الجمهورية الإسلامية الموريتانية

شرف - إخاء - عدل

وزارة التربية و إصلاح النظام التعليمي

المعهد التربوي الوطني

الفيـــزيـــــاء

للسنــة الخامســة الثانوية

الشعب الأصلية

IPN

تصميم:

هيبتنا يحيى ابري المعهد التربوي الوطني

2026

IPN

تقديم

في إطـار تنفيـذ التوجهات الوطنية الرامية إلى تحـسين جودة التعليم ومواءمة التعلمات مـع متطلبات التنمية، يسّر المعهد التربوي الوطني أن يضع بين أيدي المدرسين والتلاميذ هذه السلسـلة الجديدة من الكتب المدرسـية العلمية المخصصة للسلك الثانوي.

تغطـي هذه المؤلفات جميع شـعبِ التعليم الثانوي، سـواء العلمية منها أو الأدبية، في مـواد الرياضيات وعلوم الطبيعة والفيزياء والكيمياء. وقد أُعدّت هذه الكتب وفق البرامج الرسمية المعمول بها، وتعكس إرادة السلطات التربويـة في تـوفير مـوارد تعليمية ذات جودة لجميـع المتعلمين، بما يتلاءم مع أهـداف التكوين وخصوصيات نظامنا التربوي.

ومنـذ إعـادة كتابة البرامج سـنة 1999 إلى غاية اعتماد البرامج الحالية سـنة 2022، عـرف نظامنا التربوي مراحـل متعـددة من الإصلاح والتحديث. غير أن هذه السلسـلة تمثل نقلة نوعيـة وتاريخية، إذ إنها المرة الأولى التـي تسـتفيد فيها الشـعب الأدبيـة، وخاصة شُـعب الآداب العصريـة والآداب الأصلية ، من كتب مدرسـية في المواد العلمية تشـمل جميع مسـتويات التعليم الثانوي من السـنة الخامسـة إلى السـنة السـابعة. كما استفادت شعب الآداب الأصلية من كتب مؤلفة باللغة العربية، مراعاة لخصوصياتها اللغوية والتربوية، وضماناً لتيسير اسـتيعاب المضامين العلمية مـن طرف المتعلمين المعنيين.

وقد تمثلت هذه المهمة، من جهة، في مراجعة اثني عشر(12) عنواناً تمثل الكتب الأساسـية لمختلف مسـتويات التعليـم الثانـوي، ومـن جهة أخرى، في إعداد اثنين و عشرين (22) عنواناً جديـداً تغطي باقي المواد العلمية. ويجسـد هـذا العمل التربوي الكبير مدى التزام السـلطات التربوية بتعزيز المـوارد التعليمية الوطنية ومواكبة تنفيـذ البرامج الجديدة بصورة فعالة.

وانطلاقـاً من الأهمية الاستراتيجية للكتاب المـدرسي في عملية التعليم والتعلم، عمل المعهد التربوي الوطني على تعبئـة أفضـل الكفاءات الوطنية لإنجاز هذه المهمة، حيث تم اختيار نخبة من المفتشين والمستشـارين التربويين والأسـاتذة ذوي الـخبرة والكفاءة العلميـة والبيداغوجية، قصد إعداد ومراجعة كتب تسـتجيب لمعايير الجودة العلمية والتربوية والديداكتيكية.

وقـد حرصـت فـرق التأليـف على إنتاج كتب واضحة ومنظمة وسـهلة الاسـتعمال، تسـهم في تنميـة المعارف والكفايات وترسيخ الفكر العلمي لدى المتعلمين. كما أُولي اهتمام خاص بانسجام المضامين، وتدرج التعلمات، وإدماج الأنشـطة التطبيقية، واسـتعمال الرسـوم التوضيحية والوضعيات التعليمية الملائمة للسياق الوطني.

ويتقـدم المعهـد التربـوي الوطني بخالص الشـكر والتقديـر إلى البنك الإسلامـي للتنمية على دعمـه القيّم لهذا المشروع. فبفضـل تمويلـه، أمكن إنجاز جميـع مراحل هذا العمل التربوي المهم، ابتداءً مـن التأليف والمراجعة، مـروراً بالتحريـر والتصحيـح، وصولاً إلى طباعة هذه الكتب المدرسـية. ويشـكل هذا الدعم مسـاهمة كبيرة في تطويـر التعليم وتعزيـز جودة التعلمـات في بلادنا.

كمـا يتوجـه المعهـد التربوي الوطني بجزيل الشـكر إلى جميع الذين سـاهموا في إنجاز هـذا العمل، من مؤلفين ومراجـعين ومفتشين وفـرق تقنية وشركاء رافقوا مختلف مراحـل التأليف والإنتاج.

وإننا لنعرب عن أملنا في أن تشـكل هذه الكتب أدوات تربوية فعالة في خدمة المدرسين والتلاميذ، وأن تسـهم في تعزيز تدريس العلوم، وتحسين المردودية الدراسية، وتكوين جيل قادر على الإسهام الفاعل في تنمية الوطن.

المدير العام للمعهد التربوي الوطني
د. الشيخ معاذ سيدى عبد الله

IPN

IPN

الفهـــــرس

الفيـــزيـــــاء

الفصـــل الأول.....9

الفصـــل الثاني.....21

الفصـــل الثالث.....28

الفصـــل الرابـــع.....35

الكيـــميـــــاء

الفصـــل الأول.....42

الفصـــل الثاني.....51

IPN

IPN

الفصل الأول:

الانعكاس والانكسار

IPN

الأهداف

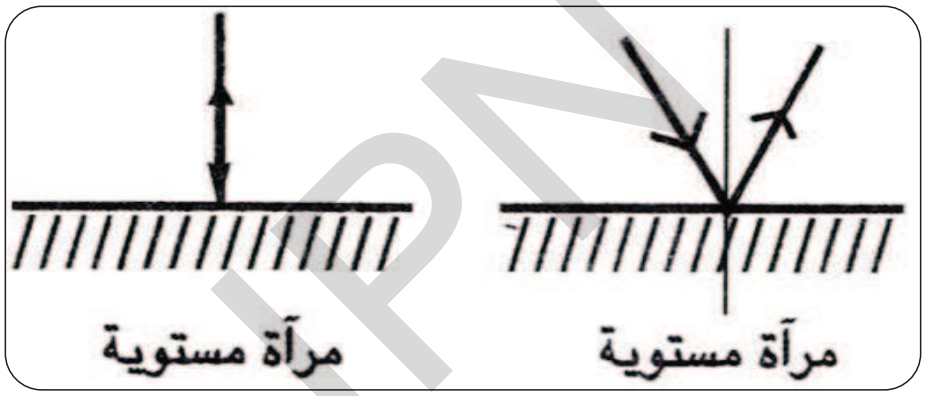
- تعريف الانعكاس والانكسار.
- فهم وتطبيق قوانين اسنيل ديكارت التي تحكم الظاهرتين.
- ملاحظة وتفسير الظواهر اليومية المرتبطة بهما.
- فهم مبدإ تحليل الضوء الأبيض.
- التعرّف على الطيف الضوئي وأنواعه.
- معرفة خصائص الأشعة: تحت الحمراء و فوق البنفسجية و السينية.
- ربط الإشعاعات بتطبيقاتها العلمية والطبية والصناعية.

تمهيد

عندما لا يستطيع الضوء الانتقال من وسط الى آخر نسمي ذلك انعكاسًا وحين يواصل المسير في نفس الاتجاه مغيّرًا طريقه، خاضعًا لسرّ المادة نسمي ذلك انكسارًا ,في كلتا الحالتين يكشف الضوء أسرار الكون في صمت.

I. مفهوم الانعكاس

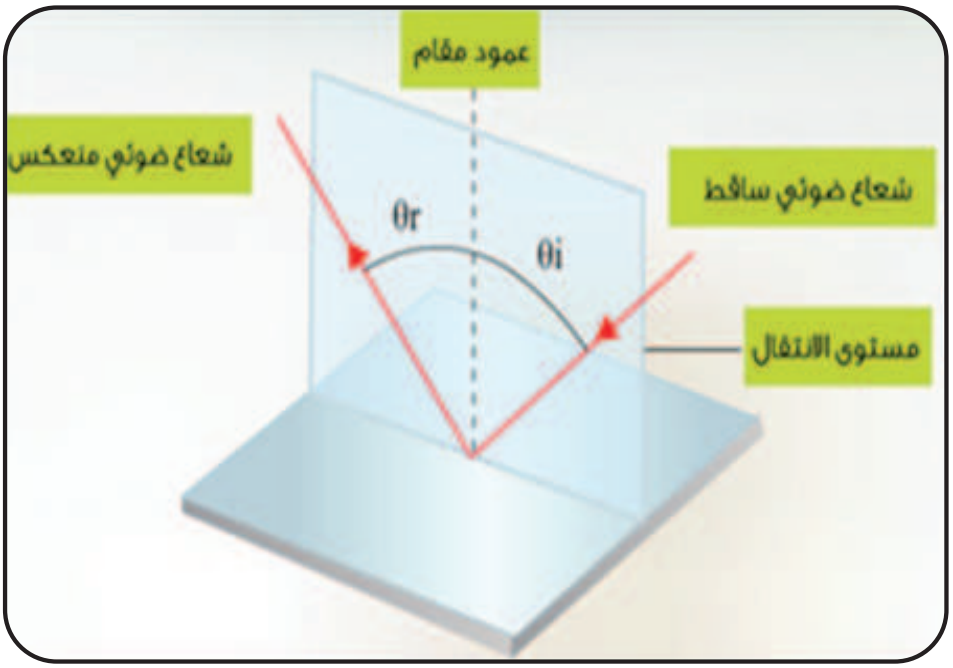
1. تعريف : الانعكاس هو ارتداد الضوء عندما يصطدم بسطح مصقول كمرآة أو صفيحة معدنية دون أن يخترقه.



IPN

2. تجربة

الادوات: مرآة مستوية - ورقة بيضاء – مسطرة - قلم رصاص - منقلة.



I. خطوات التجربة:

- نضع المرآة على الورقة ثم نرسم خطا أفقيا على سطح المرآة .
- نرسم خطا عموديا على المرآة.
- نرسم زاوية الورود محددة على المرآة 30 درجة مثلا.
- نضع المسطرة علي الشعاع الوارد
- نقيس زاوية السقوط وزاوية الانعكاس مرة أخرى.
- نكرر الخطوات السابقة مع تغيير قيمة الزاوية في كل مرة.

ب. الملاحظة :

زاوية الورود تساوي زاوية الانعكاس $\theta i = \theta r$

وهما الزاويتان المحصورتان بين الشعاع الساقط و الشعاع المنعكس مع الناظم (العمود المقام) على السطح عند نقطة السقوط.

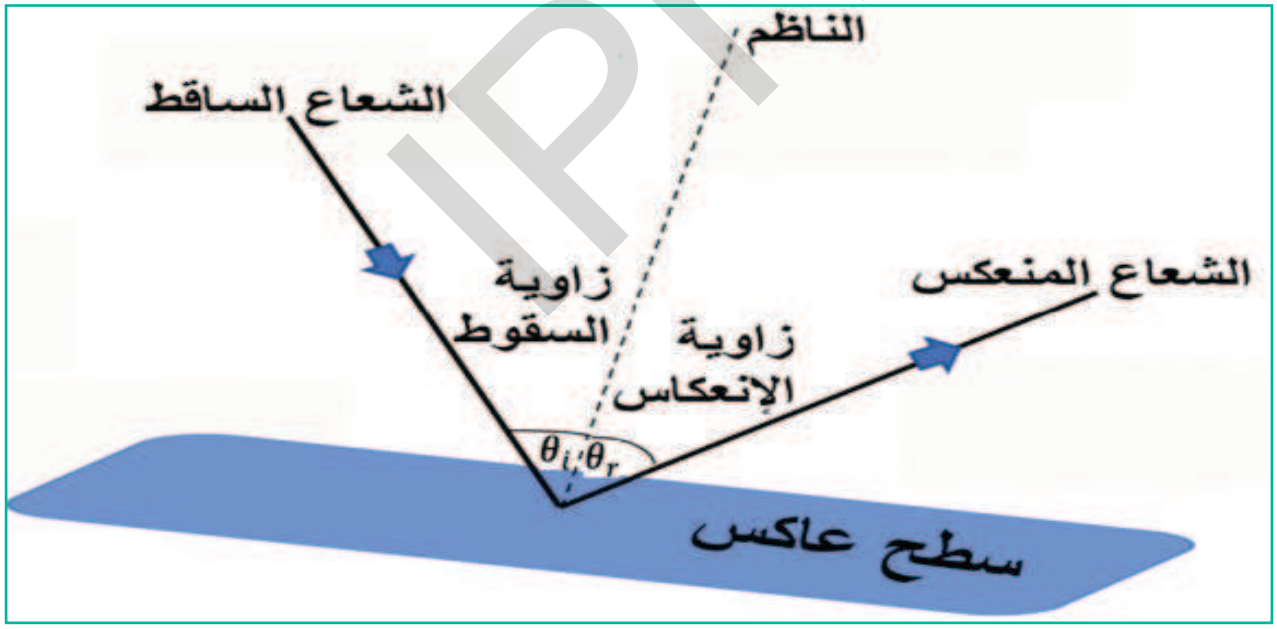
3. قوانين سنيل – ديكارت للانعكاس

✓ **القانون الأول :**

الشعاع الوارد (الساقط) والشعاع المنعكس يقعان **في مستوى واحد.**

✓**القانون الثاني:**

زاوية الورود تساوي زاوية الإنعكاس $(\theta i = \theta r)$



II. مفهوم الانكسار

1. تعريف :

الانكسار هو تغير اتجاه الضوء عند انتقاله من وسط إلى وسط آخر، مثل عبوره من الهواء إلى الماء.

كأن الشعاع، عند دخوله وسطًا جديدًا، يتباطأ أو يتسارع، فيغير مساره، وكأنه يعيد التفكير في وجهته.

