط، كلما زاد الضغط عليه.

السّطح (S) يتناسب عكسًا مع الضّغط P

د • المسمار الذي كُسر رأسه المدبّب، يكبر سطح تلامسه مع الخشبة، وبالتالي ينقص عليه الضّغط، لذا يصعب إدخاله في الخشبة، وبالتالي يصعب دقّه.

التمرين 10

1 ◂ ذكّر بالمقادير الفيزيائية التي تحدّد حالة غاز

2 ◂ بيّن فيما إذا كانت هذه المقادير تصف الحالة الماكروسكوبية للغاز، أمْ الحالة الميكروسكوبية له؟

الحل

1 ◂ المقادير الفيزيائية التي تحدّد خالة غاز هي :

درجة حرارة الغاز (T) ، حجم الغاز (V) ، ضغط الغاز (P) وكمية مادّة الغاز(n) .

2 ◂ هذه المقادير تصف الحالة الماكروسكوبية للغاز، وبالتالي يمكن قياسها بكلّ سهولة.

التمرين 11

أ • حوّل إلى الدرجة المئوية (بالسّلسيوس $c°$) القيم التالية:

$273K$. $273,15K$. $10k$

ب • حوّل إلى درجات الحرارة المطلقة (بالكلفين K) ، درجات الحرارة التالية:

1 ▪ درجة حرارة تمييع غاز ثنائي الأكسجين تساوي $-182,96°c$ تحت الضغط الجوّي النظامي.

2 ▪ درجة حرارة غليان الماء هي $100,00°c$ تحت الضغط الجّوي النّظامي .

3 ▪ درجة حرارة إنصهار الماء هي $0,00°c$ تحت الضّغط النّظامي.

4 ▪ درجة حرارة إنصهار الفضّة هي $961,93°c$ تحت الضّغط النظامي.

الحل

أ • للتحويل من السلّم المئوي إلى السلّم المطلق لدرجات الحرارة، أو العكس نستعمل العلاقة : $\boxed{T(K) = t(°c) + 273}$

إذن : $t(°c) = T(k) - 273$

* في حالة $T=10k$: لدينا : $t(°c) = 10 - 273$ ، $t = -263°c$

* في حالة $T=273,15k$: نستعمل العلاقة الدقيقة وهي :

$$t(°c) = T(k) - 273,15$$

إذن : $t = 273,15 - 273,15$ ، ومنه : $\boxed{t = 0°c}$

* في حالة $T=373k$: $t = 373 - 273$ ، $\boxed{t = 100°c}$

ب • بنفس الطريقة السّابقة نكتب : $T(K) = t(°c) + 273$

1 ▪ في حالة $t = -182,96°c$:

$T = -182,96 + 273,15$ ، $\boxed{T = 90,19\ K \approx 90K}$

2 ▪ في حالة $t=100,00°c$:

$T = +100,00 + 273,15 = 373,15K$ ، $\boxed{T \approx 373K}$

3 ▪ في حالة $t=0,00°c$:

$T = 0,00 + 273,15 = 273,15K$ ، $\boxed{T = 273K}$

4 ▪ في حالة $t=961,93°c$:

$T = 961,93 + 273,15 = 1235,08K$ ، $\boxed{T = 1235,08K}$

التمرين 12

كمية من غاز حجمها $V_1=1,5m^3$ ، وضغطها $P_1=2.10^5Pa$ في درجة حرارة T. نزيد من ضغط الغاز فيصبح مساوياً إلى $P_2=4.10^5\ Pa$ ، دون أن تتغيّر درجة حرارته.

1 ▪ ماهو المقدار الفيزيائي الذي لم يتغير؟

2 ▪ ماهو القانون الذي يمكن تطبيقه، حتى نستطيع حساب الحجم الجديد V_2 للغاز؟ إستنتج قيمة V_2 .

الحل

1 ▪ المقدار الفيزيائي الذي لم يتغيّر هو درجة الحرارة T .

2 ▪ يمكن تطبيق قانون بويل – ماريوط، حتى نستطيع حساب V_2

* إستنتاج V_2 :

حسب قانون بويل : $P_1V_1 = P_2V_2$ فإنّ : $V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2}$

نعوض فنجد : $V_2 = \frac{2.10^5 \times 1,5}{4.10^5}$ ، $\boxed{V_2=0,75\ m^3}$

ملاحظة : نعتبر الغاز مثالي، وبالتالي يمكن تطبيق قانون الغازات المثالية

$$PV = n\,RT$$

في الحالة (1) : $P_1V_1 = n\,RT$ مع $T_1 = T$

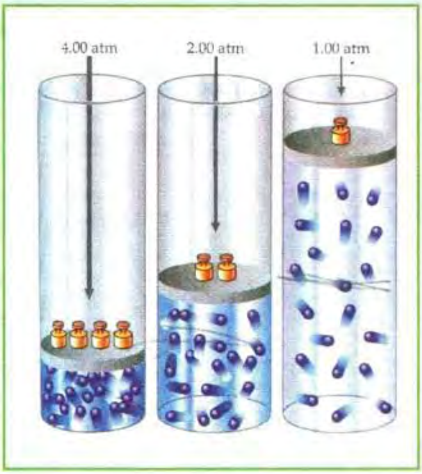
في الحلة (2) : $P_2V_2 = n\,RT$ مع $T_2 = T$

بالقسمة نجد : $\frac{P_1V_1}{P_2V_2} = \frac{nRT}{nRT}$ إذن : $\frac{P_1V_1}{P_2V_2} = 1$.

ومنه : $\boxed{P_1V_1 = P_2V_2}$ وهو قانون بويل.

التمرين 13 (تمرين تجريبي)

إليك التجربة الممثلة في الشكل المقابل :



وفيها نمذجنا جزيئات الغاز بحبيبات صغيرة عددها (20).

1 ▪ كمية المادة (n)، هل تغيرت في المراحل الثلاثة للتجربة؟ ماذا تستنتج؟

2 ▪ أ • قارن بين الحجوم V_1 ، V_2 للغاز في المراحل الثلاثة للتجربة.

ب • قارن بين الضغوط P_1 ، P_2 وP_3.

3 ▪ أ • استنتج علاقة بين المقادير السابقة.

ب • ماهو القانون الذي تمّ تحقيقه؟

4 ▪ أ • أرسم البيانين $P = f(V)$ و $P = g\left(\frac{1}{V}\right)$.

ب • أيّ البيانين يمكن تعيين معادلته بكل سهولة؟ برّر إجابتك.

جـ • استنتج القانون الخاص الذي تظهره هذه التجربة.

الحل

1 ▪ كميّة المادّة (n) :

نمذجت جزيئات الغاز بحبيبات عددها 20، على سبيل المثال لا على سبيل الحصر.

٭ إذن نلاحظ أنّ العدد $n=20$، لم يتغيّر في الحالات الثلاثة للغاز.

نستنتج أن كميّة المادّة (n) لغاز لا تتغيّر، بتغيّر حجم الغاز (V)، ولا بضغطه (P) ولا أيضا بتغيّر درجة حرارته (T) .

2 ▪ أ • المقارنة بين الحجوم V_1، V_2، V_3 لنفس الغاز في حالاته الثلاثة:

من الوثيقة نلاحظ أن : $V_2 = \frac{1}{2}V_1$

كما أن : $V_3 = \frac{1}{2}V_2$ أي : $\boxed{V_3 = \frac{1}{4}V_1}$

ب • المقارنة بين الضغوط P_1، P_2، P_2 لنفس الغاز في حالاته الثلاثة :

من الوثيقة نلاحظ أنّ:

$P_1 = 1,00\ atm$

$P_2 = 2P_1 = 2,00\ atm$

$P_3 = 2P_2 = 4,00\ atm = 4P_1$

3 ■ أ • العلاقة بين المقادير Pi و Vi :

بما أنّ : $P_2=2P_1$ و $V_2=\frac{1}{2}V_1$

بضرب هاتين العبارتين طرفا لطرف نجد :

$P_2V_2=2P_1\times\frac{1}{2}V_1$ أي : $\boxed{P_2V_2=P_1V_1}$

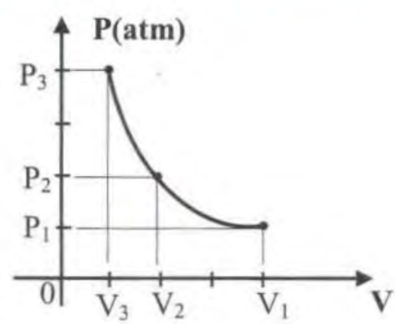
وكذلك لدينا : $P_3=4P_1$ و $V_3=\frac{1}{4}V_1$

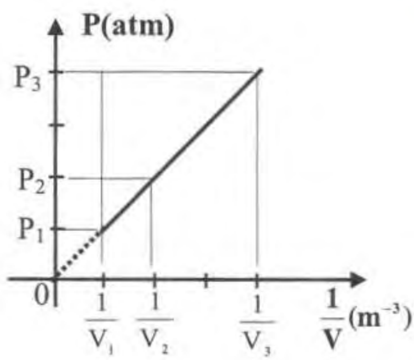
بضرب هاتين العبارتين نجد : $P_3V_3=4P_1\times\frac{1}{4}V_1$ إذن : $\boxed{P_3V_3=P_1V_1}$

من العبارتين المسطرّتين نجد العلاقة : $\boxed{P_1V_1=P_2V_2=P_3V_3}$

ب • القانون الذي استنتجناه هو قانون بويل-ماريوط.

4 ■ أ • رسم البيانين $P=f(v)$ و $P=g\left(\frac{1}{V}\right)$:





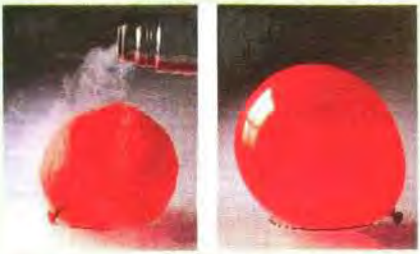
ب • إن البيان $P=g\left(\frac{1}{V}\right)$ هو خط مستقيم فمن السهولة تعيين معادلته.
بينما المنحنى $P=f(v)$ هو منحنى، وبالتالي ليس الأمر السّهل تعيين معادلته.

جـ • لتعيين القانون الخاص الذي تظهره هذه التجربة، نعيّن معادلة المستقيم التي من الشكل $y=a\,x$، إذن : $P=a.\frac{1}{V}$

ومنه : $\boxed{PV=a=cte}$ ، وهذا هو قانون بويل-ماريوط.

التمرين 14 (تمرين تجريبي)

تظهر الوثيقة (1)المرفقة بالونا (نبَولة) منفوخا بالهواء في درجة حرارة الغرفة (حوالي $25°c$) الوثيقة - 1 ، وتحت الضغط الجوي يسكب النَتروجين السَائل وهو في درجة حرارة منخفضة $(-196°c)$.

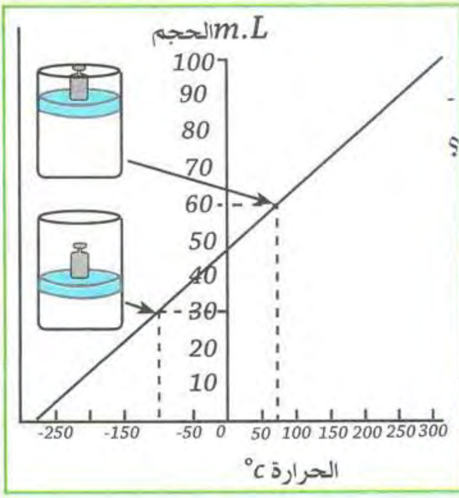


الوثيقة - 1 -

1 ▪ فسّر ماذا حدث للبالون.

2 ▪ أيّ من القوانين يفسّر الظاهرة الحادثة؟

3 ▪ تنمذج الظاهرة السابقة، بالدَراسة البيانية التالية المثلة في الوثيقة (2)



الوثيقة - 2 -

أ • كيف تثبت أنّ الظاهرة حدثت تحت ضغط ثابت.

ب • ماذا تمثل درجة الحرارة t_0، وماهي قيمتها؟

جـ • هل هذه الدّراسة تدلّ على أننا اعتبرنا الغاز المدروس مثالياً؟ برّر إجابتك.

4 ▪ أعط معادلة البيان $V = f(t)$ واستنتج $V = h(t)$ حيث Tدرجة الحرارة المطلقة؟

5 ▪ ماهو القانون المستنتج؟

الحل

1 ▪ نفسّر الذي حدث للبالون، بأنه في درجة جرارة الغرفة ($25°c$) وتحت ضغط ثابت، وهو الضغط الجوّي كان للبالون حجماً معيّنا V_1، وعندما سُكب عليه النتروجين السّائل ، الذي درجة حرارته ($-196°c$) فإنّ حجم الهواء داخل البالون، نقص بشكل دراماتيكي يثير الدّهشة غير أننّا لا نستغرب لذلك، لأن انخفاض درجة الحرارة لغاز، تحت ضغط ثابت يجعل حجمه ينقص، وإذا كان الانخفاض كبيراً، كان نقصان الحجم كبيراً .

2 ◄ قانون «شارل» هو الذي يفسر هذه الظاهرة.

3 ◄ أ • من الوثيقة (2) نلاحظ أن ضغط الغاز ثابت، والدّليل على ذلك أنّ القوة الضاغطة – وهي ثقل الجسم الممثل – لم تتغيّر في الشكل .

ب • T_0 ، هي درجة الحرارة التي ينعدم فيها حجم الغاز ! .

أمّا قيمتها فبقراءة متأنية للبيان نجد : $T_0 = -273°c$

والدّراسة الدقيقة تثبت أنّ : $\boxed{T_0 = -273,15°c}$

جـ • هذه الدّراسة تثبت أن الغاز مثالياً، وإلا كيف نفهم أن حجم الغاز ينعدم عند الدرجة (T_0) ؟! .

4 ◄ معادلة البيان $V = f(t)$:

البيان هو خط مستقيم ميله موجب، لا يمر من المبدأ، فمعادلته من الشكل:

$y = ax + b$ إذن : $V = at + b$

b: تمثل نقطة تقاطع المستقيم مع محور (V)، وبالتالي فهي تمثل قيمة الحجم V_0 في درجة الحرارة $\boxed{t_0 = 0°c}$ ، $b = V_0$

⋆ أمّا a : فيمثل ميل المستقيم $a = \dfrac{V_0 - 0}{0-(-273)}$ ، $\boxed{a = \dfrac{V_0}{273}}$

نعوض في المعادلة السابقة نجد : $V = \dfrac{V_0}{273}t + V_0$ ، $V = V_0\left(1 + \dfrac{1}{273}t\right)$ (⋆)

بوضع : $\alpha = \dfrac{1}{273}$ ، نكتب : $\boxed{V = V_0(1+\alpha t)}$

⋆ استنتاج $V = h(T)$:

نعلم أن : $t = T - 273$ نعوض في العبارة (⋆) نجد :

$$V = V_0\left(1 + \frac{1}{273}(T-273)\right) = V_0\left(1 + \frac{T}{273} - 1\right) = \frac{V_0 T}{273}$$

نضع : $K = \dfrac{V_0}{273}$ ، إذن : $\boxed{V = KT}$

5 ◄ القانون المستنتج هو قانون شارل :

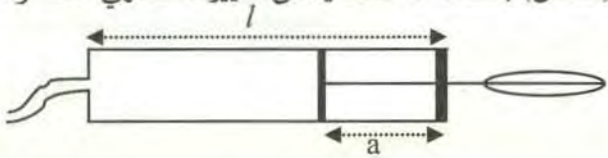
في صيغته بدرجة الحرارة المئوية ، $V = V_0(1+\alpha t)$

و بالدرجة المطلقة $V = KT$.

التمرين 14 (تمرين تجريبي)

يقوم أحمد بنفخ غرفة الهواء (*chambre à air*) لإحدى عجلتي دراجة بالهواء، نفرض أن درجة حرارة الهواء تبقى ثابتة (المضخة)، وبعد نفخ العجلة.

تُنمذج آلة النفخ (المضخة) بأسطوانة طولها $l = 40cm$ ، وبمكبس يمكن تحريك مقبضه داخل الأسطوانة (الشكل) بمسافة a كما يمكن تغييرها. تنتهي الأسطوانة بأنبوب



1 ◂ قبل تحريك المكبس($a=0m$)، وقبل إدخال الأنبوب في صمام العجلة

أ • ماهو ضغط الهواء P_0 داخل العجلة؟ يعطى الضغط الجوي بـ $1Bar$.

ب • أحسب قيمة القوة الضاغطة التي يتعرض لها سطح المكبس الذي قيمته $S' = 10cm^2$.

2 ◂ أ • يقوم أحمد بإدخال الأنبوب في صمَام العجلة، ثم يدفع المكبس إلى مسافة $a_1=20cm$.

عين قيمة الضَغط P_1 الذي يحدثه المكبس في الغاز.

ب • في نهاية النفخ يكون يتحرك المكبس بمسافة $a_2=30cm$.

أحسب قيمة الضغط P_2 في غرفة الهواء .

3 ◂ في الحقيقة تكون درجة حرارة الهواء المضغوط في نهاية النفخ مساوية إلى $t_2 = 40°c$ ، علماً أن الهواء الداخل إلى غرفة الهواء كانت درجة حرارته $10°c$.

أحسب قيمة الضَغط الحقيقي عند نهاية النفخ.

الحل

1 ◂ أ • ضغط الهواء P_0 داخل العجلة :

هو نفسه الضغط الجوي فآلة النفخ مفتوحة من جهة الأنبوب، كمَا أن المكبس متوازن فهو يخضع لضغط الهواء من كلا سطحيه.

إذن : $\boxed{P_0 = 1Bar = 10^5\ Pa}$

ب • شدة القوة الضاغطة F :

نعلم أن : $P = \dfrac{F}{S}$ إذن : $\boxed{F = P_0 . S'}$

نعوضَ فنجد : $F=10^5 \times(10 \times 10^{-4})$ ، $\boxed{F = 10^2\ N}$

2 ▪ أ • قيمة الضغط P_1

إن الضغط الذي يحدثه المكبس في غاز الهواء هو نفسه ضغط الهواء، لنطبق قانون بويل – ماريوط على الهواء قبل وبعد الضغط

حسب قانون بويل-ماريوط $P_1V_1 = P_0V_0$ إذن : $\boxed{P_1=\frac{P_0 V_0}{V_1}}$

لدينا : حجم أسطوانة المضخة = V_0 = حجم الهواء قبل الضغط ، $V_0 = S'.l$

كما أن : $V_1 = S'(l - a_1)$ = حجم الهواء بعد الضغط

إذن : $P_1=\frac{P_0.\cancel{S'}.l}{\cancel{S'}(l-a_1)}$ منه نجد : $\boxed{P_1=\frac{P_0.l}{l-a_1}}$

نعوّض فنجد : $P_1=\frac{10^5 \times 0,40}{0,40-0,20}$ ، $\boxed{P_1 = 2.10^5\ Pa = 2\ Bar}$

ب • قيمة الضغط P_2 :

بنفس الطريقة السّابقة نجد : $P_2=\frac{P_0.l}{l-a_2}$

وبالتعويض فنجد : $P_2=\frac{10^5 \times 0,40}{0,40-0,30}$ ، $\boxed{P_2 = 4.10^5\ Pa = 4\ Bar}$

3 ▪ حساب الضغط الحقيقي P'_2 :

في الحالة السابقة حسبنا قيمة P_2 على أساس أن درجة حرارة الهواء ثابتة لا تتغير.

غير أنّه في هذه الحالة ، نعتبر أن درجة الحرارة تتغير من القيمة $t_0=10°c$ أي :

$T_0 = 10 + 273$ ، $T_0 = 283K$إلى درجة الحرارة $t_2 = 40°c$

أي : $T_2 = 40+273$ ، $T_2 = 313K$

• نستعمل قانون الغازات المثالية $PV = n\,RT$

حيث: n: كمية غاز الهواء داخل المضخة وهو مقدار ثابت، لا تتغير بتغيّر المقادير Vأو P و T .

فعند الحرارة T_0 : لدينا : $P_0V_0 = n\,RT_0$ ، $\frac{P_0V_0}{T_0} = nR$

فعند الحرارة T_2 : لدينا : $P'_2V_2 = n\,RT_2$ ، $\dfrac{P'_2V_2}{T_2} = nR$

نلاحظ أنَ : $\dfrac{P'_2V_2}{T_2} = \dfrac{P_0V_0}{T_0}$ ، إذن : $P'_2 = \dfrac{P_0V_0T_2}{V_0T_0}$

لدينا : $V_0 = S'l$ و $V_2 = S'(l - a_2)$

إذن : $P'_2 = \dfrac{P_0\cancel{S'}\,l\,T_2}{\cancel{S'}(l-a_2)T_0}$ ، ومنه نجد : $\boxed{P'_2 = \dfrac{P_0\,l}{l-a_2}.\dfrac{T_2}{T_0}}$

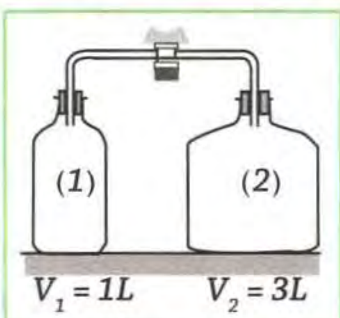
نعوض فنجد : $P'_2 = \dfrac{10^5 \times 0,40}{0,40-0,30}.\dfrac{313}{283}$

$\boxed{P'_2 = 4,42.10^5\ Pa = 4,42\ Bar}$

وهكذا نلاحظ أن قيمة الضغط تتبدل عندما نأخذ بعين الإعتبار، تغيَر درجة الحرارة.

التمرين 16

قارورتان مسدودتان حجماهما $V_1=1L$ و $V_2=3L$، يتَصلان ببعضهما بواسطة أنبوب، يهمل حجمه به صنبور، يكون مغلقًا في البداية. القارورة (2) فارغة، والقارورة (1) مملوءة بالهواء ضغطه $P_0 = 5\ bar$ ودرجة حرارته $t=10°c$ نفتح الصنبور.



1 ◄ أحسب الضغط النهائي للهواء في كلا القارورتين، نعتبر أن درجة حرارة الهواء بقيت ثابتة.

2 ◄ أحسب كمية مادة الهواء المتواجد في كل قارورة.

يعطى : $R = 8,314.Pa.m^3.mol^{-1}.K^{-1}$

الحل

1 ◄ حساب الضغط الجديد:

عند فتح الصّنبور يتسرّب الهواء من القارورة (1) المملوءة به إلى القارورة (2) الفارغة (حتّى من الهواء). فينقص ضغطه.

لنحسب عندئذ الضغط الجديد باستعمال قانون بويل-ماريوط

$$P_{\text{ابتدائي}} V_{\text{ابتدائي}} = P_{\text{نهائي}} V_{\text{نهائي}}$$

إذن : $\boxed{P_{\text{نهائي}} = \dfrac{P_{\text{ابتدائي}} V_{\text{ابتدائي}}}{V_{\text{نهائي}}}}$

لدينا : $V_{\text{ابتدائي}} = V_1 = 1L$ فالهواء في البداية كان موجودا في القارورة (1) فقط

$V_{\text{نهائي}} = V_1 + V_2 = 1+3 = 4L$ فالهواء يملئ القارورتين عند فتح الصّنبور.

إذن : إذن : $P_{\text{نهائي}} = \dfrac{5\times 1}{4}$ ، $\boxed{P_{\text{نهائي}} = 1,25\ Bar}$

2 ◄ حساب كمية مادة الهواء في القارورتين:

كمية مادة الهواء (n_0) قبل فتح الصّنبور تساوي كميّة مادة الهواء(n_1+n_2) بعد فتح الصنبور أي : $n_0 = n_1+n_2$

n_1 ، n_2 هي كميتا مادة الهواء اللّتان تتوزعان في القارورتين (1) و (2) على الترتيب بعد فتح الصنبور.

