بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان المفتوحة

برنامج التربية

الفيزياء العامة (2)

رمز المقرر ورقمه: فيز 102

إعداد المادة العلمية:

- **د.عبد الله سيد أحمد محجوب**
- **د. مبارك درار عبدالله**
- **د. خالدة تاج النصر عثمان**
- **أ.د. محمد حسن أحمد سناده**

التحكيم العلمي : أ.د. محمد حسن أحمد سناده

التصميم التعليمي: مناهل محمد بحرالدين عمر آدم

التنضيد الطباعي: مناهل محمد بحر الدين عمر آدم

التصميم الفني : مناهل محمد بحرالدين عمر آدم

:منى عثمان أحمد النّقة

منشورات جامعة السودان المفتوحة 2005

جميع الحقوق المحفوظة لجامعة السودان المفتوحة، لا يجوز إعادة إنتاج أىّ جزء من هذا الكتاب، وبأى وجه من الوجوه، إلاّ بعد الموافقة المكتوبة من الجامعة.

المقدمة

عزيزي الدارس,

يسرني أن أضع بين يديك مقرر الفيزياء العامة (2) وفقا لمنهج الجامعات المفتوحة سعينا أن يكون هذا المنهج واضح التعبير وسهل المادة من غير تعقيد بطريقة علمية منطقية ومتدرجة حتى يسهل فهمها . يتضمن هذا المقرر سبعة وحدات أساسية.

الوحدة	اسم الوحدة
الوحدة الأولي	الحركة الدائرية
الوحدة الثانية	مجال الجاذبية (المجال التثاقلي)
الوحدة الثالثة	الطاقة في المجال التثافلي
الوحدة الرابعة	الكون
الوحدة الخامسة	الكهربية الساكنة
الوحدة السادسة	الكهربية التيارية
الوحدة السابعة	المغناطيسية

الوحدة الأولى تتناول الحركة الدائرية و نتعرف علي مفهوم السرعة و الإزاحة الزاوية والإزاحة المماسة , ثم مفهوم التسارع الزاوي و التسارع المركزي, وايضا شرح مفهوم القوة المركزية و القوة الطاردة المركزية وثم نتعمق في حركة السيارات علي المسارات الدائرية والمنعطفات تطبيقات أخرى

اما **الوحدة الثانية** فتبحث في المجال التثاقلي حيث تزودنا الوحدة بنبذة عن دور العلماء في البحث في مجال الجاذبية ثم نتعرف علي قانون قوة التثاقل, ثم من خلال هذا القانون يتم التعر ف علي القوة و شدة المجال التثاقلي ونتعرف على التسارع في حالة السقوط الحر.

أما **الوحدة الثالثة** تتعمق في معرفة الطاقة في المجال التثاقلي حيث تمثل الطاقة في عصرنا الحالي حجز الزاوية في التقنية الحديثة. تتكون الوحدة من قسمين , ونتعرف في القسم الأول علي مفهوم كل من الشغل و الطاقة الحركية و الوضعية و الطاقة الكلية وقانون بقاء الطاقة

و ما هي العلاقة بينهما ووحدة قياسها, ثم طاقة الوضع التثاقلي والتي تعرف عموماً بأنها الشغل المبذول ضد قوة المجال , حيث أن لطاقة الوضع التثاقلي تأثير واسع .

وهناك مجالات كثيرة لها طاقة وضع مثل المجال الكهربي والمغناطيسي و التثاقلي. ويعد المجال التثاقلي من أحد أهم المجالات التي لها علاقة مباشرة بحياتنا اليومية.

وأيضا ستناول مفهوم القدرة و التعرف علي وحدة قياسها.

وفي القسم الثاني نتناول أولا قوانين كبلر الثلاثة مما سيساعدنا في فهم حركة المنظومة الشمسية وثانيا الأقمار الاصطناعية والسفن الفضائية.

أما في الوحدة الرابعة فسوف نبحث عن نشأة **الكون** ومكوناته وتتطرق الي **نظرية الإنفجار الكبير** و التي توضح ان الكون بدأ بإنفجار عظيم لم يكن قبله مكان ولازمان وبالتالي فالمكان والزمان مخلوقان. ونستعرض فيي الوحدة الحقب التي مر بها الكون في اللحظات الصغيرة الأولى بعد الإنفجار والحقب التي مر بها الكون حتى يومنا هذا . وسنعرف أن الكون بدأ في التشكل والتطور حتى وصل إلى وضعه الموجود فيه

وايضا نتعرف على السدم والمجرات وأنواعها و النجوم حيث سنتعرف على أنواعها من حيث مكوناتها وإضاءتها, ومن ثم نتعرف على المنظومة الشمسية التي نعيش فيها, من حيث كواكبها وأنواعها وأقمارها, وما يوجد في هذه المنظومة من اجسام اخرى, مثل الكويكبات والمذنبات والشهب والنيازك. وفي نهاية الوحدة سنستعرض النظرية الحالية التي تفسر كيفية تكون المنظومة الشمسية وأي منظومات كوكبية اخرى إن وجدت في الكون.

وننتقل الي الوحدة الخامسة وهي بعنوان الكهربية الساكنة ونتعرف علي مفهوم الكهربية وطرق شحن المواد كهربيا والقوة الواقعة بين الشحنات.

اما في الوحدة السادسة التي بعنوان التيار الكهربي سنتعرف علي مفهوم القوة الدافعة الكهربية والتيار الكهربي ونشرح مقاومة الموصلات لسريان التيار الكهربي والعوامل التي تؤثر فيها ومن ثم سنتناول المقاومة النوعية للموصل ونتعمق في فهم مفهوم قانون اوم ثم طرق توصيل المقاومات علي التوالي والتوازي وأخير توصيل المولدات.

و الوحدة الأخيرة بعنوان المغناطيسية و ستساعدك هذه الوحدة على فهم تفصيلي على المغناطيسية **و** القوة المغنطيسية التي تنشأ بين الأقطاب المغناطيسية بالإضافة إلى تخطيط

المجال المغناطيسي الناشئ عن القضيب المغناطيسي وتوضيح مفهوم كل من الفيض و كثافة الفيض المغناطيسي و سنتطرق لدراسة المجال المغناطيسي للأرض .

الأهداف العامة للمقرر

آخى الدارس بعد اطلاعك علي هذا المقرر بتمعن نتوقع منك الآتي ان:

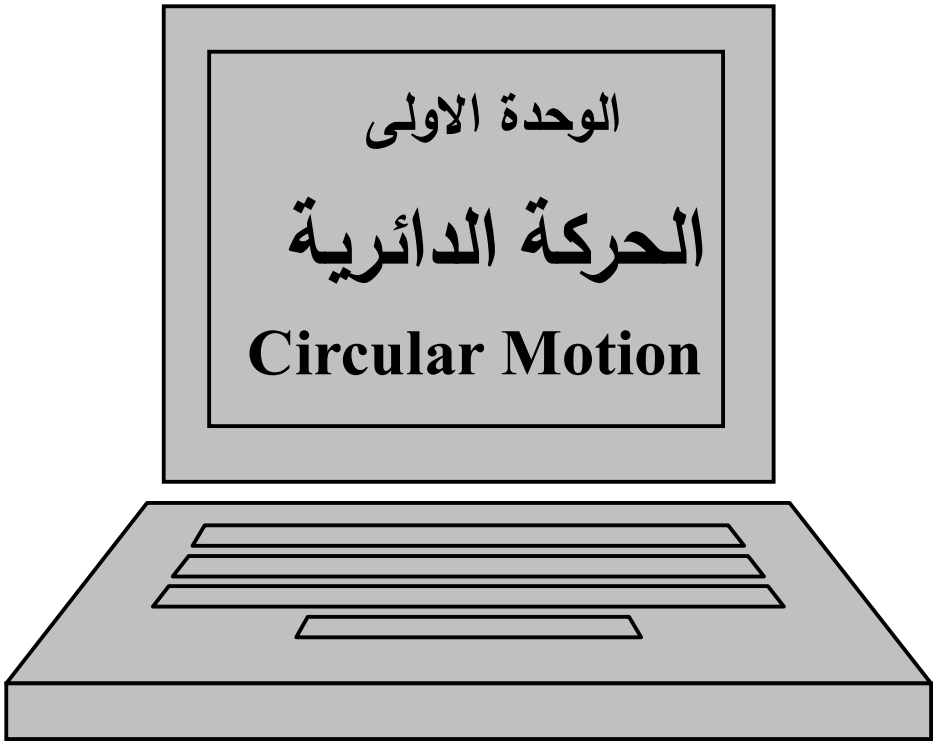
- **تشرح** مفهوم الحركة الدائرية اوالإزاحة الزاوية و ثم السرعة والعجلة الزواية مع ذكر معادلات الحركةالدائرية .
- **تصف** مجال الجاذبية (المجال التثاقلي) ثم تشرح قوانين التاقل الكوني .
- **تعرف** الطاقة في المجال التثافلي مع تعريف مفهوم كل من الشغل و الطاقة الحركية و الوضعية و الطاقة الكلية والقدرة تم قوانين كبلر
- **تبّين** أهمية نشأة **الكون** ومكوناته.
- **تعرّف** مفهوم الكهربية الساكنة.
- **تشرح** الكهربية التيارية و مفهوم كل من القوة الدافعة الكهربية والتيار الكهربي والمقاومة الكهربية والنوعية.
- **تشرح** مفهوم المغناطيسية و القوة المغنطيسية التي تنشأ بين الأقطاب المغناطيسية بالإضافة إلى تخطيط المجال المغناطيسي الناشئ عن القضيب المغناطيسي وتوضيح مفهوم كل من كثافة الفيض.

وقد استخدمنا في هذا المقرر إطاراً عربياً شاملاً لرموز النظام الدولي
ورقمنا الأشكال والرسومات التوضيحية والجداول وهناك سرد كامل للمصطلحات العلمية التي وردت في النص الرئيسي في نهاية كل وحدة وحاولنا في هذا المقرر تبسيط المادة المقدمة حتى يستطيع للدارس فهمها.

ونجد نهاية كل وحدة أسئلة التقويم الذاتي ، ونشاطات وتدريبات كفيلة بتلبية احتياجاتك التعليمية الخاصة بالوحدة .

عزيزي الدارس ينبغي عليك أن تتطلع على الوحدات بتأنٍ لفهم ما يرمي إليه هذا المقرر. ثم حل أسئلة التقويم والتدريبات وكذلك التعيينات التي ستسلمها لمرشدك الميدانى .

عزيزى الدارس، أهلا بك مرة أخرى إلى هذا المقرر ونرجو أن تستمتع بدراسته وان تستفيد منه وان تشاركنا في نقده وتقييمه بالكتابة الينا .


الوحدة الاولى
الحركة الدائرية
Circular Motion

محتويات الوحدة

الموضوع	الصفحة
تمهيد	3
أهداف الوحدة	4
1.الحركة الدائرية	5
1.1. السرعة في الحركة الدائرية	6
1.1.1.السرعة الزاوية.	9
2.1.1. التسارع الزاوي.	10
3.1.1.التردد والزمن الدوري	12
4.1.1.السرعة المماسة.	14
2.1.التسارع المركزي	17
1.2.1.القوة المركزية	20
2.2.1. القوة الطاردة المركزية.	23
3.2.1.حركة السيارات على المسارات الدائرية والمنعطفات	25
الخلاصة	32
لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية	32
مسرد المصطلحات	33
إجابات التدريبات	34

تمهيد

عزيزي الدارس ,

مرحباً بك إلى الوحدة الأولى من مقرر الفيزياء العامة (2)، وهي بعنوان الحركة الدائرية، والتي تتألف من قسمين رئيسين.

القسم الأول يتكون من ستة اجزاء , و يبدأ بتعريف مفهوم السرعة في الحركة الدائرية وايضا من خلالها نتعرف على الإزاحة الزاوية والإزاحة المماسة, والازاحة الزاوية ثم مفهوم التسارع الزاوي و استنتاج معادلات الحركة الدائرية واخيرا مفهوم السرعة المماسة.

ثم ننتقل معا إلى القسم الثاني حيث نتعرف على مفهوم التسارع المركزي , ويحتوي القسم علي ثلاث أجزاء فرعية, حيث نشرح كل من القوة الجاذبة المركزية و القوة الطاردة المركزية , ثم نتعمق في حركة السيارات علي المسارات الدائرية والمنعطفات مع تطبيقات أخرى. وقد حرصنا على توفير العدد المناسب من التطبيقات، والأمثلة الرياضية بهدف ترسيخ التعلم وتعزيزه لديك بصفة عامة.

ولقد زودت هذه الوحدة بمجموعة من الأسئلة والتدريبات والأنشطة. التي تساعدك في فهم المادة التعليمية والتي تقدمها لمرشدك الميداني.