تجربة :

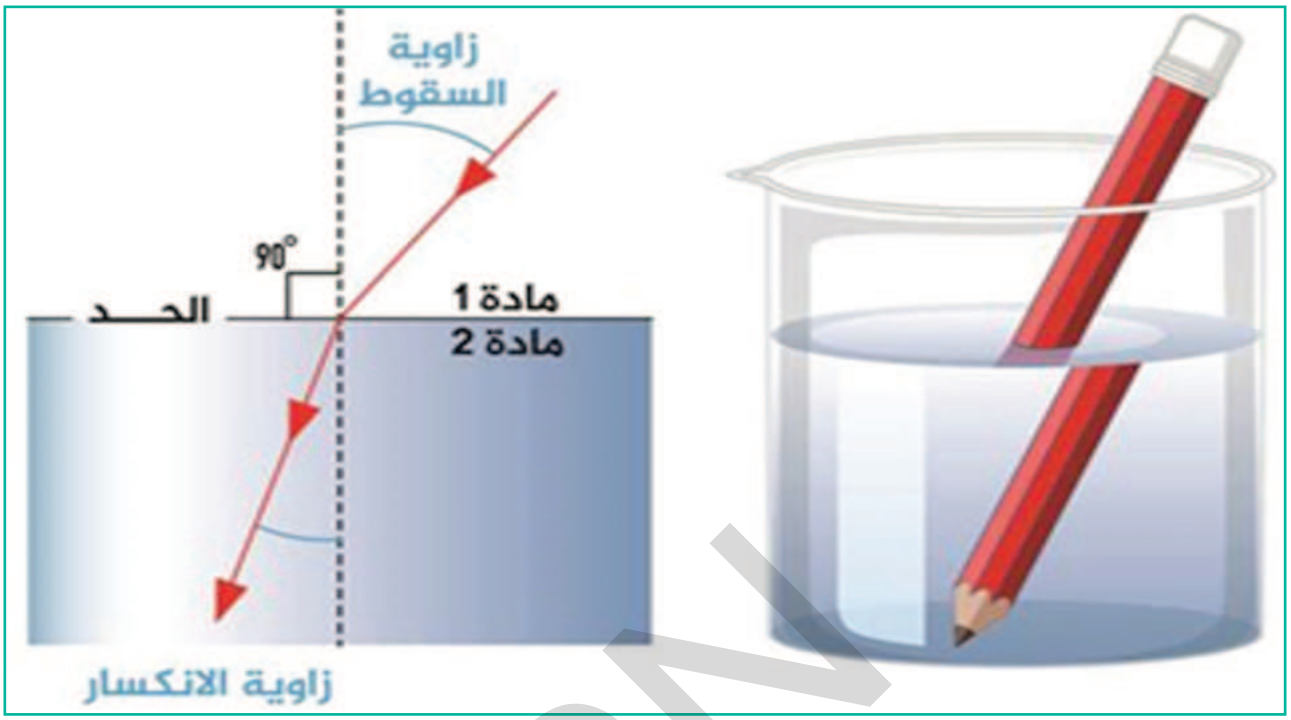
الأدوات: وعاء بلاستيكي شفاف – قلم رصاص – كوب ماء

خطوات التجربة :

نضع قلم رصاص في قعر وعاء بلاستيكي شفاف
نملأ الوعاء تدريجيا بالماء

الملاحظة:

نلاحظ أن قلم الرصاص يبدو مكسورا كما توضح الصورة التالية :



2. قوانين سنيل - ديكارت للانكسار

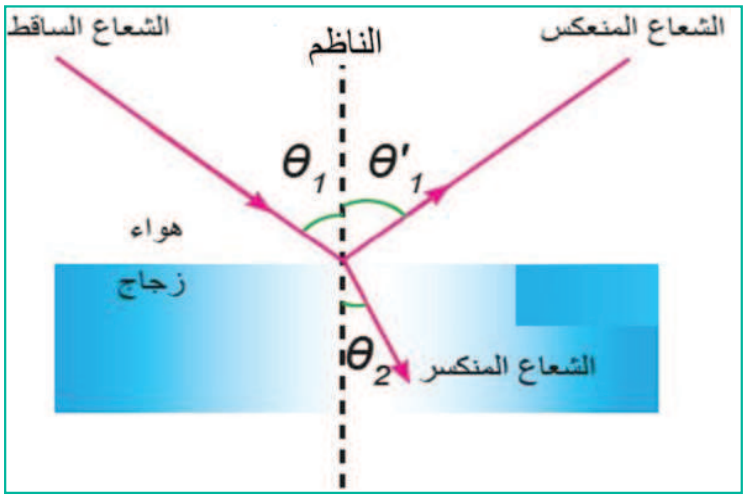
✓ القانون الأول :

يقع الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والناظم في نفس المستوى.

✓ القانون الثاني :

نسبة مُعامل انكسار الوَسَط الأول n_1 إلى مُعامل انكسار الوَسَط الثاني n_2 تُساوي نسبة جيب زاوية الانكسار $\sin\theta_1$ إلى جيب زاوية السقوط $\sin\theta_1$.

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{sin\theta_2}{sin\theta_1} \Leftrightarrow n_1.sin\theta_1 = n_2.sin\theta_2$$



IPN

3 . مفهوم مُعامل الانكسار:

هو عُبارة عن قيمة تُستخدم لحساب مِقدار انحناء الضوء عِند انتقاله بين وَسَطين شفافين مُختلفين.

4. تطبيق

شعاع ضوئي يمر من الهواء إلى الماء احسب زاوية الانكسار θ_2 عندما تأخذ زاوية الورود θ_1 القيم التالية :

نعطي معامل انكسار الهواء 1 ومعامل انكسار الماء 1,33

الحـــل:

بتطبيق قانون الانكسار الثاني :

نجد أن: $sin\theta_2 = \frac{n_1.sin\theta_1}{n_2}$

في حالة $\theta_1 = 25°$ **نحصل على :** $sin\theta_2 = \frac{1.sin25}{1,33} = 0,317$ **مما يعني أن** $\theta_2 = 18,48°$

في حالة $\theta_1 = 40°$ **نحصل على :** $sin\theta_2 = \frac{1.sin40}{1,33} = 0,48$ **مما يعني أن** $\theta_2 = 28,8°$

في حالة $\theta_1 = 80°$ **نحصل على :** $sin\theta_2 = \frac{1.sin80}{1,33} = 0,74$ **مما يعني أن** $\theta_2 = 47.78°$

5. ماذا نتعلم من الضوء؟

الضوء لا يسير دائمًا كما بدأ، بل يتأثر بما حوله، ينعكس إن لقي حاجزًا، وينكسر إن وجد طريقًا جديدًا... وهكذا نحن أيضًا، نحتاج أحيانًا أن نعيد توجيه أنفسنا حسب البيئة والظروف على أن نظل على الطريق المستقيم كما يفعل الضوء خلال سقوطه وانعكاسه وانكساره.

III. ظواهر طبيعية ترتبط بالانعكاس والانكسار

1. المرايا المقعّرة

- نوع الظاهرة: انعكاس.
- الشرح:
  - المرآة المقعرة تجمع الأشعة المنعكسة في نقطة تسمى البؤرة.
  - تُستخدم في الأجهزة لتكبير الصور أو تركيز الضوء
- استخدامات المرايا المقعرة:
- **في الطب:**
  - في أجهزة فحص الأسنان (تعكس صورة مكبرة لداخل الفم).
  - في مصابيح العمليات الجراحية.
- في الحياة اليومية:
  - في الماكياج أو مرايا الحلاقة لتكبير الصورة.
  - في المصابيح الأمامية للسيارات لتركيز الضوء.
- في العلوم:
  - في التلسكوبات العاكسة لجمع الضوء من الأجسام البعيدة.

2. السراب

السراب هو ظاهرة بصرية وهمية تحدث عندما تنكسر أشعة الضوء أثناء مرورها في طبقات الهواء ذات درجات حرارة مختلفة، مما يجعلنا نرى صورًا غير حقيقية لأشياء قد لا تكون موجودة أصلاً، مثل برك الماء على الطرق أو الأجسام المعلقة في السماء.

- نوع الظاهرة : انكسار.
- **الشرح :**

في الأيام الحارة، تسخن الأرض بشدة، مما يؤدي إلى تسخين طبقة الهواء القريبة منها, الهواء الساخن أقل كثافة من الهواء البارد، وبالتالي له معامل انكسار مختلف.

عندما تمر أشعة الشمس من الهواء البارد إلى الساخن، تنحني (تنكسر) بطريقة تجعلها تصل إلى أعيننا وكأنها قادمة من الأرض فيفسر الدماغ هذه الأشعة وكأنها انعكاس لصورة في بركة ماء، فيظهر لنا السراب.

IV. تحليل الضوء الأبيض و بنية الإشعاعات

تمهيد

الضوء الأبيض ليس أبيضًا كما نظن، بل هو نسيج من الألوان، وعندما نُمعن في هذا الضوء، نكتشف إشعاعات تراها العين وأخرى لا تراها، لكنها تغيّر العالم! فالضوء ليس فقط ما نراه , بل ما لا نراه أعظم. إشعاعات تحمل الدفء، وتكشف العظام، وتعقّم الجراح... وفي طيفه، تقبع أسرار العلم والطب والنجوم. فلا تنخدع بعينك... فالعالم أشد سطوعًا مما تظن!

1. تشتت الضوء

1.1. تعريف :

الضوء عبارة عن جسيمات لا متناهية في الصغر تسمى الفوتونات تنتقل على شكل موجة كهرو مغناطيسية وتنتشر بسرعة كبيرة ، ويمكن للعين البشرية رؤيته.

يُسمّى هذا النطاق المرئي من الأمواج الكهرومغناطيسية الضوء المرئي.

1.2. ا لمنبع الضوئي: هو المصدر الذي يعطي الضوء ويوجد نوعان من المنابع الضوئية.

- منابع ضوئية أولية:

وهي التي تنتج الضوء ثم تبعثه في جميع الاتجاهات، وتكون طبيعية مثل الشمس والنجوم أو صناعية مثل المصباح المتوهج أو لهب الشمعة.

- منابع ضوئية ثانوية :

وهي التي تشتت الضوء الذي يصلها من المنابع الضوئية الأولية في جميع الاتجاهات، مثل القمر والمرآة وجميع الأشياء المضيئة من حولنا.

2. الحزمة الضوئية

هي مجموعة من الأشعة الضوئية الصادرة من منبع ضوئي واحد وتصنف إلى ثلاثة أنواع :

- حزمة ضوئية مخروطية متباعدة : الأشعة المكونة لها متفرقة.
- حزمة ضوئية مخروطية متقاربة : الأشعة المكونة لها تتجمع في نقطة واحدة
- حزمة ضوئية متوازية : الأشعة المكونة لها متوازية.

IPN

3. خصائص الضوء:

- ينتقل في خطوط مستقيمة في وسط شفاف ومتجانس.
- يمكنه الانعكاس عند اصطدامه بسطح لامع (مثل المرآة).
- يمكنه الانكسار عند مروره من وسط إلى آخر مختلف (مثل: كأن يمر الهواء إلى الماء).
- ينتقل بسرعة كبيرة جداً في الفراغ، تُقدّر بـ: $c=3\times10^8$ m/s
- لا يحتاج إلى وسط مادي للانتقال (على عكس الصوت)، فيمكنه الانتقال في الفراغ.
- يتشتت عند مروره في منشور زجاجي، حيث يتجزأ إلى ألوان الطيف السبعة.

4. تطبيقات وفوائد الضوء:

- الرؤية: الضوء ضروري لرؤية الأشياء.
- الطاقة الشمسية: يُستخدم لتحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء.
- الألياف البصرية: تُستخدم في الإنترنت والاتصالات.
- الطب: في الفحوصات الطبية مثل الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية.

5. تحليل الضوء الأبيض

❖ **تعريف:**

الضـوء الأبيض مكـوّن من عدة إشـعاعات مختلفة في الأطوال الموجية، تُسـمى الطيف المرئي.

❖ تحليل الضوء الأبيض عبر المنشور الزجاجي:

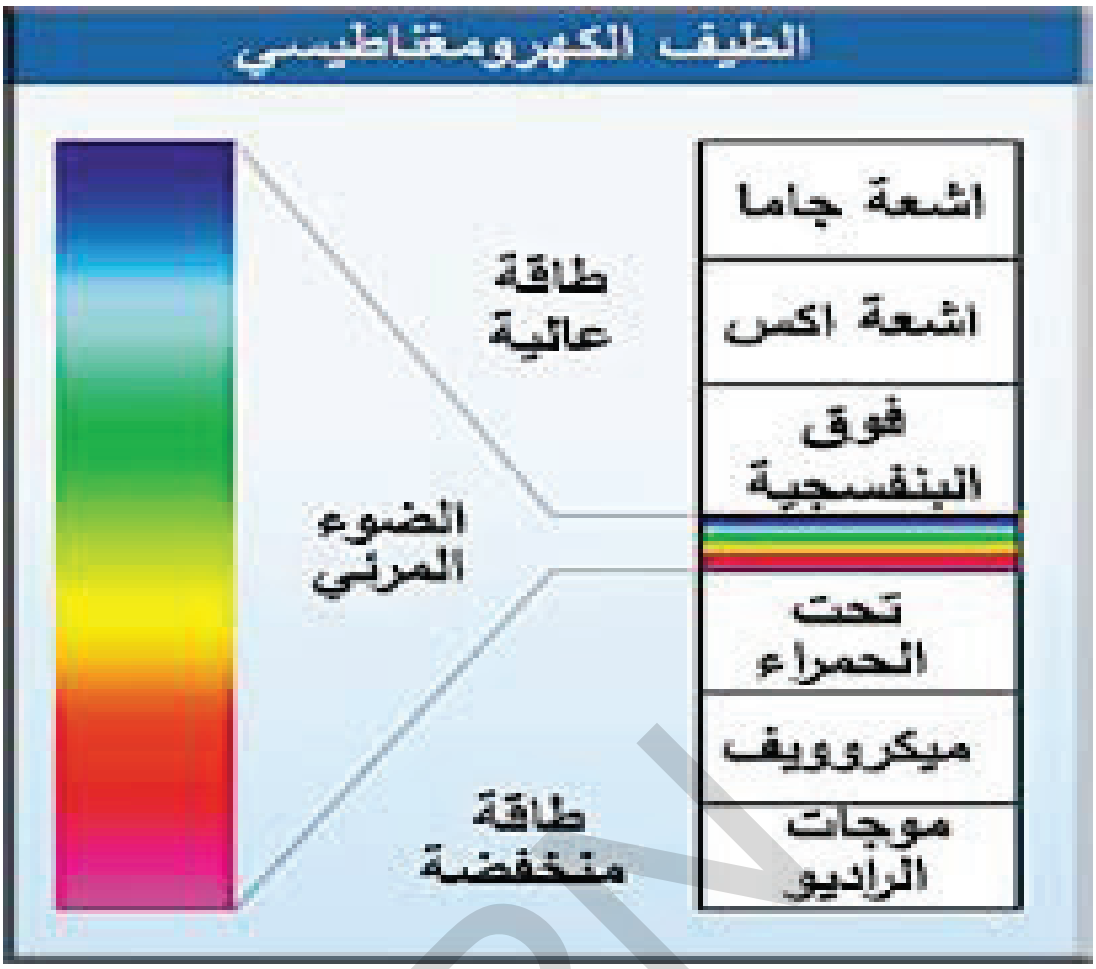
عندمـا يمـر الضـوء الأبيض عبر منشـور زجاجي، ينكسر كل لون بزاوية مختلفة حسب طوله الموجي، فيتشـكل طيـف مرئـي مـن البنفسـجي (الأكثـر انكسـارا) إلى الأحمر (الأقل انكسـارا).