نستعمل قانون الغازات المثالية : $P_0V_0 = n_0 RT_0$

إذن : $\boxed{n_0 = \dfrac{P_0V_0}{RT_0}}$

يجب تحويل جميع القيم إلى الوحدات الدّولية:

$P_0 = 5Bar = 5.10^5 Pa$

$V_0 = 1l = 1.10^{-3} m^3$

$T_0 = t_0 + 273 = 10 + 273 = 283K$

$R = 8,314.Pa.m^3.mol^{-1}.K^{-1}$

نعوّض فنجد : $n_0 = \dfrac{5.10^5 \times 1.10^{-3}}{8,314 \times 283} = 0,2125 mol$ ،

ومنه : $\boxed{n_0 = 2,12.10^{-1}\ mol}$

لنحسب الآن n_1 :

بنفس الطريقة نجد : $n_1 = \frac{P_1 V_1}{RT_1}$ مع $T_1 = T_0$

لأن درجة الحرارة لا تتغيّر، وأيضا: $P_1 = P_{نهائي}$

نعوض فنجد : $n_1 = \frac{1,25.10^5 \times 1.10^{-3}}{8,314 \times 283}$ ومنه: $\boxed{n_1 = 5,3 .10^{-2} mol}$

نحسب n_2:

كذلك $\frac{1,25.10^5 \times 3.10^{-3}}{8,314.283} = \frac{P_2 V_2}{RT_2} = n_2$ ومنه: $\boxed{n_2 = 1,59 .10^{-1} mol}$

طريقة ثانية :

لدينا : $n_2 = n_0 - n_1$ ، إذن : $n_2 = 0,212 - 0,053$

ومنه : $n_2 \cong 0,159\ mol$ وهي نفس النتيجة السابقة.

التمرين 17 (وضعية إدماجية)

في مخبر الكيمياء، وجد أحمد زجاجة مغلقة، تحتوي على غاز شفاف مجهول.
أراد أن يكشف عن نوع هذا الغاز، فأخذ عيّنة منه بواسطة حقنة، وأجرى عليها قياسات ماكروسكوبية، تصف حالة الغاز، فوجد النتائج التالية:

$t = 25°c$ ، $P=1,013.10^5 Pa$ ، حجم الغاز المجهول داخل الحقنة $V=153cm^3$

كتلة الحقنة فارغة $m=86,30g$

كتلة الحقنة مملوءة بالغاز $m'=86,59g$

حسب هذه النتائج، حدّد نوع الغاز المجهول من بين الغازات التالية :

الغاز	N_2	SO_2	O_2	NO_2	H_2
$M(g/mol)$	28	64	32	46	2

الحل

لتحديد نوع الغاز يجب تعيين كتلته المولية الجزيئية M

* من أجل ذلك نعين كمية المادة n ، باستعمال القانون العام للغازات

$PV = n RT$. $n = \frac{PV}{RT}$

$$n=\frac{1,013.10^{5}\times1,53.10^{-4}}{8,314.(273+25)}=6,26.10^{-3}mol$$

لكن: $n=\frac{m_{غاز}}{M_{غاز}}$ و $m_{غاز}=m'-m$ إذن: $M_{غاز}=\frac{m_{غاز}}{n}=\frac{m'-m}{n}$

نعوض فنجد: $M_{غاز}=\frac{86,59-86,30}{6,26.10^{-3}}$

ومنه: $\boxed{M_{غاز}\cong 46,3\ g/mol}$ وهي الكتلة المولية الجزيئية للغاز (NO_2) حسب ما أُعطي في الجدول.

التمرين 18 (إستنتاج قانون أفوقادرو – آمبير)

تعطى عند درجة الحرارة $0°c$، وتحت الضغط الجوّي النظامي، الكتل الحجمية للغازات التالية:

- غاز ثنائي الكلور Cl_2 : $\rho_1=3,17\ Kg.m^{-3}$
- غاز ثنائي أكسيد الكربون CO_2 : $\rho_2=1,96\ Kg.m^{-3}$
- غاز الميثان CH_4 : $\rho_3=0,71\ Kg.m^{-3}$

1 ▪ عيّن كميات المَادة n_1، n_2، n_3 المتواجدة في $1cm^3$ من كلّ غاز. ماذا تلاحظ؟

2 ▪ ماهو القانون الذي يمكن استنتاجه. أعط نصه.

يعطى: $M(C)=12g.mol^{-1}$، $M(H)=1g.mol^{-1}$

$M(O)=16\ g.mol^{-1}$، $M(Cl)=35,5g.mol^{-1}$

الحل

1 ▪ تعيين كمية المَادة n لكل غاز:

نعلم أن: $n=\frac{m}{M}$ مع: m كتلة الغاز وM: الكتلة المولية الجزيئية له

كما أن الكتلة الحجمية ρ تعطى بالعبارة: $\rho=\frac{m}{V}$ حيث V: هو حجم الغاز

إذن: $m=\rho\ .\ V$ ومنه نجد: $\boxed{n=\frac{\rho\ .\ V}{M}}$

• بالنسبة للغاز Cl_2 :

$$V=1cm^3=10^{-6}\,m^3 \quad ، M(Cl_2)=35,5\times2=71g/mol$$

إذن: $n_1=\dfrac{\rho_1 .V}{M(Cl_2)}$ ومنه: $n_1=\dfrac{3,17\times1.10^{-6}}{71.10^{-3}}$

إذن : $\boxed{n_1 = 4,46.10\text{-}5mol}$

• بالنسبة للغاز(CO_2) :

$$V=1cm^3=10^{-6}\,m^3 \quad ، M(CO_2)=44.10^{-3}kg/mol$$

لدينا: $n_2=\dfrac{\rho_2 .V}{M(CO_2)}$

إذن: $n_1=\dfrac{\rho_1 .V}{M(Cl_2)}$ ومنه: $n_2=\dfrac{1,96\times1.10^{-6}}{44.10^{-3}}$

إذن : $\boxed{n_1\cong4,46.10^{-5}mol}$

• بالنسبة للغاز(CH_4) :

$$V=1cm^3=10^{-6}\,m^3 \quad ، M(CH_2)=16.10^{-3}kg/mol$$

لدينا: $n_3=\dfrac{\rho_3 .V}{M(CH_4)}$ نعوض فنجد: $n_3=\dfrac{0,71\times1.10^{-6}}{16.10^{-3}}$

إذن : $\boxed{n_3\cong4,44.10^{-5}mol}$

نلاحظ أن عدد المولات تقريباً متساوي، أي: $n_1 = n_2 = n_3$

2 ◄ القانون الذي يمكن استنتاجه هو : قانون أفوقادرو-آمبير
الذي ينص على ما يلي:

الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة، تحتوي على نفس عدد الجزيئات إذا كانت تخضع لنفس الشرطين من الضغط ودرجة الحرارة.

الوحدة 2 ❖ قياس الناقلية

طريقة لقياس كمية المادة في المحاليل $G.\sigma.\lambda$

1 – الخلائط والمحاليل المائية:

1-1 – الخليط: هو مزيج من مادتين أو أكثر.

نوعا الخليط:

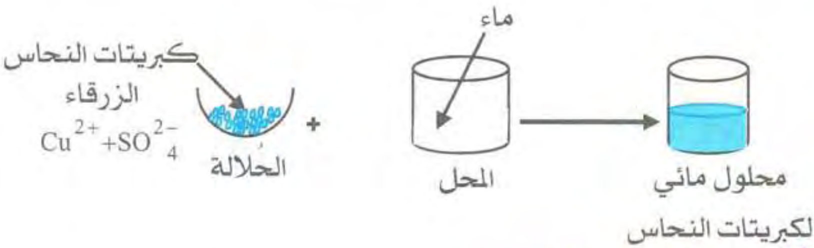
الخليط غير المتجانس: إذا تّم التمييز بالعين المجردة بين مواده المختلفة.

الخليط المتجانس: إذا لم يتم التمييز بالعين المجردة بين مواده المختلفة، عندئذ نسميه المحلول.

1-2 – المحلول المائي:

هو خليط متجانس يتكون من مادتين أو أكثر، بحيث أن الماء هو المحَل (أو المذيب *solvant*) وتكون كمَيته أكبر والمادة المنحلة تسمى الحلالة (أو المذاب *Soluté*).

مثال:



1 - 3 - أنواع المحاليل المائية:

- **المحاليل الشاردية**: تتكون من نوعين من الشوارد الكهربائية السالبة (X^{n-}) والموجبة (M^{n+}) وهي ناقلة للتيار الكهربائي.

مثال: محلول كبريتات النحاس $Cu^{2+}+SO_4^{2-}$.

- **المحاليل الجزيئية**: تتكون من جزيئات متعادلة كهربائيا، فهي غير ناقلة للتيار الكهربائي.

مثال: محلول سكري.

2 المقاومة والناقلية:

2 1 المقاومة R:

تعريف

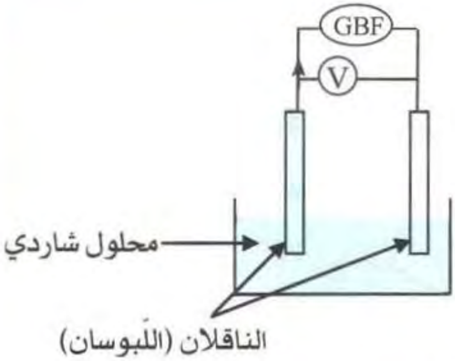
مقاومة جزء (حجم) من محلول شاردي محصور بين ناقلين يساوي نسبة التوتر الكهربائي بينهما (U) إلى شدة التيار الكهربائي I، المَار في جزء المحلول.

أي: $\boxed{R_{(\Omega)}=\frac{U}{I}}$

R: المقاومة وتقاس بالأوم $[\Omega]$

U: التوتر الكهربائي بين طرفي الناقلين ويقاس بالفولط $[V]$

I: شدة التيار الكهربائي



2 2 الناقلية G:

تعريف

الناقلية محلول حاصل قسمة (I) على (V) أي: $\boxed{G=\frac{I}{U}}$

G: الناقلية وتقاس بوحدة هي سيمنس $[S]$.

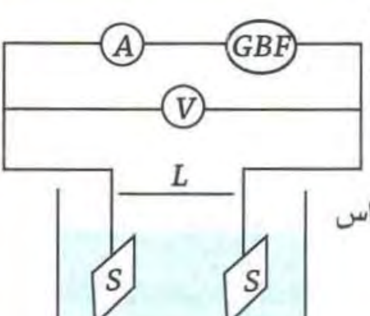
كيف تقاس الناقلية لمحلول G؟

تقاس الناقلية بجهاز يدعى خلية قياس الناقلية (الشكل)

تتألف دارة الناقلية من:

صفيحتين معدنيتين سطح كل منهما (S) والبعد بينهما (L)، تغمسان في المحلول الشاردي وتغذى الدارة الكهربائية بواسطة مولّد للتوترات المنخفضة GBF، فيسرى فيها تيار كهربائي متناوب جيبي، تقاس شدته المنتجة (I_e) بواسطة مقياس آمبير (A). أما مقياس الفولط، فيسمح بقياس فرق الكمون المنتج (U_e).

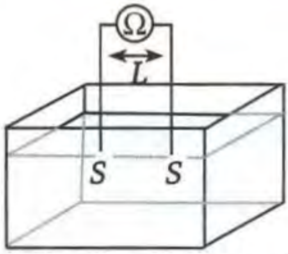
كما هو موضّح في الشكل 2 المقابل.



وهكذا نستطيع بطريقة غير مباشرة قياس الناقلية للمحلول الشاردي بالاستعانة

بالعلاقة $\boxed{G=\frac{I_{eff}}{U_{eff}}}$

✓ ملاحظة هامة:

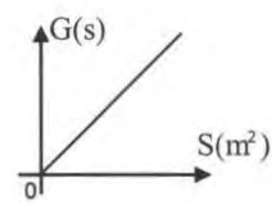


* يمكن قياس G باستعمال مقياس الأوم (*Ohmètre*) بربطه بين طرفي الصّفيحتين، فنحصل على قيمة المقاومة R للمحلول الشاردي (كما هو موضح في الشكل 2) ومن ثم نحسب G إنطلاقاً من العلاقة : $\boxed{G=\frac{1}{R}}$

* الحجم $V=S.L$ من المحلول الشاردي والمحصور بين الجزئين المغمورين من الصفيحتين يسمّى خلية النّاقلية.

3 قياس ناقلية محلول، وتحديد العوامل المؤثرة فيه:

3 1 تأثير السطح S للخلية على G:

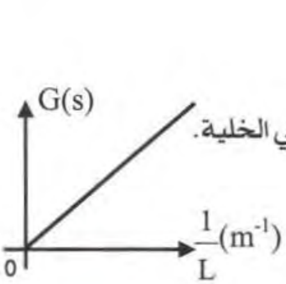


أنظر التمرين 5

الناقلية G لمحلول شاردي تتناسب طرداً مع السطح S للخلية

$\boxed{G=C_1 . S}$ C_1: هو ثابت التناسب.

3 2 تأثير البعد (L) بين صفيحتي الخلية على G:



أنظر التمرين 6

الناقلية G لمحلول شاردي تتناسب عكساً مع البعد L بين صفيحتي الخلية.

$\boxed{G=C_2\frac{1}{L}}$ C_2: هو ثابت التناسب.

استنتاج: من الدراستين السابقة نستنتج أن $G=C_1C_2\frac{S}{L}$

وبوضع $C_1 C_2 = \sigma$ نكتب: $\boxed{G=\sigma \frac{S}{L}}$

G: الناقلية وتقاس بـ$[s]$
σ: الناقلية النوعية وتقاس بـ$[s.m^{-1}]$
S: سطح الجزء المغمور من الصفيحة في المحلول ويقاس بـ$[m^2]$
L: البعد بين الصفيحتين بـ $[m]$

اصطلاح: نسمي المقدار $G=\frac{S}{L}$ بثابت الخلية، إذن نكتب $\boxed{G=K\sigma}$

3-3 - تأثير التركيز (C) للمحلول الشاردي على الناقلية G:

أنظر التمرين 7

* الناقلية G لمحلول شاردي تتناسب طردا مع التركيز (C) للمحلول

$\boxed{G = C_3\, C}$ a_3: هو ثابت التناسب

* يسمَى البيان $G = f(c)$ بمنحنى المعايرة لخلية قياس الناقلية.

وجدنا سابقا $G=\sigma \frac{S}{L}$ كما أنَ: $G = a_3\, C$ إذن: $a_3 C=\sigma \frac{S}{L}$

ومنه نجد أن: $\sigma = \frac{a_3\, L}{S}.C$ ، نضع: $\lambda = \frac{C_3\, L}{S}$ ونسميه الناقلية النوعية المولية

إذن نكتب: $\boxed{\sigma = \lambda\, .\, C}$

σ: الناقلية النوعية وتقاس بـ $(S.m^{-1})$
C: التركيز ويقاس بـ$(mol.m^{-3})$ وليس $(mol.L^{-1})$
λ : الناقلية النوعية المولية ويقاس بـ $(S.m^2.mol^{-1})$

✓ ملاحظة هامة:

* هذه العلاقات صحيحة في حالة تركيز المذاب $C \leq 10^{-2} mol/L$
* كُلُّ محلول شاردي يحتوي على نوعين من الشوارد، الشوارد الموجبة (X^+)، والشوارد السالبة (X^-)، ولذا فإن له ناقليتان $\lambda_{(x^+)}$ و $\lambda_{(x^-)}$

لذا نكتب: $\lambda = \lambda_{(X+)} + \lambda_{(X-)}$ ومنه نكتب: $\boxed{\lambda = [\lambda_{x+} + \lambda_{x-}]C}$

وفي الحالة العامَة، فإن عدد الشوارد الموجبة (X^+) لا يساوي عدد الشوارد السالبة(X^-) في المحلول الشاردي. ولذا فإن تركيزهما $[X^-]$ و $[X^+]$ يكون مختلفاً، لذا نكتب من جديد:

$$\boxed{\lambda = \lambda_{x+} [X^+] + \lambda_{x-} [X^-]}$$

وإذا كان في المحلول الشاردي، أكثر من نوعين من الشوارد، فإننا تعمَم النتيجة السابقة بالعبارة التالية: $\boxed{\sigma = \sum \lambda_i [X_i]}$ ويسمى قانون كولروش (*Kohlrausch*).

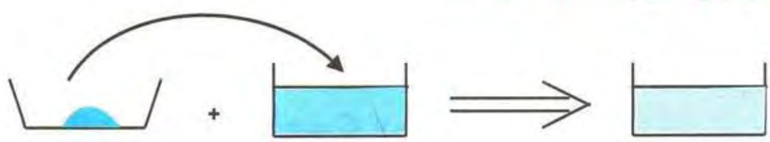
4 جدول بقيم الناقلية النوعية المولية λ لبعض الشوارد في درجة الحرارة $25°C$:

الشاردة	Na^+	K^+	Cl^-	Mn^{2+}
الاسم	الصوديوم	البوتاسيوم	الكلور	المنغنيز
λ $(s.m^2.mol^{-1}.10^{-3})$	5,01	7,35	7,63	10,7

الشاردة	Fe^{2+}	HO^-	H_3O^+
الاسم	الحديد الثنائي	الهيدروكسيد	الهيدرونيوم (الأكسونيوم)
λ $(s.m^2.mol^{-1}.10^{-3})$	10,7	19,9	35,0

5 التركيز:

5 1 التركيز المولي للمذاب C:



المذاب + المحل المذيب ⟹ المحلول

n : بالمول $[mol]$

V : باللتر $[L]$

C : بالمول/لتر $[mol/L]$

$$C = \frac{\text{كمية المادة (عدد مولات المذاب)}}{\text{حجم المحلول باللتر}} \quad , \quad \boxed{C = \frac{n_{\text{مذاب}}}{V}}$$

$$n = \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{الكتلة المولية الجزيئية له}} \quad , \quad n_{(mol)} = \frac{m_{(g)}}{M_{g/mol}}$$

5 2 التركيز المولي للشوارد [X]:

$$[X] = \frac{\text{عدد مولات الشوارد}}{\text{حجم المحلول باللتر}} \quad , \quad \boxed{[X]_{(mol/L)} = \frac{n_{X\ (mol)}}{V_{(L)}}}$$

6 – تحضير المحاليل:

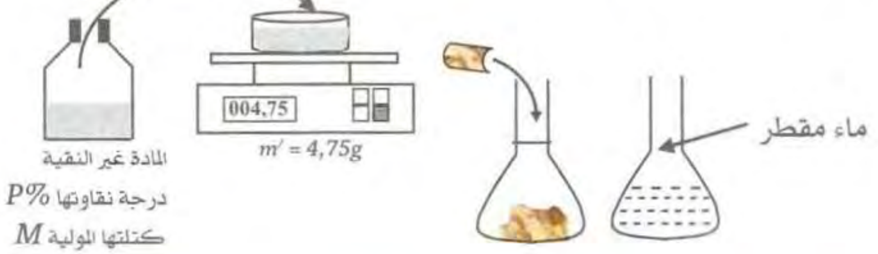
إنّ المواد الكيميائية الموجودة في المخبر ليست نقية تماما، وعليه فإنّه لتحضير محلول معيّن تركيزه C وحجمه V من مذابA، كتلته المولية M، ودرجة نقاوته $P\%$ ندرس الحالتين التاليتين:

6-1 - تحضير محلول إنطلاقاً من مادة صلبة:

نأخذ كتلة m' من المادة غير النقية، قيمة هذه الكتلة تعطى بالعلاقة:

$$\boxed{m'_{(g)} = \frac{100M.V.C}{P\%}}$$ والنتيجة نحصل عليها بالغرام (g)

- نزن بقدر هذه الكتلة m'
- نفرغها في حوجلة تتميز بالعيار الذي حجمه V
- نكمل بالماء المقطر حتى خط العيار
- نسّد الحوجلة، ونرجّ المزيج، فنحصل على محلول من المادة (A)تركيزه C وحجمه V



6-2 - تحضير محلول إنطلاقاً من مادة سائلة:

لتحضير محلول حجمه Vوتركيزه Cمن محلول تجاري كثافتهd ودرجة نقاوته$P\%$ وكتلته الموليةM نتّبع الخطوات التالية:

- نأخذ حجماً V' من المحلول التجاري (المحلول الأم)، بعد حساب قيمته من العلاقة والنتيجة نحصل عليها بـ (mL). $V'_{(mL)} = \frac{100.M.V.C}{P\%.d}$
- نفرغه في حوجلة تتميز بالعيار V.
- نكمل بالماء المقطر حتى خط العيار.
- نسدّ الحوجلة. ونرج المزيج فنحصل على المحلول المطلوب.

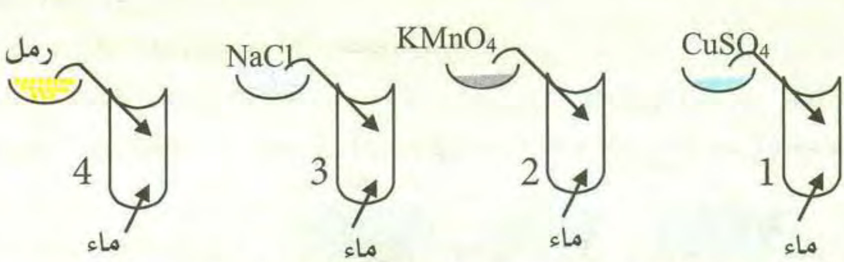
التمرين 1

1 ■ أجب بصحيح أو خطأ، وصحّح العبارة الخاطئة فيما يلي:

أ • الخليط المتجانس، هو مزيج من مادتين أو أكثر، يمكن بالعين المجردة التمييز بين موادها.

ب • الخليط غير المتجانس هو مزيج من مادتين أو أكثر لا يمكن التمييز بين موادها بالعين المجردة.

2 ■ حدّد لون ونوع الخليط المتحصل عليه:



3 ■ في التجارب الممثلة في السؤال السابق 2 ، هل نعتبر المحاليل المتحصل عليها محاليل مائية؟ إشرح.

4 ■ نحضر ما يلي: 3 أنابيب إختبار في كل واحد $20mL$ ماء، نضيف إلى الأول $5mL$ كحول والثاني $20mL$ كحول، وللثالث $30mL$ كحول.

إملأ الجدول:

رقم الأنبوب	1	2	3
إسم المحل			
إسم الحلالة			

بناءاً على ما سبق ميّز بين المحل (المذيب) والحلالة (المذاب) والمحلول المائي.

الحل

1 ■ أ • خطأ، والصحيح هو:

الخليط المتجانس هو مزيج من مادتين أو أكثر لا يمكن بالعين المجردة، التمييز بين موادها.

ب • خطأ، والصحيح هو: الخليط غير المتجانس هو مزيج من مادتين أو أكثر يمكن بالعين المجردة، التمييز بين موادها.

2 ◄ تحديد لون الخليط ونوعه:

رقم الأنبوب	1	2	3
إسم المحل	الكحول	الكحول أو الماء	الماء
إسم الحلالة	الماء	الماء أو الكحول	الكحول

3 ◄ إذا كان المذيب هو الماء، والخليط (مذيب +مذاب) متجانس، فإن الناتج نعتبره محلولاً مائياً. وهذا هو حال المحاليل 1 و 2 و3

أمّا الأنبوب 4 ففيه خليط غير متجانس لذا لا نعتبره بالمرة محلولاً مائياً.