أهلاً ومرحباً بك عزيزي الدارس مرة أخرى إلى هذه الوحدة ونرجو أن تستمتع بدراستها وان تستفيد منها وان تشاركنا في نقدها وتقيميها.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس, عند اكتمال هذه الوحدة يتوقع أن تكون قادراً على أن:

1. تشرح مفهوم السرعة في الحركة الدائرية.
2. تفرق بين الإزاحة الزاوية والإزاحة المماسة.
3. تعّرف السرعة الزاوية.
4. تعّرف التسارع الزاوي.
5. تفّرق بين التردد والزمن الدوري ، وتذكر وحدات كل منهما، ثم تعرف كيفية حساب كل منهما.
6. تشرح السرعة المماسة.
7. تشرح معنى التسارع المركزي والقوة المركزية وتذكر وحداتهما.
8. توضح تأثير الحركة في المسارات الدائرية والمنعطفات على السيارات والدراجات وعيرها وتكتب الصيغ الرياضية لمعادلات الحركة في هذه الحالة وتعرف الرموز المستخدمة فيها.
9. تذكر بعض تطبيقات على الحركة في المنحنيات .
10. تحل معظم التمارين.

1. الحركة الدائرية (Circular Motion)

عزيزي الدارس,

لقد تناولنا في مقرر الفيزياء العامة (1) الوحدة الأولى, وصف الحركة الخطية (Linear Motion) وهي حركة انتقالية على خط مستقيم يتغير فيها موضع الجسم بمرور الزمن بينما يبقى اتجاه الحركة ثابت.

والآن وفي هذه الوحدة من الفيزياء العامة 2 نتناول دراسة نوع آخر من الحركة وهي الحركة الدائرية (Circular Motion) .

الحركة الدائرية : هي حركة انتقالية في مسار دائري أو على محيط دائرة, حيث يتغير اتجاه الحركة على محيط الدائرة باستمرار مع مرور الزمن

عزيزي الدارس,

لكي يستمر الجسم في حركته على محيط دائرة, لابد أن يكون اتجاه السرعة التي يتحرك بها الجسم مماساً لمحيط الدائرة وقد يكون مقدار السرعة قي هذه الخالة ثابتاً أو متغيرا. وكثيراً ما نقابل هذا النوع من الحركة في الطبيعة وفي حياتنا اليومية مثل:

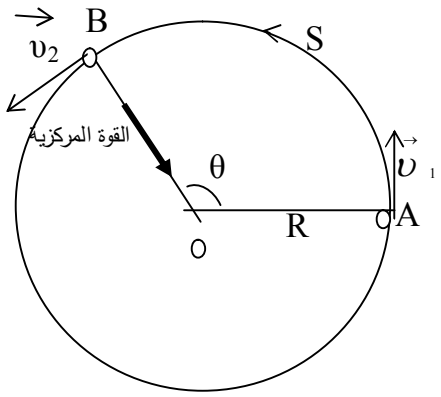
- حركة السيارات والدراجات على المسارات الدائرية والمنعطفات؛
- حركة الكواكب حول الشمس؛
- حركة الأقمار الطبيعية والأقمار الصناعية حول الأرض وحول الكواكب الأخرى.

ولذلك فإن دراسة الحركة الدائرية مهمة جدا لفهم طبيعة هذه الحركة ومعرفة القوى المؤثرة فيها. فالجسم الذي يتحرك في حركة دائرية يقع تحت تأثير قوة في اتجاه مركز الدائرة, وطبقاً لقانون نيوتن الثاني:

فإن هذه القوة تُكسب الجسم تسارع ويكون اتجاه التسارع هو نفس اتجاه القوة إي نحو مركز الدائرة وعمودياً على اتجاه سرعة الجسم المماسة لمحيط الدائرة (انظرالشكل(1-1)).

ويعتبر دوران الأقمار الطبيعية والإصطناعية حول الكواكب ودوران الكواكب حول الشمس في مداراتها من الأمثلة التي يتحرك فيها الجسم في مدار دائري (أو شبه دائري) تحت تأثير قوة التثاقل (الجاذبية) بين الأجسام المادية، كما أن قوة الجذب الكهربائية بين النواة الموجبة والإلكترونات السالبة الشحنة تسبب دوران الإلكترونات في مدارات حول النواة.

1.1. السرعة في الحركة الدائرية



شكل (1-1): الإزاحة الزاوية θ والإزاحة المماسة S

عزيزي الدارس,

نلاحظ في الشكل (1-1) جسم يتحرك على محيط دائرة مركزها النقطة (O) ونصف قطرها (R) منتقلا من النقطة A إلى النقطة B في زمن قدره (t). حيث أن نصف القطر OA يتحرك مع الجسم مسافة S على محيط الدائرة من A إلى B في الفترة الزمنية (t).

كما نلاحظ أن حركة نصف القطر هذة تكون زاوية مركزية هي $< AOB$ والتي ترمز لها بالحرف (θ) (تنطق ثيتا (theta)، وتسمى هذه الزاوية بالإزاحة الزاوية للحركة الدائرية (Angular Displacement) أما الإزاحة الخطية (Linear Displacement) فهي تساوي طول القوس (AB) وسوف نرمز لها بالرمز (S) وتقاس بالمتر.

وحدة الإزاحة الزاوية: تقاس الإزاحة الزاوية

- بالزاوية النصف قطرية (**Radian**) وترمز لها بالرمز rad أو راديان وهي الوحدة المستخدمة لقياس الزوايا في نظام التقدير الدائري.
- أو بالدرجات في النظام الستيني لقياس الزوايا.

الزاوية النصف قطرية : هي الزاوية المركزية التي يكون طول القوس المقابل لها مساويا لنصف قطر الدائرة.

و أما الدائرة الكاملة فمحيطها يساوي $2\pi R$,حيث R نصف القطر.

إذن تحتوي الدائرة على $\boldsymbol{2\ \pi}$ زاوية نصف قطرية نظراً لأن النسبة بين محيط الدائرة ونصف قطرها تساوي $\boldsymbol{2}\ \pi$.ونستنتج من ذلك أن الزاوية النصف قطرية التي مقدارها $\boldsymbol{2}\ \pi$ rad تساوي زاوية مقدارها (360^o) بالتقدير الستيني، أي أن:

$$2\pi \text{ rad} = 360^o$$

أو

$$1 \text{ rad} = \frac{180^o}{\pi} \approx 57.3^o$$

ولمعرفة العلاقة بين الإزاحة الزاوية θ والإزاحة الخطية (طول القوس) S نستخدم القانون الرياضي المعروف:

الزاوية المركزية المقابلة للقوس بالدرجات النصف قطرية = طول القوس S / نصف القطر R

$$\theta = \mathbf{S/R} \qquad (1\text{-}1)$$

$\therefore$ طول القوس

$$\therefore \quad S = R\,\theta$$

➢ **مثال (1-1)**

خيط ملفوف حول عجل نصف قطره (25 cm). أوجد الزاوية بالتقدير الستيني المطلوبة لإدارة العجل لإطلاق (50 cm) من الخيط .

الحل:

عندما تدور نقطة على حافة العجل على قوس طوله S فإن طول الخيط المفكوك سيساوي أيضاً S . والمعادلة (1-1) تبين لنا العلاقة بين طول القوس والزاوية التي تلف العجل بها هي

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

طول الخيط المفكوك S : S = 50 cm = 50 cm ,

نصف القطر R : R= 25cm = 0.25 m

الزاوية بالتقدير الدائري:

$$\theta = 0.5/0.25 = 2\text{rad}$$

الزاوية بالتقدير الستيني

$$\theta = 2\times180/\pi = 114.6^{0}$$

أسئلة تقويم ذاتي

عزيزي الدارس,

1. اكتب أربعة أمثلة للحركة الدائرية
2. عرف الحركة الدائرية, والزاوية النصف قطرية
3. ما الفرق بين بالإزاحة الزاوية والإزاحة الخطية للحركة الدائرية ؟
4. خيط ملفوف حول عجل نصف قطره (50 cm) . ما الزاوية بالتقدير الستيني الذي يجب أن تلف العجل لكي تفك من الخيط طوله (150 cm) ؟

تدريب (1)

1 . خيط ملفوف حول عجل نصف قطرها (R cm). اذا كانت الزاوية بالتقدير الدائري التي يجب أن تلف العجل لكي تفك من الخيط 120 cm تساوي 3rad فما نصف قطر العجلة؟

1.1.1. السرعة الزاوية: (Angular Velocity)

السرعة الزاوية المتوسطة(Mean angular Velocity) هي النسبة بين الإزاحة الزاوية (θ)والزمن الذي تتم فيه الإزاحة,ويرمزلها $\overline{\omega}$ وتنطق أوميقا Omega)

$$\overline{\omega}=\theta/t$$

ووحدات السرعة الزاوية $\overline{\omega}$ المتوسطة هي:

وحدات الزاوية مقسومة على وحدات الزمن أو الزاوية النصف قطرية في الثانية (rad/s).

و أما السرعة الزاوية اللحظية ω :

فهي السرعة الزاوية عند لحظة زمنية محددة , **يرمز لها بالرمز ω** يمكن استنتاجها من تعريف

السرعة الزاوية المتوسطة السابقة وذلك باستخدام إزاحة زاوية مقدارها صغير جداً $\Delta\theta$ في زمن صغير جداً Δt ثم نأخذ النسبة بين الإزاحة الزاوية والفترة الزمنية عندما تقترب الفترة الزمنية من الصفر. ويكتب تعريف السرعة الزاوية اللحظية بالطريقة التالية:

$$\omega = \text{Lim}_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\theta}{\Delta t} \qquad (3-1)$$

و عرفنا أيضا عزيزي الدارس, من خلال دراسة التفاضل في الرياضيات أن:

المقدار في الطرف الأيمن للمعادلة (3-1) هو معدل تغير الإزاحة الزاوية بالنسبة للزمن أي هي المشتقة الأولى للإزاحة الزاوية بالنسبة للزمن ويرمز له بالرمز $(d\theta/dt)$

عندما يصنع الجسم المتحرك في دائرة إزاحات زاوية متساوية في فترات زمنية متساوية مهما كان مقدار الإزاحة صغيراً ومهما قلت الفترة الزمنية فإن السرعة الزاوية للحركة الدائرية تكون سرعة منتظمة. لاحظ أنه في حالة الحركة الدائرية بسرعة زاوية منتظمة فان السرعة الزاوية المتوسطة تتساوى مع السرعة الزاوية الثابتة. أي أن:-

$$\varpi = \omega$$

1.1.2 التسارع الزاوي (Angular Acceleration):

الحركة الدائرية التي تتغير فيها السرعة الزاوية بمرور الزمن مثل حركة عجلات السيارات والماكينات في المصانع والمراوح عند بداية تشغيلها أو عند إيقافها حيث تتغير سرعة الحركة الدائرية بالزيادة أو النقصان يسمي تسارع الحركة الدائرية المتسارعة (أو المتباطئة) أو المعجلة **بالتسارع الزاوي المتوسط** نرمز له بالرمز α (حرف إغريقي ينطق ألفا Alpha) لجسم يتحرك حركه دائرية معجلة عندما تتغير سرعة الجسم الزاوية من ω_o (تنطق أوميغا الابتدائية) إلى ω خلال زمن t يعطي بالعلاقة

$$\overline{\alpha} = (\omega - \omega_0)/t \qquad (4\text{-}1)$$

وحدات التسارع الزاوي المتوسط هي:

هي وحدات السرعة الزاوية مقسومة على وحدات الزمن (rad/s^2) .



- يكون التسارع الزاوي تسارعاً تزايدياً إذا كانت السرعة الزاوية النهائية أكبر من السرعة الابتدائية $(\omega > \omega_0)$.
- ويكون تسارعا تناقصياً (تباطؤ أو تقاصر) إذا كان $(\omega > \omega_0)$.

إذا كان التسارع الزاوي منتظماً فإنه يمكن استنتاج معادلات للحركة الزاوية بتسارع منتظم بإستعمال معادلات الحركة الخطية بتسارع منتظم التي مرت عليك عزيزي الدارس, من قبل في مقرر الفيزياء العامة (1) الوحدة الأولى.

وبمكن كتابة معادلات الحركة الدائرية بتسارع منتظم التي تربط بين الإزاحة الزاوية θ والسرعة الزاوية ω والتسارع الزاوي α بقوانين الحركة في خط مستقيم حيث الإزاحة الخطية S و السرعة الخطيةِ v والتسارع الخطي a , كما يلي:

$$\omega = \omega_0 + \alpha t \qquad (5\text{-}1)$$

وهي تقابل معادلة الحركة بعجلة منتظمة في خط مستقيم للسرعة , أي

$$v = v_o + at$$

وكذلك للإزاحة الزاوية

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \qquad (6\text{-}1)$$

وهي تقابل معادلة الحركة بعجلة منتظمة في خط مستقيم للمسافة , أي

$$s = v_o t + \frac{1}{2} at^2$$

أما

$$\omega^2 - \omega_0^2 = 2\alpha\theta \qquad (7\text{-}1)$$

فتقابل معادلة الحركة بعجلة منتظمة في خط مستقيم لمربع السرعة , أي

$$v^2 - v_0^2 = 2aS$$

➢ مثال (1-2)

مروحة تدور بمعدل (180) دورة في الدقيقة. أحسب السرعة الزاوية للمروحة. وإذا أوقفت المروحة بقطع التيار الكهربائي عنها فوصلت إلى حالة السكون بعد نصف دقيقة، فما هو التباطؤ الزاوي للمروحة بفرض أنه منتظم؟ وما الزاوية التي دارتها المروحة من لحظة قطع التيار إلى لحظة وصولها للسكون؟

الحل:

السرعة الزاوية للحركة الدائرية للمروحة (ω) = عدد الدورات في الثانية × 2π

$$\omega = \frac{180}{60} \times 2\pi = 6\pi \quad \text{rad/s}$$

لإيجاد التباطؤ الزاوي، نستخدم المعادلة (1-5) $\omega = \omega_0 + \alpha t$

حيث $\omega=0$ ، $\omega_o=6\pi$ rad/s , t= 30 s

ω هي السرعة الزاوية النهائية، تساوي صفراً لأن المروحة توقفت عن الحركة.

$$0 = 6\pi + 30\alpha$$

$$\alpha = -\frac{\pi}{5}\ \text{rad/s}^2$$

والإشارة السالبة تدل على أن العجلة تناقصية أي تباطؤ.