❖ رسم توضيحي لتحليل الضوء عبر منشور

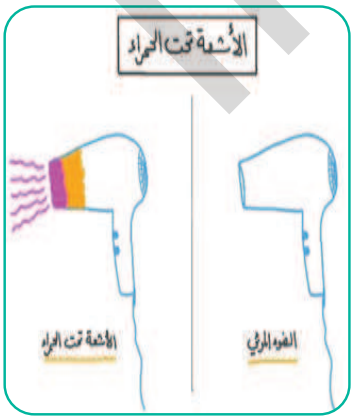
6. الإشعاعات الضوئية

الضوء المرئي هو جزء صغير من إشعاعات كثيرة لا تراها أعيننا. يُسمى هذا كله بـالطيف الضوئي:

IPN



7. الإشعاعات الضوئية غير المرئية

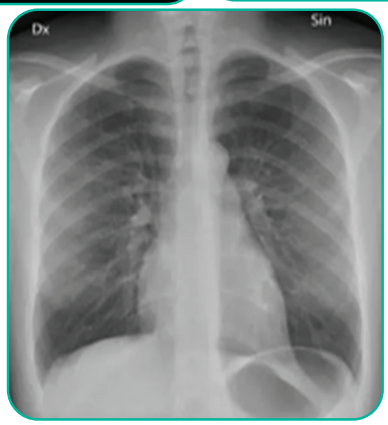


1.7. الأشعة فوق البنفسجية

- لا تُرى بالعين المجردة.
- طاقتها أعلى من الضوء المرئي.
- مصدرها الشمس ومصابيح UV
- تسبب اسمرار البشرة.
- تُستخدم لتعقيم الأدوات.

2.1. الأشعة تحت الحمراء (IR)

- أقل طاقة من الضوء الأحمر.
- نشعر بها كحرارة.
- تُستخدم في أجهزة التحكم عن بعد، ونظارات الرؤية الليلية.



2.7. الأشعة السينية (X)

- ذات طاقة عالية، تخترق الأنسجة.
- تُستخدم في الطب لرؤية العظام.
- إنتاجها يتم بمرور إلكترونات سريعة على معدن ثقيل.

3.7. إنتاج الإشعاعات الضوئية غير المرئية وخصائصها

IPN

الإشعاع	الخصائص	كيف يُنتج؟
فوق بنفسجي	تعقيم – طاقة عالية	من الشمس أو مصابيح خاصة
تحت الحمراء	حرارة – رؤية ليلية	من الأجسام الساخنة
الأشعة السينية	اختراق المواد – تشخيص طبي	في أنبوب خاص (تصادم إلكترونات)

8.تطبيقات الإشعاعات الضوئية غير المرئية

الإشعاع المستخدم	المجال	التطبيق
الأشعة فوق البنفسجية	علم الآثار والبحث الجنائي	تحليل اللوحات والتحف لكشف التزوير أو الترميمات المخفية. الكشف عن بقع الدم أو السوائل الجسدية في مسارح الجريمة.
	الأمن	كشف تزوير الأوراق النقدية , جوازات السفر و الوثائق الرسمية
	الطب والصحة	الكشف عن بعض المواد الكيميائية والبيولوجية التي تتوهّج بالأشعة فوق البنفسجية , تعقيم الأدوات الطبية , تنقية المياه و تعقيم الهواء
الأشعة السينية	الطب	تحديد الكسور العظمية، تشخيص التهابات الرئتين، الكشف عن الأورام وتقييم الحالات المزمنة مثل التهاب المفاصل وأمراض القلب.
	الأمن	تفتيش الحقائب في المطارات
	الأبحاث العلمية	دراسة المواد والأنسجة و دراسة بنية البلورات والمواد
	الصناعة	فحص المواد وفحص اللحام للكشف عن العيوب والتصدعات
الأشعة تحت الحمراء	الصناعة	كشف الأعطال الحرارية في الآلات , الريموكونترول
	القياس	قياس المسافات والحرارة

9. قوس قزح

قوس قزح هو من أجمل الظواهر الطبيعية التي تأسر الأنظار وتثير الفضول، وله تفسير علمي دقيق يرتبط بتفاعل الضوء مع الماء في الجو.

- نوع الظاهرة: انكسار + انعكاس داخلي + تشتت.
- الشرح:

حين تسقط أشعة الشمس على قطرات الماء في الجو (بعد المطر أو قرب الشلالات)، يحدث ما يلي:

- انكسار الضوء : ينحني الضوء عند دخوله القطرة.

IPN

- انعكاس داخلي: ينعكس الضوء داخل القطرة.
- انكسار ثانٍ: ينكسر الضوء مرة أخرى عند خروجه من القطرة.

خلال هذه العملية، يتحلل الضوء الأبيض إلى ألوانه السبعة.

ألوان قوس قزح بالترتيب هي : الأحمر – البرتقالي – الأصفر – الأخضر – الأزرق – النيلي – البنفسجي.

ويظهر لنا على شكل قوس لأن كل لون يخرج من القطرة بزاوية مختلفة.

ملخص الدرس

◀ **تعريف الانعكاس:** الانعكاس هو ارتداد الضوء عندما يصطدم بسطح مصقول كمرآة أو صفيحة معدنية دون أن يخترقه.

◀ **قوانين الانعكاس:**

✓ **القانون الأول :**

الشعاع الوارد (الساقط) والشعاع المنعكس يقعان في مستوى واحد.

✓ **القانون الثاني:**

زاوية الورود تساوي زاوية الإنعكاس $(\theta i = \theta r)$

◀ **تعريف الانكسار :** الانكسار هو تغير اتجاه الضوء عند انتقاله من وسطٍ إلى وسطٍ آخر، مثل عبوره من الهواء إلى الماء.

◀ **قوانين الانكسار**

✓ القانون الأول :

يقع الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والناظم في نفس المستوي.

✓ **القانون الثاني:**

نسبة مُعامل انكسار الوَسَط الأول n_1 إلى مُعامل انكسار الوَسَط الثاني n_2 تُساوي نسبة جيب زاوية الانكسار $\sin\theta_2$ إلى جيب زاوية السقوط $\sin\theta_1$.

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{sin\theta_2}{sin\theta_1} \Leftrightarrow n_1.sin\theta_1 = n_2.sin\theta_2$$

◀ الضوء المرئي هو جزء صغير من إشعاعات كثيرة لا تراها أعيننا. يُسمى هذا كله بـالطيف الكهرومغناطيسي

◀ الضوء عبارة عن جسيمات لا متناهية في الصغر تسمي الفوتونات تنتقل على شكل موجة كهرو مغناطيسية وتنتشر بسرعة كبيرة

◀ المنبع الضوئي هو المصدر الذي يعطي الضوء ويوجد نوعان من المنابع الضوئية (أولية وثانوية)

◀ الضوء الأبيض مكوّن من عدة إشعاعات مختلفة.

◀ الضوء المرئي هو جزء صغير من إشعاعات كثيرة لا تراها أعيننا. يُسمى هذا كله بـالطيف الكهرومغناطيسي

IPN

V. تمارين

التمرين 1 :

1. عرف الانعكاس والانكسار.
2. اذكر قوانين سنيل-ديكارت لكل من الظاهرتين.
3. متى يكون الشعاع منكسراً نحو العمود؟ ولماذا؟

التمرين 2 :

ضع علامة صح أو خطا أمام العبارات التالية

- زاوية الورود تساوي زاوية الانكسار
- الشعاع الوارد والشعاع المنعكس يقعان في مستوى واحد
- زاوية الورود تساوي زاوية الانعكاس
- الشعاع الوارد والشعاع المنكسر يقعان في مستوى واحد

التمرين 3 :

1. شعاع ضوئي يسقط من الهواء على الزجاج بزاوية ورود $30°$ احسب زاويتي الانعكاس والانكسار مع العلم أن معامل انكسار الزجاج 1,5
2. اذا ستبدلنا الزجاج بمادة أخرى وكانت زاوية الانكسار $60°$ احسب معامل انكسار الوسط الثاني

- الضوء عبارة عن جسيمات لا متناهية في الصغر تسمى الفوتونات تنتقل على شكل موجة كهرو مغناطيسية وتنتشر بسرعة كبيرة.
- المنبع الضوئي هو المصدر الذي يعطي الضوء ويوجد نوعان من المنابع الضوئية (أولية وثانوية)
- الضوء الأبيض مكوّن من عدة إشعاعات مختلفة.
- الضوء المرئي هو جزء صغير من إشعاعات كثيرة لا تراها أعيننا. يُسمى هذا كله بالطيف الكهرومغناطيسي

- الضوء عبارة عن جسيمات لا متناهية في الصغر تسمى الفوتونات تنتقل على شكل موجة كهرو مغناطيسية وتنتشر بسرعة كبيرة.
- المنبع الضوئي هو المصدر الذي يعطي الضوء ويوجد نوعان من المنابع الضوئية (أولية وثانوية)
- الضوء الأبيض مكوّن من عدة إشعاعات مختلفة.
- الضوء المرئي هو جزء صغير من إشعاعات كثيرة لا تراها أعيننا. يُسمى هذا كله بالطيف الكهرومغناطيسي

التمرين 4:

1. ما مكونات الضوء الأبيض؟
2. ما الفرق بين الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية؟
3. ما فائدة الأشعة السينية؟ وكيف تُنتَج؟
4. اذكر بعض استخدامات الأشعة تحت الحمراء؟
5. ما هو الطيف الضوئي؟ وأين يوجد الضوء المرئي داخله؟

IPN

الفصل الثاني:
القوة والتوازن

IPN

الأهداف:

1. تعريف مفهوم القوة وخصائصها.
2. فهم مبدإ التوازن وأنواعه.
3. التعرف على القوانين الأساسية للقوة والتوازن.
4. تفسير مواقف يومية بناءً على هذه المفاهيم.
5. فهم مفهوم التوازن تحت تأثير ثلاث قوى.
6. تحديد القوى المؤثرة على جسم فوق مستوى مائل.
7. استخدام قوانين التوازن (الشرط الشعاعي).
8. تطبيق تحليل القوى والرسم الشعاعي في وضعيات فيزيائية.

تمهيد

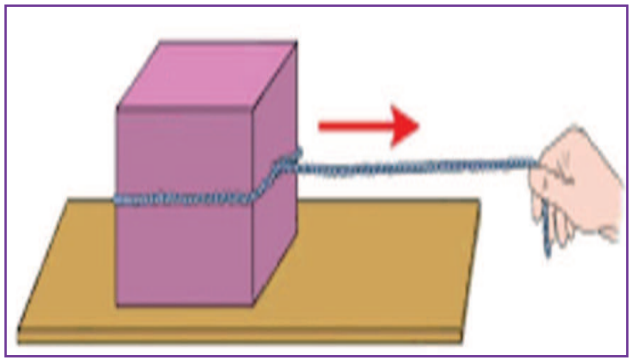
هل تساءلتَ يومًا كيف يقف البناء شامخًا لا ينهار وكيف تجلس على كرسي دون أن ينقلب بك أو ينكسر؟
كل ذلك تحكمه قوانين غير مرئية... اسمها القوة والتوازن.
إنها حكاية صراع خفي بين دفع وجذب، وبين ثقلٍ وثبات.
في عالمنا، لا يتحرك شيء ولا يسكن إلا بفعل قوة... أو بغيابها.
والتوازن ليس سكونًا فقط، بل فنٌ في التنظيم الخفي , فكما تتوازن الكواكب في السماء بقدرة القادر، تتوازن الأجسام على الأرض وتبقى القوة لغتها السّرية!

I. مفهوم القوة

1. تعريف:

القوة هي كل تأثير خارجي ميكانيكي يُسبب تغييرًا في حالة حركة الجسم أو شكله, يمكن للقوة أن :

- تُحرّك جسماً ساكنًا
- تُوقف جسماً متحركًا
- تُغير من سرعة أو اتجاه حركة جسم ما.
- تُشوه الجسم



2. خصائص القوة:

- نقطة التطبيق: المكان الذي تؤثر فيه القوة.
- الحامل: الخط الذي تقع عليه القوة.
- الاتجاه: الجهة التي تؤثر نحوها القوة.
- الشدة: مقدار القوة (نقيسها بالنيوتن).

يمكن تمثيل القوة بمتجه كما يبين الرسم توضيحي التالي :

القوة تمثل بسهم: طوله = الشدة واتجاهه = اتجاه القوة

IPN

II. مفهوم التوازن

1. تعريف :

التوازن هو حالة يكون فيها مجموع القوى المؤثرة على جسم منعدماً، فلا يتحرك أو يبقى في حركة منتظمة.

التوازن يتحقق عندما :

- يكون المجموع المتجهي للقوى المؤثرة يساوي متجها صفريا.
- لا ينتج عن القوى تسارع أو دوران.