4 ◄ ملء الجدول:

الخليط	1	2	3	4
لونه	أزرق	بنفسجي	شفاف	شفاف + لون الرمل
نوعه	متجانس	متجانس	متجانس	غير متجانس

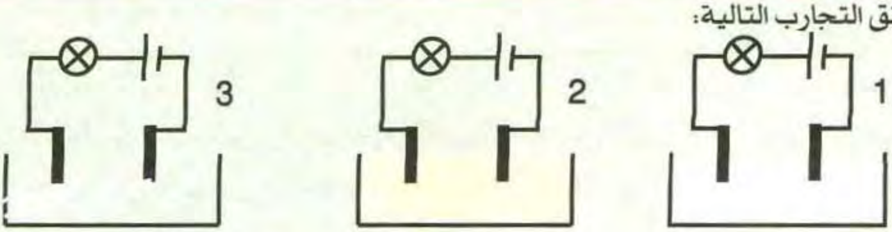
المخل (المذيب *Solvant*) : هو المادة التي تكون كميتها أكبر من المحلول.

الحلالة (المذاب *Solution aqueuse*): هي المادة التي تكون كميتها أقل في المحلول.

المحلول المائي: هو المحلول الذي يكون فيه المذيب هو الماء.

التمرين 2

نحقق التجارب التالية:



محلول كلور الصوديوم $(Na^+ + Cl^-)$ — محلول سكري $C_6H_{12}O_6$ — مسحوق كلور الصوديوم Na^+Cl^-

1 ◄ أ • في أيّ تجربة يتوهج المصباح.

ب • فسّر سبب مرور التيار الكهربائي في المحلول $(Na^+_{(aq)}+Cl^-_{(aq)})$ وعدم مروره في مسحوق كلور الصوديوم، أو في المحلول السكري.

2 ◄ بناء على ما سبق أكمل مايلي:

- حاملات الشحنة في النواقل هي ....
- حاملات الشحنة في المحاليل هي ....
- تتحرك الشوارد .... نحو المصعد، والشوارد .... نحو المهبط.

الحل

1 أ • يتوهج المصباح في حالة المحلول الشاردي وهو محلول كلور الصوديوم $(Na^+_{(aq)}+Cl^-_{(aq)})$ من التجربة 1.

ب • إن الشوارد في المحاليل المائية هي المسؤولة عن مرور التيار الكهربائي فيها.

وعليه فإن الشوارد $Na^+_{(aq)}$ و $Cl^-_{(aq)}$ تسبب مرور التيار الكهربائي.

غير أن الشوارد إذا كانت صلبة أي $Na^+_{(S)}$ و ليس و $Cl^-_{(S)}$ في حالة مسحوق كلور الصوديوم $(Na^+ +Cl^-)_{(s)}$ فإنها لا تستطيع الحركة، وبالتالي لا ينشأ تيار كهربائي.

أمّا في المحاليل الجزيئية مثل المحلول السكري $C_6H_{12}O_6$ ، فإنه لا ينقل التيار الكهربائي لعدم إحتوائه على شوارد.

2 إكمال الفراغات:

* حاملات الشحنة في النواقل هي الإلكترونات
* حاملات الشحنة في المحاليل هي الشوارد
* تتحرك الشوارد السالبة نحو المصعد، والشوارد الموجبة نحو المهبط.

التمرين 3 (تمرين تجريبي)

إليك التجربة التالية:

خذ ورقة ترشيح، بلّها بمحلول ناقل للتيار الكهربائي مثل المحلول K_2SO_4 الشفاف، وضع عليها صفيحتين معدنيتين متقابلتين، متصلتين بمولد لتوتر مستمر ، ثم أغلق الدارة بالقاطعة، كما هو موضح في الشكل.

أفرغ بين الصفيحتين مزيجا من محلول كبريتات النحاس الزرقاء $(CuSO_4,5H_2O)$ ومحلول بيكرومات البوتاسيوم البرتقالية $(K_2Cr_2O_7)$

1 أ • ماذا تلاحظ على الورقة المبلّلة ؟
وكيف تفسر ذلك؟

ب • هل يمر التيار الكهربائي في الدارة؟

2 حدد اللون الظاهر على ورقة الترشيح من جانب كل من المصعد والمهبط.

3 قارن بين آلية النقل الكهربائي في المحاليل الشاردية، والنواقل؟

الحل

1 ▪ أ • نلاحظ على الورقة المبللة عند غلق القاطعة إنتشار لونين وهما البرتقالي والأزرق في جهتين متعاكستين.

* نفسّر ذلك بانتقال الشوارد $Cr_2O_7{}^{2-}{}_{(aq)}$ في جهة والشوارد $Cu^{2+}{}_{(aq)}$ في جهة معاكسة. وهذا ما يعرف بهجرة الشوارد.

ب • نعم يمر تيار كهربائي في الدارة.

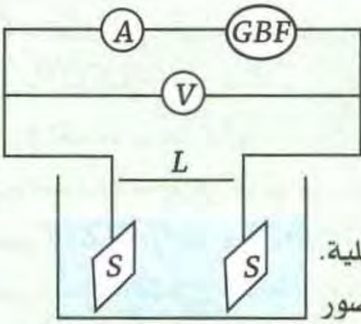
2 ▪ إنّ اللون البرتقالي وهو لون الشوارد السالبة $Cr_2O_7{}^{2-}{}_{(aq)}$ ، هو الذي إنتقل بجهة المصعد، واللون الأزرق وهو لون الشوارد الموجبة $Cu^{2+}{}_{((aq)}$ هو الذي انتقل بجهة المهبط.

3 ▪ إنتقال الشوارد في المحاليل الشاردية في جهتين متعاكستين يضمن مرور التيار الكهربائي، أمّا النواقل فانتقال الإلكترونات فيها يتّم في جهة واحدة.

التمرين 4

أجب بصحيح أو خطأ:

1 ▪ تمثل خلية قياس الناقلية بالنموذج الممثل في الشكل التالي:



2 ▪ يعطى مولد GBF ، توتراً كهربائياً متناوباً منخفض التواتر.

3 ▪ يقيس مقياس الفولط $Ueff$ بين طرفي المولد.

4 ▪ يقيس مقياس الأمبير $Ieff$ التيار المار في دارة الخلية.

5 ▪ تقاس الناقلية الكهربائية G لجزء المحلول المحصور بين الصفيحتين (اللبوسين) بالعبارة: $G=\dfrac{Ieff}{Ueff}$

6 ▪ وحدة الناقلية هي "سيمنس" ويرمز لها بـ(S) في الجملة العالمية للوحدات .

7 ▪ إنّ الحجم المحصور بين جزئي الصفيحتين المغمورتين في المحلول الشاردي يسمى "خلية قياس الناقلية"، ويعطى بالعبارة: $V= S\ L$

حيث: S هو السطح المغمور من كل صفيحة و L هو البعد بين الصفيحتين

8 ▪ الناقلية (G)هي مقلوب المقاومة (R) لخلية قياس الناقلية.

الحل

1 ■ صحيح 2 ■ صحيح 3 ■ صحيح 4 ■ صحيح 5 ■ صحيح

6 ■ صحيح 7 ■ صحيح 8 ■ صحيح

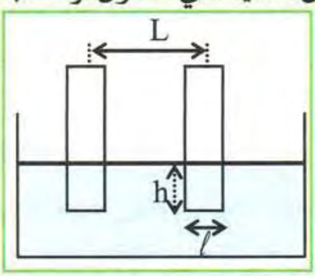
التمرين 5 (تأثير سطح الخلية (S)على ناقليتها (G))

نهدف من خلال هذه التجربة إلى دراسة تأثير سطح الخلية (S)على ناقليتها (G)، من أجل ذلك نتّبع الخطوات التالية:

* نحضّر محلولاً ملحياً مخففاً، مثل محلول كلور الصوديوم $(N_{a}{}^{+}{}_{(aq)}+Cl^{-}{}_{(aq)})$ ، تركيزه $10^{-2}mol.L^{-1}$
* نضع حوالي $50mL$ في الخلية الممثلة في شكل التمرين السابق، فيكون إرتفاع الجزء المغمور من الصفيحة هو ($h=0,01s$)، (يعطى عرض الصفيحة (ℓ) بالقيمة ($3cm$)، نبقى على البعد (L) بين الصفيحتين ثابت طيلة التجربة.

1 ■ أ • أعط عبارة المساحة (S) للجزء المغمور من كل صفيحة في المحلول، وهذا بدلالة (h) و (ℓ).

ب • أحسب قيمة (S).



2 ■ بالاستعانة بجهازي الفولطمتر والآمبير متر، نقيس $Ueff=1,25V$ و $Ieff=1A$

أحسب قيمة الناقليتين للخلية بـ (ms).

3 ■ نكرّر التجربة من أجل حجوم مختلفة، وندوّن النتائج في الجدول التالي:

حجم المحلول المسكوب (mL)	$h(m)$	$S(m^2)$	U_e (V)	I_e (mA)	$G(ms)$
50	0,01		1,25	1,0	
100	0,02		2,5	4,0	
150	0,03		3,4	8,0	
250	0,05		5,0	20	

أ • إملأ الجدول السابق.

ب • أرسم المنحنى البياني $G= f(s)$ ، ماذا نستنتج؟

جـ • جد لعلاقة بين (G)و (S).

الحل

1 ـ أ • عبارة السطح (S) للجزء المغمور من كل صفيحة:

الصفيحة لها شكل مستطيل إذن: العرض × الطول = S ومنه: $\boxed{S=h\times\ell}$

ب • حساب قيمة (S):

لدينا: $h = 0,01m$ و $\ell = 3cm = 3.10^{-2}m$

إذن: $S = 0,01\times3.10^{-2}$ ، $\boxed{S = 3.10^{-4}\ m^2}$

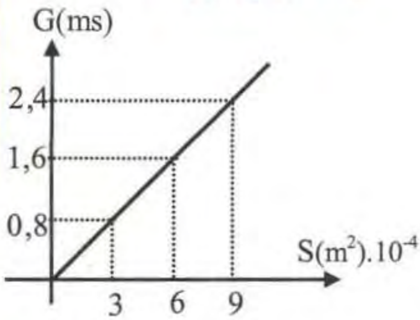
2 ـ حساب قيمة الناقلية G للخلية ،

نعلم أن: $G=\dfrac{I_{eff}}{U_{eff}}$ ، نعوض فنجد: $G=\dfrac{1mA}{1,25V}$ ، إذن: $\boxed{G=0,8ms}$

3 ـ أ • ملء الجدول:

$G(ms)$	$S(m^2)$
0,8	3.10^{-4}
1,6	6.10^{-4}
2,35	9.10^{-4}
4,0	15.10^{-4}

ب • البيان $G=f(s)$



استنتاج: كلما زاد سطح الخلية (S)، زادت ناقلية المحلول الشاردي.

جـ • ايجاد العلاقة بين G و (S):

المنحنى البياني هو خط مستقيم، ميله موجب، يمر من المبدأ، معادلته من الشكل $y = a_1 x$. إذن: $G= a_1 S$ حيث a_1 هو ميل المستقيم.

التمرين 6

I- نهدف من خلال هذه التجربة إلى ايجاد تأثير البعد (L) بين صفيحتي الخلية على ناقليتها(G)، من أجل ذلك نتبع الخطوات التالية:

نضع $250mL$ من محلول كلور الصوديوم$(Na^+_{(aq)}+Cl^-_{(aq)})$ ، في الخلية ، ونقوم بتغيير البعد (L)بين صفيحتي الخلية مع قياس Ue و Ie ، في كل مرة ، نغيّر فيها البعد (L)مع الاحتفاظ بقيمة(S)ثابتة (سطح الجزء المغمور من الصفيحتين الناقلتين)، ونحسب قيم G، فنحصل على النتائج التالية:

$L(m)$	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
$G(ms)$	14	9,4	7,0	5,7	4,0
$\frac{1}{L}(m^{-1})$					

1 ـ أ • تجريبياً كيف نتأكد من أن سطح الخلية (S)ثابتاً.

ب • إملأ الجدول السابق.

2 ـ أ • أرسم المنحنى البياني $G = f_2\left(\frac{1}{L}\right)$ ، ماذا تستنتج؟

ب • جد العلاقة بين (G) و $\frac{1}{L}$.

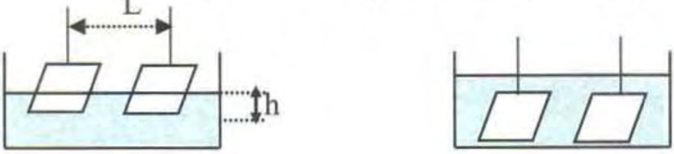
II- بالاستعانة بنتيجة التمرين السابق وهي $G = a_1 S$ والعلاقة المستنتجة في السؤال (I - 2 - ب).

أ • تأكد من أن : $G=\sigma.\frac{S}{L}$.

ب • أعط إسم ووحدة كل من (σ) و $\left(\frac{S}{L}\right)$.

الحل

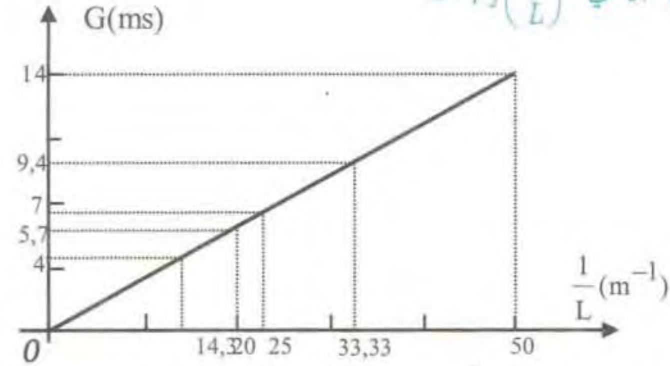
1 ـ أ • نتأكد تجريبياً من أن سطح الخلية (S) ثابتاً بأن نغمر الصفيحتين كلية داخل المحلول الشاردي. أو نثبت جيدا الجزء المغمور (h)من الصفيحتين مع الابقاء على البعد (L) ثابت بينهما، كما هو موضح في الشكل المقابل.



ب • ملء الجدول

$L(m)$	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
$G(ms)$	14	9,4	7,0	5,7	4,0
$\frac{1}{L}(m^{-1})$	50	33,3	25	20	14,3

2 ▪ رسم المنحنى البياني $G=f_2\left(\frac{1}{L}\right)$



ناقلية الخلية G تتناسب طرداً مع $\frac{1}{L}$، وبالتالي يمكن القول أن G يتناسب عكساً مع (L).

* **استنتاج:** كلما زاد البعد بين صفيحتي خلية قياس الناقلية كلما نقصت ناقلية المحلول.

ب • ايجاد العلاقة بين G و $\frac{1}{L}$:

البيان السابق هو خط مستقيم، ميله موجب يمر من المبدأ، معادلته من الشكل:

$y = a_2 x$ ، إذن: $\boxed{G=a_2\frac{1}{L}}$ وهي العلاقة المطلوبة.

II-أ • من التمرين السابق وجدنا $G=a_1 S$ وفي هذا التمرين لدينا: $G=a_2\frac{1}{L}$

ومن هاتين العلاقتين نجد أن: $\boxed{G=a_1 a_2\frac{S}{L}}$ وهذه العلاقة هي نفسها العلاقة $G=\sigma\frac{S}{L}$ مع $\underline{\sigma=a_1 a_2}$.

ب • تسمى σ الناقلية النوعية ووحدته هي $[s.m^{-1}]$ ويسمى $\frac{S}{L}$ بثابت الخلية ووحدته هي $[m]$ ونرمز له بالحرف K ونكتب $K=\frac{S}{L}$

التمرين 7

نهدف من خلال هذه التجربة إلى إيجاد تأثير تركيز المحلول الشاردي على ناقليته G من أجل ذلك نجري التجربة التالية:
نضع في وعاء الخلية $(400mL)$ ماء مقطر، ونضبط مولد (GBF) على التواتر $(500HZ)$ وشدة التيار $(Ueff=1V)$.

1 ▪ نضيف حجما $V=1\ mL$ من محلول كلور الصوديوم $(Na^+_{(aq)}+Cl^-_{(aq)})$ تركيزه $(c_1=0,10mol/L^{-1})$ في الوعاء.

أ • تأكد من أن تركيز المحلول المائي لمحلول كلور الصوديوم C يعطى بالعبارة:

$C=C_1\dfrac{V}{400+V}$ وأحسب قيمة C.

ب • الدارة الكهربائية أعطت $(I_e\ =0,034mA)$ و $(U_e\ =1V)$، أحسب قيمة (G).

2 ▪ نضيف مرة ثانية $(1mL)$ من محلول كلور الصوديوم في وعاء فيصبح $V=2mL$ ونقيس G . نكرر العملية عدة مرات فنحصل على النتائج التالية:

$V(mL)$	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
$G(ms)$	0,034	0,068	0,102	0,136	0,170
$C(m.mol.L^{-1})$					

أ • املأ الجدول السابق.

ب • أرسم بيان $G=f(c)$

جـ • جد العلاقة بين الناقلية G والتركيز C للمحلول المائي الشاردي.

د • استنتج العلاقة بين الناقلية النوعية σ للمحلول و (C) .

- تأكد من أن (σ) تكتب بالشكل $\sigma=\lambda.C$ حيث: λ ثابت يدعى الناقلية النوعية المولية للمذاب (هنا هو $NaCl$).

3 ▪ إذا علمت أن (λ) يتعلق بالشوارد الموجبة $(Na^+_{(aq)})$ والشوارد السالبة $(Cl^-_{(aq)})$

أي أن : $\lambda=\lambda_{Na+}+\lambda_{Cl-}$

أ • فاثبت أن $\sigma\ =\lambda_{Na+}[Na^+]+\lambda_{Cl-}[Cl^-]$

ب • هل يمكن تحقيق قانون كولروش $(KOHLRAUSCH)$ مما سبق؟.

الحل

1 ▪ اثبات العبارة:

- كمية مادة محلول الصوديوم هي : $n=C_1V$

- حساب تركيز محلول كلور الصوديوم الجديد عند إضافته إلى وعاء الخلية التي تحتوي على $400m$ ماء مقطر يتم باستعمال علاقة التركيز

$$C = \frac{\text{كمية المادة}}{\text{حجم المزيج}} = \frac{n}{400+V} = \frac{C_1}{400+V} \quad ، \quad \boxed{C = C_1 \frac{V}{400+V}}$$

يؤخذ الحجم V هنا بـ (mL) .

حساب قيمة C من اجل $V=1mL$

$$C = 0,10 \frac{1}{400+1} = 2,49.10^{-4}\, mol.L^{-1}$$

$$C = 24,9\, .10^{-3}\, mol.L^{-1} = 0,249 m.mol.L^{-1} \quad ، \quad \boxed{C \cong 0,25 m.mol.L^{-1}}$$

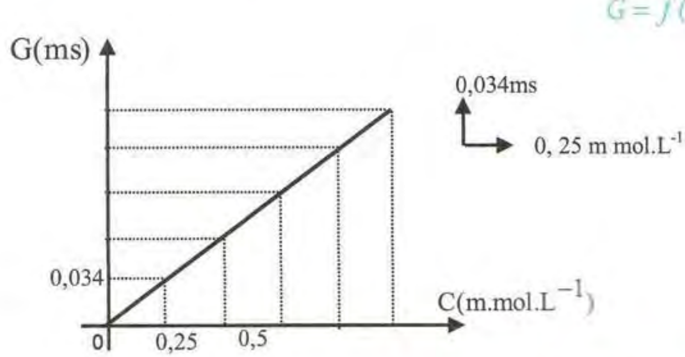
ب • حساب قيمة G

نعلم أن: $G = \frac{I_{eff}}{U_{eff}}$ ، إذن: $G = \frac{0,034mA}{1V}$ ، $\boxed{C = 0,034ms}$

2 ـ ا • ملء الجدول:

$V(mL)$	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
$G(ms)$	0,034	0,068	0,102	0,136	0,170
$C(m.mol.L^{-1})$	0,25	0,50	0,74	1,00	1,23

ب • بيان $G = f(C)$



جـ • العلاقة بين الناقلية G والتركيز C

البيان السابق هو خط مستقيم، ميله موجب يمر من المبدأ، معادلته من الشكل $y = ax$

إذن: $\boxed{G = a_3\, C}$ حيث a_3 هو ميل المستقيم.

د • العلاقة بين الناقلية النوعية σ و C :

نعلم أن: $G = K\,\sigma$ حيث K هو ثابت الخلية . بالمطابقة بين العبارتين السابقتين نجد:

$K\,\sigma = a_3\, C$ ، ومنه نجد: $\sigma = \frac{a_3}{K}.C$ ونضع $\frac{a_3}{K} = K$ ، حيث λ مقدار ثابت

إذن نكتب $\boxed{\sigma = \lambda\ C}$ وهي العلاقة المطلوبة.

3 ▪ أ • إذا وضعنا $\lambda = \lambda_{Na+} + \lambda_{Cl-}$ ونعوض في العبارة المؤطرة سابقا نجد:

$$\lambda = (\lambda_{Na+} + \lambda_{Cl-}) . C$$

نلاحظ هنا أن: $[Na^+] = [Cl^-] = C$ ، إذن: $\boxed{\sigma = \lambda_{Na+} [Na^+] + \lambda_{Cl-} [Cl^-]}$

ب • قانون كولروش يعطى بالعلاقة $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$ والعلاقة السابقة تترجم قانون كولروش.

التمرين 8

محلول هيدروكسيد الكالسيوم $(Ca^{2+}{}_{(aq)} + 2HO^-{}_{(aq)})$، تركيزه المولي $C = 0,0268\ mol/L$.

1 ▪ أحسب تركيز الشاردتين $[Ca^{2+}]$ و$[HO^-]$

2 ▪ تعطى الناقلية النوعية المولية λ للشوارد في الدرجة $25°C$ بالقيم

$\lambda_{Ca^{2+}} = 11,9.10^{-3}\ s.m^2.mol^{-1}$

$\lambda_{HO^-} = 19,9.10^{-3}\ s.m^2.mol^{-1}$

أحسب الناقلية النوعية σ.

3 ▪ إذا علمت أن ثابت الخلية $K = 2.10^{-3}\ m$ فاحسب قيمة الناقلية G.

الحل

1 ▪ حساب تركيز الشوارد:

تركيز المحلول $(Ca^{2+}{}_{(aq)} + 2HO^-{}_{(aq)})$ هو $C = 0,0268\ mol/L$

لاحظ أن العدد الستيكيومتري المضروب في $Ca^{2+}{}_{(aq)}$ هو (1) لأنه لدينا $1Ca^{2+}{}_{(aq)}$ وليس $2Ca^{2+}{}_{(aq)}$ إذن تركيز المحلول$(Ca^{2+}{}_{(aq)} + 2HO^-{}_{(aq)})$ = تركيز Ca^{2+}

أي $\boxed{[Ca^{2+}] = C = 0,0268\ mol/L}$

كما أن العدد الستيكيومتري المضروب في $HO^-{}_{(aq)}$ هو (2) لأنه لدينا $2HO^-{}_{(aq)}$

إذن $\boxed{[HO^-{}_{(aq)}] = 2C = 0,0536\ mol/L}$

2 ◄ حساب الناقلية النوعية σ للشوارد:

قانون كولروش هو$\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$ ، إذن: $\sigma = \lambda_{Ca^{2+}}[Ca^{2+}] + \lambda_{HO^-}[HO^-]$

لكن: $[HO^-]=2C$ و $[Ca^{2+}]=C$ ، إذن: $\sigma = \lambda_{Ca^{2+}} C + \lambda_{HO^-} 2C$

$$\boxed{\sigma = C(\lambda_{Ca^{2+}} + 2\lambda_{HO^-})}$$

يجب تحويل التركيز (C) إلى (mol/m^3)، ومنه:

$$C = \frac{0,0268mol}{L} = \frac{0,0268mol}{10^{-3}m^3} = 26,8mol/m^3$$

نعوض فنجد: $\sigma = 26,8(11,9.10^{-3} + 2\times 19,9.10^{-3})$

$$\boxed{\sigma = 1,38556\,s.m^{-1} \cong 1,39\,s.m^{-1}}$$

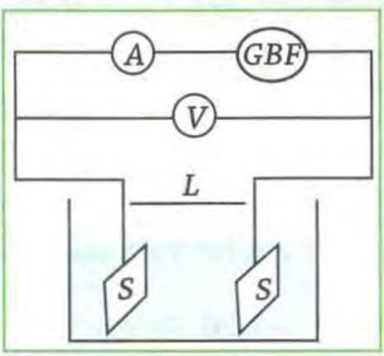
3 ◄ حساب الناقلية G:

نعلم أن : $G = K\sigma$ ، نعوض فنجد: $G = 1,39\times 2.10^{-3}$

إذن: $\boxed{G = 1,39 \times 2.10^{-3}s = 2,8ms}$

التمرين 9

تقاس الناقلية لمحلول كلور الصوديوم تركيزه $C=10^{-2}\ mol/L$ ، باستعمال خلية قياس الناقلية صفيحتاها معدنيتان، عرض كل واحدة منهما $l=2,90cm$ وارتفاع الجزء المغمور منها في المحلول الشاردي هو $h=5,0cm$ وهما متقابلتان وعلى بعد $L=5,00cm$ من بعضهما.