ولإيجاد الزاوية (θ) التي تدورها المروحة قبل أن تتوقف نستخدم المعالدة (1-6)

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t$$

$$\theta = 6\pi \times 30 + \frac{1}{2}\left(-\frac{\pi}{5}\right)\times(30)^2 = 150\pi - 90\pi$$

$$\therefore \theta = 60\pi\ r\text{ad}$$

3.1.1.التردد والزمن الدوري:

- **التردد (Frequency) :**

يعّرف بأنه عدد الدورات الكاملة التي يدورها الجسم المتحرك حركة دائرية في الثانية الواحدة. ويرمز له بالرمز (f)

ووحداته هي دورة لكل ثانية أو s^{-1} وتسمى هيرتز (Hertz) ويرمز له بالرمز* (Hz).

- **الزمن الدوري (Period):**

هو الزمن الذي يستغرقه الجسم ليدور دورة كاملة في مساره الدائري، ووحداته هي الثانية (s) ويرمز له بالرمز (T) .

* سميت على اسم العالكم هيرنز Hertz (1857-1894) الذي قدم أبحاث كثيرة في مجال الارسال اللاسلكي.

ومن تعريفي التردد والزمن الدوري أعلاه يتضح أن العلاقة بينهما هي

$$f = \frac{1}{T}$$

ويمكن أيجاد العلاقة بين الزمن الدوري (T) والسرعة الزاوية (ω) بالنسبة لجسم يتحرك حركة دائرية منتظمة إذا علمنا أن الزمن الدوري يساوي الزمن الذي يقطع فيه الجسم مسافة زاوية تساوي $(2\pi \text{ rad})$. وبذلك فإن:

$$T = 2\pi/\omega$$

أو:

$$\omega = 2\pi / T \qquad (8-1)$$

أما العلاقة بين التردد (f) والسرعة الزاوية $(2\pi \text{ rad})$ فهي

$$\omega = 2\pi f \qquad (9-1)$$

أسئلة تقويم ذاتي



عزيزي الدارس,

1. ما الفرق بين السرعة الزاوية والسرعة الخطية؟
2. كيف يمكن ايجاد العلاقة بين الزمن الدوري والسرعة الزاوية
3. استنتج معادلات للحركة الزاوية بتسارع منتظم
4. إذا كان الزمن الدوري لحركة دائرية يساوي 50s ,فما تردد الحركة الدائرية؟ وما السرعة الزاوية للحركة؟

نشاط



عزيزي الدارس,

تعلم أن الأرض تدور حول محورها مرة كل يوم (24 ساعة)(24 hour) و تدور مرة واحدة كل عام , وأن القمر يدور حول الأرض مرة واحدة كل (27.3) يوما في مدار دائري تقريبا . احسب السرعة الزاوية لحركة دوران الأرض حول نفسها ولحركتها حول الأرض ولحركة القمر حول الأرض.

تدريب(2)

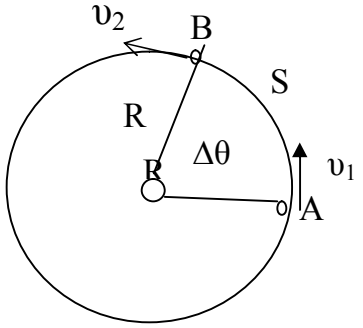
1.أثبت صحة المعادلتين (1-6) و (1-7) باستخدام المعادلة (1-5))؟
2.أحسب الزمن الدوري بوحدات (s) والتردد بوحدات (Hz) للحركة الدائرية للمروحة في المثال السابق (مثال (2)) .
3.عجل يدور بعدل 30 دورة كل ربع دقيقة احسب التردد والزمن الدوري والسرعة الزاوية للحركة الدائرية للعجل

4.1.1.السرعة المماسة v (Tangential Velocity)

السرعة المماسة في الحركة الدائرية :

هي السرعة التي يتحرك بها الجسم على محيط مساره الدائري. وفي الحركة الدائرية المنتظمة يكون فقط مقدار (v) ثابتاً، أما اتجاهها فهو يتغير باستمرار ويكون مماساً لمحيط الدائرة وعمودياً على نصف قطر الدائرة.

وتسمى السرعة المماسة أيضاً بالسرعة الخطية ولذلك سوف نرمز لها بالرمز v وهو رمز السرعة في الحركة الخطية،. (أنظر الشكل (2-1)) التالي:



الشكل (1-2) :استنتاج السرعة المماسة

في الشكل (2-1) أن السرعة المماسة عند النقطة A هي v_1 ،وعند النقطة B هي v_2.لاحظ أن $\left(\overrightarrow{v_2} \neq \overrightarrow{v_1}\right)$ حتى ولو كان الجسم يتحرك في حركة دائرية منتظمة (سرعة ثابتة) لأن اتجاه $\overrightarrow{v_2}$ يختلف عن اتجاه $\overrightarrow{v_1}$.

نفرض أن الجسم يتحرك بسرعة مقدارها ثابت ويساوي (v) على محيط الدائرة الموضحة في الشكل (2-1) التي نصف قطرها (R). وخلال زمن قدره t بحيث يكون الجسم تحرك إزاحة زاوية مقدارها θ من النقطة (A) إلى النقطة (B)، وتكون إزاحته الخطية هي طول القوس (AB) أي (S). باستخدام المعادلة (1-1)نجد أن:

$$\theta = S/R$$

ولكن السرعة الزاوية للجسم تساوي

$$\omega = \theta/t = \frac{S/R}{t} = \left(S/t\right)/R$$

والمقدار (S/t) يساوي السرعة المماسة (السرعة الخطية).

أي

$$\omega = \theta/t = v/R$$

أي أن السرعة المماسة

$$v = \omega R \qquad (10\text{-}1)$$

ووحدات v في النظام الدولي للوحدات هو (m/s).

وعليه إذا كانت السرعة الزاوية (ω) متغيرة فإن السرعة المماسة ستكون أيضاً متغيرة والمعادلة (1-10) توضح لنا أن معدل تغير السرعة المماسة يساوي معدل تغير السرعة الزاوية مضروباً في نصف

القطر (R). معدل تغير السرعة المماسة يسمى **التسارع المماس** وسوف نرمز له a_t حيث يرمز حرف t إلى Tangential أي مماس

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{d\omega}{dt} R = \alpha R$$

ويعطى هذا التسارع من (1-10) بالعلاقة:

$$a_t = \alpha R \qquad (1\text{-}11)$$

حيث α هو التسارع الزاوي.

وحدات (التسارع a_t المماس) : **هي** (m/s^2) أما وحدات التسارع الزاوي كما عرفنا سابقا هي تساوي (rad/s^2)

➢ مثال(1−3)

عجل يدور بمعدل ثلاث دورات في الثانية الواحدة. ما قيمة السرعة المماسة (الخطية) لنقطة على حافة العجل إذا كان نصف قطر العجل (15cm) ؟ وإذا زاد معدل دورات العجل بانتظام إلى أن وصل إلى خمس دورات في الثانية خلال (10 s) ، فما التسارع المماسي للنقطة على حافة العجل؟

الحل

السرعة الزاوية = $\omega = 3 \times 2\pi = 6\pi \ rad/s$

السرعة المماسة = $v = \omega R = (6\pi) \times (0.15m)$

$\therefore v = 0.9\pi \ m/s$

السرعة الزاوية $\omega = 5 \times 2\pi = 10\pi$ rad/s

∴ التسارع الزاوي: $\alpha = (10\pi - 6\pi)/10 = 0.4\pi \ rad/s^2$

التسارع المماس $a_t = \alpha R = (0.4\pi) \times (0.15)$

$a_t = 0.06\pi \quad m/s^2$

أسئلة تقويم ذاتي

عزيزي الدارس,

1. عرّف كلاً من السرعة الزاوية والسرعة المماسة، وأكتب الوحدات التي تقاس بها كلاً منهما؟
2. ما الفرق بين التسارع الزاوي والتسارع المماس وايهما يؤثر على السرعة الخطية وكيف؟ اكتب العلاقات لرياضية؟

تدريب(3)

1.باستخدام العلاقة بين السرعة الزاوية والسرعة المماسة (المعادلة (1−10))
أستنتج علاقة بين السرعة المماسة والزمن الدوري.

2. جسم كتلته (200gm) رُبط في خيط طوله (50cm) ليدور في مسار دائري نصف قطره يساوي طول الخيط، بمعدل 4 دورات في الثانية.
أحسب: 1) السرعة المماسة (الخطية). 2) تسارع الجذب المركزي.
3) شد الخيط للجسم؟

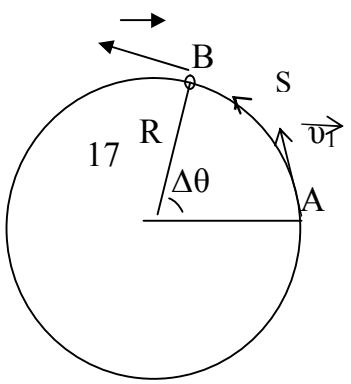
1.2. التسارع المركزي(Centripetal Acceleration)

عزيزي الدارس,

علمنا في بداية هذه الوحدة أن الجسم الذي يتحرك حركة دائرية يقع تحت تأثير قوة [illegible] في اتجاه مركز الدائرة التي يتحرك عليها الجسم. وتسمى هذه [illegible] الدائري القوة الجاذبة المركزية (Centripetal Force) .

وطبقاً لقانون نيوتن الثاني للحركة (F=ma) الذي تعرفنا عليه في مقرر الفيزياء العامة (1) فإن هذه القوة المركزية لها تسارع:

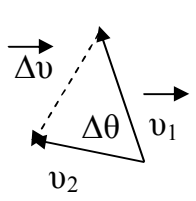
- يكون اتجاه التسارع هو نفس اتجاه القوة.
- ويسمى هذا التسارع تسارع (أو عجلة) الجذب المركزي (Centripetal acceleration) ،
- ويرمز له بالرمز (a_c) حيث يرمز الحرف c إلى كلمة (Centripetal) أي جذب مركزي، كما يرمز للقوة الجاذبة المركزية التي تسببه بالرمز F_c.



عزيزي الدارس,

الآن يمكن إيجاد العلاقة الرياضية التي يمكن بواسطتها حساب تسارع الجذب المركزي في حالة الحركة الدائرية المنتظمة وذلك باستخدام الشكل (1−3).

يمثل الشكل (1−3) (أ) جسما يتحرك في دائرة نصف قطرها (R) بسرعة منتظمة. عندما ينتقل الجسم من الموضع (A) إلى الموضع (B) تتغير السرعة المماسة من $\left(\overrightarrow{v_1}\right)$ إلى $\left(\overrightarrow{v_2}\right)$ حيث يشير السهم أعلى السرعة إلى أنها متجه أي لها إتجاه أيضا وليس مقدار فقط.



(ب) (أ)

الشكل (1-3)(أ) تغيرإتجاهات السرعة في الحركة الدائرية (ب) مثلث متجهات السرعة

وواضح من الشكل (1−3) (ب) أن السرعة تغيرت في الاتجاه وليست في المقدار، أي أن مقدار السرعة المماسة بالرغم من تغيير اتجاه السرعة ثابت

$$|v_2| = |v_1| = v$$

حيث v هو مقدار السرعة المماسة. وبناءاً على ذلك فإن تسارع الجذب المركزي الذي تسبب في تغيير اتجاه السرعة سيكون:

$$\overrightarrow{a_c} = \left(\overrightarrow{v_2} - \overrightarrow{v_1}\right) \Big/ \Delta t = \overrightarrow{\Delta v} \Big/ \Delta t$$

حيث تمثل $\overrightarrow{\Delta v}$ التغير في إتجاه السرعة و Δt هي الفترة الزمنية التي يأخذها الجسم ليتحرك من (A) إلى (B).إذاً مقدار التسارع يساوي:

$$a_c = \Delta v \Big/ \Delta t \qquad (i)$$

وبما أن المسافة التي قطعها الجسم على محيط الدائرة خلال الفترة الزمنية Δt هي S

وبالتالي عند التعويض عن Δt في المعادلة (i) نجد أن:

$$a_c = \frac{v\ \Delta\ v}{S} \qquad \text{(ii)}$$

وتلاحظ أن كلاً من المثلث OAB في الدائرة الموضحة في الشكل (1−3) (أ) ومثلث السرعات في الشكل (1−3)(ب) يحتويان على ضلعين متساويين يحصران بينهما زاوية مقدارها $(\Delta\theta)$، لذلك فإن هذين المثلثين متشابهان، ونستنتج من تشابهما أن:

$$\frac{\Delta\ v}{R} = \frac{AB}{v} \qquad \text{(iii)}$$

حيث AB طول الخط المستقيم بين A و B .