2. أنواع التوازن :

النوع	التعريف	المثال
توازن ساكن	الجسم لا يتحرك	طاولة ثابتة على الأرض
توازن حركي	الجسم يتحرك بسرعة ثابتة وفي خط مستقيم	متزلج ينزلق بسرعة ثابتة
توازن دوراني	لا يدور أو يدور بانتظام حول محور معين	أرجوحة متوازنة في منتصفها

صورة توضيحية حالة توازن ساكن :

IPN

3. قوانين القوة والتوازن

◀ قانون نيوتن الأول :

"يبقى الجسم على حالته (سكون أو حركة مستقيمة منتظمة) ما لم تؤثر عليه قوى خارجية تغير هذه الحالة.

المعنى: الجسم المتوازن لا يتغير حاله إلا إذا دُفع أو سُحب بقوة.

◀ قاعدة التوازن الخطي :

لكي يكون الجسم في حالة توازن يجب أن يكون مجموع متجهات القوى المؤثرة عليه = متجها صفريا.

$$\sum \vec{F}_{(\text{المؤثرة})} = \vec{0}$$

III. توازن جسم خاضع لثلاث قوى (جسم على مستوى مائل)

تمهيد

تخيـل سـيارة تتوقـف على طريـق قليـل الانحـدار, لا تنزلـق، لا تصعـد، فقـط تبقـى ثابتـة! لكـن خلـف هـذا الثبـات قصـة ثلاث قـوى، تتكامـل في صمـت، وتشـدُّ كل منهـا في اتجاههـا، إنه توازن ثلاثي الأبعاد في صورة بسيطة، ومعادلة تترجمها الفيزياء بلغة الخطوط والزوايا.

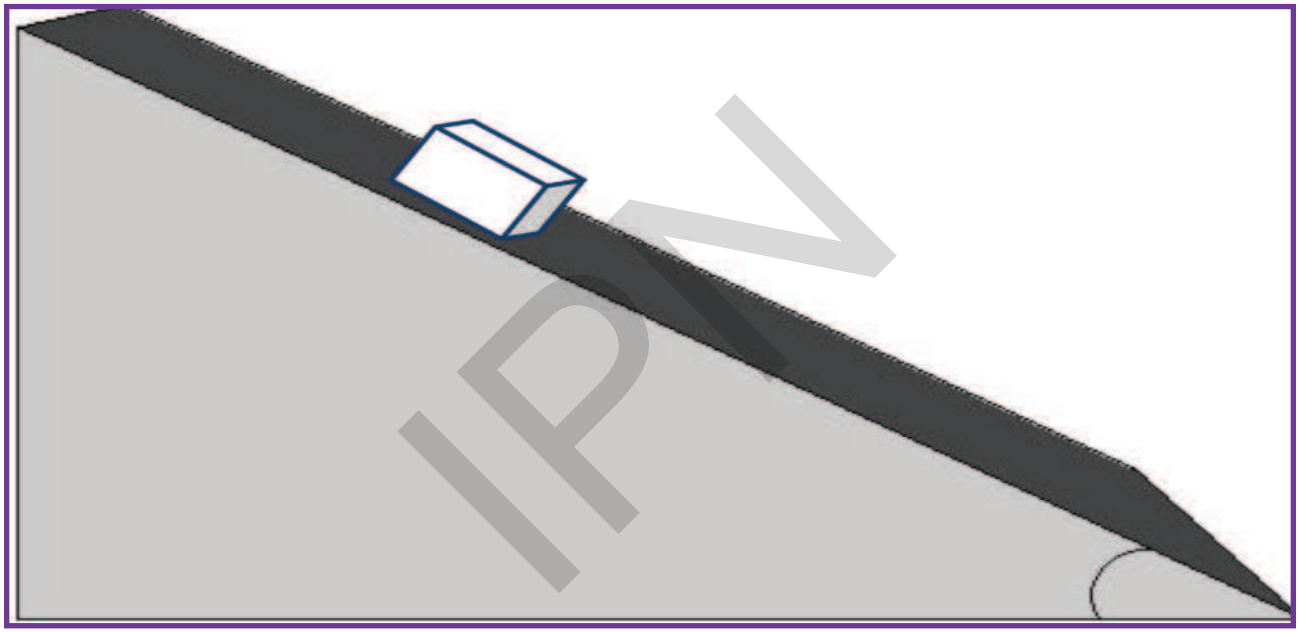
الوضعية الفيزيائية

الجسم: علبة أو صندوق

الوضع: موضوع على مستوى مائل بزاوية α بالنسبة للأفق

الحالة: الجسم ساكن)في حالة توازن(

◀ رسم توضيحي لجسم على مستوى مائل:

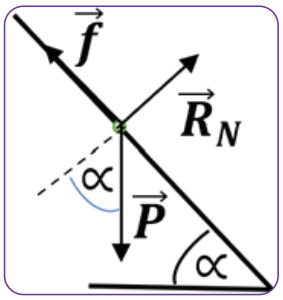


◀ القوى المؤثرة على الجسم

القوة	المنحى	الاتجاه	الشدة
وزن الجسم $\vec{P}$	شاقولي	نحو الأسفل	P=m·g
رد الفعل الناظمي $\vec{R_N}$ (يمثل "دفع" السطح للجسم لمنعه من اختراقه)	عمودي على المستوى المائل	نحو الأعلى	تحسب باستخدام مضلع القوى
القوة الثالثة $\vec{F}$ (يمكن أن تكون خيطًا يشد الجسم، أو قوة احتكاك، أو دفع خارجي)	موازٍ للمستوى	نحو الأعلى	تحسب باستخدام مضلع القوى

IPN

تمثيل القوى:



شروط التوازن

لكي يكون الجسم في حالة توازن تحت تأثير ثلاث قوى يجب أن :

- تقع متجهات القوى في نفس المستوي
- تلتقي متجهات القوى في نفس النقطة
- يكون مجموع متجهات القوى يساوي متجها صفري ا :

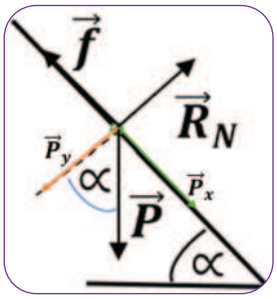
$$\vec{P} + \vec{R}_N + \vec{f} = \vec{0}$$

أي أن القوى الثلاث يجب أن:

- تكون ممثلة بمتجهات تشكل مثلثًا مغلقًا.
- تكون موجهة نقطة بنقطة متتالية
- تحقق شرط التوازن.

التحليل على المستوى المائل

المركبة	المعنى	الاتجاه
(Py=P.cos (α	تُقابلها القوة R	عمودية على السطح
(Px=P.sin (α	تُقابلها القوة f	موازية للمستوى



رسم توضيحي لتحليل الوزن إلى مركبتين:

مثال تطبيقي:

جسم كتلته m=2kg موضوع على مستوى مائل بزاوية α = 30° والجسم ساكن.

احسب الوزن , حلله إلى مركبتين ثم أعط خصائص القوة التي تحقق التوازن

ملخص الدرس

- القوة هي كل تأثير ديناميكي خارجي يُسبب تغييرًا في حالة حركة الجسم أو شكله.
- التوازن هو حالة يكون فيها مجموع القوى المؤثرة على جسم منعدماً.
- قانون نيوتن الأول:
  - ✓ "يبقى الجسم على حالته ما لم تؤثر عليه قوى خارجية تغير هذه الحالة.
  - ✓ المعنى: الجسم المتوازن لا يتغير حاله إلا إذا دُفع أو سُحب بقوة.

قاعدة التوازن الخطي:

لكي يكون الجسم في حالة توازن يجب أن يكون مجموع متجهات القوى المؤثرة عليه = متجه صفري:

$$\sum \vec{F}_{exercees} = \vec{0}$$

- لكي يكون الجسم في حالة توازن تحت تأثير ثلاث قوى يجب أن :
  - تقع متجهات القوى في نفس المستوي
  - تلتقي متجهات القوى في نفس النقطة
  - يكون مجموعات متجهات القوى يساوي متجه صفري

IPN

تماريـــن

التمرين 1

جسـم صلب معلق بواسـطة خيطين يخضع لقوة شـد في كل خيط ولقوة وزنه. أي من الشروط التالية يجب أن يتحقق لكي يكون الجسم في حالة توازن؟

أ). يجب أن يكون الخيطان متعامدين :

ب) يجب أن تكون خطوط تأثير القوى الثلاث متوازية.

(ج) يجب أن تكون خطوط تأثير القوى الثلاث متلاقية في نقطة واحدة.

د) يجب أن يكون مجموع شدتي الخيطين مساوياً لوزن الجسم.

التمرين 2

إذا كانت ثلاث قوى غير متوازية تؤثر على جسم صلب، وأدى ذلك إلى حالة توازن، فما هو الشرط الذي يجب أن يتحقق ؟

(أ) يجب أن تكون القوى الثلاث متساوية في المقدار.

(ب) ب يجب أن تكون القوى الثلاث متوازية.

(ج) يجب أن تكون القوى الثلاث مستوية تقع في نفس المستوى.

د) يجب أن يكون مجموع مركبات القوى في اتجاه معين يساوي الصفر.

التمرين 3

جسم صلب موضوع على سطح مائل يخضع لقوة وزنه، وقوة رد فعل السطح وقوة احتكاك. أي من الشروط التالية صحيح لكي يكون الجسم في حالة توازن؟

أ) يجب أن تكون قوة رد الفعل مساوية

ب) يجب أن يكون مجموع الاحتكاك رد الفعل مساوياً لوزن الجسم.

(ج) يجب أن تكون خطوط تأثير القوى الثلاث متلاقية في نقطة واحدة.

ت) د يجب أن تكون القوى الثلاث مستوية.

التمرين 4

1. ما المقصود بالقوة؟ ما خصائصها؟
2. متى نقول إن الجسم في توازن؟
3. ما شروط التوازن الدوراني؟
4. اشرح تجربة بسيطة لتحقيق التوازن.
5. ماذا يحدث إن أُزيلت قوة كانت تحفظ التوازن؟

IRN

الفصـــل الثالث:

شدة التيار والجهد الكهربائي

IPN

الأهداف

1. فهم طبيعة التيار الكهربائي في الموصلات والمعادن والإلكتروليتات.
2. تفسير حركة الشحنات والاتجاه الاصطلاحي للتيار.
3. استخدام قانون $Q = I \times t$ وقانون العقد.
4. فهم معنى التوتر الكهربائي (الجهد)، وقياسه بالعلاقات المناسبة.
5. التمييز بين الدارات المتسلسلة والمتفرعة من حيث التوتر.

تمهيد

حين تضغط على زر المصباح يضيء ولكن هل رأيت ما يحدث داخل الأسلاك ؟
لا شيء يُرى ولكن كل شيء يمرّ بسرعة، بدقة، بانتظام.
إنه التيار الكهربائي، وجُسوره التي تُسمّى التوتر (الجهد).
لنفتح اليوم نافذة على هذا العالم الخفي!

I. التيار الكهربائي المستمر

1. تعريف

إن تحرك حاملات الشحنات داخل مادة الموصل من مكان إلى آخر تعطى ما يسمى بالتيار الكهربائي.

2. الموصلات و العوازل

- الموصلات الكهربائية : هي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها بسهولة
- العوازل الكهربائية : هي المواد التي لا تسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها.

3. طبيعته في المعادن والإلكتروليتات

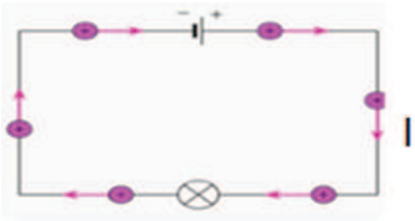
إن طبيعة التيار الكهربائي تتعلق بالوسط الذي يمر فيه هذا التيار:

- في المعادن: التيار ناتج عن حركة حاملات الشحنات التي هي الإلكترونات الحرّة داخل شبكة معدنية.
- في الإلكتروليتات (مثل محلول ملحي) حاملات الشحنات تكون أيونات موجبة وسالبة تتحرك في اتجاهين متعاكسين نحو الأقطاب.

4. حركة الشحنات واتجاه التيار

- حركة الشحنات الحقيقية: من القطب السالب إلى الموجب (حركة الإلكترونات).
- الاتجاه الاصطلاحي للتيار: من القطب الموجب إلى السالب (هذا ما نرسمه في الدارات).

5. تمثيل التيار في الدارة الكهربائية



- يُمثَّل التيار بسهم يشير من الموجب نحو السالب.
- في المخطط، نضع سهمًا على الموصلات للدلالة على اتجاه سريان التيار.

6. شدة التيار (I)

شدة التيار الكهربائي هي عبارة عن كمية الكهرباء التي تعبر مقطع موصل في الثانية الواحدة.
ويرمز لها ب (I) ووحدة قياسها هي الأمبير(A)

IPN

7. قياس شدة التيار (I)

تُقاس بواسطة جهاز يُسمى ميلتيمتر يستخدم كآمبيرميتر حيث يُوصل على التسلسل في الدارة و يرمز له بالرمز A في مخطط الدارة الكهربائية كما هو مبين في الشكل التالي.

8. كمية الكهرباء

تعرف كمية الكهرباء بأنها شحنة مجموع الالكترونات التي تمر عبر موصل في زمن معين .

وتساوي حاصل ضرب شدة التيار المار عبر هذا الموصل في الزمن الذي يستغرقه مرور التيار ووحدة كمية الكهرباء هي الكولوم.

$$Q=I\times t$$

حيث:

- Q: كمية الكهرباء أو الشحنة بالكولوم (C)
- I: شدة التيار (A)
- t: الزمن بالثواني (s)

مثـــــال:

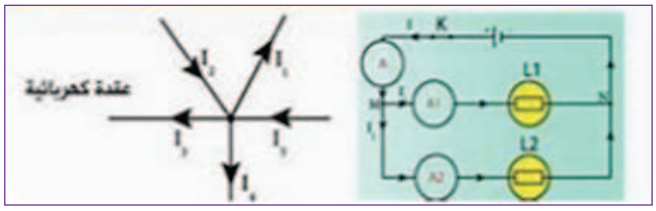
تيار شدته 2A يمر خلال 10 ثوانٍ يولد شحنة كهربائية قدرها : $Q=2\times10=20C$

9. قانون العقد

تعريف العقدة : هي نقطة تقاطع أكثر من سلكيين من الدارة الكهربائية

قانون العقد الكهربائية :

في دارة كهربائية موصولة على التفرع ينص قانون العقد على أن مجموع التيارات الكهربائية الواردة إلى عقدة ما يساوي مجموع التيارات الكهربائية الصادرة من هذه العقدة.