قياس الناقلية أعطى القيمة $G=3,50ms$.

1 ◄ أحسب قيمة الناقلية النوعية σ للمحلول بهذه المعطيات .

2 ◄ أ • أعط معادلة إنحلال كلور الصوديوم الصلب $NaCl\ (s)$ في الماء.

ب • استنتج $[Na^+]$ و $[Cl^-]$

3 ◄ بالاستعانة بقانون كولروش، جد القيمة التجريبية للناقلية النوعية σ.

4 ◄ قارن بين القيمتين النظرية والتجريبية لـ σ.

<u>معطيات</u>: $\lambda_{Cl^-} = 7,60.10^{-3}.s.m^2.mol_{-1}$ ، $\lambda_{Na^+} = 5,00.10^{-3}.s.m^2.mol_{-1}$

الحل

1 ◂ حساب قيمة الناقلية σ :

نعلم أن: $G = K\sigma$ ، إذن: $\sigma = \frac{G}{K}$ بحيث K: هو ثابت خلية الناقلية، ويعطى بالعبارة:

$$K = \frac{S}{L} = \frac{\text{سطح الصفيحة}}{\text{البعد بين الصفيحتين}}$$

لكن: $K = \frac{h \times l}{L}$ ، إذن: $K = \frac{5 \times 2{,}00}{5}$ ، $\boxed{K = 2{,}90cm}$

ومنه: $\sigma = \frac{3{,}50.10^{-3}}{2{,}90.10^{-2}}$ ، $\boxed{\sigma_{\text{نظرية}} = 1{,}21.10^{-1}\, s.m^{-1}}$

2 ◂ أ • معادلة إنحلال $NaCl(s)$ في الماء:

$$NaCl(s) \longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

ب • استنتاج كل من $[Na^+]$ و $[Cl^-]$:

لدينا: $[Na^+] = [Cl^-] = C = 10^{-2}\, mol/L = 10\, mol/m^3$

3 ◂ إيجاد القيمة التجريبية لـ σ:

نعلم أن $\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$ ، إذن: $\sigma = \lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-]$

لكن: $[Na^+] = [Cl^-]$ إذن: $\boxed{\sigma = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-})[Na^+]}$

نعوّض فنجد: $\sigma = (5.10^{-3} + 7{,}6.10^{-3})\, 10$

إذن: $\boxed{\sigma_{\text{تجريبية}} = 1{,}26.10^{-1} s.m^{-1}}$

4 ◂ إذا قارنا بين قيمتي $\sigma_{\text{نظرية}}$ و $\sigma_{\text{تجريبية}}$ نجد أنهما متساويتان تقريباً في حدود أخطاء التجربة. $\boxed{\sigma_{\text{نظرية}} \cong \sigma_{\text{تجريبية}}}$

التمرين 10

تمَ قياس الناقلية G لبعض المحاليل المائية s_1، s_2، s_3 لها نفس التركيز $c = 4.10^{-3}mol.L^{-1}$ بنفس الخلية وهذا عند الدرجة $25°C$. فأتت النتائج كما يلي:

محلول كلور الصوديوم $(Na^+_{(aq)}+Cl^-_{(aq)})$ $G_1=1,16ms$

محلول كلور البوتاسيوم $(K^+_{(aq)}+Cl^-_{(aq)})$ $G_2=1,37ms$

محلول نترات البوتاسيوم $(K^+_{(aq)}+NO_3^-{}_{(aq)})$ $G_3=1,33ms$

1 ■ أحسب $G(Na^+_{(aq)}+ NO_3^-{}_{(aq)})$، علماً أن القياس تمَ بنفس الخلية وأنَ تركيز محلول نترات الصوديوم هو $C=4.10^{-3}\ mol\,/L$ عند الدرجة $25°C$.

2 ■ يعطى $G'_3=0,598ms$ لمحلول آخر لنترات البوتاسيوم تركيزه (C') ، وهذا بالاستعانة بنفس خلية الناقلية وعند نفس درجة الحرارة $25°C$.

استنتج قيمة C'.

الحل

1 ■ حساب $G(Na^+_{(aq)}+ NO_3^-{}_{(aq)})$:

إذا سمينا K ثابت الخلية فإن $G_1 = K\,\sigma_1$ مع: $\sigma_1 = \lambda_{Na^+}[Na^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-]$

لكن: $[Na^+] =[Cl^-]$ ، إذن: $\sigma_1 = C(\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-})$

ومنه: $\boxed{G_1 = K\,C(\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-})}$

بالمثل بالنسبة للمحلولين المتبقيين اللذان لشواردهما نفس التركيز (C)، وقيم قياس ناقليتهما G_2و G_3 بنفس الخلية.

إذن: $G_2 = K\,C(\lambda_{K^+} + \lambda_{Cl^-})$، $G_3 = K\,C(\lambda_{K^+} + \lambda_{NO3^-})$

نلاحظ أنَه لو قمنا بالعملية الجبرية: $G_1 - G_2 + G_3$

لتَم إختزال كل من λ_{Na^+} و λ_{Cl^-} و λ_{K^+}

ولا يبق إلاَ λ_{Na^+} و λ_{NO3^-} وبهما نستطيع تحديد $G(\lambda_{Na^+} + \lambda_{NO3^-})$.

وبالفعل:

$$(G_1-G_2+G_3 =KC(\lambda_{Na^+}+\lambda_{Cl^-})- KC(\lambda_{K^+}+\lambda_{Cl^-})+KC(\lambda_{K^+}+\lambda_{NO3^-}$$

$$= KC(\lambda_{Na^+}+\cancel{\lambda_{Cl^-}}-\cancel{\lambda_{K^+}}+\cancel{\lambda_{Cl^-}}+\cancel{\lambda_{K^+}}+\lambda_{NO3^-})$$

$$G_1-G_2+G_3 = KC(\lambda_{Na^+}+\lambda_{NO3^-}) = G$$

في الأخير نكتب: $\boxed{G = G_1 - G_2 + G_3}$

بالتعويض: $G = 1,16-1,37+1,33$ ، إذن: $\boxed{G = 1,12ms}$

2 ▪ حساب C':

بالنسبة للمحلول s_3 : $G_3 = K\,C\,(\lambda_{K^+} + \lambda_{NO3^-})$

بالنسبة للمحلول s'_3 : $G'_3 = K\,C'\,(\lambda_{K^+} + \lambda_{NO3^-})$

بقسمة هاتين العبارتين نتخلص من الأقواس وأيضاً K

$$\frac{G_3}{G'_3} = \frac{KC}{KC'} = \frac{(\lambda_{K^+}+\lambda_{NO_3^-})}{(\lambda_{K^+}+\lambda_{NO_3^-})}$$ ، إذن: $$\frac{G_3}{G'_3} = \frac{C}{C'}$$

ومنه: $C' = \frac{G'_3 . C}{G_3}$ بالتعويض نجد: $C' = \frac{0,598 \times 4.10^{-3}}{1,33}$

$$\boxed{C' = 1,8.10^{-3}\,mol.L^{-1}}$$

التمرين 11

يؤخذ $7,9g$ من الملح برمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4(s)$. يوضع في حوجلة، ويكمل عليه بالماء المقطر، حتى العيار $250ml$.

1 ▪ أ • ماهو اسم المحلول المحضر، وما هي صيغته الكيميائية؟

ب • أحسب تركيزه المولي الحجمي C.

2 ▪ استنتج التركيز المولي للشوارد الموجبة في المحلول.

3 ▪ يؤخذ حجماً يساوي $100ml$ من هذا المحلول، أحسب كمية المادة المتواجدة به.

$M(K)=39,1g.mol^{-1}$. $M(Mn)=54,9g.mol^{-1}$. $M(O)=16g.mol^{-1}$

الحل

1 ▪ أ • اسم المحلول المحضر هو: محلول برمنغنات البوتاسيوم.

صيغته الكيميائية هي $(K^+_{(aq)}+MnO^-_{4(aq)})$

ب • حساب التركيز المولي الحجمي C للمحلول:

نعلم أن: $C = \frac{n}{V}$ ، n: هي كمية المادة مع $n = \frac{m}{M}$

V: حجم المحلول باللتر

$C=\frac{m.M}{V}=\frac{m}{M.V}$ ، لدينا: $m=7,9g$ ، $V=250mL=0,250L$

$M(KMnO_4)=39,1+54,9+16\times4=158\ g.mol^{-1}$

$C=\frac{7,9}{158\times0,250}$ ، $\boxed{C=0,20mol/L}$

2 ▪ استنتاج التركيز المولي للشوارد $(MnO^-_{4(aq)}+K^+_{(aq)})$:

$$KMnO_4(s) \xrightarrow{\text{في الماء}} K^+_{(aq)}+MnO^-_{4(aq)}$$

نلاحظ أن لكل شاردة عدد ستيكومتري يساوي (1) ،

إذن: $\boxed{[K^+_{(aq)}]=1C=0,2\ mol/L}$

و أيضاً: $\boxed{[MnO^-_{4(aq)}]=1C=0,2\ mol/L}$

3 ▪ حساب كمية المادة المتواجدة في $100ml$ من المحلول.

إذا أخذنا حجماً معيناً V من محلول تركيزه C فإن تركيز الحجم المأخوذ هو نفسه تركيز المحلول الذي أخذ منه، غير أن كمية المادة (n') ستكون أقل.

لذا نكتب: $n'=CV'$ مع: $V'=100\ ml=0,1L$ و $C=0,2\ mol/L$

إذن: $n'=0,2\times0,1$ ، $\boxed{n'=2.10^{-2}\ mol}$

التمرين 12 (تمرين تجريبي)

أراد مخبري أن يحضر $50mL$ من محلول كلور الحديد (III) $(FeCl_3)$، تركيزه $C=1mol.L^{-1}$ ، عندما بحث في الرّف المخصص للمواد الكيميائية، وجد قارورة عليها التسجيل التالي: $FeCl_3, 6H_2O$

1 ▪ ماذا تعني هذه العلامة؟

2 ▪ يحتوي المخبر على مجموعة من الحوجلات، ذات العلامات $25mL$ ، $100mL$ ، و$500mL$.

أيّ حوجلة يختارها المخبري لتحضير المحلول؟

3 ▪ أحسب قيمة الكتلة (m) التي يجب على المخبري، أن يزنها حتّى يحضر المحلول المطلوب.

4 ▪ أحسب التراكيز المولية للشوارد المتواجدة بالمحلول.

$M(Fe)=56g.mol^{-1}$. $M(Cl)=35,5g.mol^{-1}$. $M(H)=1g.mol^{-1}$

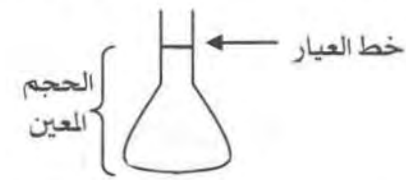
$M(O)=16g.mol^{-1}$

الحل

1 ◂ إنّ التسجيل $FeCl_3$, $6H_2O$ يعني أن القارورة تحتوي على كلور الحديد الثلاثي (III) المتبلور، وكل جزيئة ($FeCl_3$) تحيط بها 6 جزيئات ماء ($6H_2O$) (والكل في حالة صلبة).

2 ◂ كلّ حوجلة لا تحتوي إلاّ على عيار واحد وليست مدرجة وبالتالي لا نستطيع بها تحديد إلاّ الحجم الذي يصل إلى العيار بالضبط بدون زيادة، ولا نقصان.

فالحوجلة ذات العيار $25mL$ ، إذا ملأناها بمحلول معين إلى هذا العيار قلنا أن حجم المحلول$25mL$ ، أما إذا وضعنا فيها حجماً أقل أو أكثر، فلا نستطيع تحديد بالضبط قيمة هذا الحجم.



لقياس حجماً قيمته $50mL$ ، لا يمكن للمخبري استعمال الحوجلتين $100mL$ و $500mL$

وبالمقابل، يمكنه استعمال الحوجلة $25mL$ ، يملؤها بالماء، ويفرغ هذا الحجم في بيشر تتسع للحجم المراد تحضيره من هذا المحلول (محلول $50mL$)ثم يملؤها مرة أخرى، ويفرعها في نفس البيشر. فيحصل على محلول حجمه $50mL$

3 ◂ حساب قيمة الكتلة m:

نعلم أن: $C=\frac{n}{V}=\frac{m}{MV}$ ، إذن: $\boxed{m = CMV}$

$M(FeCl_3,6H_2O)=(56)+(3\times35,5)+6(18)=270,5g/mol$

$C=1mol.L-1$ ، $V=50mL = 5.10^{-2}$ ، إذن: $m=1\times270,5\times5.10^{-2}$

ومنه: $\boxed{m=13,525g}$ وهي الكمية التي يجب على المخبري أن يزنها.

4 ◂ تراكيز النوارد المتواجدة بالمحلول:

إنحلال $FeCl_3,6H_2O$ في الماء يعطى:

$$1(FeCl_3 , 6H_2O)_{(s)} \longrightarrow 1Fe^{3+}{}_{(aq)} + 3Cl^-{}_{(aq)} + 6H_2O$$

لاحظ أن العدد الستكيومتري لـ $Fe^{3+}{}_{(aq)}$ هو(1) ، إذن: $[Fe^{3+}{}_{(aq)}]=C=1mol.L^{-1}$

لاحظ أن العدد الستكيومتري لـ $Cl^-{}_{(aq)}$ هو (3)، إذن: $[Cl^-{}_{(aq)}]=3C=3mol.L^{-1}$

التمرين 13 (تمرين تجريبي)

نريد تحضير $(2L)$من محلول النشادر $NH_{3\,(aq)}$. تركيزه $C=0,101mol.L^{-1}$،
إنطلاقاً من محلول تجاري كثافته $d=0,95$ ونسبة مئوية كتلية تساوي 28%من الأمونياك.

1 ■ ماهو المصطلح الآخر الذي يعطيه الكيميائيون للنسبة المئوية الكتلية.

2 ■ أحسب الحجم الواجب أخذه من المحلول التجاري حتى نحصل على المحلول المطلوب.

3 ■ صف البروتوكول التجريبي المتبع لتحضير المحلول.

$M(N)=14g/mol$. $M(H)=1g/mol$.

الحل

1 ■ المصطلح الآخر للنسبة المئوية الكتلية هو درجة النقاوة $P\%$.

2 ■ حساب حجم المحلول التجاري V':

لحساب حجم المحلول التجاري V'الواجب أخذه من قارورة محلول النشادر التجارية،

نستعمل العلاقة: $\boxed{V'=\frac{100.M.V.C}{P\%.d}}$

لنحسب الكتلة المولية الجزيئية M:

$M(NH_3)=(14)+(1\times 3)=17g/mol^{-1}$

ولدينا: $P\% = 28\%$ ، $C= 0,1mol.L-1$ ، $d = 0,95$. $V = 2L$

نعوض فنحصل على : $V'=\frac{100\times 17\times 2\times 0,1}{28\times 0,95}$

إذن: $V'=12,78\cong 12,8mL$

3 ■ البروتوكول التجريبي:

نأخذ الحجم $12,8mL$من االمحلول التجاري ونفرغه في حوجلة عيار $2L$ إن توفرت ونكمل بالماء المقطر حتى خط العيار ، نسد الحوجلة، ونرج المزيج.

ونكون بذلك قد حصلنا، على محلول من النشادر NH_3 ، حجمه $V=2L$ وتركيزه $C=0,10\ mol.l^{-1}$.

التمرين 14

تحتوي قارورة على يود الصوديوم التجاري، في شكل مسحوق، ومسجّل عليها مايلي:
درجة النقاوة $P=90,0\%$ ، الكتلة المولية $M=149,9\ g.mol^{-1}$
صيغته الجزيئية $(Na^{+}+I^{-})_{(s)}$

1 ▪ أراد المخبري التحقق من درجة النقاوة المسجلة، فأخذ عينة من المادة، ووزنها، فوجد $m'=8,2\ g$. أفرغها في حوجلة، وأكمل عليها بالماء المقطر حتى العلامة $500mL$. فحصل على محلول مخفف من يود الصوديوم، تركيزه المولي الحجميC؟

2 ▪ أخذ المخبري حجما يساوي $50mL$ من محلول يود الصوديوم $(Na^{+}{}_{(aq)}+I^{-}{}_{(aq)})$المحضّر ووضعه في بيشر، وأدخل فيه خلية قياس الناقلية.
أغلق الدارة الكهربائية للخلية، وقاس مقاومة المحلول فوجد القيمة $R=20\Omega$.

أ • أحسب قيمة ناقلية المحلول G.

ب • استنتج قيمة الناقلية النوعية للمحلول σ.

يعطى : مساحة كل صفيحة من الخلية $S=4cm^{2}$

البعد بين الصفيحتين $L=1cm$

3 ▪ أ • باستعمال قانون كولروش، جد عبارة التركيز C للمحلول المحضّر بدلالة $\sigma\ ,\ \lambda_{I^-}\ ,\ \lambda_{Na^+}$.

ب • أحسب التركيز C.

4 ▪ أ • استنتج قيمة درجة النقاوة $P\%$ ليود الصوديوم التجاري.

ب • بيّن فيما إذا وجد المخبري أنّ يود الصوديوم التجاري، مغشوش أم لا؟

معطيات: $\lambda_{I^-}=7,70ms.m^{2}/mol$ ، $\lambda_{Na+}=5,01ms.m^{2}/mol$

الحل

1 ▪ الهدف من هذا العمل، هو أنّ المخبري أراد أن يحضّر محلولاً مخففاً من يود الصوديوم

2 ▪ أ • حساب قيمة الناقلية G:

نعلم أنّ: $G=\frac{1}{R}$ ، إذن: $G=\frac{1}{20}=5.10^{-2}s$ ، $\boxed{G=5.10^{-2}s}$

ب • استنتاج قيمة الناقلية النوعية σ للمحلول الشاردي:

نعلم أنّ: $G=K\,\sigma$ مع $K=\frac{S}{L}$ ، إذن: $G=\frac{S\sigma}{L}$ ومنه نجد: $\boxed{\sigma=\frac{GL}{S}}$

لدينا: $L=1cm=10^{-2}m$ ، $S=4cm^2=4.10^{-4}m^2$

نعوض فنجد: $\sigma=\frac{5.10^{-2}\times10^{-2}}{4\times10^{-4}}$ ومنه: $\boxed{\sigma=1,25\,sm^{-1}}$

3 أ • عبارة التركيز C:

قانون كولوش هو $\sigma=\sum\lambda_i[X_i]$ إذن: $\sigma=\lambda_{Na^+}[Na^+]+\lambda_{I^-}[I^-]$

لتحديد التركيزين $[Na^+]$ و $[I^-]$ نكتب معادلة انحلال $NaI_{(s)}$ في الماء

$$NaI_{(s)} \xrightarrow{\text{في الماء}} Na^+{}_{(aq)}+I^-{}_{(aq)}$$

لاحظ أن العدد الستكيومتري لكل من $Na^+{}_{(aq)}$ و $I^-{}_{(aq)}$ هو (1)

إذن: $[Na^+{}_{(aq)}]=1C$ و أيضا $[I^-{}_{(aq)}]=1C$ نعوض في العابرة السابقة لـ σ نجد:

$\sigma=\lambda_{Na^+}C+\lambda_{I^-}C=C(\lambda_{Na^+}+\lambda_{I^-})$

إذن: $\boxed{C=\frac{\sigma}{\lambda_{Na^+}+\lambda_{I^-}}}$ وهي العبارة المطلوبة.

ب • حساب قيمة C:

نعوض في العبارة السابقة نجد: $C=\frac{1,25}{5,01.10^{-3}+7,70.10^{-3}}$

$C=98mol/m^3$ نحول إلى mol/L $C=98\frac{mol}{10^{+3}L}=9,8.10^{-2}mol/L$

4 أ • حساب قيمة درجة النقاوة $P\%$

نعلم أن: $m'=\frac{100.M.V.C}{P\%}$ إذن: $P\%=\frac{100.M.V.C}{m'}$

نعوض فنجد: $P\%=\frac{100\times149,9\times0,500\times9,8.10^{-2}}{8,2}\cong89,6$

$\boxed{P\%=89,6\%}$

ب • إنَّ درجة النقاوة المحسوبة $89,6\%$ هي تقريباً نفس القيمة المعطاة في القارورة التجارية. وهذا في حدود أخطاء القياس.

وعليه نعتقد أن المخبري قد تأكد من سلامة المنتوج التجاري.

الوحدة 3 ❖ تعيين كمية المادة بواسطة المعايرة

1 - التفاعل بين المحاليل الحمضية والأساسية:

1 - 1 - المحاليل الحمضية والأساسية

نشاط 1 :

نحضر أربعة أنابيب إختبار ونضع فيها المحاليل التالية التي نرتّبها في الجدول التالي : نضيف لكل محلول كاشف ملون هو الهليانتين، ونلاحظ تغير اللون فنحصل على النتائج التالية :

المحاليل	اللون الطبيعي	اللون مع الكاشف
محلول حمض الليمون	شفاف	أحمر
محلول حمض الخل	شفاف	أحمر
محلول الصود	شفاف	شفاف

إستنتاج :

تختلف المحاليل الحمضية والأساسية فتعطى لوناً مختلفاً مع الكاشف الملون.

(برونشتد)

1 - 2 - مفهوم الحمض والأساس حسب برونشتد-يوري

1 ■ 2 ■ 1 ■ تعريف

الحمض هو كل نوع كيميائي (جزيئي-أوشاردي) يقبل التخلي عن بروتون H^+ أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي والأساس هو الذي يكتسب هذا البروتون أو أكثر أثناء نفس التفاعل الكيميائي.

1 ■ 2 ■ 2 ■ المحاليل الحمضية

يرمز عادة للحمض بالرمز AH ويكون تفاعله مع الماء كما يلي :

$$\underset{\text{الحمض}}{AH} + \underset{\text{الماء}}{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{محلول حمضي}}{(A^- + H_3O^+)}$$

أمثلة :

$$\underset{\text{غاز كلور الهيدروجين (لعب دور حمض)}}{Hcl} + \underset{\text{الماء (الماء لعب دور أساس)}}{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{محلول حمض كلور الماء}}{(H_3O^+ + cl^-)}$$

$$HNO_3 + H_2O \longrightarrow (H_3O^+ + NO_3^-)$$

حمض النتريك (حمض الآزوت)   أساس   محلول حمض النتريك

$$H_2SO_4 + 2H_2O \longrightarrow (2H_3O^+ + SO_4^{2-})$$

حمض الكبريت النقي   أساس   محلول حمض الكبريت

$$CH_3COOH + H_2O \longrightarrow (H_3O^+ + CH_3COO^-)$$

حمض الخل النقي   أساس   محلول حمض الخل

$$NaOH \longrightarrow (Na^+ + HO^-)$$

الصود النقي (لعب دور أساس)   محلول الصود

$$KOH \xrightarrow{\text{في الماء}} (K^+ + HO^-)$$

البوتاس   محلول البوتاس

✓ ملاحظات :

* الشاردة H_3O^+: تسمى شاردة الهيدرونيوم.
* الشاردة (OH^-) : تسمى شاردة الهيدروكسيد أو (الأكسونيوم)
* الأحماض القوية : تفاعلها يكون تاما ($\longrightarrow$)
  - أمثلة عن أحماض قوية HCl ، HNO_3 ، H_2SO_4
* الحمض الضعيف : يتميز بأن تفاعله غير تام ($\rightleftharpoons$)
  - أمثلة : حمض الخل CH_3COOH، وكل الأحماض الكاربوكسيلية .
* الأسس القوية : هي الأسس التي يكون تفاعلها تاما ($\longrightarrow$)
  - مثل : $NaOH$، KOH
* الأساس الضعيف : هو الأساس الذي يكون تفاعله غير تام ($\rightleftharpoons$)
  - مثل : NH_3، CH_3NH_2، NH_3

✓ ملاحظة: تتميز المحاليل الحمضية بشاردة الهيدرونيوم (H_3O^+)وتتميز المحاليل الأساسية بشاردة الهيدروكسيد(OH^-) .