وإذا كانت الفترة الزمنية (Δt) صغيرة جداً فإن النقطة B ستكون قريبه جداً من النقطة A وسيكون طول القوس S مساوياً تقريباً لطول الخط المستقيم AB والمعادلة (iii) ستؤول عند $(t \to 0)$ إلى:

$$\frac{\Delta\ v}{R} = \frac{S}{v}$$

أو

$$\therefore\ \Delta v = SR / v$$

وبالتعويض في المعادلة (ii) عن قيمة (Δv) نحصل على

$$a_c = v^2 / R \qquad (12-1)$$

وبما أن المعادلة (1−12) تم الحصول عليها عندما $(\Delta t \to 0)$ فإنها تمثل تسارع الجذب المركزي اللحظي وهو التسارع عند لحظة زمنية معينة أو عند موضع معين على المسار الدائري. وبالتعريض عن قيمة $(v = \omega R)$ في المعادلة (1−12) نحصل على معادلة ثانية لتسارع الجذب المركزي بدلالة التردد الزاوي **ω**:

$$a_c = \omega^2 R \qquad (13-1)$$

1.2.1. القوة الجاذبة المركزية (Centripetal Force)

باستخدام القانون الثاني لنيوتن نحصل على علاقة رياضية للقوة الجاذبة المركزية التي تسبب التسارع المركزي (a_c):

القوة الجاذبة المركزية = كتلة الجسم المتحرك × تسارع الجذب مركزي

فمن (1−12): نجد ان

$$F_c = m\,\omega^2 R \qquad (14\text{-}1)$$

أو من (1-13):

$$F_c = mv^2 / R \qquad (15\text{-}1)$$

المعادلة (1−15) تبين لنا أن:

- القوة الجاذبة المركزية تتناسب طردياً مع مربع السرعة مضروبا في كتلة الجسم،
- وتتناسب عكسياً مع نصف قطر المسار الدائري.

ويمكنك عزيزي الدارس, التأكد من ذلك بسهوله وذلك بالقيام بإدارة جسم في خيط في دائرة أفقية وستلاحظ أنه إذا أسرع الجسم في دورانه سيزداد الشد في الخيط. وإذا استخدمت جسم كتلته كبيرة فسيكون الشد في الخيط الذي يمثل القوة الجاذبة المركزية أكبر من الشد في حالة الكتلة الصغيرة وستلاحظ أيضاً أن النقصان في طول الخيط يؤدي لزيادة الشد في الخيط.

➢ مثال (1−4)

جسم كتلته (500gm) يدور في مسار دائري نصف قطره (80cm). أحسب السرعة المماسة والقوة الجاذبية المركزية عندما تكون سرعة دوران الجسم:

(أ) 5 دورات/ث. (ب) 3 دورات/ث

الحل:

(أ) السرعة الزاوية للجسم: $\omega = 5 \times 2\pi = 10\pi$ rad/s

السرعة المماسة: $v = \omega R = (10\pi \times 0.8)\ \text{m/s}$

لاحظ أننا حولنا وحدات السرعة لمتر/ث

$$v = 8\ \pi = 25.12\ \text{m/s}$$

القوة الجاذبة المركزية:

$$F_c = m v^2 / R$$

$$m = 500\ \text{gm} = 0.5\,\text{kg}$$

$$F_c = (0.5) \times (25.12)^2 / (0.8) = 3944\ \text{N}$$

(ب) السرعة الزاوي في هذه الحالة:

$$\omega = 3 \times 2\pi = 6\pi\ \text{rad/s}$$

السرعة المماسة:

$$v = \omega R = (6\pi) \times (0.8) = 4.8\pi = 15.1\,\text{m/s}$$

القوة الجاذبة المركزية:

$$F_c = (0.5)(15.1)^2 / (0.8)$$

$$\therefore F_c = 142.3\ \text{N}$$

ويلاحظ أن القوة الجاذبية المركزية زادت عندما زادت سرعة الحركة الدائرية للجسم.

أسئلة تقويم ذاتي

عزيزي الدارس,

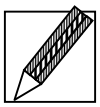
1. علل: الحركة الدائرية لها تسارع مركزي علي الرغم من أن مقدار السرعة قد يكون ثابتا.
2. أوجد وحدات القوة الجاذبة المركزية باستخدام المعادلة (1-14) ثم باستخدام المعادلة(1-15) وقارن بينهما .
3. في رياضة رمي الجلة، يُحرك اللاعب الكتلة التي بيده حركة دائرية باللف حول نفسه بسرعة قبل أن يقذف الكتلة. لماذا؟.ولكن ماذا عن المعادلة (1-15) ؟ حاول استنتاج ما سيحدث حسب هذه المعادلة بنفس الطريقة أعلاه

نشاط



عزيزي الدارس أرجو التأكد من ذلك بالقيام بإدارة جسم في خيط في دائرة أفقية بان القوة الجاذبية المركزية تتناسب طردياً مع مربع السرعة مضروبا في كتلة الجسم، وتتناسب عكسياً مع نصف قطر المسار الدائري

تدريب (4)



1. قطر عجلة سيارة يساوي (60 cm)، وتدور العجلة بمعدل 720 دورة في الدقيقة بواسطة آلة ضبط الإطارات. أحسب سرعة نقطة على الحافة الخارجية للعجلة بوحدات (m/s). وإذا أوقفت الآلة ثم وصلت العجلة لحالة السكون بعد دقيقة، ما التقاصر الزاوي؟ وما التقاصر المماسي للعجلة بفرض أنهما منتظمان؟
2. تسير سيارة في طريق بسرعة (15m/s). فإذا كان نصف قطر عجلاتها (75cm)، فما سرعة عجلاتها بالدورات في الثانية وبالزوايا النصف قطرية في الثانية؟
3. جسيم كتلته , ربط في خيط طوله ليدور في مسار دائري افقي نصف قطره يساوي طول الخيط بمعدل دورات في الثانية احسب
   1) السرعة المماسة ا(لخطية).
   2)التسارع المركزي .
   3)الشد في الخيط.

1.2.1. القوة الطاردة المركزية (F_f) (Centrifugal Force):

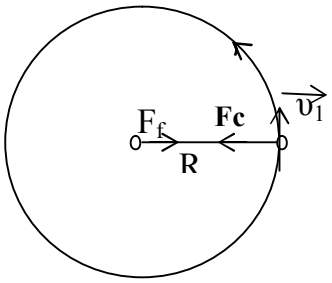
عزيزي الدارس,

رأينا في الفقرة السابقة عزيزي الدارس, أن القوة الجاذبية المركزية تؤثر على الجسم المتحرك حركة دائرية لكي تحفظه في مساره الدائري.

وكما تعلم, عزيزي الدارس, فإن قانون نيوتن الثالث للحركة ينص على أن:

لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومضاد له في الاتجاه.

وهذا يعني أنه لابد من وجود القوة الطاردة المركزية مساوية للقوة الجاذبة المركزية وفي الاتجاه المعاكس لها. وبالتالي فالقوة الطاردة المركزية قوة رد فعل تؤثر على جسم آخر وليس على نفس الجسم الذي يتحرك في دائرة. ويمكنك أن تتعرف أكثر على القوة الطاردة المركزية من خلال التجربة السابقة للجسم المربوط في خيط ومتحرك في مسار دائري في وضع أفقي. فإذا استخدمت كرة معدنية نصف قطرها صغير بالنسبة لطول الخيط فإن طول الخيط سيكون مساوياً تقريباً لنصف قطر المسار الدائري وستكون قوة الشد في الخيط هي القوة الجاذبة المركزية التي تجذب الكرة نحو مركز الدائرة كما في الشكل (1-4)



شكل (1-4) القوة الجاذبة المركزية F_c والقوة الطاردة المركزية F_r

أما القوة الطاردة المركزية المساوية في المقدار للقوة الجاذبة المركزية والمعاكسة لها في الاتجاه فإنها تؤثر على يدك التي تمسك بها الخيط عند مركز الدائرة وتجذبها إلى الخارج من مركز الدائرة.

وإذا كانت كتلة الكرة (m) ونصف قطر المسار الدائري (R) والسرعة المماسة للحركة (v) فإن:

القوة الطاردة المركزية = القوة الجاذبة المركزية $= mv^2 / R$

$$\mathbf{F_f} = m \upsilon^2 / r$$

عزيزي الدارس,

إن مفهوم القوة الطاردة المركزية يطبق في أجهزة تسمى أجهزة الطرد المركزي (Centrifuges). والتي تستخدم لتنقية بعض السوائل من الشوائب العالقة بها.

طريقة الاستخدام :

- يوضح السائل في أنبوب داخل الجهاز الذي يتحرك حركة دائرية بسرعة عالية في وضع أفقي. فإذا كانت كتلة جزيئات السائل أكبر من كتلة الجزيئات العالقة بالسائل فإن القوة الطاردة المركزية التي تؤثر على الجزيئات الشائبة تكون أقل من القوة على تؤثر جزيئات السائل مما يؤدي لحركة الجزيئات الشائبة نحو مركز الحركة الدائرية. وعندما تتوقف الحركة الدائرية ويصبح الأنبوب في وضع رأسي تتجمع الجزيئات الشائبة فوق السائل مما يسهل فصلها عنه.
- وإذا كانت الجزيئات الشائبة أثقل من جزيئات السائل في حالة سائل منخفض الكثافة فإن الشوائب تتحرك مبتعدة عن مركز الحركة الدائرية وتتجمع في قاع الأنبوب ويكون السائل النقي في قمة الأنبوب عندما تتوقف حركة جهاز الطرد المركزي.

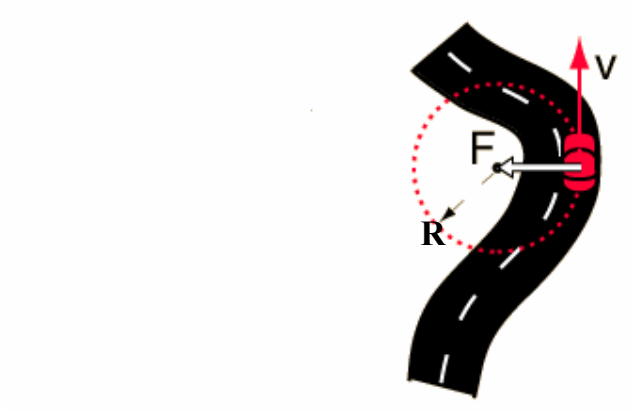
3.2.1.حركة السيارات على المسارات الدائرية والمنعطفات:

عزيزي الدارس,

إن السيارات والدراجات والقطارات (كذلك الطائرات) التي تسير في الطرق الدائرية والمنعطفات تحتاج إلى قوة جاذبة مركزية لكي تحافظ على سيرها في هذه المسارات. وعندما تتحرك السيارة مثلاً على طريق دائري أو منعطف, بسرعة منخفضة نسبياً فإن القوة الجاذبة المركزية يمكن أن تستمد من قوة الاحتكاك بين الإطارات وأرضية الطريق.

أما إذا كانت السرعة كبيرة وكانت قوة الاحتكاك صغيرة كما هو الحال في الطريق الملساء أو المبتلة فإننا نلاحظ أن السيارة تنحرف خارجه عن المسار الدائري وقد لا تستطيع الحركة فيه مما يسبب حوادث المرور.

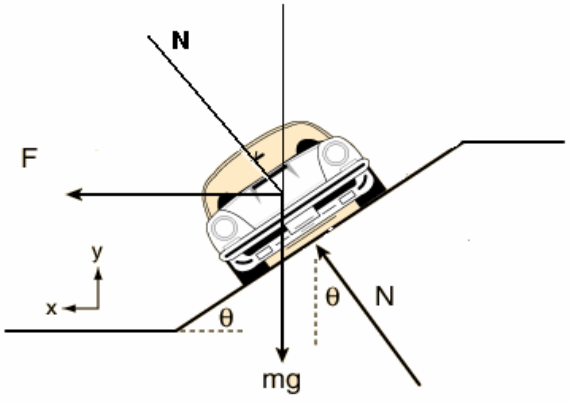
وفي هذه الحالة يتوقع أن تكون القوة الجاذبة المركزية كبيرة لأنها تتناسب طرديا مع مربع السرعة، ولا تكفي قوة الاحتكاك وحدها لتحفظ السيارة في مسارها الدائري. ولذلك ترصف طرق المرور السريع في المنحنيات بحيث تميل على المستوى الأفقي بزاوية مناسبة ويكون الميلان نحو مركز الانعطاف لتوفير القوة الجاذبة المركزية اللازمة لجعل السيارة مستقرة في مسارها الدائري (أنظر الشكل).