II. التوتر أو الجهد الكهربائي

1. تعريف التوتر الكهربائي (فرق الجهد)

كل نقطة من الدارة الكهربائية تتميز بمقدار فيزيائي يسمى الجهد أو الكمون الكهربائي, هذا المقدار يمكن أن يكون موجبا أو سالبا.

التوتر الكهربائي U هو الفرق في الحالة الكهربائية (الجهد) لنقطتين من الدارة الذي يسمح لحاملات الشحن بالعبور بين هاتين النقطتين.

الفولت هو الوحدة المستعملة لقياس فرق الجهد الكهربائي ويرمز له بالحرف اللاتيني (V) واستخدمت هذه الوحدة بهذا الاسم تكريما للعالم الإيطالي ألساندرو فولتا مخترع البطارية الكهربائية عام 1800 م

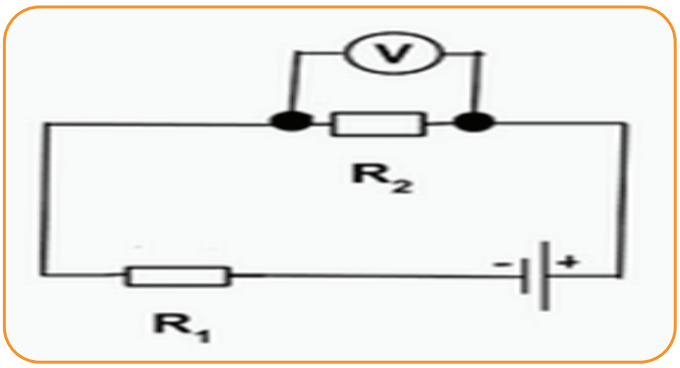
2. العلاقة بين التوتر و الكمون (الجهد) عند النقاط A و B

$$U_{AB}=V_A-V_B$$

IPN

- حيث:
  - U_{AB} : التوتر بين النقطة A و B
  - V_A: الجهد عند A
  - V_B : الجهد عند B

3. قياس التوتر



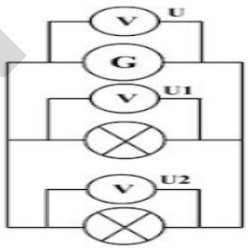
- يُقاس بـميلتمتر يستخدم كفولتمتر (V)
- يُربط على التوازي بين نقطتين.
- ويرمز له في الدارة الكهربائية بالرمز (V)

4. قواعد التوتر في الدارات

دارة على التوازي

فرق الجهد الكهربائي يكون متساويا بين أطراف ثنائيات الأقطاب الموصلة على التوازي .

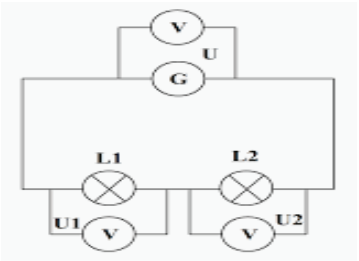
$$U = U_1 = U_2$$



دارة على التسلسل

فرق الجهد بين طرفي مولد كهربائي يساوي مجموع فروق جهود أقطاب ثنائيات الأقطاب الموصلة على التسلسل.

$$U = U_1 + U_2$$



U=0 معدوم موصل سلك طرفي بين الجهد فرق

الخلاصة

- التيار الكهربائي هو حركة حاملات الشحنات داخل مادة الموصل من مكان إلى آخر.
- الموصلات الكهربائية : هي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها بسهولة
- العوازل الكهربائية : هي المواد التي لا تسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها.

IPN

- حركة الإلكترونات في الدارة من القطب السالب إلى الموجب.
- الاتجاه الاصطلاحي للتيار من القطب الموجب إلى السالب.
- يرمـز لشـدة التيار الكهربائـي بالرمز(I) وهي عبارة عـن كمية الكهرباء التي تـعبر مقطع موصل في الثانيـة الواحدة ووحدة قياسـه هي الآمبير(A).
- تُقاس شدة التيار بواسطة جهاز يُسمى : الأميتر ويُوصل على التسلسل في الدارة.
- تعرف كمية الكهرباء بعدد الالكترونات التي تمر عبر موصل في زمن معين : $Q=I\times t$
- ينـص قانـون العقد على أن مجموع التيارات الكهربائية الواردة إلى عقدة ما يسـاوي مجموع التيارات الكهربائية الصادرة من هذه العقدة.
- الجهد الكهربائيU هو الجسر الذي يسـمح لحاملات الشـحن بالعبور بين نقطتين حيث أنه يعبر عن الفـرق بين مقدار الكمـون الكهربائي V (الحالة الطاقية الكهربائية) بين نقطتين.
- الوحدة المستعملة لقياس فرق الجهد الكهربائي هي الفولت (V).
- يُقاس الجهد الكهربائي بـ الفولطمتر حيث يُربط على التوازي بين نقطتين.
- فرق الجهد الكهربائي يكون متساويا بين أطراف ثنائيي قطب موصلان على التوازي
- فـرق الجهـد بين طرفي مولـد كهربائي يسـاوي مجموع فروق الجهـود من أقطاب ثنائيـات الأقطاب الموصلة على التسلسـل.

تماريـــن :

التمريـــن 1 :

ماذا تسمى المواد التي تسمح بتدفق الشحنات الكهربائية من خلالها بسهولة، وماذا تسمى المواد التي تمنع تدفق الشحنات الكهربائية من خلالها؟

ما هي الوحدة المستخدمة لمقدار الشحنة الكهربائية؟

التمريـــن 2:

يساوي A النقطة جهد يكون التالي في الشكل

فولت 30+

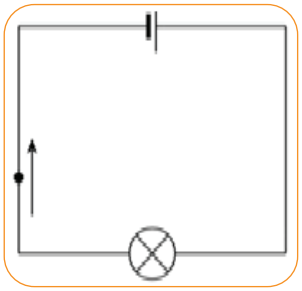
فولت 30-

فولت 15+

فولت 15-

التمرين 3:

يوضِّح الشكل (أسفل) دارة كهربائية تحتوي على بطارية ومصباح. تبلغ شدة التيار في الدائرة 2 أمبير. ما مقدار الشحنة الكهربائية التي تتدفَّق في الدارة خلال دقيقة واحدة.



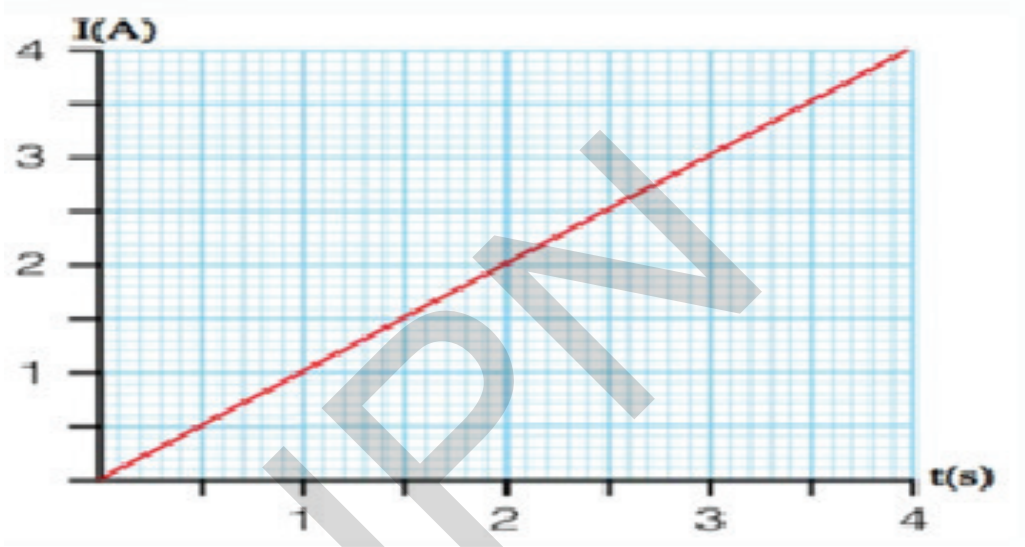
IPN

	الشحنة	الزمن
الدائرة 1	30 كولوم	5 ثوانٍ
الدائرة 2	25 كولوم	5 ثوانٍ
الدائرة 3	12 كولوم	5 ثوانٍ

ح

في أيِّ دائرة تكون شدة التيار أكبر؟

التمريـــن5:



الرسم أسفل يوضح نمو تيار خلال مقطع في دارة كهربائية فان كمية الشحنة المارة عبر مقطع هاذا الموصل خلال 4 ثواني تساوي ـ... ب الكولوم : 1 أو 4 أو 8 أو 16

الفصل الرابع:

تأثيرات التيار الكهربائي

IPN

الأهداف:

- التعرف على التأثيرات الثلاثة (الحراري و المغناطيسي و الكيميائي) للتيار الكهربائي.
- فهم التطبيقات اليومية لهذه التأثيرات.
- إدراك أهمية الأمان الكهربائي
- أدوات الأمان الكهربائي.
- التمييز بين الطور والحيادي والتأريض.

تمهيد

حين تسري الكهرباء في الأسلاك لا تمر صامتة، بل يمكن أن تترك خلفها حرارةً، وتحرك إبرة بوصلة، وتُفكك الماء إلى عناصره، هذه لغة التيار الكهربائي، لغة التأثيرات، حيث تلتقي الفيزياء بالحياة.

I. التأثير الحراري للتيار الكهربائي

عندما يمر التيار في موصل (مثل سلك مقاوم)، تنتج طاقة حرارية تُسخّن السلك.
تُعرف هذه الظاهرة باسم تأثير جول.

1. تجربة تسخين سلك معدني بتيار كهربائي

❖ **الأدوات :**

- بطارية 4.5V أو 9V
- سلك معدني رفيع (مثل سلك النيكروم أو سلك حديدي دقيق)
- أسلاك توصيل
- مفتاح كهربائي (اختياري)
- حامل للسلك (أو مشابك)
- قطعة صغيرة من الورق أو قطعة قطن

❖ **خطوات التجربة:**

- ثبّت السلك المعدني بين مشبكين أو على حامل.
- صِل السلك بأسلاك التوصيل إلى البطارية.
- ضَع قطعة الورق أو القطن بالقرب من السلك، ولكن دون ملامسة مباشرة.
- أغلق الدارة (باستخدام المفتاح أو بوصل الأسلاك مباشرة).
- راقب السلك بعد مرور التيار لبضع ثوانٍ.

❖ **الملاحظـة:**

- بعد بضع لحظات، يبدأ السلك في الاحمرار.
- الورق أو القطن قد يسخن أو يحترق إذا اقترب كثيرًا.

❖ **الاستنتاج:**

- مرور التيار الكهربائي في السلك المعدني يؤدي إلى توليد حرارة.
- هذا ما يُعرف بـ: التأثير الحراري للتيار الكهربائي

IPN

2. تطبيقات التأثير الحراري للتيار الكهربائي

- المدفئات الكهربائية
- المكواة
- سخانات الماء

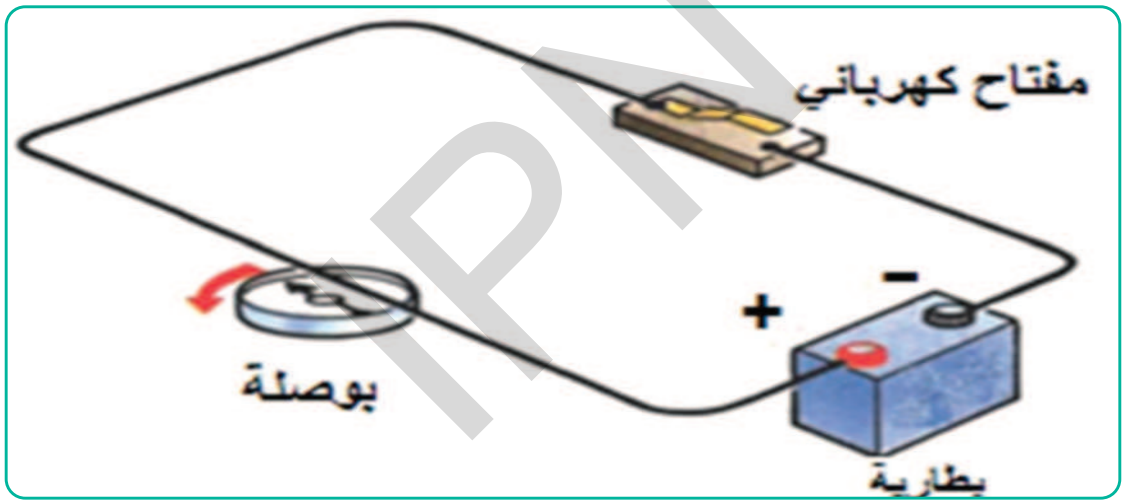
II. التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي

عند مرور تيار في سلك، يتولد حوله مجال مغناطيسي.
هذا التأثير اكتشفه العالم هانس أورستد عام 1820، وكان بداية لظهور علم الكهرومغناطيسية.

1. تجربة : انحراف بوصلة بجانب سلك به تيار

❖ الأدوات :

- بطارية (4.5V)
- سلك نحاسي معزول (طوله حوالي 30 سم)
- بوصلة صغيرة أو إبرة ممغنطة قابلة للدوران حول محور شاقولي
- قاطعة كهربائي (اختياري)
- أسلاك توصيل



IPN

❖ **خطـــوات التجـربة :**

- ضع البوصلة على الطاولة بعيدًا عن أي معدن مغناطيسي.
- صِل أحد طرفي السلك بالقطب الموجب للبطارية، والآخر بالقطب السالب، لكن لا تُغلق الدارة بعد.
- ضَع الجزء الأوسط من السلك فوق البوصلة مباشرة دون أن يلامسها.
- أغلق الدارة الكهربائية (وصّل الطرفين بالبطارية).
- راقب إبرة البوصلة.