3 - 1 - مفهوم الثنائية حمض/أساس(AH/A^-):

$$\underset{\text{حمض 1}}{AH} + \underset{\text{أساس 1}}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\text{حمض 2}}{H_3O^+} + \underset{\text{أساس 2}}{A^-}$$

H_3O^+ / H_2O

AH/A^-

4 1 - المعايرة اللونية حمض/أساس

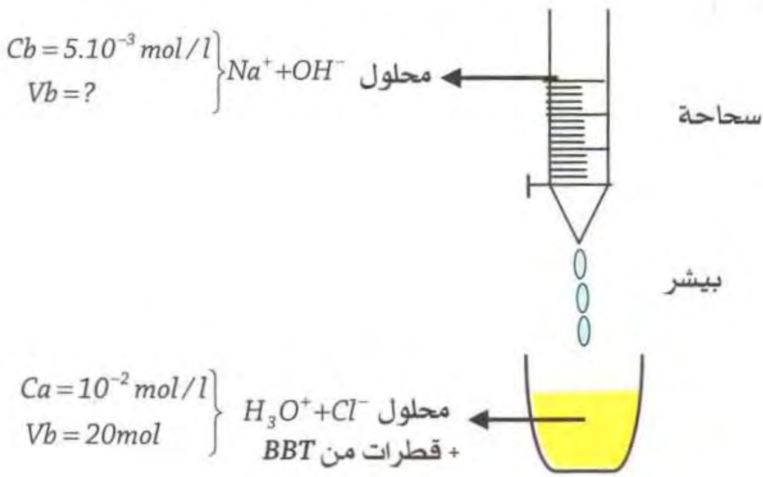
4 ▪ 1 ▪ 1 ▪ تفاعل حمض قوي مع أساس قوي :

مثال :

تفاعل محلول حمض كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)$ مع محلول الصود $(Na^+ + OH^-)$.

التجربة :

نضع في بيشر محلول حمض كلور الماء حجمه $Va = 20ml$ وتركيزه المولي $Ca = 10^{-2}mol/l$ نضيف له قطرات من أزرق البروتيمول BBT فيتلون المحلول باللون الأصفر ثم نضع في السحاحة محلول الصود تركيزه $Cb = 5.10^{-3}mol/l$



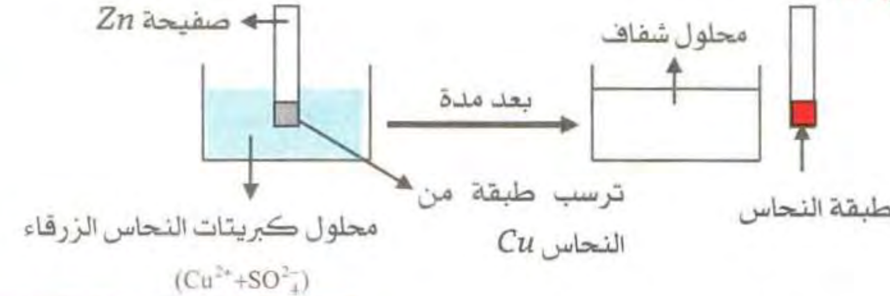
ندرس تطور التفاعل في جدول التقدم التالي :

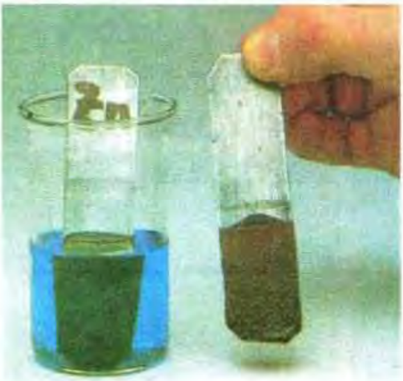
	$(H^+(aq)+Cl^-(aq))+$	$(Na^+(aq)+OH^-(aq))$	$= H2o(l)+$	$Na^+(aq)+Cl^-(aq))$
الحالة الابتدائية	C_aV_a	C_bV_b	$Omol$	$Omol$
الحالة الوسطية	$C_aV_a\text{-}X$	$C_bV_b - X$	X	X
الحالة النهائية	$C_aV_a\text{-}X_{max} = 0$	$C_aV_a\text{-} X_{max}$	X_{max}	X_{max}

من هذا الجدول نعين المتفاعل المحد ونقطة التكافؤ.

2 - تفاعلات الأكسدة الارجاعية

التجربة 1 :





عندما نضع صفيحة زنكZn داخل محلول كبريتات النحاس الأزرق اللون الأزرق $(Cu^{2+}{}_{(aq)}+SO_4^{2-}{}_{(aq)})$ يعود إلى لون شوارد النحاس المائية $Cu^{2+}{}_{(aq)}$ نلاحظ مايلي :

* ترسب طبقة من النحاس Cu على الجزء المغمور من صفيحة (Zn) ولو أضفنا قطعا من (Zn) في المحلول يصبح لون المحلول بعد فترة شفاف.

كيف نفسر حدوث التفاعلات الكيميائية ؟

كل شاردة نحاس Cu^{2+} من المحلول تكتسب 2 إلكترون وتتحول إلى ذرة نحاس ثم تلتصق بصفيحة الزنك Zn.

- من أين أتى هذا الزوج الإلكتروني ؟

هنا الزوج الإلكتروني أتى من ذرات صفيحة Zn المغمورة في المحلول فكل ذرة منه تفقد 2 إلكترون وتتحول إلى شاردة (Zn^{2+}) وتستمر العملية بوجود كمية كافية من Zn إلى أن تختفي Cu^{2+} كل شوارد النحاس الزرقاء وبهذا يصبح لون المحلول النهائي شفاف. نعبر عما سبق بالمعادلتين الكيميائيتين النصفيتين الإلكترونتين التاليتين :

$$Cu^{2+} + 2e^- = Cu$$

$$Zn = Zn^{2+} + 2e^-$$

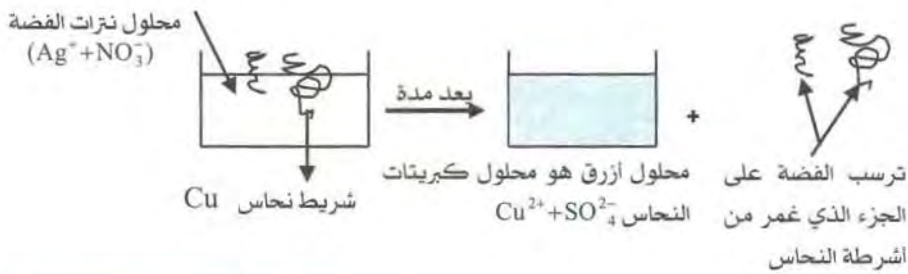
بجمع هاتين المعادلتين النصفتين نحصل على المعادلة التالية :

$$Cu^{2+} + 2e^- + Zn = Cu^{+2} + Zn^{2+} + 2e^-$$

وباختزال عدد الإلكترونات نكتب :

$$Cu^{2+} + Zn = Cu + Zn^{2+}$$

التجربة 2 : نضع أشرطة من النحاس الأحمر Cu في محلول نترات الفضة $(Ag^+ + NO_3^-)$ (وهو محلول شفاف) نلاحظ النتائج التالية :



ترسب الفضة (Ag) على أشرطة النحاس المغمورة داخل محلول نترات الفضة (الشفاف).

وبعد مدة كافية نلاحظ تلون المحلول باللون الأزرق دلالة على وجود شوارد النحاس الثنائية (Cu^{2+}).

التفسير : تترسب الفضة حسب التفاعل الكيميائي التالي :

$$Ag^{+}_{(aq)} + 1e^{-} = Ag_{(s)}$$

والإلكترون الذي إكتسبته (Ag^{+}) نتج عن ذرات النحاس التي فقدت كل ذرة منها2 الكترون حسب التفاعل التالي: $Ag^{+}+1e^{-} = Ag_{(s)}$

بما أن (Ag^{+}) اكتسب الكترون فإننا نسميه مُوكسد والتفاعل الذي قام به هو **تفاعل إرجاع.**

أما (Cu)فإنه فقد 2 الكترون لذا نعتبره مُرجع والتفاعل الذي قام به هو **تفاعل اكسدة.**

للحصول على تفاعل الأكسدة الارجاعية تقوم جميع معادلة الأكسدة مع معادلة الارجاع وهذا بعد توحيد عدد الالكترونات ولن يتم هذا إلا بضرب المعادلة الأولى في 2

تفاعل ارجاع $2 \times [\, Ag^{+}_{(aq)} + 1e^{-} \longrightarrow Ag_{(s)} \,]$

تفاعل أكسدة $Cu_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2\,e^{-}$

بجمع المعادلتين نجد: $2Ag^{+}_{(aq)} + 2e^{-} + Cu_{(s)} \longrightarrow Ag_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} + 2\,e^{-}$

وباختزال عدد الإلكترونات نجد:

$$2Ag^{+}_{(aq)} + Cu_{(s)} \longrightarrow Ag_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)}$$

وبإضافة الشوارد التي لم تتفاعل وهي شوارد النترات (NO^{-3})إلى طرفي المعادلة نحصل على المعادلة الإجمالية التالية:

$$\boxed{2(Ag^{+}_{(aq)} + NO^{-}_{3(aq)}) + Cu_{(s)} \longrightarrow 2Ag_{(s)} + (Cu^{2+}_{(aq)} + 2\,NO^{-}_{3(aq)})}$$

2 - 1 - تعاريف

★ تفاعل الأكسدة الإرجاعية هو تفاعل تبادل الإلكترونات.

★ المؤكسد هو كل فرد كيميائي يكتسب إلكترونا أو أكثر والتفاعل الذي يقوم به هو تفاعل إرجاع.

★ المرجع هو كل فرد كيميائي يفقد إلكترونا أو أكثر والتفاعل الذي يقوم به هو تفاعل أكسدة.

2 - 2 - الثنائية مؤكسدة / مرجع:

رأينا في التجربة 1: $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- = Cu_{(s)}$ ← مؤكسد

كما رأينا في التجربة 2: $Cu_{(s)} = Cu^{2+}(aq) + 2e^-$ ← مرجع

نستنتج أنه يمكن كتابة: $Cu_{(s)} = Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

ونقول أن الثنائية مؤكسد / مرجع هي: Cu^{2+} / Cu

$$\boxed{red = OX + ne^-}$$

بشكل عام: $$\boxed{A = A^{n+} + ne^-}$$

✔ أمثلة لبعض الثنائيات OX/red

الثنائية OX/red	المؤكسد	المرجع	المعادلة النصفية
H^+/H_2	H^+	H_2	$2H^+ + 2e^- = H_2$
MnO_4^{2-}/Mn^{2+}	MnO_4^{2-}	Mn^{2+}	$MnO_4^{2-} + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$
Fe^{3+}/Fe^{2+}	Fe^{3+}	Fe^{2+}	$Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$
I_2/I^-	I_2	I^-	$I_2 + 2e^- = 2I^-$
$S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$	$S_4O_6^{2-}$	$S_2O_3^{2-}$	$S_4O_6^{2-} + 2e^- = 2S_2O_3^{2-}$

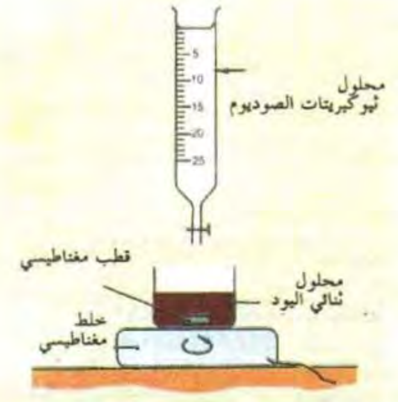
2 - 3 - مثال تطبيقي:

معايرة محلول ثنائي اليود بواسطة محلول ثيو كبريتات الصوديوم $Na_2S_2O_3$

الهدف:

★ تحديد تركيز محلول ثنائي اليود بواسطة معايرة بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم معلوم التركيز.

* التعرف على نقطة التكافؤ إعتمادا على تغير اللون



الأدوات :

محلول ثنائي اليود I_2 مجهول التركيز،

محلول $Na_2S_2O_3$ بيشر سحاحة مدرجة،

حامل، مخلط مغناطيسي

(قاعدة تحتوي محرك كهربائي).

التجربة

نضع حجما $V = 10mL$ من محلول ثنائي اليود I_2 تركيزه C_0 من مجهول في بيشر.

نضع في السحاحة محلول ثايوكبريتات الصوديوم $Na_2S_2O_3$ تركيزه $c = 10^{2-} mol/l$.

نبدأ عملية التسحيح ونلاحظ تغير اللون.

* كتابة المعادلة النصفية للأكسدة علما أن الثنائية مؤكسدة/ مرجع هي :

$S_2O_3^{2-}/S_4O_6^{2-}$

المعادلة النصفية للأكسدة : $2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = S_4O_6^{2-}{}_{(aq)} + 2e^-$

مرجع

* كتابة المعادلة النصفية للأكسدة علما أن الثنائية مؤكسدة/ مرجع هي :

I_2/I^-

المعادلة النصفية للإرجاع $I_{2\,(aq)} + 2e^- = 2I^-{}_{(aq)}$

مؤكسد

معادلة الأكسدة الإرجاعية :

$$2S_2O_3^{2-}(aq) + I_2(aq) = S_4O_6^{2-}(aq) + 2I^-(aq)$$

2 - 4 - المعايرة اللونية لتفاعل الأكسدة الإرجاعية:

* الهدف من التجربة :

معايرة محلول حمض الأكساليك $H_2C_2O_4$ بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ المحمض بحمض الكبريت المركز $(2H^+ + SO_4^{2-})$.

✓ ملاحظة هامة :

إن لون محلول $(K^+ + MnO_4^-)$ بنفسجي ويعود اللون إلى شاردة البرمنغنات (وتسمى أيضا فوق المنغنات).

تعطى الثنائيتان مؤكسدة / مرجع

MnO_4^-/Mn^{2+}

$H_2C_2O_4/CO_2$

أكتب المعادلتين الإلكترونيتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع.

مع إتباع النصائح التالية :

- موازنة H : تتم بإضافة $H^+(aq)$ أو $H_3O^+{}_{(aq)}$
- موازنة O : تتم بإضافة H_2O
- موازنة الشحنة : تتم بإضافة الإلكترونات (e^-)
- موازنة الذرات الأخرى : بالضرب بالأعداد الستكيومترية

الخطوة (1) : نكتب الثنائية مؤكسد المرجع على شكل معادلة :

$$H_2C_2O_4 = CO_2$$

الخطوة (2) : حتى نوازن (C) نضرب CO_2 في العدد (2) :

$$H_2C_2O_4 = 2CO_2$$

الخطوة (3) : نوازن H بإضافة $2H^+(aq)$:

$$H_2C_2O_4 = 2CO_2 + 2H^+$$

الخطوة (4) : نوازن الشحنة بإضافة $(2e^-)$:

$$H_2C_2O_4 = 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-$$

إذن تفاعل الأكسدة هو:

$$\boxed{H_2C_2O_4{}_{(aq)} = 2CO_{2(g)} + 2H^+(aq) + 2e^-}$$

وبنفس الطريقة نجد :

تفاعل الإرجاع :

$$\boxed{MnO^-_{4(aq)} + 8H^+{}_{(aq)} + 5e^- = Mn^{2+}{}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}}$$

ولكي نحصل على معادلة الأكسدة الإرجاعية يجب أن نوحد عدد الـ e^- في كلتا المعادلتين النصفيتين وهذا حتى عندما نجمعها، يجب أن لا تبق الـ e^- ظاهرة.

نضرب معادلة الأكسدة في (5) فنجد :

$$5\,H_2C_2O_4 = 10CO_2+10H^++10e^-$$

نضرب معادلة الإرجاع في (2) فنجد :

$$2\,MnO_4^-+16H^++10e^- = 2Mn^{2+}+8H_2O$$

نجمع المعادلتين فنجد معادلة الأكسدة الإرجاعية بدون إلكترونات مع إختزال (H^+)

$$\boxed{5H_2C_2O_{4\,(aq)}+2MnO^-_{4\,(aq)}+6H^+_{\ (aq)} = 10CO_{2\,(g)}+2Mn^{2+}_{\ (aq)}+8H_2O_{(l)}}$$

ولو استعملنا H_3O^+ بدل H^+ في كتلة المعادلتين وجمعناهما لحصلنا على معادلة الأكسدة الإرجاعية التالية :

$$\boxed{5H_2C_2O_{4(aq)}+2MnO^-_{4(aq)}+6H_3O^+_{(aq)} = 10CO_{2(g)}+2Mn^{2+}_{(aq)}+14H_2O_{(l)}}$$

• تذكرة :

ليكن التفاعل الكيميائي التالي :

1 - المعادلة الكيميائية :

$$\boxed{aA+bB = cC+\alpha D}$$

2 - الأعداد الستكيومترية:

• الأعداد اللازمة للتوازن وهي : a، b، c و d

تسمى الأعداد الستكيومترية ويجب أن تكون أعداد صحيحة وأصغر ما يمكن

• يتحقق في كل تفاعل كيميائي تام المساواة التالية :

3 - كمية المادة :

$$\boxed{\frac{n_A}{a}=\frac{n_B}{b}=\frac{n_C}{c}=\frac{n_D}{d}}$$

n: كمية المادة (عدد المولات)

• إذا كان المركب في الحالة الصلبة (s):

$$\boxed{n=\frac{m}{M}}$$

m ← كتلة الجسم

M ← الكتلة المولية الذرية أو الجزيئية

• إذا كان المركب في الحالة الغازية (g)

V ← حجم الغاز

Vm ← الحجم المولي للغاز

$\boxed{n=\frac{V}{Vm}}$ في الشرطين النظاميين $Vm=22,4L$ إذن $\boxed{n=\frac{V}{22,4}}$

• إذا كان المركب في الحالة السائلة (l)

$$\boxed{n=\frac{m}{M}} \quad \text{مع} \quad \boxed{m=\rho.V}$$

حجم المادة
الكتلة الحجمية للمادة
كتلة المادة

4 - التركيز المولي (المولارية) للمحاليل المائية:

$$\boxed{c=\frac{n}{V}}$$

n ← كمية المادة (عدد مولات المادة)

V ← حجم المحلول باللتر

التمرين 1

عدّد النظريات التي تعرّف الحمض والأساس وقارن بينها.

الحل

توجد ثلاث نظريات لتعريف الحمض والأساس وهي :

* نظرية أرهنيوس *Arhénus* عام *1887*م
* نظرية برونشتد-لوري عام *1923*م.
* نظرية لويس .

المقارنة بينها :

نظرية	تعريف الحمض	تعريف الأساس
أرهنيوس	كل مادة تحتوي عنصر H، وعندما تذوب في الماء ، تعطى شاردة الهيدروجين H^+	كل مادة تذوب في الماء فتعطي شاردة الهيدروكسيد OH^-
برونشتد-لوري	كل مادة تفقد بروتون H^+ أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي	مادة تكتسب بروتون H^+ أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي
لويس	كل مادة تكتسب زوج إلكتروني أو أكثر	كل مادة تفقد زوج ألكتروني أو أكثر.

التمرين 2

أكمل الفراغات :

* الحمض يمنح شاردة أو أكثر إلى ....
* الأساس يكتسب شاردة أو أكثر من ....
* المحلول الحمضي يتميز بشوارد
* المحلول الأساسي يتميز بشوارد
* الحمض القوي تفاعله يكون والحمض الضعيف تفاعله يكون
* الأساس القوي تفاعله يكون .... والأساس الضعيف تفاعل يكون ....
* البروتون ، لا يتواجد .... في الطبيعة، وفي الماء يتفاعل مع جزيئة فيعطى ....

الحل

ملء الفراغات :

* الحمض يمنح بروتونا أو أكثر إلى الأساس.
* الأساس يكتسب بروتونا أو أكثر من الحمض.
* المحلول الحمضي يتميز بشوارد الهيدرونيوم (H_3O^+) أو (H^+_{aq}) .
* المحلول الأساسي يتميز بشوارد الهيدروكسيد $(OH^-_{(aq)})$.
* الحمض القوي تفاعله يكون تاما والحمض الضعيف تفاعله يكون غير تام.
* الأساس القوي تفاعله يكون تاما والأساس الضعيف تفاعل يكون غير تام.
* البروتون H ، لا يتواجد حرا في الطبيعة، وفي الماء يتفاعل مع جزيئة H_2O فيعطى (H_3O^+).

التمرين 3

1 ▪ تعطى أسفله بعض الأفراد الكيميائية. أرفق بكل حمض أساسه المرافق، مع كتابتها بالشكل المتفق عليه كيميائيا وهو الثنائية : أساس/حمض أي :$Base$ / $Acide$.

<u>الأحماض هي</u> :

$H_3O^{+3}_{(aq)}$، $H_2O_{(l)}$، $NH^+_{4(aq)}$، $CH_3COOH_{(aq)}$، $HSO^-_{4(aq)}$، (CO_2,H_2O) .

<u>الأسس هي</u> : $CH_3COO^-_{(aq)}$ ، $H_2O_{(l)}$، $OH^-_{(aq)}$ ، $NH_{3(aq)}$، $SO^-_{4(aq)}$، $HCO^-_{3(aq)}$

2 ▪ أكتب المعادلة الإلكترونية النصفية لكل ثنائية أساس/حمض.

الحل

1 ▪ تحديد الثنائيات اساس/حمض:

$H_3O^-_{(aq)}/H_2O_{(l)}$ ، $H_2O_{(l)}/HO^-_{(aq)}$ ، $NH^+_{4(aa)}/NH_{3(aq)}$ ،

$CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)}$ ، $HSO^-_{4(aq)}/SO^{2-}_{4(aq)}$.

$(CO_2,H_2O)/HCO^-_{3(aq)}$.

2 ■ المعادلة الإلكترونية النصفية لكل ثنائية :

الثنائية	المعادلة النصفية
$H_3O^+_{(aq)}/H_2O_{(l)}$	$H_3O^+ = H^+_{(aq)}+H_2O$
$H_2O_{(l)}/HO^-_{(aq)}$	$H_2O = H^+_{(aq)}+H_2O$
$NH^+_{4(aq)}/NH_{3(aq)}$	$NH^+_{4(aq)} = H^+_{(aq)}+NH_{3(aq)}$
$CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)}$	$CH_3COOH_{(aq)} = H^+_{(aq)}+CH_3COO^-_{(aq)}$
$HSO^-_{4(aq)}/SO^{2-}_{4(aq)}$	$HSO^-_{4(aq)} = H^+_{(aq)}+SO^{2-}_{4(aq)}$
$(CO_2,H_2O)/HCO^-_{3(aq)}$	$HCO^-_{3(aq)} = H^+_{(aq)}+CO^{2-}_{3(aq)}$

التمرين 4

حدّد معادلة التفاعل الكيميائي بين الحمض والأساس فيما يلي مبرراً إجابتك.