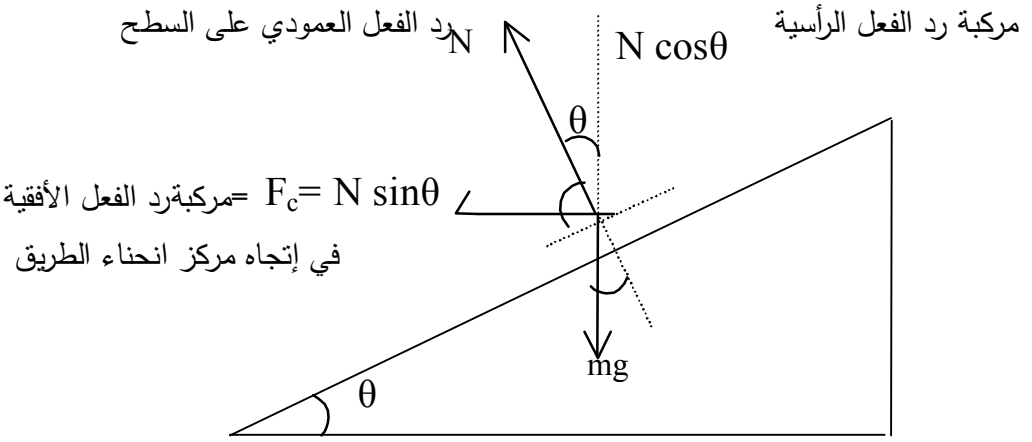
العلاقة بين زاوية ميل الطريق وبين أعلى سرعة:

لتوضيح العلاقة بين زاوية ميل الطريق وبين أعلى سرعة يمكن أن تتحرك بها سيارة و حتى تكون مستقرة على الطريق سوف نستخدم الشكل (1-5). حيث يوضح الشكل (أ) القوى المؤثرة على السيارة عند سيرها في الطريق المائل بزاوية θ حيث يولد وجود الميلان تلقائيا قوة الجذب المركزي F وهذه القوة ماكانت ستكون موجودة لولا الميلان.

عزيزي الدارس, من الشكل (1-5) (ب) يمكن إيجاد قوة الجذب المركزية المتولدة من الميلان. فإذا تجاهلنا قوة الاحتكاك بين السيارة وأرضية الطريق فإن القوة التي يؤثر بها الطريق على السيارة هي قوة رد الفعل العمودي N ألتي تميل بزاوية θ على الاتجاه الرأسي أي بنفس ميلان الطريق، وقوة وزن السيارة هي mg في الاتجاه الرأسي إلى أسفل أنظر الشكل (5-1) (أ)



الشكل (1-5) (أ) القوى المؤثرة على سيارة في طريق مائل



الشكل (1-5)(ب): حساب القوى المؤثرة على السيارة

المركبة الأفقية لرد الفعل في الإتجاه الأفقي هي في نفس إتجاه قوة الجذب المركزية المطلوبة لكي تسير في مسار دائري وهذه القوة الجاذبة المركزية الناتجة من ميل الطريق تساوي:

$$F_c = N \sin\theta \qquad \text{(i)}$$

أما وزن الجسم فيساوي بالضبط مركبة رد الفعل في الإتجاه الرأسي

$$mg = N \cos(\theta) \qquad \text{(ii)}$$

بقسمة المعادلة (i) على المعادلة (ii) نحصل على

$$F_c = \text{mg } \tan\theta \qquad (1\text{-}16)$$

حيث m هو كتلة السيارة و g عجلة الجاذبية الأرضية و **θ** زاوية ميل الطريق. فإذا كان نصف إنحناء الطريف R وباستخدام المعادلة (1-13) نجد أن:

$$F_c = m\, v^2 / R = mg \tan\theta$$

أو:

$$v^2 = Rg \tan\theta$$

$$v_m = \sqrt{Rg \tan \theta} \qquad (17\text{-}1)$$

حيث v_m هي أقصى سرعة يمكن أن تتحرك بها السيارة باستقرار على الطريق المنحنى الذي نصف قطره انحنائه R وزاوية ميله مع الأفق هي **θ**.

فإذا تجاوزت السيارة هذه السرعة:

- تكون غير مستقرة في مسارها،
- وتتكرر حوادث السير عند المنعطفات والدوارات (الصواني) لأن سائقي المركبات لا يلتزمون بالسرعة المناسبة عند التغير الحاد في الاتجاه ومن الضروري أن يخفض سائق المركبة سرعتها عند عبوره لطريق منحنى (منعطف).

عزيزي الدارس,

يلجأ مهندسو الطرق أحياناً لبناء ما نسميه صواني حركة (وما يسميه بقية العرب دورات) نصف قطر انحنائها كبير نسبيا مما يقلل من قيمة القوة الجاذبة المركزية المطلوبة للسير في المنحنى لأنها تتناسب عكسيا مع نصف قطر المنحنى.

وما ذكرناه سابقا بالنسبة لحركة السيارات على المسارات الدائرية ينطبق على الطائرات. فالطائرات تسير على مسار منحنى عندما يريد قائد الطائرة تغيير اتجاه الطيران، ولتوفير القوة الجاذبة المركزية اللازمة لذلك تميل الطائرة تلقائيا بزاوية مناسبة على المستوى الأفقي

عزيزي الدارس,

- في حالة الطيران العادي للطائرة ،فان قوة دفع الهواء (F) تؤثر على جناحي الطائرة في اتجاه رأسي إلى أعلى
- أما عند الطيران في مسار دائري تميل الطائرة بزاوية **θ** نحو مركز المسار الدائري لتوفير القوة الجاذبة المركزية اللازمة لحفظ توازن الطائرة في المسار الدائري.

القوة الجاذبة المركزية للطائرة في هذه الحالة تعطي بالعلاقة:

$$F_c = F \sin \theta \qquad (1\text{-}18)$$

حيث: F هي قوة دفع الهواء للطائرة و θ هي زاوية ميلان الطائرة.



وإذا كانت الطائرة تتحرك بسرعة عالية أو إذا كان نصف قطر المسار الدائري صغير فإن الطائرة لابد أن تميل تلقائيا بزاوية كبيرة لكي تتوفر قوة جاذبة مركزية كبيرة.

وبالنسبة للدراجات الهوائية (العادية) أو النارية (المواتر) نلاحظ أن الدراجة وراكبها يميلان تلقائيا بزاوية مناسبة عندما يسير في طريق منحنى (نشاهد ذلك كثيرا في التلفزيون عند عرض سباق الدراجات النارية). والمثال التالي يوضح ذلك.

➢ **مثال (1-5)**

صبي كتلته (49 kg)، يركب دراجة كتلتها (10kg) ويسير في طريق منحنى نصف قطر إنحنائه (12m) بسرعة (10m/s) ما الزاوية التي يجب أن تميل بها الدراجة في إتجاه مركز الإنحناء؟ وكم تكون القوة الجاذبة المركزية ؟ (خُذ $g=10m/s^2$)

الحل

نستخدم المعادلة (1-17) لإيجاد زاوية ميل الدراجة:

$$v = \sqrt{Rg\ \tan\ \theta}$$

و بما أن: السرعة $v= 10\ ms^{-1}$ و $g = 10\ ms^{-2}$ و θ هي زاوية ميل الدراجة في اتجاه مركز الانحناء، و $R= 12\ m$

$$\tan\ \theta = \frac{v^2}{Rg} \qquad v^2 = R\ s\ \tan\ \theta$$

$$\tan\ \theta\ =\ \frac{10^{\ 2}}{12\ \times 10} = \frac{100}{120} = \frac{5}{6} = 0.8333$$

ولإيجاد القوة الجاذبية المركزية نستخدم المعادلة (16-1)

$$\therefore\ \theta\ =\ \tan^{-1}(0.8333\ )$$

$$F_c = mg\ \tan\theta$$

حيث كتلة الصبي والدراجة

$$m = 50\ Kg$$

$$F_c\ = 59 \times 10 \times (5/6) = 491.6\ N$$

أسئلة تقويم ذاتي



عزيزي الدارس,

1. قوة الجذب وقوة الطرد المركزيتان قوتان ملازمتان للحركة الدائرية . علل سبب وجود كل من القوتين في الحركة الدائرية .
2. وضح العلاقة بين نصف قطر انحناء طريق دائري وبين القوة الجاذبة المركزية المطلوبة للسير في الطريق.
3. في رياضة رمي الجلة، يُحرك اللاعب الكتلة التي بيده حركة دائرية باللف حول نفسه بسرعة قبل أن يقذف الكتلة. لماذا؟

تدريب(5)



1. سيارة كتلتها (125 kg) تسر بسرعة (90 km/hr) علي طريق دائري نصف قطر إنحائه (80m) ويميل علي المستوى الأفقي بزاوية (13^o).احسب القوة الجاذبة المركزية علي السيارة المتولدة عن ميلان الطريق ، وبين ما إذا كانت السرعة التي تتحرك بها السيارة مناسبة لهذا الطريق بفرض أن الطريق أملس تماما .
2. طريق منحنى أملس ، نصف قطر انحنائه يساوى (150 m) ، صمم ليكون مائلا ليمكن السيارات من الحركة عليه بأقصى سرعة مقدارها (25m/s) .احسب زاوية ميل الطريق علي الأفق.
3. إذا أخذنا نصف قطر الأرض عند خط الاستواء (6400km) وطول اليوم (24 hr). ما قيمة العجلة الجاذبة المركزية لنقطة على خط الاستواء؟
4. قطر عجلة يساوى (60cm) ، وتدور العجلة بمعدل 720 دورة في الدقيقة بواسطة آلة ضبط الإطارات. أحسب سرعة نقطة علي الحافة الخارجية للعجلة بوحدات (m/s) . وإذا أوقفت الآلة ثم وصلت العجلة لحالة السكون بعد دقيقة ، ما التقاصر الزاوي وما التقاصر المماسي للعجلة بفرض أنهما منتظمان ؟
5. تسير سيارة في الطريق بسرعة (54 km/hr) . فإذا كان نصف قطر عجلاتها (75cm) ، فما سرعة عجلاتها بالدورات في الثانية و بالزوايا النصف قطرية في الثانية ؟

الخلاصة

ولكن ما الذي ناقشناه ؟

لقد تعرفنا علي مفهوم الحركة الدائرية حيث إنها حركة انتقالية في مسار دائري أو على محيط دائرة. ثم شرحنا الإزاحة الزاوية للحركة الدائرية والتي تنتج عن حركة نصف القطر مكونا زاوية مركزية. أما الإزاحة الخطية فهي تساوي طول القوس. ثم انتقلنا إلى مفهوم الإزاحة المماسة.

وأيضا شرحنا التسارع المركزي مع توضيح مفهوم القوة التي تحفظ الجسم المتحرك حركة دائرية من السقوط نحو المركز. وهناك أيضا تطبيقات للحركة الدائرية والمنعطفات.

ومع نهاية هذا القسم نكون قد انهينا هذه الوحدة، ونأمل أن تكون قد أضافت الكثير إلى معلوماتك الثرة وان تسعد بالوحدة القادمة.

لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية

عزيزي الدارس، بعد أن فرغت من دراسة هذه الوحدة الآن، أصبح لديك حصيلة كبيرة من المعلومات المفيدة فيما يتعلق بالحركة الدائرية، والقوة التي تؤثر علي الجسم المتحرك في مسار دائري بصفة عامة.

و الآن سوف نتعرف على وحدة أخرى والتي ستزودك بمفاهيم أساسية تتعلق بالطاقة و التي هي المقدرة علي بذل شغل معين , ثم الشغل و الطاقة الحركية والوضعية وأيضا الطاقة في المجال التثاقلي والتي هي الشغل المبذول ضد مجال الجاذبية الأرضية ثم نتعرف علي قوانين كبلر لحركة الكواكبحول الشمس وأيضا نتناول الأقمار الاصطناعية والسفن الفضائية

نرجو إن تكون وحدة مفيدة لك وان تساهم معنا في نقدها وتقييمها.

مسرد المصطلحات:

الحركة الدائرية(Circular Motion) :

هي حركة انتقالية في مسار دائري أو على محيط دائرة. ويتغير اتجاه الحركة الدائرية باستمرار مع مرور الزمن

الإزاحة الزاوية للحركة الدائرية :(Angular Displacement)

هي الزاوية مركزية التي تصنعها حركة نصف القطر ي

الإزاحة الخطية (Linear Displacement):

فهي تساوي طول القوس (AB) وسوف نرمز لها بالرمز (s) وتقاس بوحدة المتر

الزاوية النصف قطرية (Radian):

ترمز لها بالرمز rad هي وحدة مستخدمة لقياس الزوايا في نظام التقدير الدائري.

السرعة الزاوية المتوسطة(Mean angular Velocity)

هي النسبة بين الإزاحة الزاوية والزمن الذي تتم فيه الإزاحة ويرمز لها بالرمز

التسارع الزاوي(Angular Acceleration):

الحركة الدائرية التي تتغير فيها السرعة الزاوية بمرور الزمن مثل حركة عجلات السيارات والماكينات في المصانع والمروحة عند بداية تشغيلها أو عند إيقافها تتغير سرعة الحركة الدائرية بالزيادة أو النقصان تسمي الحركة في هذه الحالة الحركة الدائرية المعجلة (المتسارعة أو المتباطئة) .

التسارع الزاوي المتوسط (mean Acceleration):

معدل تغيير السرعة لجسم يتحرك حركه دائرية معجلة عندما تتغير سرعة الجسم الزاوية من ω_0 (تنطق أوميغا الابتدائية) إلى ω خلال زمن t يعطي بالعلاقة

التردد (Frequency) :

يعّرف بأنه عدد الدورات الكاملة التي يدورها الجسم المتحرك حركة دائرية في الثانية الواحدة ووحداته هي دورة لكل ثانية وتسمى الهيرتز (Hertz)

الزمن الدوري (Period):

هو الزمن الذي يستغرقه الجسم ليدور دورة كاملة في مساره الدائري، ووحداته هي الثانية

السرعة المماسة(Tangential Velocity)

السرعة المماسة في الحركة الدائرية هي السرعة التي يتحرك بها الجسم على محيط مساره الدائري.