❖ **الملاحظـــة :**

- عند مرور التيار، تنحرف إبرة البوصلة ممغنطة عن منحاها الطبيعي (الشمال-جنوب الجغرافي).
- إذا أُوقِف التيار، تعود الإبرة إلى وضعها الطبيعي.

❖ **الاستنتاج :**

- مرور التيار في السلك يُولد مجالاً مغناطيسيًا حوله.
- هذا المجال المغناطيسي هو الذي أثر على البوصلة وجعلها تنحرف.

• يدل ذلك على وجود تأثير مغناطيسي للتيار الكهربائي.

التطبيقات:

• المحركات الكهربائية
• جهاز الرنين المغناطيسي
• الجرس الكهربائي

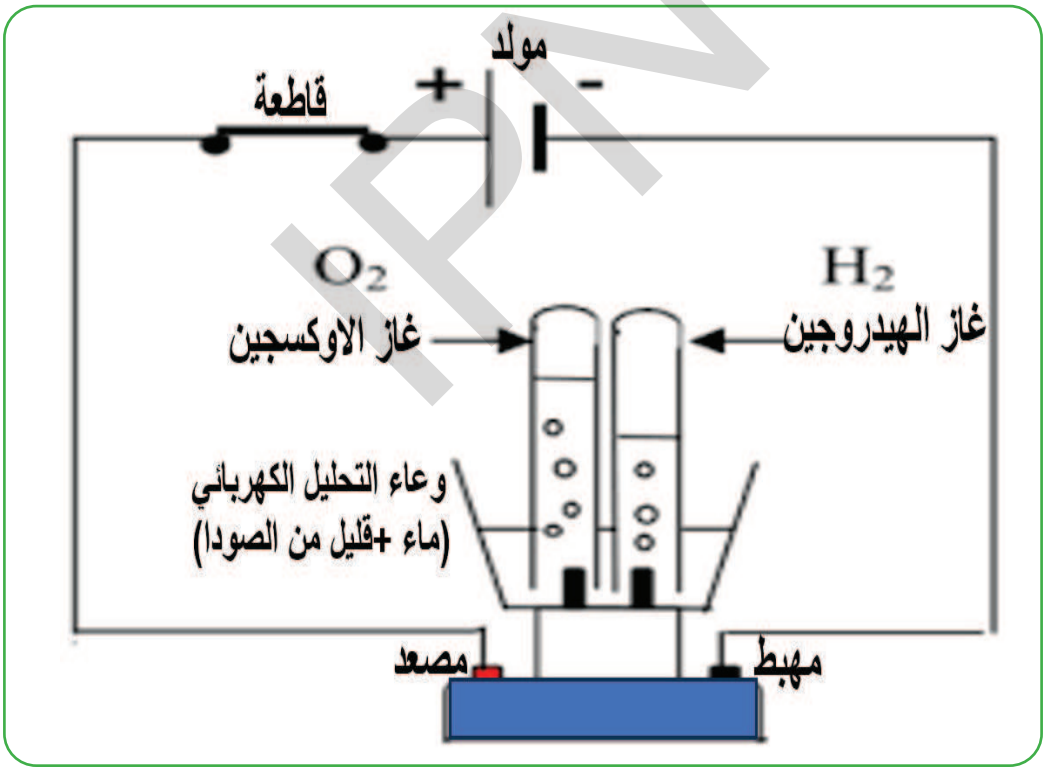
III. التأثير الكيميائي للتيار الكهربائي

مرور التيار الكهربائي في الماء يجعله يتحلل إلى غاز الهيدروجين وغاز الأكسجين.

1. تجربة التحليل الكهربائي للماء

❖ **الأدوات :**

• كأس أو أنبوب اختبار مملوء بماء يحتوي على قليل من الملح أو حمض الكبريتيك المخفف لتسهيل التوصيل الكهربائي
• بطارية (9V)
• أسلاك توصيل.
• قطبين (من الجرافيت أو المعدن).
• أنبوبان زجاجيان.



❖ **خطوات التجربة:**

• صبّ الماء المزوج بقليل من الملح أو الحمض في الكأس.
• ضع القطبين داخل الماء وثبّتهما جيدًا بحيث لا يتلامسان.
• أوصل كل قطب بطرف من أطراف البطارية عبر أسلاك التوصيل.
• املأ الأنبوبين الزجاجيين بالماء وضعهما مقلوبين فوق كل قطب بحيث يُحتجز الغاز الصاعد في كل منهما.
• شغّل التيار الكهربائي وراقب التغيّرات.

IPN

❖ **الملاحظة:**

- تظهر فقاعات غازية عند كلا القطبين.
- في أحد الأنبوبين تتكوّن كمية كبيرة من غاز لأكسجين
- في الآخر تتكون ضعف هذه الكمية من غاز الهيدروجين.

الاستنتـــاج:

- التيار الكهربائي فكك الماء إلى غازين:

– غاز الهيدروجين عند المسرى السالب (المهبط).

– غاز الأكسجين عند المسرى الموجب (المصعد).

- هذا يثبت أن الماء H_2O يتكوّن من عنصرين هما الهيدروجين والأكسجين

2. التطبيقات:

- صناعة الألمنيوم والنحاس
- الطلاء الكهربائي بالذهب أو النيكل
- فصل المركّبات

IV. السلامة الكهربائية - الحماية

أهمية الأمـــان:

التيار الكهربائي قد يكون خطيرًا إذا لم يُتحكم فيه جيدًا فقد يؤدي إلى صدمات و حرائق....

وسائل الحماية:

الوسيلة	وظيفتها	صورة منها
الصمام	ينصهر عند مرور تيار زائد ويقطع الدارة	
القاطع	يفصل التيار أوتوماتيكياً عند حدوث تماس أو حمل زائد	

IPN

V. مفاهيم التيار المنزلي - الطور والحيادي والتأريض

السلك	الوظيفة	اللون النموذجي
السلك الحي	يحمل التيار ويكون فيه الجهد 220V	بني أو أحمر
الحيادي	يُغلق الدارة مع الطور، ولا يحمل فرق جهد فعال	أزرق
السلك الأرضي	يحمي الأجهزة والإنسان عند حدوث تماس كهربائي	أخضر/أصفر

الخـــلاصة

- عندمـا يمـر التيار في موصل (مثل سـلك مقاوم)، تنتج طاقة حرارية تُسـخّن السـلك. تُعرف هذه الظاهرة باسم تأثير جول.
- عند مرور تيار في سلك، يتولد حوله مجال مغناطيسي.
- عند تمرير تيار كهربائي في الماء (الممزوج بقليل من الملح أو الحمض) يتحلل إلى غاز الهيدروجين وغاز الأكسجين.
- التيـار الكهربائـي قـد يكون خطيرًا إذا لـم يُتحكم به جيـدًا (احتراق، صدمات، حرائـق...) ولذلك علينا أن نسـتخدم وسـائل الحماية مثل الصمام و القاطع.

التمارين

1. ما هي التأثيرات الثلاثة للتيار الكهربائي؟ أعطِ مثالاً عن كل منها.
2. ما وظيفة القاطع الكهربائي؟ ومتى يستعمل؟
3. ما الفرق بين السلك الحي والسلك الحيادي؟
4. ماذا يُنتج عند التحليل الكهربائي للماء؟
5. صف ما يحدث عند مرور تيار في سلك معدني.

IPN

الكيميـــــاء

الفصل الأول : بنية المادة

IPN

أهداف الدرس:

- فهم المقصود ببنية المادة.
- وصف مكونات الذرة (نواة وإلكترونات).
- فهم فكرة الجدول الدوري ومبدأ تصنيفه.
- تحديد كيفية توزيع الإلكترونات في الطبقات الطاقية.
- تمثيل الذرات باستخدام رموز لويس.
- تعريف الجزيء والأيون.
- التمييز بين الروابط التي تُكوّن الجزيئات والأيونات.
- تمثيل بعض الجزيئات البسيطة.
- فهم كيفية تكوّن الأيونات ومتى يحدث ذلك.

تمهيد :

في كل شيء نراه، من حجر إلى نجمة، ومن قطرة ماء إلى خلية حية هناك بناء خفي، دقيق.
قد نظن لأول وهلة أن هذه الأشياء جامدة، صامتة، لا حياة فيها.
لكن في أعماقها، في مستوى لا تدركه العيون، تدور عوالم خفية من الذرات والجزيئات، ترقص وتتصادم، تتحرك وتشكل هذا العالم الذي نراه. فافهم بنيتها، لتفهم الكون من حولك.
فما هي المادة؟ وممّ تتكون؟ وكيف تُبنى؟
دعونا نغوص معًا في أعماق المادة.

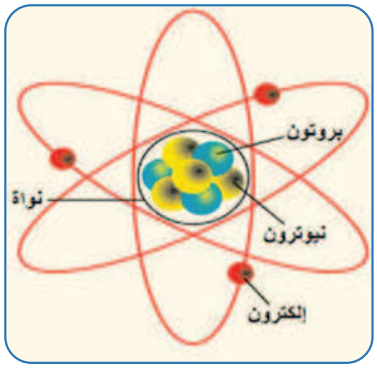
I. بنية المادة

1. تعريف المادة

المادة هي كل ما له كتلة ويشغل حيزًا من الفضاء.
تتكون المادة من جسيمات صغيرة جداً لا ترى بالعين المجردة هي الذرات والجزيئات.

2. بنية الذرة

تعريف الذرة



الذرة هي أصغر مكون للمادة يحافظ على خصائصها.
كل مادة تتكون من ذرات، والذرة تتكون من نواة توجد في الوسط تدور حولها الإلكترونات.
تحتوي النواة على بروتونات ونيترونات، لبروتونات ذات شحنة موجبة النيترونات لا شحنة لها – الالكترونات ذات شحنة سالبة

3. مفاهيم مرتبطة ببنية المادة

✓ العدد الذري (Z):
يمثل عدد البروتونات في نواة الذرة ويحدد نوع العنصر الكيميائي.
✓ العدد الكتلي (A):
يساوي عدد البروتونات (Z) + عدد النيوترونات (N)

$$A=Z+N$$

IPN

4. توزيع الإلكترونات في الطبقات

الإلكترونات لا تدور عشوائيًا، بل تتوزع حول النواة في طبقات طاقية هي : K ; L ; M ; N ; O ; P ; Q ; R

عدد الإلكترونات الأقصى في كل طبقة يعطى بـالعلاقة : $2n^2$ حيث n هو رقم الطبقة.

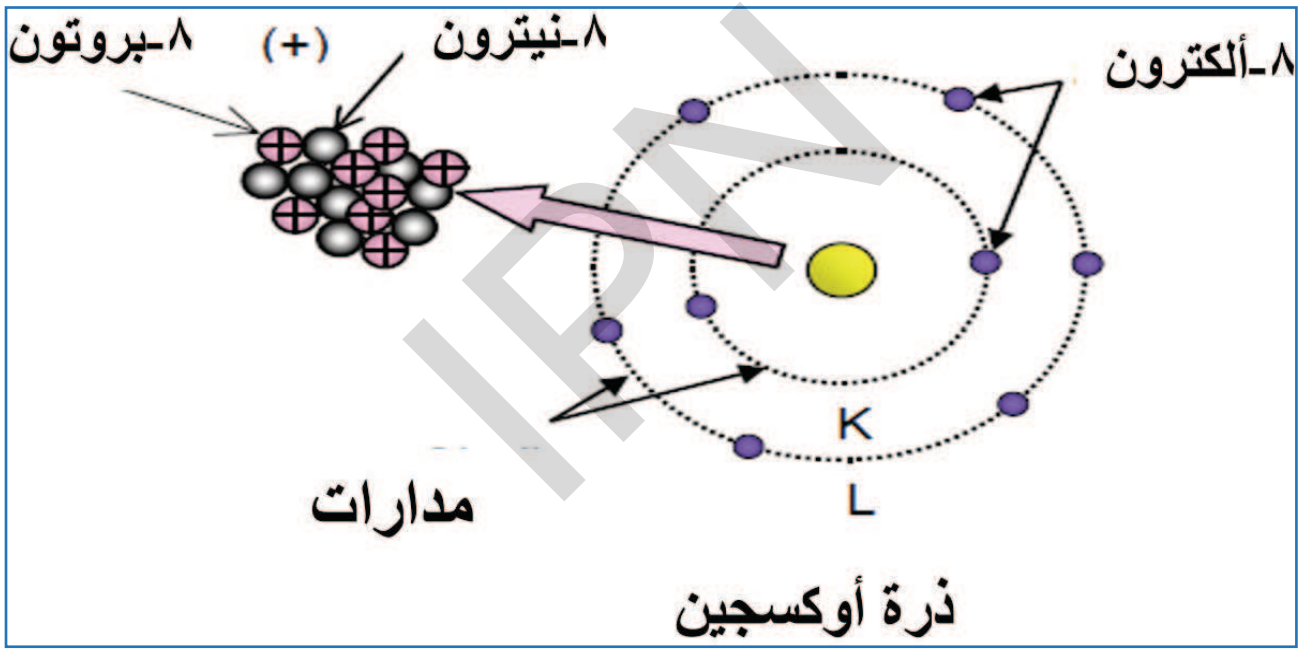
الطبقة	رقم الطبقة	الحد الأقصى للإلكترونات
K	(1)	2
L	(2)	8
M	(3)	18
N	(4)	32

مثـــال:

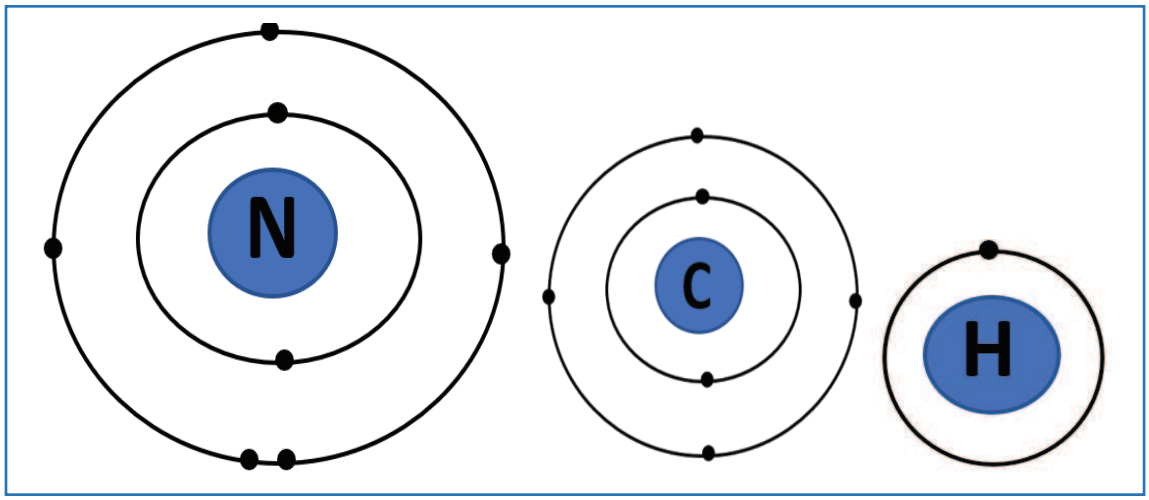
- ذرة الأوكسجين (O) : العدد الذري = 8

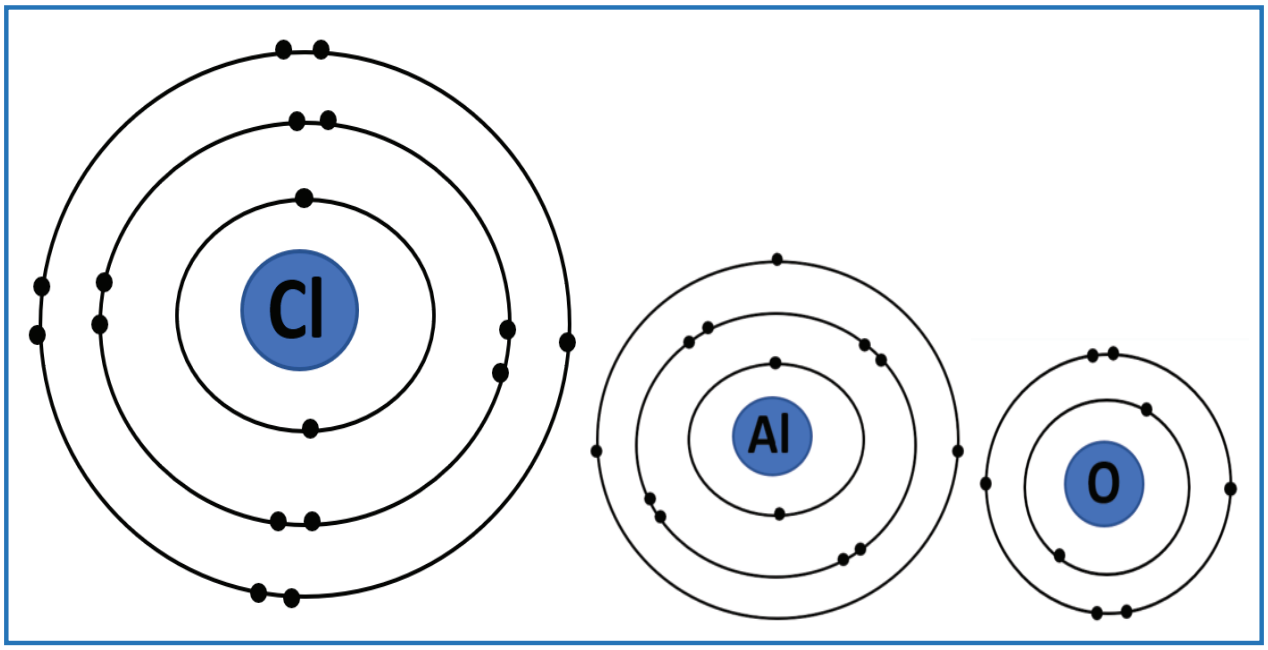
➤ التوزيع الإلكتروني: 2 في الطبقة K، 6 في الطبقة L

➤ التوزيع: (K^2L^6)



رسم توضيحي للتوزيع الإلكتروني لبعض الذرات :

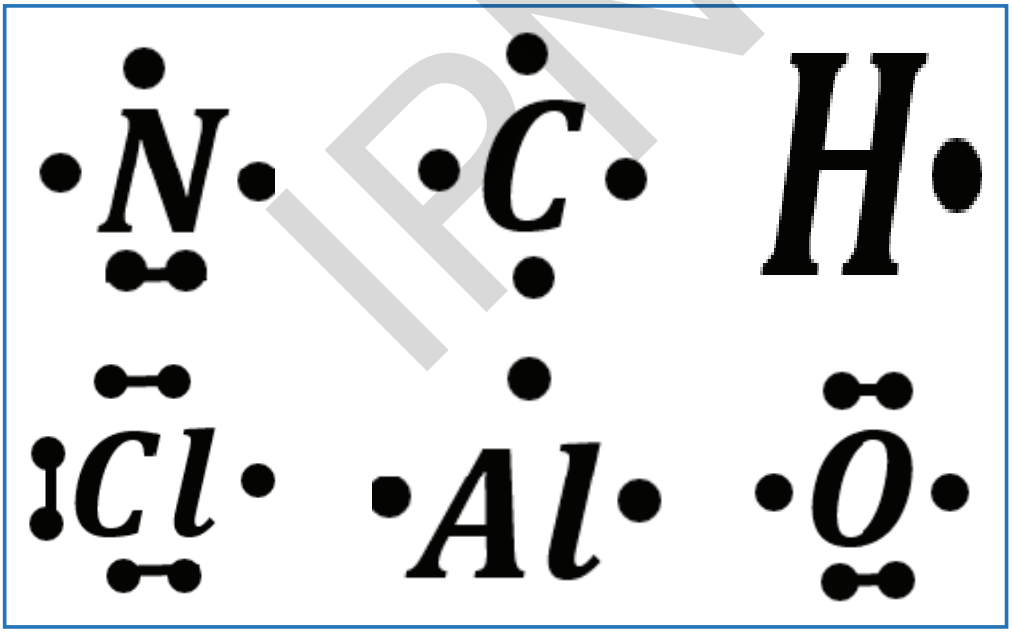




5. تمثيل لويس (Lewis)

هو تمثيل يُظهر رمز العنصر محاطًا بعدد نقاط تمثل إلكترونات التكافؤ (الإلكترونات في آخر طبقة)

أمثلـــة:



IPN

6. النظائر

النظائر هي ذرات من نفس العنصر الكيميائي لها نفس عدد البروتونات (أي نفس العدد الذري)، لكنها تختلف في عدد النيوترونات، مما يؤدي إلى اختلاف في الكتلة الذرية.

7. الخصائص الأساسية للنظائر

- الخواص الكيميائية متشابهة لأنها تعتمد على عدد الإلكترونات والبروتونات.
- الخواص الفيزيائية تختلف بسبب اختلاف الكتلة وعدد النيوترونات.
- بعض النظائر تكون مستقرة، وبعضها مشعة وتتحلل بمرور الوقت.

8. أمثلة على النظائر

العنصر	النظائر	عدد لبروتونات	عدد النيوترونات
الهيدروجين	$^{1}_{1}H$	1	0
	$^{2}_{1}H$	1	1
	$^{3}_{1}H$	1	2
الكربون	$^{12}_{6}C$	6	6
	$^{13}_{6}C$	6	7
	$^{14}_{6}C$	6	8
الأوكسجين	$^{16}_{8}O$	8	8
	$^{17}_{8}O$	8	9
	$^{18}_{8}O$	8	10

IPN

9. الجدول الدوري للعناصر

الجدول الدوري واحد من أهم الأدوات في علم الكيمياء، فهو يمثل خريطة شاملة للعناصر الكيميائية وترتيبها بطريقة تسهل فهم خصائصها وتفاعلاتها , فهو تنظيم شامل للعناصر الكيميائية المعروفة، مرتبة وفقًا لعددها الـذري (عـدد البروتونات في النواة). تم تطوير الجدول الـدوري في البداية من قبل العالم ديمتري مندليف عام 1869، الذي لاحظ وجود نمط دوري في خصائص العناصر.

❖ هدف الجدول الدوري:

- تنظيم العناصر الكيميائية بطريقة تسهل دراستها وفهمها.
- التنبؤ بخصائص العناصر بناءً على موقعها في الجدول.
- توفير أداة مرجعية للعلماء والطلاب لفهم التفاعلات الكيميائية.

❖ مكونات الجدول الدوري:

يتكون الجدول الدوري في صيغته البسـيطة من ثمانية أعمدة (مجموعات) وسـبعة سـطور (دورات) , ترقم الأعمـدة بأرقـام رومانية من I الى VIII والسـطور بأرقام عربية من 1 الى 7.

سنكتفي بالسطور الثلاثة الأولى.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	الهيدروجين H_1					الهيدروجين H_1		الهيليوم He_2
2	الليثيوم Li_3	البريليوم Be_4	البور B_5	الكربون C_6	النيتروجين N_7	الأوكسجين O_8	الفلور F_9	النيون Ne_{10}
3	الصوديوم Na_{11}	المغنزيوم Mg_{12}	الآلمنيوم Al_{13}	السيليسيوم Si_{14}	الفوسفور P_{15}	الكبريت S_{16}	لكلور Cl_{17}	الآركون Ar_{18}

❖ المجموعـــات :

- هي الأعمدة الرأسية في الجدول.
- يحتوي العمود الواحد على عناصر لها خصائص كيميائية متشابهة . فرقم العمود يمثل عدد الإلكترونات في الطبقة الخارجية.
- يبلغ عدد المجموعات الفعلي 18.

❖ الدورات :

- هي الصفوف الأفقية في الجدول.
- تُظهر العناصر التي تمتلك نفس عدد الأغلفة أو المدارات الإلكترونية في نفس الصف او السطر.
- يبلغ عدد الدورات أو الصفوف ويبلغ عددها الفعلي 7

❖ كيفية قراءة الجدول الدوري:

فهم الجدول الدوري يبدأ بمعرفة كيفية قراءته :

- العدد الذري: يُكتب أسفل رمز العنصر الى اليسار، وهو عدد البروتونات في النواة.
- رمز العنصر: الحرف أو الحروف التي تمثل اسم العنصر (مثل H للهيدروجين).
- الموقع: موقع العنصر في الجدول يحدد خصائصه الكيميائية.

10. قاعدة الثنائي والثماني

وتنصان على أن العناصر الكيميائية لكي تبقى مستقرة تسعى لأخذ البنية الإلكترونية للغاز الخامل الأقرب لها وذلك من خلال فقد أو اكتساب الكترونات أو تشكيل روابط تساهمية.

❖ قاعدة الثنائي :

العناصر التي رقمها الذري أصغر من 5 تكتسب بنية غاز الهيليوم (^4_2He) بحيث تحتوي طبقتها الإلكترونية الخارجية على إلكترونين.

❖ قاعدة الثماني :

العناصر التي رقمها الذري أكبر من 5 تكتسب بنية أحد الغازات الخاملة الأقرب لها بحيث تحتوي طبقتها الإلكترونية الخارجية على 8 إلكترونات.

IPN

II. الجزيئات والأيونات

تتحد الذرات الصغيرة المتناثرة في رقصة كونية فتولد الجزيئات التي تسقينا وتُغذينا.
وأحيانًا، تنجذب الذرات أو تتنافر، فتكسب أو تفقد شحنات لتنشأ الأيونات التي تُحرّك التيارات وتُشعل النار
كل شيءٍ حولنا ينبض ببنية دقيقة , فدعونا نكشف أسرار هذا التلاحم الكوني!

1. الجزيئات

تعريف : الجزيء هو اتحاد ذرتين أو أكثر بروابط كيميائية، ليتشكل كيان مستقر.
- قد تكون الذرات من نفس النوع مثل (O_2) فيكون الجزيء بسيطا
- أو من أنواع مختلفة مثل (H_2O) فينتج جزيء معقد.

أنواع الروابط التساهمية التي تُكوّن الجزيئات:

- رابطة تساهمية بسيطة : تتشارك الذرات إلكترونات لتكوين الجزيء.
- رابطة ثنائية أو ثلاثية : في بعض الحالات تتشارك أكثر من إلكترون.