- أ $Fe_{(S)}+H_2SO_{4(l)} = FeSO_{4(L)}+H_{2(S)}$
- ب $CuO_{(S)}+H_2SO_{4(l)} = CuSO_{4(L)}+H_2O_{(l)}$
- جـ $CH_{4(g)}+2O_{2(g)} = 2CO_{2(g)}+2H_2O_{(L)}$
- د $HCOOH+H_2O_{(l)} = HCOO^-_{(aq)}+H_3O^+_{(aq)}$
- هـ $NH_{3(aq)}+H_2O_{(l)} = NH^+_{4(aq)}+OH^-_{(aq)}$
- و $2S_2O^{2-}_{3(aq)}+I_{2(aq)} = S_4O^{2-}_{6(aq)}+2I^-_{(aq)}$

الحل

المعادلات الكيميائية التي تبرز التفاعل بين الحمض والأساس نتعرف عليها بالخواص التالية:

1 - حمض + أساس ⟵ ملح + ماء

2 - الحمض يفقد (H^+) أو أكثر.

3 - الأساس يكتسب(H^+)أو أكثر.

ومنه فالمعادلة (ا) : ليست المعادلة المطلوبة

لأنها لا تحقق أية خاصية من الخواص 1 ، 2، 3.

• المعادلة (ب) : تحقق كل الخواص

إذن $\boxed{\text{فهي معادلة تُبرز تفاعل حمض بأساس}}$

• المعادلة (جـ) : ليست المعادلة المطلوبة.

• المعادلة (د) : تحقق الخاصيتين 2 و 3 فالمركب $HCOOH$ فقد H^+ والماء H_2O إكتسب H^+.

فهي $\boxed{\text{إذن معادلة تفاعل حمض بأساس}}$

• المعادلة (هـ) : تحقق الخاصيتين 2 و 3 فالمركب NH_3 إكتسب H^+ والمركب H_2O فقد H^+ فهي $\boxed{\text{معادلة تفاعل حمض بأساس}}$

• المعادلة (و) : لا تحقق أي خاصية من الخواص الثلاثة.

فهي $\boxed{\text{ليست معادلة تفاعل حمض بأساس}}$.

التمرين 5

(S_1) هو محلول حمض الخل الذي صيغته $CH_3COOH_{(aq)}$.تركيزه $C_a= 10^{-2}mol/L$

(S_2) هو محلول النشادر $NH_{3\,(aq)}$ ، تركيزه $C_b = 8.10^{-3}mol/L$

نمزج حجماً $V_a = 400mL$ من (S_1) مع حجما V_2 من (S_2) .

1 ◂ أ • أكتب المعادلتين النصفيتين للثنائي (أساس/حمض) لكل محلول.

ب • استنتج معادلة التفاعل الكيميائي الحادث بين (S_1) و (S_2) .

2 ◂ ماهو الحجم V_2 حتى نحصل على نقطة التكافؤ؟

3 ◂ إذا فرضنا أننا إستعملنا حجماً $V'_b= 250mL$ من (S_2) بالإستعانة بجدول التقدم.

حدّد : أ • المتفاعل المحدّ.

ب • تركيب المزيج عند نهاية التفاعل.

جـ • التركيز الجديد للمركب المتبقى.

الحل

1 ◂ أ • المعادلة النصفية للثنائية (أساس/حمض) :

• الثنائية $CH_3COOH_{(aq)} / CH_3COO^-_{(aq)}$:

$$CH_3COOH_{(aq)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

*الثنائية $NH_{4(aq)}/NH_{3(aq)}$:

$$NH_{3(aq)} + H^+_{(aq)} = NH^+_{4(aq)}$$

بَ• معادلة التفاعل الكيميائي الحادث بين (S_1) و (S_2) :

بجمع المعادلتين السابقتين واختزال $H^+_{(aq)}$ من الطرفين نجد :

$$CH_3COOH_{(aq)} + NH_{3(aq)} = CH_3COO^-_{(aq)} + NH^+_{4(aq)}$$

2 ■ حساب الحجم اللازم للحصول على نقطة التكافؤ :

بالرجوع إلى (التذكرة) التي أعطيناها في نهاية ملخص هذه الوحدة،

نكتب : $\frac{n_a}{1} = \frac{n_b}{1}$ ، لاحظ أن المعاملات الستكيومترية هي :

1 ، 1 ، 1 ، 1، للمركبات الأربعة في المعادلة السابقة :

لكن : $n_a = C_a V_a$ و $n_b = C_b V_b$

إذن : $\frac{C_a V_a}{1} = \frac{C_b V_b}{1}$ ومنه : $\boxed{V_b = \frac{C_a V_a}{C_b}}$

نعوض فنجد : $V_b = \frac{10^{-2} \times 0,400}{8.10^{-3}} = 0,500$

$$\boxed{V_b = 0,5L = 500mL}$$

3 ■ نستعمل جدول التقدم :

لننتبه إلى أنه في حالة استعمالنا لحجم $V_b = 500mL$ من محلول النشادر $NH_{3(aq)}$ ، فإن كلا المركبين $CH_3COOH_{(aq)}$ و $NH_{3(aq)}$ يعتبران متفاعلين محدين ، لكن عند استعمال حجما أقل وليكن $V_{b'} = 250mL$ من المحلول (S_2) ، فإن المتفاعل $NH_{3(aq)}$ ينتهي تماما، وبالتالي يعتبر متفاعلا محدا.

$\boxed{\text{الأساس } NH_{3(aq)} \text{ هو المتفاعل المحدّ}}$

يمكن أيضا إستنتاج هذا الكلام إنطلاقاً من جدول التقدم.

	$CH_3COOH_{(aq)}+NH_{3(aq)}$		$= CH_3COO^-_{(aq)}+NH_4^+(aq)$	
الحالة الابتدائية	$n_a=C_aV_a$	$n_b=C_bV'_B$	$0mol$	$0mol$
الحالة الوسطية	C_aV_a-X	$C_bV'_B-X$	X	X
الحالة النهائية	$C_aV_a-X_f$	$C_bV'_b-X_f=0$	X_f	X_f

إذن: $C_bV'_b-X_f=0$ ومنه: $\boxed{X_f=C_bV'_b}$

نعوض فنجد: $X_f=8.10^{-3}\times 0,250$

$$\boxed{X_f=2.10^{-3}\,mol}$$

ب • تحديد تركيب المزيج عند نهاية التفاعل:

⋆ الحمض $CH_3COOH_{(aq)}$:

$$n_a=C_aV_a-X_f=10^{-2}\times 0,400-2.10^{-3}$$

$$\boxed{n_a=2.10^{-3}mol}$$

⋆ الأساس $NH_{3(aq)}$: $\boxed{n_b=0\,mol}$

⋆ الشاردة $CH_3COO^-_{(aq)}$ (شاردة الإيثانوات):

$$\boxed{n'=X_f=2.10^{-3}\,mol}$$

⋆ الشاردة $NH^+_{4(aq)}$: $\boxed{n''=X_f=2.10^{-3}\,mol}$

التمرين 6

سكب في بيشر $100ml$من محلول مائي لـ Hcl تركيزه C_a=0,10mol/L، نضيف إليه قطرة قطرة من محلول الصود $NaOH$ ، الذي تم تحضيره بوضع $0,4g$من الصود النقي في $200mL$ماء.

1 ▪ أحسب تركيز المحلول الأساسي C_b .

2 ▪ أ • هل يمكن تحديد الثنائية (أساس/حمض)؟

ب • أكتب معادلة إنحلال كل من Hcl و $NaOH$في الماء.

جـ • أكتب معادلة التفاعل الحادث بين محلولي حمض كلور الماء والصود.

3 ▪ أ • استنتج طبيعة المحلول الناتج عند إضافة حجماً V_b=50mL من المحلول الأساسي.

ب • ماهو لون المحلول الناتج عندما نضيف بعض القطرات من كاشف أزرق البروموتيمول (BBT).

$M(H)=1g/mol$ ، $M(O)=16g/mol$، $M(Na)=23g/mol$.

الحل

1 ▪ حساب تركيز المحلول الأساسي C_b

نعلم أن $C_b=\frac{n}{V}=\frac{\text{كمية المادة}}{\text{حجم المحلول}}$

$$n=\frac{m}{M}=\frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{الكتلة الحجمية الجزيئية}}$$

لكن: $M(NaOH)=23+16=40g/mol$ ، إذن: $n_b=\frac{0,4}{40}=0,01mol$

ومنه: $C_b=\frac{0,01}{0,200}=0,05$ ، $\boxed{C_b=5.10^{-2}mol/L}$

2 ▪ أ • الثنائيتان أساس/حمض

في الحمض القوي مثل $(Hcl)_{(aq)}$ أو الأساس القوي $NaOH_{(aq)}$ لا يوجد معنى للثنائية أساس/حمض فالأول حمض قوي والثاني أساس قوي لأن تفككهما في الماء تام.

ب • معادلة انحلال Hcl في الماء .

$$Hcl_{(gaz)} + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + cl_{(aq)}$$

ب • معادلة انحلال $NaOH$ في الماء

$$NaOH_{(s)} \longrightarrow Na_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

جـ • معادلة التفاعل بين المحلول الحمضي $(H_3O^+ + cl^-)$ والمحلول الأساسي $(Na^+ + OH^-)$

$$(H_3O^+_{(aq)} + cl^-_{(aq)}) + (Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}) \longrightarrow 2H_2O + (Na^+_{(aq)} + cl^-_{(aq)})$$

3 ـ أ • طبيعة المحلول الناتج

حسب المعادلة الكيميائية السابقة، فإنه لكي يحدث تعديل بين المحلولين يجب أن يكون $n_a = n_b$ وبالتالي يكون المحلول الناتج متعادلاً.

فإذا كان $n_a > n_b$ كان المحلول الناتج حمضياً ويبقى منه $(n_a - n_b)$ مولاً

فإذا كان $n_a < n_b$ كان المحلول الناتج أساسياً ويبقى منه $(n_b - n_a)$ مولاً

لدينا: $n_a = C_a V_a$ ، إذن: $n_a = 0,10 \times 0,100$ ومنه: $\boxed{n_a = 10^{-2} mol}$

كذلك: $n_b = C_b V_b$ ، إذن: $n_b = 0,050 \times 5.10^{-2}$ ومنه: $\boxed{n_b = 2,5.10^{-3} mol}$

نلاحظ أن $n_a > n_b$ ، ومنه المحلول الناتج حمضي.

ب • عندما نضيف قطرات من كاشف أزرق البروموتيمول فإن اللون يصبح أصفراً.

التمرين 7

إملأ الفراغات التالية :

المؤكسد .... إلكترون أو أكثر في تفاعل كيميائي.

المرجع ....إلكترون أو أكثر في تفاعل كيميائي.

تفاعل الأكسدة هو تفاعل يتم فيه ....إلكترونات.

تفاعل الارجاع هو تفاعل يتم فيه ....إلكترونات.

تفاعل الأكسدة الإرجاعية هو تفاعل يتم فيه ....إلكترونات.

الحل

* المؤكسد يكتسب إلكتروناً أو أكثر في تفاعل كيميائي.
* المرجع يفقد إلكتروناً أو أكثر في تفاعل كيميائي.
* تفاعل الأكسدة هو تفاعل يتم فيه فقد إلكترونات.
* تفاعل الارجاع هو تفاعل يتم فيه إكتساب إلكترونات.
* تفاعل الأكسدة الإرجاعية هو تفاعل يتم فيه تبادل إلكترونات.

التمرين 8

حدّد الصّحيح من الخطأ، وصحّح الخطأ فيما يلي:

- أ $Cu^{2+}{}_{(aq)} = Cu_{(s)} + 2e^-$
- ب $Al^{3+}{}_{(aq)} + 3e^- = Al_{(s)}$
- جـ $2S_2O^{2-}_{3(aq)} = S_4O^{-2}_{6(aq)}$
- د $I_{2(aq)} + 2e^- = 2I^-{}_{(aq)}$
- هـ $A = A^{n+} + ne^-$
- و $OX + ne^- = red$
- ي $red + ne^- = OX$

الحل

أ • : خطأ ، والصحيح هو $Cu^{2+}{}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cu_{(s)}$

ب •: صحيح .

جـ • خطأ، والصحيح هو : $2S_2O^{2-}_{3(aq)} \rightleftharpoons S_4O^{-2}_{6(aq)} + 2e^-$

د • صحيح.

هـ • صحيح.

و • صحيح

ى • خطأ ، والصحيح هو : $red \rightleftharpoons OX + ne^-$.

التمرين 9

1 ▪ وازن المعادلة الكيميائية التالية :

$$Cr^{2+}{}_{(aq)} + Al_{(s)} \longrightarrow Cr_{(s)} + Al^{3+}{}_{(aq)}$$

2 ▪ حدد الثنائيتين مؤكسد مرجع الداخلتان في التفاعل وأكتب المعادلة الإلكترونية النصفية لكل ثنائية.

الحل

1 ▪ موازنة المعادلة الكيميائية :

* نبدأ بموازنة الشحنة الكهربائية ففي الطرف الأيسر يوجد Cr^{2+} أي أن الشحنة *(+2)* وفي الطرف الأيمن يوجد Al^{3+} أي أن الشحنة *(+3)* فلو ضربنا الشحنة *(+2)* في(3) لحصلنا على *(+6)* ولو ضربنا الشحنة *(+3)* في (2) لحصلنا على *(+6)* وبالتالي تتوازن الشحنة.

لذا نكتب : $3Cr^{2+} + Al \longrightarrow 2Al^{3+} + Cr$

لكنه في هذه الحالة يصبح عدد الذرات غير متوازن ففي الطرف الأيسر يوجد $3Cr^{2+}$ وفي الطرف الأيمن $1Cr$، لذا نضرب Cr للطرف الأيمن في (3).

كذلك في الطرف الأيمن يوجد $2Al^{3+}$

وفي الطرف الأيسر يوجد $1Al$ ، لذا وجب ضرب Al في (2)

وهكذا تأتي المعادلة : $3Cr^{2+}{}_{(aq)} + 2Al_{(s)} \longrightarrow 2Al^{3+}{}_{(aq)} + 3Cr_{(s)}$

وهي معادلة موازنة من حيث : - الشحنة.

- عدد الذرات.

2 ■ تحديد الثنائيتين مرجع/مؤكسد :
$Al^{3+}{}_{(aq)}/Al_{(s)}$ ، $Cr^{2+}{}_{(aq)}/Cr_{(s)}$

المعادلة النصفية لكل منهما :

معادلة إرجاع (red) : $Cr^{2+}{}_{(aq)}+2e^- \longrightarrow Cr_{(s)}$

معادلة أكسدة (OX): $Al_{(s)} \longrightarrow Al^{3+}{}_{(aq)}+3e^-$

التمرين 10

وازن المعادلات الكيميائية التالية :

(في وسط حمضي) IO_3^-/I_2

(في وسط حمضي) $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$

(في وسط حمضي) MnO_4^-/Mn^{2+}

(في وسط أساسي) MnO_4^-/MnO_2

(في وسط حمضي) $H_2C_2O_4/CO_2$

Zn^{2+}/Zn

الحل

موازنة المعادلات الكيميائية النصفية : $IO_3^- \longrightarrow I_2$

* نبدأ بموازنة (I) بضرب العدد (2) في الطرف الأيسر

$2IO_3^- \longrightarrow I_2+H_2O$

* نوازن (O) بإضافة H_2O إلى الطرف الذي فيه عدد ذرات (O) أقل ما يمكن.

$2IO_3^- \longrightarrow I_2+H_2O$

لاحظ أن عدد (O) في الطرف الأيسر (6) و عدده في الطرف الأيمن (1) لذا ينبغي ضرب (1) في (6) إذن : $2IO_3^- \longrightarrow I_2+6H_2O$

* موازنة (H) بـ (H^+)

في الطرف الأيمن يوجد $(12H)$، وفي الطرف الأيسر لا يوجد (H)، لذا ينبغي إضافة $(12H^+)$ $2IO_3^-+12H^+ \longrightarrow I_2+6H_2O$

وهكذا نلاحظ أن عدد كل الذرات موازن.

٭ موازنة الشحنة :

وهذا بإضافة الإلكترونات (e^-) في الطرف الأيمن الشحنة معدومة، وعليه ينبغي أن تكون الشحنة معدومة في الطرف الأيسر لذا يجب إضافة $(12e^-)$

لأنه عند إضافة **$(10e^-)$** إلى شحنة $(2IO_3^-)$ نحصل على شحنة **(-12)** وهي تعادل شحنة **$(12H^+)$** مما يجعل الشحنة معدومة في النهاية نكتب :

$$\boxed{2IO_3^- + 12H^+ + 12e^- \longrightarrow I_2 + 6H_2O}$$

٭ ملاحظة :

يمكن استعمال (H_3O^+) بدل (H^+)، لكن من الأسهل إستعمال (H^+) لاحظ أن الوسط حمضي وهذا لوجود (H^+).

٭ $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$:

- الخطوة 1 : نوازن S $\quad S_2O_8^{2-} \longrightarrow SO_4^{2-}$
- الخطوة 2 : $\quad S_2O_8^{2-} \longrightarrow 2SO_4^{2-}$

الخطو 3 والأخيرة : $\quad S_2O_8^{2-} + 2e^- \longrightarrow 2SO_4^{2-}$

٭ MnO_4^-/Mn^{2+} :

- الخطوة 1 : $\quad MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+}$
- الخطوة 2 : $\quad MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$
- الخطوة 3 : $\quad MnO_4^- + 8H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$
- الخطوة الأخيرة : $\quad \boxed{MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O}$

٭ MnO_4^-/MnO_2 : (في وسط أساسي)

- الخطوة 1 : $\quad MnO_4^- \longrightarrow MnO_2$
- الخطوة 2 : $\quad MnO_4^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$
- الخطوة 3 : $\quad MnO_4^- + 4H^+ \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$
- الخطوة 4 : $\quad MnO_4^- + 4H^+ + 3e^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$
- الخطوة 5 : نضيف $4HO^-$ إلى $4H^+$ حتى يتعادل الطرف الأيسر ويتحول الطرف الأيمن بإضافة $4HO^-$ إلى وسط أساسي

$$MnO_4^- + \underbrace{4H^+ + 4OH^-}_{4H_2O} + 3e^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O + 4HO^-$$

وباختزال عدد جزيئات الماء نجد :

$$\boxed{MnO_4^- + 4H_2O + 3e^- \longrightarrow MnO_2 + 4OH^-}$$

★ $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$:

بنفس الخطوات نجد :

$$\boxed{Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O}$$

★ $H_2C_2O_4/CO_2$:

$$\boxed{H_2C_2O_4 \longrightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-}$$

★ Zn^{2+}/Zn :

$$\boxed{Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-}$$

التمرين 11

نلقي قطعة من الحديد **Fe** كتلتها **$2,8g$** في محلول حمض كلور الماء $(H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$ حجمه **$V = 200mL$** ، وتركيزه **$C = 10^{-1}mol/L$**

1 ■ إذا علمت أن الثنائيتين مؤكسد مرجع هما $Fe^{2+}_{(aq)}/Fe_{(s)}$ و $H^+_{(aq)}/H_2(g)$ فاكتب المعادلتين الإلكترونيتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع واستنتج المعادلة الإجمالية.

2 ■ بكتابة جدول التقدم، جد المتفاعل المحد، واستنتج تركيب المواد الناتجة، والمواد المتبقية في نهاية التفاعل.

3 ■ أ • أكتب المعادلة الإجمالية.

ب • أحسب حجم الغاز المنطلق في الشرطين النظاميين

جـ • أحسب كتلة الملح الناتج.

$M(Fe) = 56g/mol$ ، $M(Cl) = 35,5g/mol$.

الحل

1 ▪ كتابة المعادلتين الإلكترونيتين النصفيتين :

تفاعل أكسدة : $Fe_{(s)} = Fe^{2+}(aq)+2e^-$

تفاعل إرجاع : $2H^+_{(aq)}+2e^- = H_2(g)$

بجمع المعادلتين نحصل على معادلة الأكسدة الإرجاعية :

$$\boxed{Fe_{(s)}+2H^+_{(aq)} = Fe^{2+}_{(aq)}+H_2(g)}$$

2 ▪ كتابة جدول التقدم :

	$Fe(g)$	$2H^+_{(aq)}$ =	$Fe^{2+}_{(aq)}$	$H_2(g)$
الحالة الابتدائية	$n_1=\frac{m}{M}=\frac{2,8}{56}=0,05mol$	$n_2=C_2V_2=10^{-1}\times 0,2$ $n_2=2.10-2mol$	$0mol$	$0mol$
الحالة الوسطية	n_1-X	n_2-2X	X	X
الحالة النهائية	n_1-X_f	n_2-X_f	X_f	X_f

نفرض أن المتفاعل المحد هو الحديد Fe لذا نكتب $n_1-X_f=0$ ومنه : $X_f=n_1$

نعوض $X_f=0,05mol=5.10^{-2}mol$ في الحالة النهائية للفرد الكيميائي $2H^+_{(aq)}$

فنجد : $n_2-X_f=2.10-2-5.10^{-2}mol$

$n_2-X_f=-3.10^{-2}mol$

وهذا عدد سالب، فهو مرفوض كيميائيا، إذ لا يمكن أن يبقى عدد سالب.

إذن فالفرضية التي وضعناها بأن المتفاعل المحَد هوFe هي فرضية خاطئة.

نفرض الآن أن المتفاعل المحَد هو الفرد $2H^+_{(aq)}$ ، وفرضنا في هذه المرة صحيح، فلا يوجد فرض ثالث ومنه نضع : $n_2-X_f=0$

$$\boxed{X_f=n_2=2.10^{-2}\ mol}$$

وهكذا يأتي تركيب المزيج في نهاية التفاعل :

	$Fe(g)$	$2H^+_{(aq)}$	$Fe^{2+}_{(aq)}$	$H_2(g)$
الحالة النهائية	$n_1 - X_f$ $2.10^{-2} - 5.10^{-2}$ $=3.10^{-2}mol$	$0mol$	$X_f = 2.10^{-2}mol$	$X_f = 2.10^{-2}mol$

أ • كتابة المعادلة الإجمالية :

المعادلة الإجمالية تحتوي على جميع الشوارد، بما فيها الشوارد التي لم تتفاعل.
يكفي إذن أن نضيف الشاردة (cl^-)إلى طرفي معادلة الأكسدة الإرجاعية.
فقط يجب إضافة $(2cl^-)$ إلى الطرفين، حتى لا تختل الشحنة الكهربائية إذ أنه لدينا $2H^+$ في الطرف الأيمن. وعليه نكتب :

$$Fe_{(s)}+2H^+_{(aq)}+2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)}+2Cl^-+H_2(g)$$

إذن :

$$\boxed{Fe_{(s)}+2\left(H^+_{(aq)}+Cl^-_{(aq)}\right) \longrightarrow \underbrace{\left(Fe^{2+}_{(aq)}+2Cl^-\right)}_{\text{اللح}}+\underbrace{H_2(g)}_{\text{الغاز}}}$$

ب • حساب حجم الغاز المنطلق :

من جدول التقدم السابق نجد : $n_{H2} = X_f = 2.10\text{-}^2mol$

وبما أن (H_2) هو غاز إذن نكتب : $\boxed{n_{H_2} = \dfrac{V}{22,4}}$

ومنه نجد : $V = n_{H2} \times 22,4$ نعوض فنجد : $V = 2.10^{-2} \times 22,4$

$$\boxed{V = 0,448L}$$

جـ • حساب كتلة الملح $(Fe^{2+}+2Cl^-)$ الناتج :

أيضا من جدول التقدم السابق لدينا : $n = X_f = 2.10^{-2}mol$

ولدينا أيضا : $n = \dfrac{m}{M}$ ، إذن : $\boxed{m = n \times M}$

لكن : $M(Fe^{2+} + 2Cl^-) = 56 + 2 \times 35,5 = 127g/mol$

ومنه نجد : $m = 2.10^{-2} \times 127$ ، $\boxed{m = 2,54g}$

التمرين 11

نهدف إلى معايرة محلول ثنائي اليود (I_2) ، تركيزه C_1، بمحلول ثايوكبريتات الصوديوم $(2Na^+_{(aq)} + S_2O^{2-}_{3(aq)})$ الذي تحصلنا عليه من بلوراته الصيغة $(Na_2S_2O_3,5H_2O)$.