إجابات التدريبات

تدريب(1)

3) نصف قطر العجل , R= 40 cm

تدريب(2)

1) من المثال (1−2)السرعة الزاوية للمروحة $\omega = 6\pi$

وباستخدام المعادلة(1-8) نحصل علي الزمن الدوري T= 1/3 sec,

وباستخدام المعادلة(1-8) نحصل علي التردد

3) الترد **د,** f= 2Hz

الزمن الدوري T= 0.5 sec

السرعة الزاوية $\omega = 4\pi$ rad/ s

تدريب(3)

1). الإجابة: $v = 2\pi R/T$] ,

2) السرعة المماسة 25.14 m/s ، التسارع $a_c = 1288.777\ m/s^2$,

الشد في الخيط =257.75N

تدريب (4)

1). التقاصر الزاوي $\alpha == 1.27 rad/s^2$ ، التقاصر المماسي $a = 0.75 m/s^2$]

2). 3.18دورة/ث، 20 rad/s]

3). السرعة المماسة = 12.56 m/s ,

لتسارع المركزي = $a_c = 315.5\ m/s^2$

القوة الجاذبية المركزية = $F_c = 63.1\ N$

تدريب (5)

1).القوة الجاذبة المركزية $F_c = 2885.75N$ ، السرعة 90km/hr التي تعادل 25m/s غير مناسبة لهذا الطريق لأن السرعة القصوى المسموح بها تساوي 13.59m/s

2).زاوية ميل الطريق علي الأفق $= 23^0$

3) الإجابة: $a_c = 0.034 m/s^2$

4) $a_t = 0,7.6\ m/s^2$ $\alpha =$ rad /s ^{2} v= 45.2 m/s

5)سرعة السيارة في الثانية 3.18 دورة / ثانية

السرعة بالزاوية النصف قطرية 20 rad /s


الوحدة الثانية
المجال التثاقلي
Gravitational Field

محتويات الوحدة

الموضوع	الصفحة
المقدمة	**39**
تمهيد	**39**
أهداف الوحدة	**40**
2.مجال الجاذبية (المجال التثاقلي)	**41**
1.2.دور العلماء في معرفة مجال الجاذبية (المجال التثاقلي)	41
2.2. قوة التثاقل الأرضي.	42
3.2. قانون التثاقل الكوني	44
4.2. المجال التثاقلي.	50
5.2. شدة المجال التثاقلي	52
6.2. عجلة السقوط الحر	54
الخلاصة	**59**
لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية	**60**
مسرد المصطلحات	**61**
إجابات التدريبات	**62**

المقدمة

تمهيد

عزيزي الدارس,

مرحباً بك إلى الوحدة الثانية من مقرر الفيزياء العامة(2)، و هي بعنوان **المجال التثاقلي او ما كان يعرف بمجال الجاذبية**

و تتألف هذه الوحدة من خمسة أقسام رئيسية، يزودك القسم الأول بنبذة عن دور العلماء في البحث عن مجال الجاذبية أما في القسم الثاني فنقوم بتعريف قوة التثاقل .

ثم ننتقل إلي القسم الثالث الذي سنتناول فيه قانون التثاقل الكوني الذي ينص علي أن كل جسمين ماديين في الكون يتجاذبان بقوة تجاذب متبادلة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما, وعكسيا مع مربع المسافة بين مركزيهما , ثم من خلال هذا التعريف نتعرف في القسم الرابع علي المجال التثاقلي و شدة المجال التثاقلي ووحدات قياسهما؛ ثم استنتاج العلاقات الرياضية بينهما وبين قانون التثاقل الكوني.

أما في القسم الخامس والجزء الأخير فسنتناول عجلة السقوط الحر و معادلة إيجاد العجلة في حالة السقوط الحر.

هناك سرد كامل في نهاية هذه الوحدة للمصطلحات العلمية التي وردت في النص الرئيسي ، وقد حرصنا على معرفة العلاقات الرياضية حتى تستطيع عزيزي الدارس فهم ما ترمي إليه هذه الوحدة.، مع تقديم أمثلة متنوعة، و أنشطة وأسئلة تقويم ذاتي، وتدريبات كفيلة بتلبية احتياجاتك التعليمية والتي تقدمها لمرشدك الميداني..

عزيزي الدارس، أرجو أن تستمتع بدارسة هذه الوحدة .

أهلاً بك مرة أخري إلي هذه الوحدة ونرجو أن تستمتع بدراستها وأن تستفيد منها وأن تشاركنا في نقدها وتقييمها.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس، بعد فراغك من دراسة هذه الوحدة يتوقع منك أن تكون قادراً علي أن:

- تثمن دور العلماء في معرفة المجال التثاقلي للأرض (مجال الجاذبية)
- تعرّف كلاً من المجال التتاقلي وقوة التثاقل
- تذكر نص قانون التتاقلي الكوني لفظيا ورياضياً.
- تشرح دور قوة التجاذب الكتلي بين الشمس والكواكب في الحركة
- الدائرية حول الشمس.
- توضّح مفهوم خطوط المجال التتاقلي.
- تعرّف المجال التتاقلي لفظيا ورياضيا.
- تشرح العلاقة الرياضية بين عجلة السقوط الحر وقانون التثاقل
- تتقن استنتاج المعادلات وتطبيقاتها الرياضية.
- تحل معظم أسئلة التقويم والتربيات.

2. مجال الجاذبية (المجال التثاقلي) (Gravitational Field)

1.2 دور العلماء في معرفة المجال التثاقلي للأرض (مجال الجاذبية)

عزيزي الدارس,

تعرفنا في الوحدة السابقة أن الأجسام التي تتحرك في مسارات دائرية تحتاج لقوة تؤثر على الجسم المتحرك وتجذبه نحو مركز المسار الدائري. وهذه القوة التي سميناها القوة الجاذبة المركزية هي ضرورية لحفظ الجسم في مساره الدائري.

أولا : لقد أدرك العلماء منذ عهد العالم الإنجليزي إسحاق نيوتن (1642–1727) أن:

الأرض وكواكب المجموعة الشمسية الأخرى تدور حول الشمس في مدارات دائرية تقريباً بسبب قوة جذب الشمس لها

عزيزي الدارس,

توجد قوة التجاذب بين الشمس والنجوم الأخرى الموجودة في مجرة درب التبانة التي تنتمي إليها المجموعة الشمسية مما يؤدي لدوران النجوم حول مركز المجرة. والأقمار الطبيعية والأقمار الإصطناعية التي تطلقها الدول والشركات والتي تستخدمها للاتصالات وللأغراض العلمية والعسكرية تدور بسرعة منتظمة في مداراتها حول الأرض والكواكب الأخرى بسبب قوى جذب الكواكب لها.

ثانيا: لقد عرف الإنسان منذ القدم قوة جاذبية الأرض ونلأحظ أن:

- **الأجسام عندما تسقط من مكان عالٍ تتجه نحو سطح الأرض مما يدل على جذب الأرض لها.**
- **وأن سرعة الجسم الساقط تتزايد أثناء سقوطه وتبلغ أقصاها لحظة تصادمه بالأرض.**
- **وأن الجسم المقذوف إلى أعلى تتناقص سرعته حتى يقف لحظياً ثم يعود ساقطاً نحو الأرض.**

وكان الاعتقاد السائد منذ عهد الفيلسوف الإغريقي أرسطو (384-322) قبل الميلاد أن الأجسام الثقيلة تسقط نحو الأرض أسرع من الأجسام الخفيفة.

ثالثا: لقد عرف العلماء المسلمون منذ القرن التاسع الميلادي قوة جذب الأرض للأجسام واطلقوا عليها اسم الميل الطبيعي.

- **فلقد أشار العالم ابن سيناء في كتابه " الإشارات والتنبيهات" إلى قوة جاذبية الأرض وذكر أن هذه القوة تكبر كلما كبر الجسم.**
- **وأكد العالم الخازني (في القرن الثاني عشر الميلادي) أن الأجسام الساقطة تنجذب نحو مركز الأرض وأن قوة الجذب تختلف باختلاف المسافة بين الجسم الساقط ومركز الأرض.**
- **واستطاع العالم الإسلامي أبو البركات هبة الله بن ملكا التمييز بين السقوط الحر (السقوط في الخلاء أو الفراغ) والسقوط تحت تأثير الهواء أي قام بتصحيح مفهوم أرسطو الخاطئ لسقوط الأجسام الثقيلة والخفيفة.وقال:**
لو تحركت الأجسام في الخلاء لتساوت حركة الثقيل والخفيف في السرعة والبطء.

رابعا: ولما جاء العالم الإيطالي جاليلو في القرن السادس عشر الميلادي أثبت بالتجربة أن الأجسام الثقيلة والخفيفة التي تسقط في الخلاء (الفراغ) من نفس الارتفاع تصل إلى الأرض في نفس الزمن.

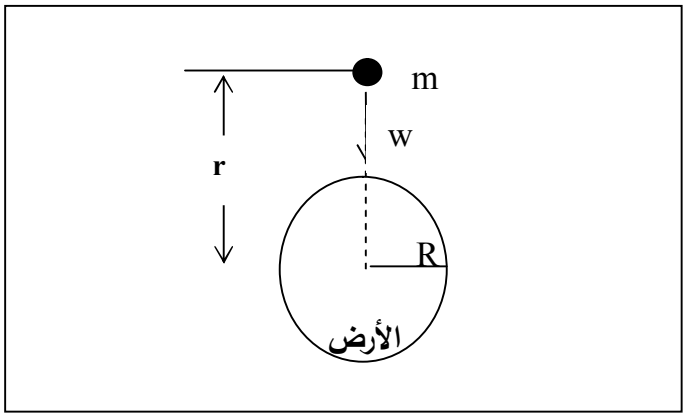
أما العالم إسحاق نيوتن فقد استطاع صياغة قانون للتجاذب فرض فيه أن قوة الجذب توجد بين جميع الأجسام المادية في الكون، ويسمى هذا القانون بقانون التثاقل (التجاذب) الكوني.

2.2. قوة ا التثاقل الأرضي (The Earth Gravitational Force)

عزيزي الدارس,

علمنا في مقرر الفيزياء العامة (1) الوحدة الأولى، أن الأجسام الساقطة سقوطاً حراً نحو الأرض تتحرك بتسارع (عجلة) منتظمة وهذا التسارع يسمى تسارع (عجلة) الجاذبية الأرضية g، حيث $g = 9.8m/s^2$ تقريبا عند مستوى سطح البحر في حالة إهمال مقاومة الهواء. ومن

دراستك لقوانين نيوتن في الوحدة الثانية لذلك المقرر، تبين لك أن سبب هذا التسارع هو قوة غير متزنة (قوة محصلة) هي قوة جذب الأرض للجسم، وهذه القوة تسمى وزن الجسم w او(التثاقل الأرضي). والشكل (2-1) أدناه يوضح أن القوة المحصلة المؤثرة على الجسم هي وزن الجسم w . واتجاهها هو الاتجاه الرأسي إلى أسفل نحو مركز الأرض.



الشكل (2-1)

ومن قانون نيوتن الثاني: وزن الجسم = قوة التجاذب بين الأرض والجسم

$$w = mg \qquad (2\text{-}1)$$

حيث m هي كتلة الجسم.

وقد علمنا من القانون الثالث لنيوتن أن القوه لا تكون مفردة, إنما تكون متبادلة لان لكل فعل رد فعل مساويا له في المقدار ومضاد له في الاتجاه. فكما أن الأرض تجذب إليها الجسم فان الجسم يجذب إليه الأرض في الوقت نفسه و بنفس القوة التي تجذب بها الأرض الجسم.

ملحوظة

ونسبة لان الأرض كتلة كبيرة بالنسبة للأجسام الأخرى و حيث تبلغ كتلتها حوالي $\left(6\times10^{24}\ \text{kg}\right)$ فان الأرض لا تتحرك نتيجة لجذب الأجسام لها بل تتحرك الأجسام نحو الأرض.

ويمكننا القول أن:

وزن الجسم = قوة جذب الأرض للجسم

= القوة التي يجذب بها الجسم الأرض.

حيث نجد أن:

- اتجاه قوة جذب الأرض راسيا إلى اسفل نحو مركز الأرض
- أما اتجاه قوة جذب الجسم للأرض رأسياً إلى أعلى نحو مركز الجسم وينطبق خط عمل القوتين على الخط الواصل بين مركز ثقل الجسم و مركز الأرض (انظر الشكل السابق).

3.2 قانون التثاقل(الجذب) الكوني(Gravitation Law (Universal

عزيزي الدارس,

نجد الفقرة السابقة تبين لنا وجود قوة تجاذب متبادلة بين الأرض وبين أي جسم موجود عليها أو بالقرب من سطحها. وفي الواقع فان القوة المتبادلة توجد بين جميع الأجسام المادية في الكون. ولقد كان العالم **اسحق نيوتن** هو **أول** من عبر عن هذه القوة في صيغة رياضية, وقام بصياغة قانون التثاقل الكوني في عام (1666م) كالتالي:

> كل جسمين ماديين في الكون يتجاذبان بقوة تجاذب متبادلة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما, وعكسيا مع مربع المسافة بين مركزيهما .