2. الأيونات

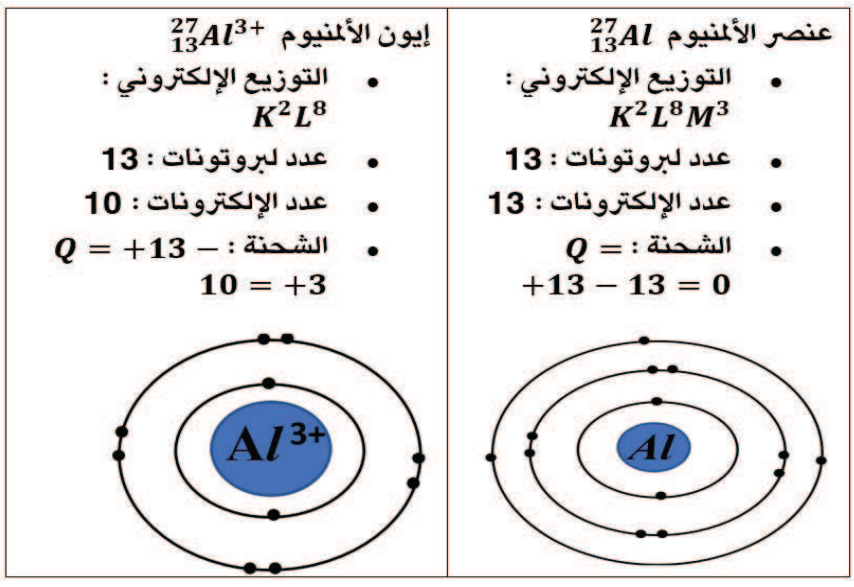
❖ تعريف : الأيون هو ذرة (أو مجموعة ذرات) اكتسبت أو فقدت إلكترونات فأصبحت مشحونة كهربائيًا.
❖ تصنيف الأيونات حسب الشحنة :X>

النوع	كيف يتكوّن؟	مثال
أيون موجب (كاتيون)	فقد إلكترونًا أو أكثر	Na^+ ، Ca^{2+}
أيون سالب (انيون)	اكتسب إلكترونًا أو أكثر	Cl^- ، O^{2-}

❖ تصنيف الأيونات حسب البنية :

النوع	كيف يتكوّن؟	مثال
أيون وحيد العنصر	ذرة فقدت أو اكتسبت إلكترونًات	Al^{3+} ، O^{2-}
أيون متعدد العناصر	جزيء فقد أو اكتسب إلكترونًات	H_3O^+ ، SO_4^{2-}

❖رسم توضيحي – تكوُّن أيون الألمنيوم :



ملخص الدرس

- تعريف المادة : المادة هي كل ما له كتلة ويشغل حيزًا من الفضاء .
- كل مادة تتكون من ذرات، والذرة تتكون من نواة توجد في الوسط تدور حولها الإلكترونات.
- تحتوي النواة على بروتونات ونيترونات.
- عدد البروتونات في نواة الذرة يسمى بالعدد الذري ويرمز له ب Z
- مجموع لبروتونات والنيترونات في نواة الذرة يسمى بالعدد الكتلي ويرمز له ب A
- الإلكترونات لا تدور عشوائيًا، بل تتوزع حول النواة في طبقات طاقية هي:

K ; L ; M ; N ; O ; P ; Q ; R

- عدد الإلكترونات الأقصى في كل طبقة يعطى بـالعلاقة : $2n^2$ حيث n هو رقم الطبقة.
- النظائر هي ذرات من نفس العنصر الكيميائي لها نفس عدد البروتونات (أي نفس العدد الذري)، لكنها تختلف في عدد النيوترونات، مما يؤدي إلى اختلاف في الكتلة الذرية.
- يتكون الجدول الدوري في صيغته البسيطة من ثمانية أعمدة (مجموعات) وسبعة سطور (دورات)
- رقم العمود يمثل عدد الإلكترونات في الطبقة الخارجية
- رقم السطر يمثل عدد الأغلفة أو المدارات الإلكترونية
- الجزيء هو اتحاد ذرتين أو أكثر بروابط كيميائية، ليتشكل كيان مستقر.

الأيون هو ذرة (أو مجموعة ذرات) اكتسبت أو فقدت إلكترونات فأصبحت مشحونة كهربائيًا.

تمارين

التمرين 1:

10. ما المقصود ببنية المادة؟
11. ما الفرق بين العدد الذري والعدد الكتلي؟
12. ما مكونات الذرة؟ وما شحنة كل مكون؟
13. متى تصبح الذرة أيونًا موجبًا؟ ومتى تصبح سالبة؟

التمرين 2:

1. ما هو الجدول الدوري؟ وعلى أي أساس رُتّب؟
2. ما قاعدة توزيع الإلكترونات في الطبقات؟
3. كيف ترسم تمثيل لويس لذرة الكربون؟
4. ما علاقة عدد إلكترونات التكافؤ بموقع العنصر في الجدول؟
5. ما الفرق بين الجزيء والأيون؟
6. كيف يتكوّن أيون موجب؟
7. بين نوع الروابط في جزئ الماء؟

IPN

الفصل الثاني:
كميـــة المـــادة

IPN

الأهداف:

1. تعريف مفهوم كمية المادة والمول.
2. استخدام العلاقة بين عدد الجسيمات وكمية المادة.
3. فهم العلاقة بين الكتلة والمول.
4. تطبيق القوانين الأساسية في حساب كمية المادة.

تمهيد

هل يمكن عدّ الحصى في كيس من الرمل ؟

يبدو هذا الأمر شبه مستحيل

وبناء عليه فإنه يلزمنا اعتماد طريقة علمية في احتساب كمية الحصى.

في كل قطـرة مـاء... ملايين الـذرات تتراقص، لكن هل يمكن عدّ الذرات؟ العقـل يعجز، لكن العلم أوجد وحدةً تُقاس بها هذه الكمية: اسـمها "المول". هي الجسر بين عالم الذرّات وعالم الأرقام فلندخل معا هذا العالم الذي تُقـاس فيـه الذرّات كما تُقاس الكيلومترات! فحين تصبح الذرات قابلة للعدّ... يتكلم العلم بلغة المول

I. كمية المادة

1. المـــول

- المول هو عدد كبير جدًا من الجسيمات الأساسية المكونة لمادة ما قدره $6,022\times10^{23}$ جسيم
- يسمى هذا العدد عدد أفوغادرو ويرمز له ب (N_A)

مثـــال:

1 مول من السكروز $6,022\times10^{23}$ = جزيء سكروز

1 مول من ذرات الحديد $6,022\times10^{23}$ = ذرة الحديد

2. تعريف :

كمية المادة هي عدد مولات الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو الجسيمات في عينة من مادة ما.

نرمز لها بn ووحدتها في النظام الدولي هي المول (mol)

3. العلاقة بين عدد الجسيمات وكمية المادة

$$\left\{\begin{array}{l} n : \text{كمية المادة} \\ N : \text{عدد الجسيمات} \\ \aleph_A : \text{عددآفوغادرو} \end{array}\right\} \text{ حيث: } n = \frac{N}{\aleph_A}$$

مثال تطبيقي:

إذا كان لديك $1,2044\times10^{24}$ ذرة من الحديد، فكم كمية مادة الحديد ؟

الجواب :

عدد مولات الحديد هو $= \frac{1,2044\times10^{24}}{6,023\times10^{26}} = 2\times10^{-3}$ مول

IPN

4. الكتلة المولية الذرية والكتلة المولية الجزيئية

❖ الكتلة المولية الذرية هي كتلة مول من ذرات عنصر كيميائي ما ويرمز لها ب ***M*** وتقاس ب (g/mol).

أمثلـــة:

العنصر	رمزه	كتلته المولية الذرية (g/mol)
الكربون	C	12
الأوكسجين	O	16
الهيدروجين	H	1

❖ الكتلة المولية الجزيئية هي كتلة مول من جزيئات مركب كيميايئ ما ويرمز لها ب *M* وتقاس ب (lom/g).
وتمثل مجموع الكتل المولية الذرية للعناصر المكونة للجزيئ

أمثلـــة:

الجزيئ	الصيغة	كتلته المولية الجزيئية (g/mol)
ثنائي الهيدروجين	H_2	2
ثنائي الأوكسجين	O_2	32
الماء	H_2O	18
البوتان	C_4H_{10}	58
ثاني أكسيد الكربون	CO_2	44

5. العلاقة بين الكتلة (m) وكمية المادة (n)

$$n = \frac{m}{M} \quad \Leftrightarrow \quad \begin{matrix} 1\text{مول} & \leftrightarrow & M \\ n\text{ مول} & \leftrightarrow & m \end{matrix}$$

مثال تطبيقي:

كمية المادة في 54غ من الماء H_2O؟

- الكتلة المولية للماء:

M=2×1+16=18 g/mol n=18/18=1mol

$$n = \frac{m}{M} = \frac{54}{18} = 3\text{مول} \quad \Leftarrow$$

6. العلاقة بين كمية المادة و حجم الغاز

❖ **الحجم المولي للغاز :**

في الظروف النظامية (P = 1 atm, T = 0°C)، فإن 1 مول من الغاز تشغل حجما قدره 22,4لتر.
نرمز للحجم المولي للغاز ب V_m
وتقدر قيمته في الطروف النظامية ب 22,4 لتر/ مول

$$n = \frac{V}{V_m} \quad \Leftrightarrow \quad \begin{matrix} 1\text{مول} & \leftrightarrow & V_m \\ n\text{ مول} & \leftrightarrow & V \end{matrix}$$

IPN

ملخص الدرس

❖ المول هو عدد كبير جدًا من الجسـيمات الأساسـية المكونة لمادة ما قدره $6{,}022 \times 10^{23}$ جسـيم . يسـمى هـذا العدد عدد أفوغادرو ويرمز له ب (N_A)

❖ كمية المادة هي عدد مولات الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو الجسـيمات في عينة من مادة ما. نرمز لها ب n ووحدتهـا هي المول (mol)

❖ الكتلة المولية الذرية هي كتلة مول من ذرات عنصر كيميايئ ما ويرمز لها ب وتقاس ب (g/mol).

❖ الكتلة المولية الجزيئية هي كتلة مول من جزيئات مركب كيميايئ ما ويرمز لها ب وتقاس ب (g/mol).

وتمثل مجموع الكتل المولية الذرية للعناصر المكونة للجزيء

❖ تلخيص العلاقة بين كمية المادة وكل من عدد الجسيمات و الكتلة و حجم الغاز في جدول

العلاقة	القانون
مع عدد الجسيمات	$n = \frac{N}{\aleph_A}$
مع الكتلة	$n = \frac{m}{M}$
مع حجم الغاز	$n = \frac{V}{V_m}$

التمارين

1. ما هو المول؟ وماذا يمثل؟
2. ما هو عدد أفوجادرو؟
3. أوجد كمية المادة في 10غ من NaCl علما بأن كتلته المولية 58,5 غ مول
4. احسب عدد الجسيمات في 2 mol من CO_2
5. ما العلاقة بين m و M و n؟
6. احسب عدد الجزيئات في 3مول من H_2O؟

IV. الحساب التوقعي

أهداف الدرس:

- كتابة معادلة كيميائية صحيحة وموزونة
- إجراء حسابات كمية بالاعتماد على المعادلة الكيميائية
- تحديد الكتلة أو الحجم المتوقع لمادة ناتجة أو لازمة.

تمهيـــد

عندمـا تُـحضّر وليمـة وتنتظـر 12 ضيفًـا، فهـل تطهـو كمـا تطهـو لشـخصين؟ عندمـا تضـع خطـة بناء، أو تـزرع حقلاً، أو تُخطّـط لميزانية، فأنت تمارس الحسـاب التوقعي...فـنّ من فنون التفـكير، حيـث تتحول الأرقام إلى أدوات تنبؤ بالمسـتقبل! لا يتعلّق الحسـاب التوقعي بالتخمين، بل هو حسـاب مدروس يُمكّنك من استباق الحدث... أن تُعدّ الكمية المناسبة، وتُخطّط الزمن والميزانية... هو رياضياتٌ تخاطب المسـتقبل بثقة، لأن العقل حين يحسـب... فهو يُبصر حيث يتنبأ العقل بما سـيحدث بالحساب والمنطق

IPN

1. الحساب التوقعي

❖ تعريف:

الحســاب التوقعــي يعني اســتخدام المعادلة الكيميائية الموزونة للتنبؤ بكمية مــادة (كتلة أو حجم) انطلاقاً من كمية مادة أخرى.

❖ خطوات منهجية:

1. كتابة المعادلة الكيميائية.
2. موازنة المعادلة.
3. حساب كمية المادة المعطاة (عدد المولات (n).
4. تطبيق النسبة المولية من المعادلة.
5. حساب الكمية المطلوبة (مول – كتلة – حجم).

❖ مثال تطبيقي

يتفاعل الحديد مع الكبريت لإعطاء كبريتات الحديد (II)حسب المعادلة التالية :

$$Fe+S\longrightarrow FeS$$

لدينا 5,6 g من الحديد.

احسب كتلة الكبريت اللازمة للتفاعل مع 5,6غ من الحديد كلياً.

نعطي الكتل المولية : $M_S=32\ g/mol$ ، $M_{Fe}=56\ g/mol$

الحـــل:

المعادلة موزونة:

$$Fe+S\longrightarrow FeS$$

عدد مولات الحديد:

$$n(Fe)=\frac{m}{M}=\frac{5,6}{56}=0,1mol$$

من المعادلة: $n(Fe)=n(S)$

إذن $n(S)=0,1mol$

كتلة الكبريت:

$$m(S)=n(S).M=0,1\times32=3,2g$$

إذن يجب أخذ 3,2 g من الكبريت للتفاعل مع 5,6g من الحديد.

الخلاصة

- الحساب التوقعي يعتمد على الموازنة الصحيحة للمعادلة.
- نمر دائماً عبر عدد المولات ثم نحول إلى كتلة أو حجم.
- يمكن من تحديد المتفاعل المحدِّد عندما تكون الكميات غير متكافئة.
- يمكن من تحديد مردود التفاعل

IPN

تمارين

التمريـــن 1

أجب بصح أو خطأ :

1. الحساب التوقعي هو استعمال المعادلة الكيميائية للتنبؤ بكميات المواد المتفاعلة أو الناتجة.
2. يمكن إنجاز الحساب التوقعي دون الحاجة لموازنة المعادلة الكيميائية.
3. عدد المولات يساوي الكتلة على الكتلة المولية
4. في الظروف النظامية، الحجم المولي لأي غاز هو 22,4 L/mol
5. عند تفاعل 2 مول من H_2 مع 1 مول من O_2 يتكون 2 مول من H_2O.
6. إذا عرفنا عدد مولات مادة ما، يمكننا حساب كتلتها أو حجمها
7. المعادلة الكيميائية الموزونة تعبّر عن النسب المولية بين المواد المتفاعلة والناتجة.
8. الحساب التوقعي يستخدم فقط مع الغازات ولا يطبق على المواد الصلبة أو السائلة.

التمريـــن 2

- ما هو الحساب التوقعي في الكيمياء؟
- لماذا يجب موازنة المعادلة الكيميائية قبل الحساب؟
- ما العلاقة التي تربط عدد المولات بالكتلة المولية؟
- ما العلاقة التي تربط عدد المولات بالحجم المولي للغازات في الظروف النظامية؟

التمريـــن 3

نمزج 4,4g من ثاني أكسيد الكربون CO_2 مع كمية كافية من هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ فتتشكل كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ وكمية من الماء H_2O

- أكتب معادلة التفاعل.
- احسب كتلة راسب كربونات الكالسيوم الناتج.

التمريـــن 4

مزج 2g من ثنائي الهيدروجين مع 16g من ثنائي الأكسجين يؤدي الى تكون جزيء الماء H_2O

- أكتب المعادلة.
- من المتفاعل المحدد؟
- ما كتلة الماء الناتج؟

IPN

IPN