1 ▪ أحسب كتلة بلورات كبريتات الصوديوم الواجب إذابتها في الماء، حتى نحصل على محلول ثايوكبريتات الصوديوم، حجمه $100mL$ وتركيزه $C_2 = 5.10^{-2}mol/L$.

2 ▪ نبدأ المعايرة بوضع حجم $V_1 = 20mL$ من محلول (I_2) في بيشر. وفي السحاحة نضع محلول ثايوكبريتات الصوديوم.

نبدأ عملية التسحيح، نلاحظ أننا نحصل على التكافؤ عندما نسكب حجما $V_2 = 15,6mL$ من السحاحة.

أ • أكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع، واستنتج معادلة الأكسدة الإرجاعية .

ب • أحسب التركيز C_2 محلول ثنائي اليود (I_2).

$M(Na) = 23g/mol$ ، $M(s) = 32g/mol$ ، $M(H) = 1g/mol$ ،

$M(O) = 14g/mol$

الثنائيتان مؤكسد/مرجع: $S_2O^{2-}_{3(aq)}/S_4O^{2-}_{6(aq)}$ ، $I_{2(aq)}/I^-_{(aq)}$.

الحل

1 ▪ حساب كتلة بلورات ثايوكبريتات الصوديوم :

نعلم أن كمية المادة $n = C.V$ وأيضا $n = \frac{m}{M}$

بوضع المساواة بين (n) و(n) نجد : $m = M.C.V$ ، $\frac{m}{M} = C.V$

لدينا : $C = C_2 = 5.10^{-2} mol/L$ ، $V = 100mL = 0,1L$

لنعين الكتلة المولية الجزيئية لثايوكبريتات الصوديوم $(Na_2S_2O_3,5H_2O)$ المتبلورة

$$M = (23 \times 2) + (32 \times 2) + (16 \times 3) + 5(1 \times 2 + 16)$$

$$\boxed{M = 284g/mol}$$

ومنه نجد : $m = 284 \times 5.10^{-2} \times 0,1$

2 ■ أ • كتابة المعادلتين النصفيتين :

تفاعل إرجاع : $I_2(g) + 2e^- = 2I^-_{(aq)}$

تفاعل أكسدة : $2S_2O^{2-}_{3(aq)} = S_4O^{2-}_{6(aq)} + 2e^-$

بجمع المعادلتين نحصل على الأكسدة الإرجاعية :

$$I_{2(aq)} + 2S_2O^{2-}_{3(aq)} = 2I^-_{(aq)} + S_4O^{2-}_{6(aq)}$$

n_1	n_2	$0mol$	$0mol$
$n_1 - X_f$	$n_2 - 2X_f$	$2X_f$	$2X_f$

ب • حساب التركيز المولي C_2 لمحلول ثنائي اليود (I_2) :

بما أنه حصل تكافؤ بين المحلولين فإن : $n_1 - X_f = n_2 - 2X_f$

وأيضا محلول ثنائي اليود إختفى، مما يدل على أنه متفاعل محَد.

أي : $n_1 - X_f = 0$ إذن : $\boxed{X_f = n_1}$ ... 1

كما أن محلول ثايوكبريتات الصوديوم إختفى مما يدل على أن $n_2 - 2X_f = 0$

ومنه : $\boxed{n_2 = 2X_f}$ ... 2 من 1 و 2 نستنتج أن : $n_2 = 2n_1$

$C_2V_2 = 2C_1V_1$ ، $\boxed{C_1 = \frac{C_2V_2}{2V_1}}$

نعوض فنجد : $C_1 = \frac{5.10^{-2} \times 0,0156}{2 \times 0,02}$ ، $\boxed{C_1 = 1,95.10^{-2}mol/L}$

المجال 4
المادة وتحولاتها

الوحدة 1 ❖ مدخل إلى الكيمياء العضوية

1 عنصر الكربون C:

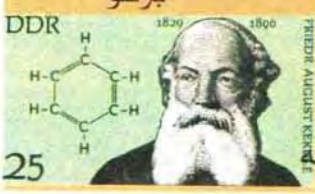

فوهلر

يدخل عنصر الكربون (الفحم) في تكوين كل المركبات الحيوانية والنباتية فهو يدخل في البروتينات والدهون والخشب والبترول والأحماض الأمينية كما يدخل في تركيب القشرة الأرضية بنسب معتبرة غير أن نسبته ضئيلة في الهواء الجوي *0,3%* . إذا فالكيمياء العضوية تدخل في عضوية الحيوانات والنباتات ومن هنا أتت تسمية الكيمياء العضوية.

2 ميلاد الكيمياء العضوية:


برتلو

كان يعتقد أن المواد العضوية التي تحتوي على الكربون موجودة فقط في عضوية النباتات والحيوانات غير أن الكيميائي الشهير فوهلر 1800-1882 استطاع الحصول على اليوريا في مخبره ولم ينتجه من المادة العضوية بمعنى أنه استطاع صناعة المادة العضوية من مواد كيميائية.



كيكوليه

ومن هذا التاريخ توالت إنجازات الكيمياء العضوية وصناعة موادها المختلفة على يد (بيرتلو1827-1907) (*Berthlot*) وكيكوليه (*KEKULE*).

3 التحليل الكيفي للمواد العضوية:

التجربة 1

نضع قليلا من السكر (الغلوكوز) في أنبوب اختبار، ونقرّبه من لهب بنزن، نلاحظ بعد مدة ظهور اللون الأسود، دلالة على وجود عنصر الكربون C في السكر.

* لو كرّرنا التجربة على الخبز أو اللّحم لحصلنا أيضا على نفس النتيجة.
* وبتجارب أخرى يمكن أن تتأكد من وجود العناصر : N, O, H........
* نتيجة:

المواد العضوية تحتوي بصفة مطلقة على عنصري الكربون (C) والهيدروجين (H) ، وتوجد مركبات عضوية تحتوي بالإضافة إلى (C) و (H) ، على عناصر أخرى مثل (O) ،N ،Cl ،(Br)،(I) ،........

- تسمى أيضا الكيمياء العضوية بكيمياء الكربون.

4 – بنية ذرة الكربون C:

- نعطي التوزيع الإلكتروني لعنصر : ${}_{6}C$

$${}_{6}C : K^2L^4$$

- تمثيل لويس لعنصر C هو $\cdot\dot{\underset{\cdot}{C}}\cdot$

وعليه يمكن لذرة (C) أن تشكل 4 روابط تكافئية.

✓ أمثلة:

جزيء الميثان CH_4

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-H \\ | \\ H \end{array}$$

ذرة (C):
تشكل 4 روابط تكافئية أحادية (–).

جزيء الإيثيلين C_2H_4

$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & H & & \\ & & | & & | & & \\ H & - & C & = & C & - & H \end{array}$$

كلّ ذرة (C):
تشكل رابطتان تكافئيتان أحاديتان بالإضافة إلى رابطة تكافئية ثنائية (=).

جزيء الأستيلين C_2H_2 $\quad H-C\equiv C-H$

ذرة (C): تشكل رابطة تكافئية ثلاثية (≡) ورابطة تكافئية أحادية

5 – أنواع المركبات العضوية:

5 – 1 – الفحوم الهيدروجينية:

* صيغتها العامة: C_xH_y تحتوي على عنصري الفحم (C)والهيدروجين (H) فقط

* نميّز منها نوعين:

1 ■ الفحوم الهيدروجينية ذات السلاسل المفتوحة (المركبات الأليفاتية)

★ السلسلة الكربونية لها مفتوحة، وغير مغلقة. تحتوي على ثلاثة أنواع.

★ أنواعها: ثلاثة

1 الألكان

Les Alcanes

صيغته: C_nH_{2n+2}

كل روابطه أحادية تسمى روابط سيقما (σ)

اسمها يبدأ بـ سابقة تختلف بحسب عدد ذرات الكربون

فمثلا:

C_1 : ميث

C_2 : إيث

C_3 : بروب

C_4 : بوت

C_5 : بنت

C_6 : هكس

ينتهي بلاحقة آن (ane)

أمثلة:

CH_4: ميثان - C_3H_8: بروبان - C_5H_{12}: بنتان

C_2H_6 : ايثان - C_4H_{10}:بوتان - C_6H_{14}: هكسان

2 الألسان

Les Alcénes

صيغته: C_nH_{2n}

يحتوي الألسان على رابطة مزدوجة $\begin{pmatrix} \pi\ — \\ \sigma\ — \end{pmatrix}$ واحدة

قوية من النوع (σ)، والأخرى ضعيفة من النوع (π) لذا

فهو مرَكب غير مشبَع.

اسمه: - يبدأ بنفس سابقة الألكان

- ينتهي بلاحقة هي إنْ $(ène)$

أمثلة:

$CH_2=CH$ - $CH_3-CH=CH-CH_3$

إيث -1- إن - بوت -2- إن

3 الألسين

صيغته: C_nH_{2n-2}:

يحتوي الألسين على رابطة ثلاثية $\begin{pmatrix}\pi -\\ \sigma -\\ \pi -\end{pmatrix}$ واحدة من النوع (σ)،

واثنتان من النوع (π)، لذا فهو مركَب غير مشبَع.

اسمه: - يبدأ بنفس سابقة الألكان

- ينتهي بلاحقة هي ين (yne)

أمثلة: $CH \equiv CH$ - $CH_3 - C \equiv C - CH_3$

إيث -1- ين - بوت -2- ين

✓ ملاحظات:

* الجذور الألكيلية هي جذور تشتق من الألكانات بحذف ذرة هيدروجين H واحدة منها، وبذلك تكون صيغتها العامّة هي: $\boxed{-C_nH_{2n+1}}$ أو $\boxed{R}$

إسمه: يشتق من إسم الألكان الموافق كما يلي:

- يبدأ بنفس (سابقة) الألكان الموافق.

- ينتهي اسمه باللاّحقة بل (yle).

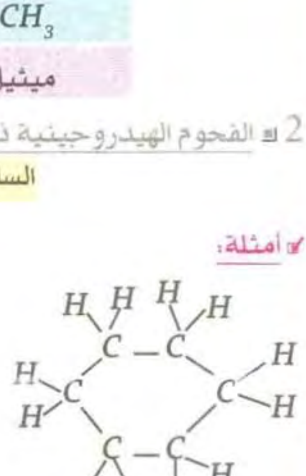
✓ أمثلة:

$-CH_3$	$-C_2H_5$	$-C_3H_7$
ميثيل	إيثيل	بروبيل

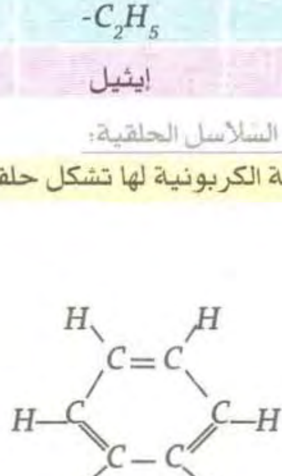
2 الفحوم الهيدروجينية ذات السلاسل الحلقية:

السلسلة الكربونية لها تشكل حلقة مغلقة

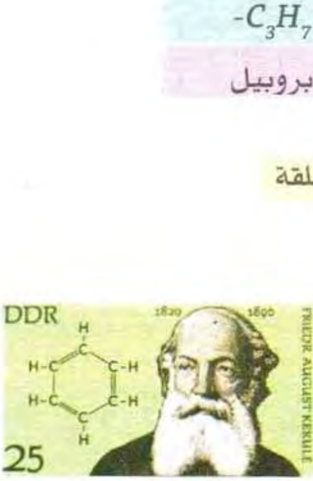
✓ أمثلة:



الهكسان الحلقي C_6H_{12} لاحظ أن السلسلة الكربونية له مغلقة)



البنزن C_6H_6 (لاحظ أن السلسلة الكربونية له مغلقة).



كيكوليه

5 - 2 - الفحوم الهيدروجينية الأكسجينية:

صيغتها العامة: $C_xH_yO_z$

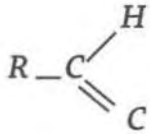
فهي تحتوي على عناصر الكربون (C) و الهيدروجين (H) و الأكسجين (O).

أنواعها: تحتوي على عدة وظائف كيميائية.

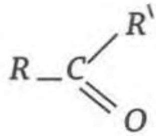
1 - الكحولات: صيغتها العامة $C_nH_{2n+1}-OH$

أو $R-OH$

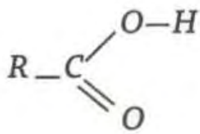
2 - الألديهيدات: صيغتها العامة



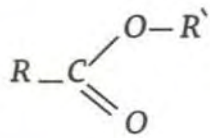
3 - الكيتونات صيغتها العامَة



4 - الأحماض الكربوكسيلية: صيغتها العامَة



5 - الأستر: صيغتها العامَة



5 - 3 - الفحوم الهيدروجينية النتروجينية:

صيغتها العامَة: C_xH_yN

أنواعها: الأمينات:

- صيغتها العامَة: $C_nH_{2n+3}N$
- أصنافها:

الأمين الأوّلي: $R-NH_2$

الأمين الثانوي: $R-NH-R'$

الأمين الثالثي: $R-\underset{}{\overset{R''}{\overset{|}{N}}}-R'$

6 – الكتابة الطوبولوجية للمركبات العضوية:

تعريف

الكتابة الطوبولوجية إصطلاحا هي تمثيل الهيكل الكربوني على شكل خط متواصل منكسر، مكوّن من قطع مستقيمة متساوية الطول، حيث أن نهاية كل قطعة، أو إلتقاء قطعتين أو ثلاثة توافق موقع ذرة كربون C، وإذا وُجدت ذرة O أو N فإنها تمثل في موقعها في الجزيء.

مثال: الكتابة الطوبولوجية للمركبات:

C_3H_4 , C_3H_6 , C_5H_{12} , C_2H_5OH

هي : 

7 – المماكبات:

تعريف

المماكبات هيمركبات كيميائية لها نفس الصَيغة الجزيئية (نفس عدد الذرات المكوّنة للجزيئات) لكَن بنيتها الجزيئية مختلفة (لها صيغ منشورة مختلفة). وبالتالي فهي مختلفة في الخواص الفيزيائية والكيميائية.

أنواع التماكب:

توجد عدّة أنواع من التماكب

1 التماكب الموضعي: (*Isomérie de position*)

المماكبات لها نفس السلسلة الرئيسية ونفس الجذور لكن وضعية الجذور مختلفة.

مثال: المركَب C_5H_{14} له مماكبان موضعيان هما :

$$CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH}{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}-CH_2-CH_3 \qquad CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle CH}{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}-CH_3$$

3 - ميثيل بنتان   2 - ميثيل بنتان

2 التماكب السلسلي:

المماكبات لها نفس الصيغة المجملة، لكن تختلف في السَلسلة الرَئيسية لها.

مثال: المركب C_4H_{10} له مماكبان سلسليان هما :

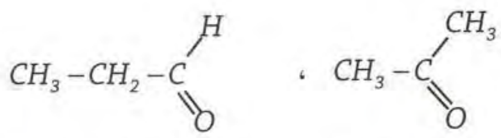
$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \qquad\qquad CH_3-\underset{}{\overset{\displaystyle CH_3 \atop |}{CH}}-CH_3$$

البوتان ‏‏‏ 2 - ميثيل بروبان

3 التماكب الوظيفي:

الـمماكبات لها نفس الصيغة المجملة، لكن تختلف في الوظيفة الكيميائية.

مثال: C_3H_6O له مماكبان وظيفيان هما :



له وظيفة كيتونية ‏‏‏ له وظيفة ألديهيدية

4 التماكب الضوئـي:

الـمماكبات الضوئية هي مركبات لها الصيغة الـمجملة، لكن تختلف في البنية الهندسية للمركب، إحداهما تحرف الضوء على اليمين والأخرى تحرف الضوء عن اليسار.

ملاحظات هامة تفيد في حل بعض المسائل:

إيجاد الصيغة العامة للفحوم الهيدروجينية C_xH_y أو الفحوم الهيدروجينية الأكسيجينية $C_xH_yO_z$.

- إذا كان المركب في الحالة الغازية فإن

$$M = 29d$$

كثافة الغاز بالنسبة للهواء ‏‏‏ الكتلة المولية الجزيئية

$$\frac{12x}{C\%}=\frac{y}{H\%}=\frac{16z}{O\%}=\frac{M}{100\%}$$ و أيضا $$\frac{12x}{m_C}=\frac{y}{m_H}=\frac{16z}{m_O}=\frac{U}{m_{\text{المركب}}}$$

مع $m_C=\frac{12}{44}\left(m_{CO_2}\right)$, $m_H=\frac{2}{18}\left(m_{H_2O}\right)$ ، $\boxed{m_O=m_{\text{المركب}}-\left(m_C+m_H\right)}$

تمارين خاصة بمدخل إلى الكيمياء العضوية

التمرين 1

أعط إسم المركبات التالية والعائلات التي تنتمي إليها، ثم أعط الكتابة الطوبولوجية لها.

$CH_3-CH_2-CH_3$; $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$

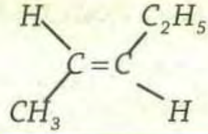
(1) (2)

$CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$; $CH_2=CH-CH_2-CH_3$

(3) (4)

$CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-CH=CH-CH_2-CH_3$; $CH\equiv C-CH_3$

(5) (6)

(7) 

الحل

المركب (1): ⋆ كل روابطه أحادية فهو ألكان

⋆ له 4 ذرات C : فهو بوتان.

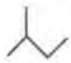
⋆ الكتابة الطوبولوجية :

المركب (2):

$^1CH_3-^2\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-^3CH_2-^4CH_4$

* كل روابطه أحادية فهو ألكان

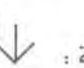
* لتسميته نختار أطول سلسلة كربونية ونرقمها بحيث تأخذ ذرة (C) المرتبطة بالجذر المتفرّع أصغر الأرقام. وعليه يكون الإسم كما يلي:

$\boxed{2 \text{ - مثيل بوتان}}$ * الكتابة الطوبولوجية: 

المركب (3): * كلّ روابطه أحادية فهو ألكان.

* التسمية: نرقمه بحيث تأخذ الجذور أصغر الأرقام.

$$\begin{array}{c} \quad\quad\quad CH_3 \;\; CH_3 \\ \quad\quad\quad | \quad\quad | \\ {}^4CH_3-{}^3CH-{}^2CH-{}^1CH_3 \end{array}$$

$\boxed{2\,,3 \text{ ثنائي مثيل، بوتان}}$ * الكتابة الطوبولوجية : 

المركب (4):

* يحتوي على رابطة مزدوجة فهو ألسان.

* التسمية: ترقم السلسلة الكربونية، ويعطى لذرة C التي تحتوي على الرابطة المزدوجة (=) أصغر الأرقام.

$${}^1CH_2={}^2CH-{}^3CH_2-{}^4CH_3$$

$\boxed{\text{بوت - } 1 \text{ - إن}}$ * الكتابة الطوبولوجية: 

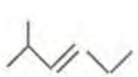
المركب (5):

* يحتوي على رابطة مزدوجة فهو ألسان.

* التسمية: نرقم السلسلة الكربونية، ويعطى لذرة C التي تحتوي على الرابطة المزدوجة (=) أصغر الأرقام.

$$\begin{array}{l} \quad\quad CH_3 \\ \quad\quad | \\ {}^1_6CH_3-{}^2_5CH-{}^3_4CH={}^4_3CH-{}^5_6CH_2-{}^6_1CH_3 \end{array}$$

لاحظ أن الترقيمين العلوي والسفلي يعطيان رقم 3 لذرتي C التي تحتوي على الرابطة المزدوجة، لذا يبدو أنهما متكافئين، لكن الترقيم العلوي يعطي رقم 2 لذرة C المرتبطة بالجذر، أما الترقيم السفلي فيعطي رقم 5 لها. لذا تكون الأفضلية لأصغر الأرقام، وهو الترقيم العلوي وعليه نقوم بشطب الترقيم السفلي.

* التسمية: 2 – مثيل ، هكس - 3 – إن * الكتابة الطوبولوجية : 

المركب (6): * يحتوي على رابطة ثلاثية فهو ألسين.

* التسمية: $^{1}CH\equiv{}^{2}C-{}^{3}CH_3$

بروب - 1 – ين

* الكتابة الطوبولوجية: 

المركب (7):

* يحتوي على رابطة مزدوجة فهو ألسان.

* التسمية: بنت 2- – إن

* الكتابة الطوبولوجية: 

التمرين 2

أكتب الصيغ نصف المنشورة لجزيئات المركبات التالية، ثم مثلها بالكتابة الطوبولوجية.

2،2 – ثنائي مثيل بوتان.

1، 3، 5 – ثلاثي كلوروبنزن.

بنت – 2 - إن

2 – مثيل بوتان.

2، 2،3 – ثلاثي مثيل بوتان.

الحل

كتابة الصيغة نصف المنشورة للمركب الأول:

نبدأ الصيغة من آخر كلمة من الاسم وهي : بوتان بمعنى ألكان له 4 ذرات C أي: $C-C-C-C$ ثم نرقمها من اليمين أو من اليسار $^{4}C-{}^{3}C-{}^{2}C-{}^{1}C$ ثم نقرأ الجزء الأول من الإسم وهو : 2، 2 ثنائي ميثيل، أي جذران من المثيل $-CH_3$ مرتبطان بذرة C التي رقمها 2، إذن:

$$^{4}C-{}^{3}C-\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{{}^{2}C}}}}-{}^{1}C$$

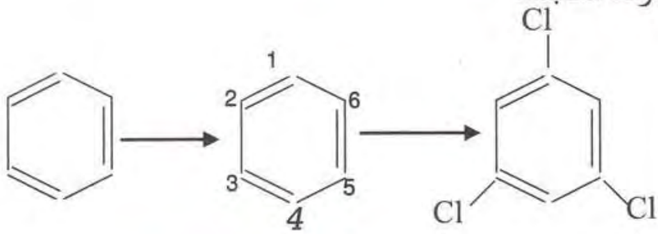
ثم نكمل لكل ذرة C ذرات H التي تنقصها، حتى تكمل 4 روابط، وهكذا نحصل على الصيغة نصف المنشورة :

$$\boxed{CH_3-CH_2-\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH_3}$$

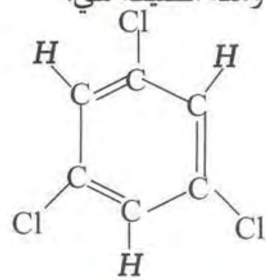
الكتابة الطوبولوجية: 

كتابة الصيغة نصف المنشورة للمركب الثاني:

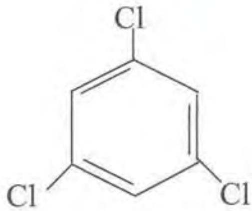
نتبع نفس الخطوات السابقة:



ومنه الصيغة هي:



الكتابة الطوبولوجية:



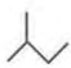
كتابة الصيغة نصف المنشورة للمركب الثالث:

مباشرة نكتب: $CH_3 - CH = CH - CH_2 - CH_3$

الكتابة الطوبولوجية: 

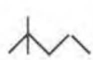
المركب الرابع:

$$\begin{array}{c} \quad\;\; CH_3 \\ \quad\;\; | \\ CH_3 - CH - CH_2 - CH_3 \end{array}$$



المركب الخامس:

$$\begin{array}{c} \quad\;\; CH_3 \;\; CH_3 \\ \quad\;\; | \qquad\; | \\ CH_3 - C - CH_2 - CH_3 \\ \quad\;\; | \\ \quad\;\; CH_3 \end{array}$$



التمرين 3

1 ▪ إن ضمّ ثنائي الهيدروجين لمركب A، أعطى الجزيء التالي:

$CH_3 - CH_2 - CH_3$

الجزيء A هو إذن: (أ) بوت - 1 - إن

(ب) بروب -1- إن

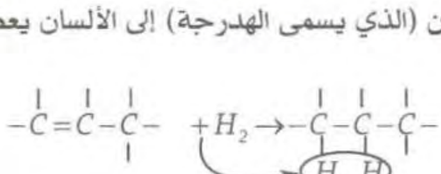
(جـ) بوت -2- ين.