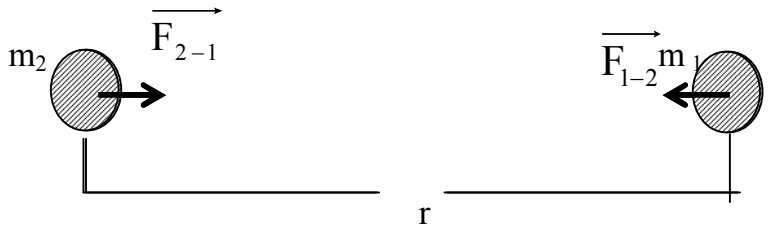
وإذا استخدمنا الشكل (2-2) لفهم طبيعة القوة المتبادلة بين جسمين كتلة أحدهما m_1 وكتلة الاخر m_2 والمسافة بين مركزيهما r , سنجد آن القوتين المتبادلتين

$$\left(\overrightarrow{F_{1-2}}, \overrightarrow{F_{2-1}}\right)$$

بين الجسمين هما قوتان متساويتان في المقدار (رغم اختلاف كتلتي الجسمين) ومتضادتان في الاتجاه. ويمكن كتابة العلاقة بين متجهي القوتين كالآتي:

$$\overrightarrow{F_{1-2}} = -\overrightarrow{F_{2-1}} \qquad (2\text{-}2)$$

حيث $\overrightarrow{F_{1-2}}$ هي قوة جذب الجسم الأول للجسم الثاني, $\overrightarrow{F_{2-1}}$ قوة جذب الجسم الثاني للأول.



الشكل (2-2)

والقوتان المتبادلتان تمثلان قوة فعل ورد فعلها كما أوضح قانون نيوتن الثالث, وانهما قوتان تجاذب تؤثران على جسمين مختلفين, ولذا لا يمكن أن نقول أن محصلتهما على إحد الجسمين تساوي صفراً.

ويمكننا الآن عزيزي الدارس إيجاد علاقة رياضية تعبر عن القوة المتبادلة بين الجسمين وهي أن قوة التجاذب الكتلية بين الجسمين كما نص عليها قانون التثاقل الكوني السابق تتناسب تناسباً:

- طرديا مع حاصل ضرب كتلتي الجسمين $(m_1 \times m_2)$
- وعكسيا مع مربع المسافة بينهما (r^2).

∴ قوة التجاذب بين الجسمين (F_g)

$$F_g \alpha \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

ومنها نتحصل علي

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \qquad (2\text{-}3)$$

حيث (G) هو ثابت التناسب , ويسمى ثابت التثاقل الكوني (Gravitational Constant) أو ثابت الجذب العام حيث يفترض أن قيمته ثابتة في كل أنحاء الكون. وقد تم تعيين قيمته بواسطة العالم **كافندش** في القرن الثامن عشر حيث قام بتصميم جهاز لحساب هذا الثابت.

وعند استخدام النظام الدولي للوحدات الذي تقاس فيه الكتلة بالكيلوجرام والمسافة بالمتر والقوة بالنيوتن, فان قيمة الثابت (G) تساوي:

$$\left(G = 6.67 \times 10^{-11}\ \mathrm{Nm^2/kg^2}\right)$$

ونلاحظ أن قيمته G صغيرة مما يجعل قوة التجاذب الكتلية بين الأجسام ضئيلة جدا إلا في حالة الأجسام ذات الكتل الهائلة مثل الأرض, وهذا يفسر عدم ملاحظة قوى التجاذب بين الأجسام التي نتعامل معها في حياتنا اليومية. فأننا لا نلاحظ جذب كرسي لكرسي أو حائط لحائط آخر أو جذب شخص لشخص أخر قريب منه. والمثال التالي يوضح ذلك.

➢ مثال (2-1)

إذا كان البعد بين مركزي جسمين يساوي $(100\ \mathrm{m})$ وكتلة الجسم الأول $(500\ \mathrm{kg})$ وكتلة الثاني $(2000\ \mathrm{kg})$، فما مقدار قوة التجاذب بين الجسمين؟

الحل:

باستخدام قانون التثاقل الكوني, قوة التجاذب بين الجسمين

$$F_g = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$\mathrm{F_g} = \left(6.67 \times 10^{-11}\right)(500)(2000)/(100)^2$$

$$\therefore \mathrm{F_g} = 6.67 \times 10^{-9}\ \mathrm{N}$$

نلاحظ عزيزي الدارس أن القوة $\mathrm{F_g}$ ضئيلة جدا ولا تؤدي إلى حركة الجسمين نحو بعضها مثلما تتحرك الأجسام نحو الأرض, لان كتلة الأرض كبيرة جدا مقارنة بكتل الأجسام الأخرى التي عليها.

التجاذب الكتلي بين الشمس وكواكب المجموعة الشمسية يوفر القوة الجاذبة المركزية اللازمة لجعل الكواكب تدور في مدارات مستقرة حول الشمس والأقمار الطبيعية والإصطناعية تدور بسرعة منتظمة في مداراتها حول الأرض وحول الكواكب الأخرى بسبب قوة الجذب بين القمر والكوكب الذي يدور حوله.

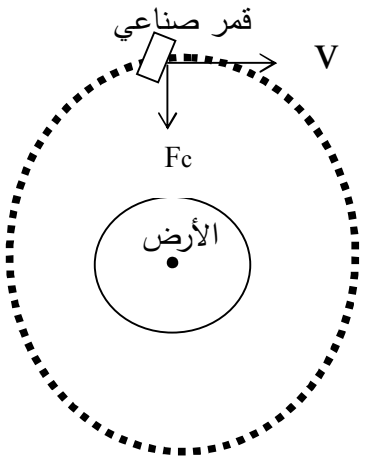
وعندما يدور قمر (أو جسم) في مسار دائري حول الأرض فان القوة الجاذبة المركزية هي قوة جذب الأرض للقمر. فإذا كان البعد بين مركز الأرض ومركز القمر الذي يدور حولها هو (r) , فان نصف قطر المسار الدائري للقمر يساوي (r) أيضا.

سرعة دوران القمرالصناعي حول الأرض (السرعة المدارية للقمر)

باستخدام المعادلة (1−14) (الوحدة الاولى), فان القوة الجاذبة المركزية (F_c) تساوي

$$F_c = mv^2 / r$$

حيث m هي كتلة القمر و υ سرعة دوران القمر حول الأرض (السرعة المدارية للقمر)



شكل (2-3)

وبتطبيق قانون التثاقل المعادلة (2-3) نجد أن:

$$\frac{mv^2}{r} = G\frac{mM}{r^2}$$

حيث رمزنا لكتله الأرض بالرمز (m). وبضرب طرفي المعادلة السابقة في (r/m) ينتج :

$$v^2 = G\,M/r$$

∴ السرعة المدارية للقمر تساوي :

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \qquad (4\text{-}2)$$

➢ **مثال (2-2)**

يدور قمر إصطناعي في مدار دائري تقريبا حول الأرض وعلى ارتفاع 1000 km عن سطح الارض. احسب السرعة المدارية للقمر؟

الحل:

السرعة المدارية للقمر (v) تساوي

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

الثابت العام للجاذبية (G) يساوي $\left(G = 6.67 \times 10^{-11}\ \mathrm{Nm^2/kg^2}\right)$

كتلة الأرض M تساوي $M = 6 \times 10^{24}\ \mathrm{kg}$

وإذا اعتبر أن القمر صغير جدا بالنسبة للأرض وتجاهلنا أبعاده, فان r المسافة بين القمر ومركز الأرض ستساوي حاصل جمع نصف قطر الأرض وارتفاع القمر عن سطح الأرض. أي أن

$$r = 6.37\times10^6 + 10^6 = 7.37\times10^6\ \mathrm{m}$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{6.67\times10^{-11}\times6\times10^{24}}{7.37\times10^6}} = 7.37\times10^3\ \mathrm{m/s}$$

أسئلة تقويم ذاتي



1.تحدث عن دور العلماء في معرفة مجال جاذبية الأرض للاجسام

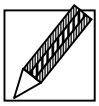
2.علل الآتي: عدم حركة الأرض نتيجة لجذب الأجسام لها بل تتحرك الأجسام نحوها .

3. اثبت أن السرعة المدارية للقمر تساوي : $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$

4. اكتب قانون التثاقل الكوني , وما هي العوامل التي تتوقف عليها قوة التجاذب الكتلي؟ وإذا كان البعد بين مركزي جسمين يساوي 200m وكتلة الجسم الأول 600 kg وكتلة الثاني 1200kg، فما مقدار قوة التجاذب بين الجسمين؟

5. يدور قمر إصطناعي في مدار دائري تقريبا حول الأرض وعلى ارتفاع 2000km عن سطح الارض. احسب السرعة المدارية للقمر؟

تدريب(1)



1.أحسب قوة التجاذب بين الارض وبين كل من الجسمين في المثال .(2-1) خذ المسافة بين مركز الأرض ومركز كل من الجسمين تساوي نصف قطر الأرض الذي يبلغ $(6.37\times10^{6}\ \mathrm{m})$, علما بأن كتلة الأرض $(6\times10^{24}\ \mathrm{m})$

2..يدور القمر حول الأرض في مسار دائري تقريبا ويعمل دورة واحدة كل (27.2) يوماً . فإذا كانت المسافة بين مركز الأرض ومركز القمر تساوي $(3.8\times10^{5}\ \mathrm{km})$ فما السرعة المدارية للقمر؟ وما كتلة الأرض؟

3.إذا كان كتلة كوكب المريخ $(6.46\times10^{23}kg)$ ونصف قطره $(3.39\times10^{6}\mathrm{m})$، فما وزن شخص كتلته $(75kg)$ على سطح المريخ؟ وما وزن هذا الشخص على الأرض؟

4.2.المجال التثاقلي(The Gravitational Field)

عزيزي الدارس,

أن بعض القوى مثل قوى الشد وقوى الدفع لا يظهر تأثيرها على الجسم إلا بالتلامس المباشر, وإذا ابتعد الجسم عن نقطة تأثير القوة وفصل عنها انعدم تأثير القوة على الجسم.

وهناك بعض القوى الأخرى يحدث تأثيرها على الجسم دون حدوث تلامس مباشر ويمتد تأثيرها إلى مسافات كبيرة، قوى التثاقل الكتلي من أمثال تلك القوى وكذلك التجاذب بين الشحنات الكهربية وبين الأقطاب المغنطيسية.

وقانون التثاقل الكتلي الذي درسناه في الفقرة السابقة يوضح لنا أن قوى التجاذب المتبادلة تحدث بين جسمين **غير** متلامسين وتؤثر عن بعد، ولو أن تأثيرها يقل كلما أبتعد الجسمين عن بعض. ومثل هذه الحالة التي يظهر فيها تأثير القوة على المسافة من مصدرها تسمى مجالاً، وفي حالة قوى التثاقل يسمى المجال بالمجال التثاقلي أو مجال التجاذب الكتلي. وهناك أنواع أخرى من المجالات مثل المجال الكهربي للقوى الكهربية والمجال المغناطيسي للقوى المغناطيسية، سوف ندرسها في الوحدات اللاحقة.

يعرف المجال التثاقلي كالآتي:

المجال التثاقلي لجسم مادي هو الفضاء المحيط بالجسم والذي يظهر فيه تأثير قوة جذب الجسم للأجسام المادية الأخرى الموجودة فيه، نحو مركز الجسم

عزيزي الدارس ,

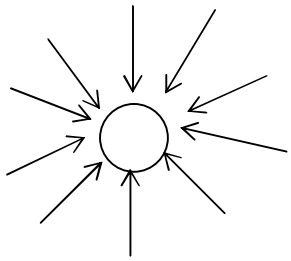
أن الكرة الأرضية كأي جسم مادي اخر لها مجال تثاقلي محيط بها يؤثر بقوة جذب على أي جسم مادي لها مجال تثاقلي محيط بها يؤثر بقوة جذب على أي جسم مادي آخر موجود فيه، ويسمى مجال الجاذبية الأرضية.

يمثل المجال التثاقلي لجسم بخطوط تسمى بخطوط قوى التثاقل (خطوط المجال)، فماهي هذه الخطوط:

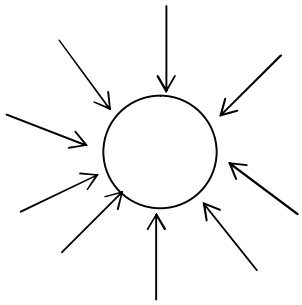
هي خطوط وهمية تتجه نحو مركز الجسم في نفس اتجاه قوة جاذبية الجسم

ويمكن تمثيل هذه الخطوط أو تخطيط المجال والتعرف على شكله. فإذا افترضنا أن الجسم متجانس وكامل التكور وافترضنا وجود جسيمات صغيرة جداً عند جميع النقاط المحيطة بالجسم، فإن قوى التجاذب المتبادلة تظهر بين الجسم وكل الجسيمات المحيطة به. ويكون خط عمل تلك القوى منطقياً على الخط الواصل بين مركز الجسم وكل جسيم.