2 ■ ضمّ جزيء M إلى بروب - 1 - ان ينتج 1، 2 – ثنائي برومو البروبان.
الجزيء M هو إذن:
(أ) بروبان، (ب) 2 - برومو بروبان ، (جـ) ثنائي بروم.

الحل

1 ■ تعيين صيغة المركب A:

إنّ المركب الناتج $CH_3-CH_2-CH_3$ ، كلّ روابطه أحادية، فهو ألكان (بروبان) ونعلم أنّ ضم ثنائي الهيدروجين (الذي يسمى الهدرجة) إلى الألسان يعطي ألكان حسب التفاعل التالي:



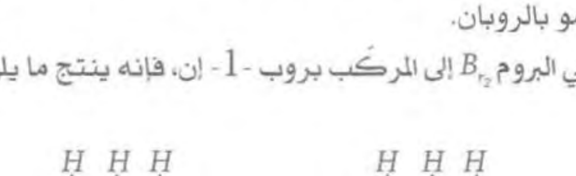
المركب بروب - 1 - ان $\xrightarrow{\text{هدرجة}}$ بروبان

ومنه فإن المركب A هو : بروب - 1 - إن   وبالتالي فإنّ الإجابة (ب) هي الصحيحة.

2 ■ تعيين صيغة المركب M:

- لا يمكن ضمّ (البروبان) أو (2 - برومو بروبان) إلى المركب (بروب - 1 - ان) إعطاء المركب 2،1 – ثنائي برومو بالروبان.

- أما عند ضمّ ثنائي البروم B_{r_2} إلى المركّب بروب - 1 - إن، فإنه ينتج ما يلي :



1 ، 2 ثنائي برومو البروبان

إذن الجزيء M هو ثنائي البروم Br_2، وبالتالي فإن الإجابة (جـ) هي الصحيحة.

التمرين 4

1 ■ أكتب معادلة احتراق البنتان.
2 ■ ما هو حجم الهواء اللازم لاحتراق $200g$ من البنتان في الشرطين النظاميين.
- يشكل الأكسجين في الهواء نسبة حجمية تساوي تقريبا 20 %.
- $M(H)=1g.mol^{-1}$; $M(C)=12g.mol^{-1}$
الحجم المولي في الشرطين النظاميين للغازات $V_m = 22,4L.mol^{-1}$

الحل

1 ■ معادلة احتراق البنتان:

إن احتراق أي مادة عضوية يعني التفاعل مع O_2(الأكسدة التامة) وينتج دائماً غاز ثنائي أكسيد الكربون (غاز الفحم CO_2) وبخار الماء (H_2O).

إذن : $C_5H_{12}+O_2 \rightarrow CO_2+H_2O$ نوازن هذه المعادلة فنجد:

$$C_5H_{12(g)}+8O_{2(g)} \rightarrow 5CO_{2(g)}+6H_2O_{(g)}$$

n_1	n_2	0^{mol}	0^{mol}
n_1-x	n_2-8x	$5x$	$6x$

بما أن التفاعل تام، فهذا يعني أن كلاً من C_5H_{12} وO_2 يعتبران متفاعلان ، محدّان، أي ينتهيان بمعنى: $\begin{cases} n_1-x=0 \\ n_2-8x=0 \end{cases}$

لكن n_1 هي كمية المادة الابتدائية من البنتان ونحسبها من $200g$ المعطاة.

$$n_1=\frac{m}{M_{(C_5H_{12})}}=\frac{200}{(5\times12)+(12\times1)}=\frac{200}{72}=2,78mol$$

لكن $n_1 - x = 0$، إذن $x = n_1 = 2,78mol$

أيضا لدينا $n_2 - 8x = 0$ ، إذن: $n_2 = 8x = 8(2,78) \approx 22,22$

ومنه $n_2 \approx 22,2\ mol$

بما أن O_2 هو غاز لذا نكتب $n_2 = \frac{V}{V_m}$ إذن: $\boxed{V = n_2 V_m}$ ، $V = 22,2 \times 22,4$

$\boxed{V_2 \approx 497,8L}$ وهو حجم غاز ثنائي الأكسجين O_2 المتفاعل لكن :

$V_{O_2} = \frac{V_{\text{هواء}} \times 20}{100}$ إذن $V_{O\,\text{هواء}} = \frac{V_{O_2} \times 100}{20}$ أيّ : $\boxed{V_{\text{هواء}} = 5V_{O2}}$

نعوض فنجد : $V_{\text{هواء}} = 5 \times 4988,8$

$\boxed{V_{\text{هواء}} = 2489,9L = 2,49m^3}$

التمرين 5

فحم هيدروجيني في الحالة الغازية، التركيب المئوي الكتلي له هو $82,76\%$ من الكربون.

1 أعط الصيغة الجزيئية المجملة له.

تعطى الكثافة البخارية له بالنسبة للهواء $d=2$.

2 أيّ عائلة كيميائية ينتمي إليها.

3 أعط صيغه نصف المنشورة المكنة مع تسميتها وتحديد نوع التماكب.

الحل

1 الصيغة الجزيئية المجملة للفحم الهيدروجيني C_xH_y.

نعلم أن: $\boxed{\frac{12x}{C\%} = \frac{y}{H\%} = \frac{M}{100\%}}$

$$C\% + H\% = 100\%$$

لنحسب $H\%$: $H\% = 100\% - C\% = 100\% - 82,76$

$$H\% = 17,24\%$$

- لنحسب الكتلة المولية الجزيئية M لهذا المركَب:

$M = 29 \times d \quad ; \quad M = 58g/mol$

- نعيّن x و y بالتعويض في المساواة المؤطرة سابقا:

إذن : $\frac{12x}{82,76\%} = \frac{y}{17,24\%} = \frac{58}{100\%}$ ،

$x=4 \quad , \quad \dfrac{12x}{82,76}=\dfrac{58}{100}$

$y=10 \quad , \quad \dfrac{y}{17,24}=\dfrac{58}{100}$

ومنه الصيغة الجزيئية المجملة للفحم الهيدروجيني هي C_4H_{10}

2 ▪ العائلة الكيميائية:

فهي من الشكل C_nH_{2n+2} بدليل لو وضعنا $n = 4$ ، لوجدنا $2n + 2 = 10$ إذن فالمركب هو الكان.

3 ▪ الصيغ نصف المنشورة الممكنة:

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$

بوتان

$CH_3 - \underset{}{\overset{\displaystyle CH_3 \atop |}{CH}} - CH_3$

2 - مثيل ، بروبان

نوع التماكب: سلسلي.

التمرين 6

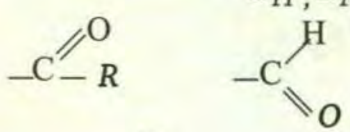
عيّن العبارات الخاطئة من الصحيحة:

أ • المجموعة الفعالة في الكحولات هي : $-OH$, $-C-O-$

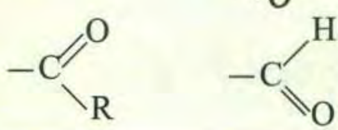
ب • المجموعة الفعالة في الحمض الكربوكسيلي هي : $-COOH$, $-C-O-H$

جـ • المجموعة الفعالة في الأمينات هي : $-NH_2$, $-H$ -

د • المجموعة الفعالة في الألديهيدات هي :



هـ • المجموعة الفعالة في الكيتونات هي :



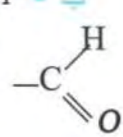
الحل

أ • $-OH$

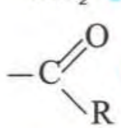
ب • $-COOH$

جـ • $-NH_2$

د •



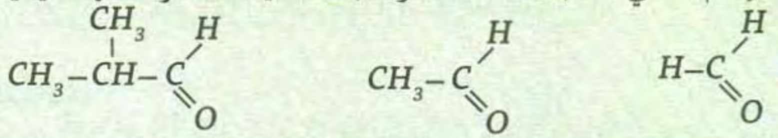
هـ •



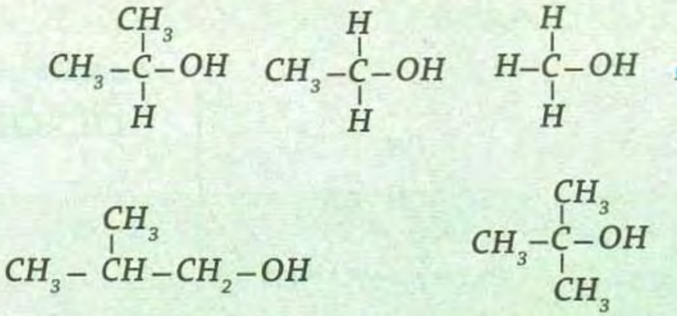
التمرين 7

أعط الإسم العلمي حسب *IUPAC* للمركبات التالية، حدّد وظائفها الكيميائية:

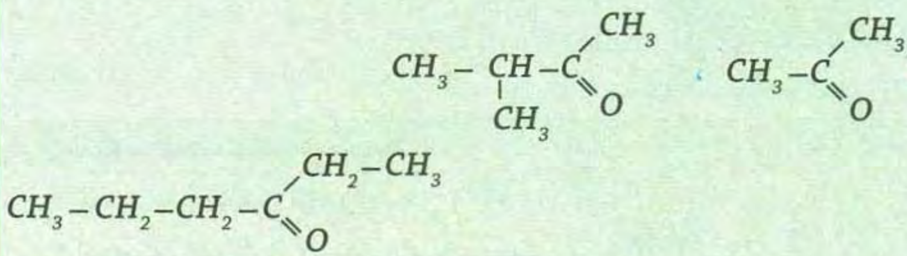
1



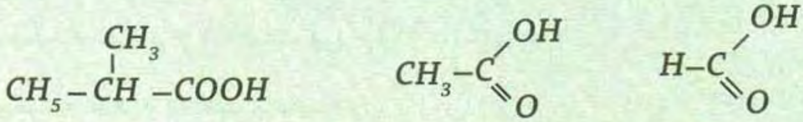
2



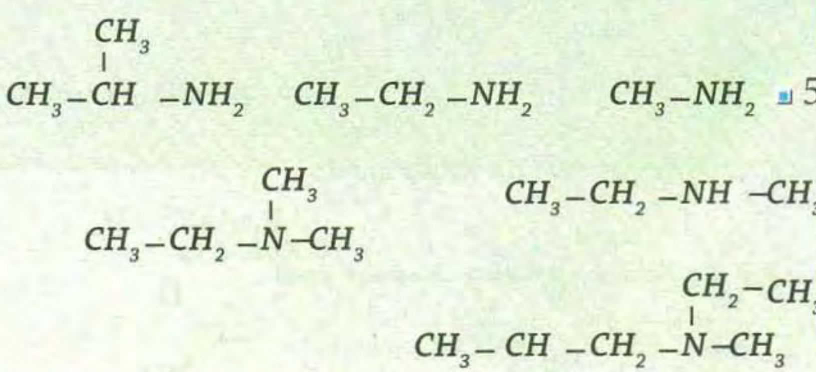
3



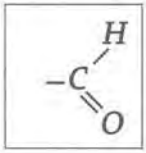
4



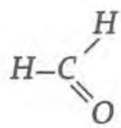
5



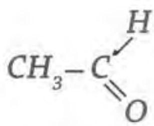
الحل

المركبات 1: تتميز بالمجموعة الفعالة:  أو $\boxed{-CHO-}$

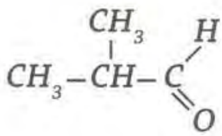
فهي ألديهيدات (وظيفة ألديهيدية)



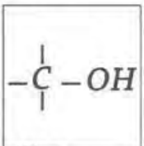
ميثانال



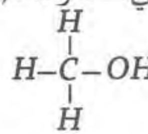
إيثانال



2 - مثيل بروبانال

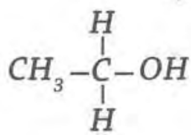
المركبات 2: تتميز بالمجموعة الفعالة: $\boxed{-OH-}$ أو 

فهي كحولات (وظيفة كحولية).



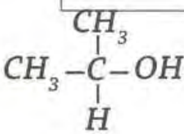
ميثان-1-ول

(كحول أولي)



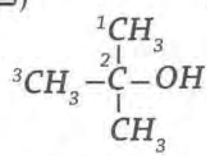
إيثان-1-ول

(كحول أولي)



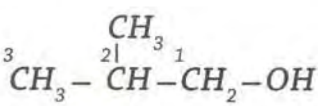
بروبان-2-ول

(كحول ثانوي)



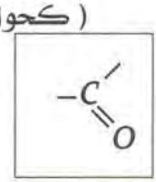
2 -مثيل بروبان-2-ول

(كحول ثالثي)

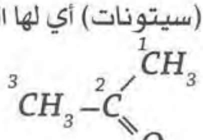


2 -مثيل بروبان-1-ول

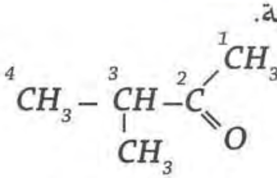
(كحول أولي)

المركبات 3: تتميز بالمجموعة الفعالة:  أو $\boxed{-CO-}$

فهي كيتونات (سيتونات) أي لها الوظيفة الكيتونية.



بروبان-2-ون



3 -مثيل بوتان-2-ون

$$\overset{6}{C}H_3-\overset{5}{C}H_2-\overset{4}{C}H_2-\overset{3}{C}(=O)-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}H_3$$

هكسان -3ون

المركبات 4: تتميز بالمجموعة الفعالة: $\boxed{-C(=O)-O-H}$ أو $\boxed{-COOH}$

فهي أحماض كربوكسيلية(وظيفة كربوكسيلية).

$$H-C(=O)-CH_3 \qquad CH_3-C(=O)-OH \qquad CH_5-\underset{}{CH}(CH_3)-COOH$$

حمض ميثانويك   حمض إيثانويك   حمض 2 -مثيل بروبانويك

المركبات 5: تتميز بالمجموعات: $-NH_2$ أو $-NH-$ أو $-\overset{|}{N}-$ وهي على الترتيب أمين أولي، أمين ثانوي وأمين ثالثي وهذه المجموعات تحدّد **الأمينات** (الوظيفة الأمينية).

CH_3-NH_2
ميثان أمين
(أمين أولي)

$CH_3-CH_2-NH_2$
إيثان أمين
(أمين أولي)

$\overset{2}{C}H_3-\overset{1}{C}H(CH_3)-NH_2$
1 - مثيل إيثان أمين
(أمين أولي)

$CH_3-CH_2-NH-CH_3$
N -مثيل إيثان أمين
(أمين ثانوي)

$CH_3-CH_2-N(CH_3)-CH_3$
N . N - ثنائي مثيل إيثان أمين
(أمين ثالثي)

$CH_3-CH-CH_2-N(CH_2-CH_3)-CH_3$ N - إيثيل ، N - مثيل بروبان أمين (أمين ثالثي)

التمرين 8

أربعة أنابيب اختبار، كل واحدة منها تحتوي أحد المركبات التالية:

$$(A): CH_3-CH_2-CO-CH_3 \quad ; \quad (C): CH_3-CHOH-C_2H_5$$
$$(B): CH_3-CH_2-CHO \quad ; \quad (D): CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}OH-CH_3$$

1 ▪ سمِّ كل مركب.

2 ▪ نجري على هذه الأنابيب إختبارات، إذا تمَّ التفاعل وضعنا إشارة (+)، وإذا لم يحدث تفاعل وضعنا إشارة (-). الأنابيب مرقمَة من (1) إلى (4).

رقم الأنبوب	1	2	3	4
محلول ثاني كرومات $(Cr_2O_7^{2-})$	+	-	+	-
محلول $DNPH$	+	+	-	-
محلول فهلنج	+	-	-	-

حدِّد محتوى كل أنبوب.

الحل

1 ▪ تسمية المركبات:

المركب (A) : بوتان -2 ون (بوتانون) $-$ (وظيفة كيتونية).

المركب (B) : بروبانال (وظيفة ألديهيدية).

المركب (C) : بوتان $- 2 -$ ول (كحول ثانوي).

المركب (D) : -2 ميثيل بروبان -2- ول $-$ (كحول ثالثي).

2 ▪ تحديد محتويات الأنابيب:

الأنبوب 1: يحتوي على الألدهيد (المركب (B)) لماذا ؟ لأن الألدهيد هو الوحيد الذي يتفاعل مع كلٍّ من ثاني كرومات، $DNPH$ و محلول فهلنغ.

الأنبوب 2: يحتوي على الكيتون (المركب (A)) لأن الكيتون يتفاعل فقط مع $DNPH$.

الأنبوب 3: يحتوي على الكحول الثانوي (المركب (C)) لأن الكحول الثالثي يتفاعل فقط مع ثاني كرومات.

الأنبوب 4: يحتوي على الكحول الثالثي (المركب (D)) لأن الكحول الثالثي لا يتفاعل مع أيٍّ من : ثاني كرومات، $DNPH$، أو محلول فهلنغ .

التمرين 9

أكمل المعادلات الكيميائية التالية:

$$1-\quad CH_3-OH+Na\rightarrow$$
$$2-\quad C_nH_{2n}+...\xrightarrow{H_2SO_4}C_nH_{2n+1}-OH$$
$$3-\quad CH_3-CHO+O_2(g)\xrightarrow{Cu}$$
$$4-\quad C_xH_yO_z+CuO\rightarrow CO_2+H_2O+Cu$$
$$5-\quad R-CH_2-OH+Cr_2O_7^{2-}+H^+\rightarrow 3R-CHO+2Cr^{3+}+7H_2O$$
$$6-\quad R-CHO+MnO_4^-+6H^+\rightarrow 2M_n^{2+}+3H_2O+5R-COOH$$

الحل

$$1-\quad 2CH_3-OH+2Na\rightarrow H_2+2\left(CH_3-O^-+Na^+\right)$$
$$2-\quad C_nH_{2n}+H_2O\xrightarrow{H_2SO_4}C_nH_{2n+1}-OH$$
$$3-\quad CH_3-CHO+O_2(g)\xrightarrow{Cu}CH_3-COOH_{(g)}$$
$$4-\quad 2C_xH_yO_z+(4x+y-2z)CuO\rightarrow xCO_2+\frac{y}{2}H_2O+Cu$$
$$5-\quad 3R-CH_2-OH+Cr_2O_7^{2-}+8H^+\rightarrow 3R-CHO+2Cr^{3+}+7H_2O$$
$$6-\quad 5R-CHO+2MnO_4^-+6H^+\rightarrow 2M_n^{2+}+3H_2O+5R-COOH$$

التمرين 10

يؤكسد مركب عضوي أكسجيني كتلته $2,78g$ بواسطة أكسيد النحاس الأحادي CuO نلاحظ أنه ينتج $3,3g$ من (H_2O)من غاز CO_2.

1 ▪ أكتب معادلة الأكسدة التامة.

2 ▪ أحسب كتلة الفحم m_C، وكتلة الهيدروجين m_H وكتلة الأكسجين m_O في المركب.

3 ▪ استنتج الصيغة الجزيئية المجملة لهذا المركب علما أن كثافته البخارية بالنسبة للهواء $d = 2,07$.

الحل

1 ■ معادلة الأكسدة التامة: حاول أن توازن هذه المعادلة

$$C_xH_yO_z+(4x+y-2z)CuO \rightarrow xCO_2+\frac{y}{2}H_2O+(4x+y-2z)Cu$$

2 ■ حساب m_C:

$$m_C=\frac{12}{44}m_{CO_2}=\frac{12}{44}\times 6=1,636 \qquad \boxed{m_C \approx 1,64g}$$

حساب m_H:

$$m_H=\frac{2}{18}m_{H_2O}=\frac{2}{18}\times 3,3=0,367 \qquad \boxed{m_H \approx 0,37g}$$

حساب m_O:

$$m_O=m_{\text{المركب}}-(m_C+m_H)$$

$$m_O=2,78-(1,64+0,37)\ ;\ m_O=0,77g$$

3 ■ استنتاج الصيغة الجزيئية المفصلة للمركب:

لدينا : $\frac{12x}{m_C}=\frac{y}{m_H}=\frac{16z}{m_O}=\frac{M}{m_{\text{المركب}}}$

لنحسب الكتلة المولية الجزيئية M للمركب:

$$M=29d=29\times 2,07=60,03 \qquad \boxed{M \approx 60g/mol}$$

حساب x: لدينا : $\frac{12x}{m_C}=\frac{M}{m_{\text{المركب}}}$

$$x=\frac{m_C.M}{12\times m_{\text{المركب}}}=\frac{1,64\times 60}{12\times 2,78}=2,94$$

x هو عدد طبيعي لذا نقرّبه إلى العدد: $\boxed{x=3}$

حساب y: لدينا : $\frac{y}{m_H}=\frac{M}{m_{\text{المركب}}}$

$$y = \frac{m_H \times M}{m_{\text{المركب}}} = \frac{0,37 \times 60}{2,78} = 2,94$$

y هو عدد طبيعي لذا نقرّبه إلى العدد: $\boxed{y = 8}$

حساب z: لدينا : $\frac{16z}{m_O} = \frac{M}{m_{\text{المركب}}}$

$$Z = \frac{m_O \times M}{16 \times m_{\text{المركب}}} = \frac{0,77 \times 60}{16 \times 2,78} = 1,03$$

$$\boxed{z = 1}$$

ومنه الصّيغة المجملة للمركب هي : C_3H_8O.

لا تنسوني و المؤلف

من صالح دعائكم

hard_equation

^_^

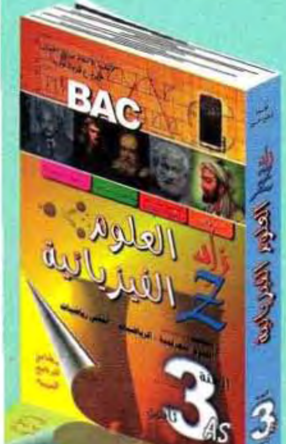
هذا الكتاب:

- أردناه **قاعدة** صلبة يستند عليها التلميذ ليبني عليها **معارفا** دقيقة في مادة العلوم الفيزيائية. فالفيزياء -وفق المنهاج الجديد- لم تعد مجرد تمارين وحسابات رياضية يجريها التلميد وحسب.
- جعلناه **زادًا** (زاد) للتلميد لا ينضب بدروسه، تمارينه الهادفة، وضعياته الإدماجية وتمارينه التجريبية.
- نهدف من خلاله إلى تحضير التلميذ مبكرا بإذنه تعالى إلى اجتياز شهادة البكالوريا، وما بعد **البكالوريا** وبذلك فقط نكتسب ثقته واحترامه

الأستاذ : الحسين مصطفى صالح

الفيزياء إختصاصنا

أطلبوا:



9 789961 988701

زاد Z الطالب للنشر و التوزيع
حي 618 مسكن ،عمارة 12أ ا رقم 02 ،المحمدية ،الجزائر
الهاتف : 367 026 0778 / 29 92 53 021
الفاكس : 29 92 53 021