والخطوط المستقيمة التي تتجه من كل جسم إلى مركز الجسم تمثل خطوط قوى التثاقل للمجال التثاقلي للجسم (خطوط المجال) كما في الشكل (2-4 (أ)) التالي:



شكل (2-4 (أ)) المجال حول جسم كروي



شكل (2-4 (ب)) مجال الكرة الأرضية

والكرة الأرضية إذا اعتبرناها جسيما كرويا ومتجانسا (تقريباً)، فإنه يمكن رسم خطوط قوى التثاقل لمجال الجاذبية الأرضي كخطوط مستقيمة متجهة نحو مركز الأرض، كما في الشكل (2-4(ب)) السابق.

ونلاحظ من الرسم أن:

- **خطوط المجال تكون متقاربة (عالية الكثافة) بالقرب من الجسم**
- **وتتباعد أو تقل كثافتها كلما ابتعدنا عن الجسم.**
- **يمتد المجال التثاقلي حول الجسم بلا حدود أو إلى ما لانهاية.**

إلا أن تأثير المجال الذي هو قوة جذب الجسم للأجسام الأخرى يضمحل بسرعة مع زيادة المسافة إلى أن يصبح صغير جداً بصورة يمكن إهمالها نظراً لأن:

$$F_g \propto 1 / r^2$$

5.2. شدة المجال التثاقلي(Gravitational Field Intensity)

عزيزي الدارس,

للتعبير عن تأثير المجال التثاقلي أو للتعبير عن شدته في نقطة ما حول الأرض أو أي جسم مادي آخر، تعرف كمية فيزيائية تسمى شدة المجال التثاقلي ويرمز لها بالرمز (E_g) كالآتي:

> شدة المجال التثاقلي لجسم مادي عند نقطة ما حول الجسم، هي مقدار قوة جذب الجسم لوحدة الكتل الموضوعة عند تلك النقطة

ومن هذا التعريف نجد أن وحدات شدة المجال هي وحدة القوة مقسومة على وحده الكتلة، أي (N/kg)، وشدة المجال كمية متجهة، اتجاهها عند نقطة معينة هو نفس اتجاه القوة المؤثرة على وحدة الكتلة عند النقطة.

وباستخدام قانون التثاقل الكوني

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

يمكن إيجاد شدة المجال التثاقلي للأرض (مجال الجاذبية الأرضي)، وذلك بحساب قوة جذب الأرض لوحدة الكتلة $(1kg)$ عند وضعها عند نقطة تبعد عن الأرض مسافة r .

قوة جذب الأرض لجسم كتلته (m) هي:

$$F_g = G \frac{Mm}{r^2}$$

حيث M هي كتلة الأرض. وعندما يكون كتلة الجسم تساوي (1 kg)، فإن:

قوة جذب الأرض (F_g) = شدة المجال (E_g) ،

إذا:

$$E_g = G \frac{M}{r^2} \qquad (5\text{-}2)$$

حيث أن كل من ثابت الجذب العام (G) وكتلة الأرض (M) مقداران ثابتان، وهذا يوضح أن شدة المجال تتناسب مع $\left(\frac{1}{r^2}\right)$ ، أي أن:

شدة المجال للجاذبية الأرضية عند نقطة ما تتناسب عكسيا مع مربع بعد النقطة عن مركز الأرض

➢ **مثال (2-3)**

أوجد مقدار شدة المجال المجال التثاقلي للأرض عند نقطة تبعد 1200km عن سطح الأرض علما بان تصف قطر الأرض (R) يساوى $(6.4\times10^6 m)$ تقريبا وكتلتها تساوي $(5.98\times10^{24} kg)$. ما مقدار القوة التي تجذب بها الأرض جسما كتلته $(500kg)$ وضع عند تلك النقطة؟

الحل

باستخدام معادلة(2-5) يمكن إيجاد شدة المجال عند نقطة على بعد r عن مركز الأرض هي:

$$E_g = G\frac{M}{r^2}$$

لإيجاد $\mathbf{E_g}$ على الإرتفاع 1200Km عن سطح الأرض يكون البعد r هو :

r=R +1200Kg

منها نجد أن

$$r = R + 1200kg = 6.4\times10^6 + 1.2\times10^6 = 7.6\times10^6 m$$

$$\therefore E_g = 6.67\times10^{-11}\times\frac{5.98\times10^{24}}{(7.6\times10^6)^2} = 6.9 N/kg$$

وبما أن شدة المجال عند نقطة ما تساوي قوة جذب الأرض لوحدة الكتلة الموضوعة عند النقطة، فإن القوة التي تجذب بها الأرض جسم كتلته $(500\ \text{kg})$ تساوي

$$F_g = E_g \times m$$

$$F_g = (500)\times 6.9 = 3450\ \text{N}$$

أسئلة تقويم ذاتي



1.عرف شدة المجال التثاقلي (E_g) ثم أكتب الوحدات التي تقاس بها.

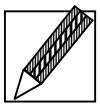
2. ما العلاقة بين عجلة الجاذبية الأرضية (g) وشدة المجال التثاقلي الأرضي (E_g)

3.هل وحدات (E_g) وهي (N/kg) تكافئ وحدات g وهي (m/s^2) ؟

4. عرف خطوط المجال التثاقلي مع التوضيح بالرسم

5.أوجد مقدار شدة المجال التثاقلي عند نقطة فوق سطح الأرض علما بان تصف قطر الأرض (R) يساوى $(6.4\times10^6 m)$ تقريبا وكتلتها 6×10^{24}. ما مقدار القوة التي تجذب بها الأرض جسما كتلته 300kg وضع عند تلك النقطة؟

تدريب(2)



1. أعلى قمة جبل في العالم هي قمة إفرست، ويبلغ ارتفاعها 8850 متر فوق سطح البحر . أحسب :

أولا: شدة المجال التثاقلي الأرضي عند قمة إفرست.

ثانيا: وزن شخص كتلته $(65\ kg)$ عندما يكون فوق القمة.

ثالثا: عجلة السقوط الحر عند القمة.

6.2 عجلة السقوط الحر (Acceleration of Gravity)

عرفنا سابقا أن عجلة (تسارع) السقوط الحر (g) هي العجلة التي يكتسبها الجسم بسبب قوة جذب الأرض له أو بسبب وزنه. وحيث أن وزن جسم كتلته m يساوي $w = mg$ (معادلة (1-2)) ، وقوة جذب الأرض للجسم طبقاً لقانون التجاذب الكتلى (معادلة (3-2))

يساوي اذا

$$F_g = G \frac{Mm}{r^2}$$

$$mg = G \frac{Mm}{r^2}$$

حيث M هي كتلة الأرض و r المسافة بين مركز الأرض ومركز الجسم. وبحذف (m) من طرفي المعادلة أعلاه, ينتج التالي:

$$g = \frac{GM}{r^2} \qquad (6\text{-}2)$$

وبمقارنة المعادلة (2-6) مع المعادلة (2-5) يمكن التوصل إلى أن:

> عجلة (تسارع) السقوط الحر (عجلة الجاذبية الأرضية) g عند نقطة ما تساوي شدة المجال التثاقلي الأرضي (مجال الجاذبية الأرضية) E_g عند تلك النقطة .

والواضح أن مقدار عجلة السقوط الحر (g) يتغير بتغير البعد عن مركز الأرض، فعند سطح الأرض حيث المسافة بين الجسم ومركز الأرض r تساوي نصف قطر الأرض R، تكون عجلة السقوط الحر بالنسبة لجسم وضع على سطح الأرض أو بالقرب منه تساوي:

$$g = G \frac{M}{R^2} \qquad (7\text{-}2)$$

وإذا عوضنا في المعادلة السابقة

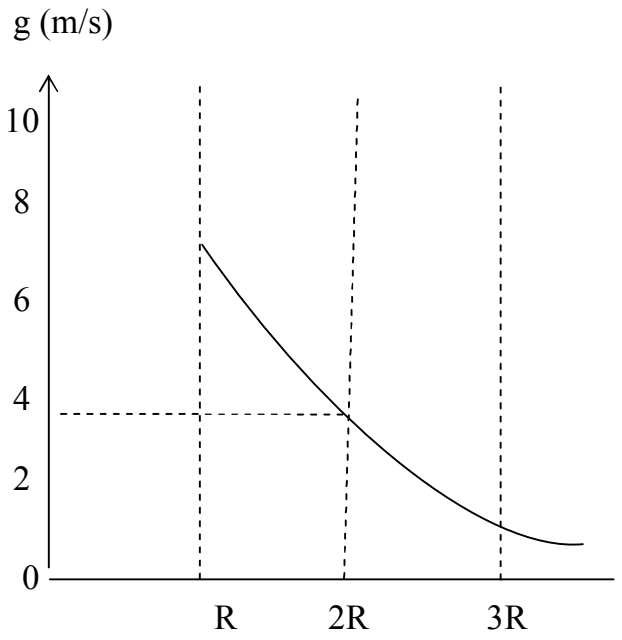
- كتلة الأرض $(M = 5.98 \times 10^{24} kg)$ = 6×10^{24}
- ونصف قطرها $(R = 6.38 \times 10^6 m)$ = $(6.4 \times 10^6 m)$

فإننا نحصل على قيمة g عند سطح البحر $g = 9.8\ m/s^2$. وكلما زاد بعد الجسم عن مركز الأرض R يقل مقدار g كما يوضح الشكل (2-4)

وتتغير عجلة السقوط الحر (g) أيضاً من مكان إلى آخر على سطح الأرض بسبب اختلاف تركيب طبقات الأرض، وكذلك بسبب اختلاف خطوط العرض. فالأرض ليست كرة كاملة التكور لها نصف قطر واحد، بل يختلف نصف قطرها (R) باختلاف خطوط العرض.

ويبلغ نصف قطر الارض R:

- أكبر قيمة له عند خط الاستواء،
- وأصغر قيمة له عند سطح البحر عند القطب الشمالي
- أي قيمة العجلة (تسارع السقوط الحر) عند القطب الشمالي أكبر من قيمة (g) عند خط الاستواء



شكل (2-4):تغير عجلة السقوط الحر بتغير البعد عن مركز الأرض

➢ **مثال** (2-4)

بفرض أن نصف قطر الأرض عند مستوى سطح البحر يساوي R، و عجلة السقوط الحر في مجال جاذبية الأرض تساوي (g)، أثبت أن عجلة السقوط الحر على إرتفاع R عن مستوى سطح البحر تساوي (g'):

$$g' = g / 4$$

الحل

عجلة السقوط الحر عند مستوى سطح البحر (معادلة (2.7)) تساوي

$$g = \frac{GM}{R^2} \quad \text{(i)}$$

البعد عن مركز الأرض على إرتفاع (R) عن سطح البحر يساوي $(2R)$ إذا العجلة على إرتفاع (R) من سطح تساوي

$$g' = \frac{GM}{(2R)^2} = \frac{GR}{R^2}$$

وبقسمة المعادلة (ii) على المعادلة (i)، نحصل على الآتي:

$$\frac{g'}{g} = \frac{1}{4}$$

$$g' = g / 4$$

وهو المطلوب

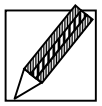
أسئلة تقويم ذاتي

1) برهن أن تسارع (عجلة) السقوط الحر تساوي شدة المجال التثاقلي.

2) بفرض أن نصف قطر الأرض عند مستوى سطح البحر يساوي (R)، و عجلة السقوط الحر في مجال جاذبية الأرض تساوي (g)، أثبت أن عجلة السقوط الحر على إرتفاع 2R عن مستوى سطح البحر تساوي (g') حيث:

$$g' = g / 9$$

تدريب(3)



1.كتلة الأرض $(5.98\times10^{24}\text{kg})$ وكتلة القمر $(7.35\times10^{22}\text{kg})$ ونصف قطر الأرض $(6.38\times10^{6}\text{ m})$ ونصف قطر القمر $(1.74\times10^{6}\text{ m})$. ما النسبة بين تسارع السقوط الحر على القمر وتسارع السقوط الحر على الأرض؟

2.نصف قطر الأرض عند خط الاستواء يساوي (6378 km) ونصف قطرها عند القطب الشمالي يساوي 6357km. أحسب:

أولا: تسارع السقوط الحر عند خط الاستواء بوحدات (cm/s^2).

ثانيا: تسارع السقوط الحرعند القطب الشمالي بوحدات (cm/s^2)

3.كتلة التلسكوب الفلكي الشهير (هابل) الذي يدور حالياً حول الأرض على إرتفاع (596km) من سطح الأرض، تساوي (11600kg) أحسب وزن التلسكوب عندما كان على الأرض، ووزنه الحالي وهو يدور حول الأرض؟

الخلاصة

عزيزي الدارس,

في النهاية، نؤكد على ما أكدنا عليه في التمهيد عن ضرورة تقويم هذه الوحدة، وإبداء ملاحظاتك للاستفادة منها.ولكن ما الذي ناقشناه ؟

لقد تعرفناعلي ما يعرف بمجال الجاذبية او المجال التثاقلي,حيث زودناك في هذه الوحدة بنبذة عن دور العلماء في البحث في مجال الجاذبية وعرفنا ما هي قوة التثاقل الكوني. وقد عرفنا أن قانون التثاقل الكوني ينص علي أن كل جسمين ماديين في الكون يتجاذبان بقوة تجاذب متبادلة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما, وعكسيا مع مربع المسافة بين مركزيهما , ثم أيضا تعرفنا علي المجال التثاقلي و شدة المجال التثاقلي ووحدات قياسهما؛ ثم استنتجنا العلاقات الرياضية الخاصة بذلك. كما تعرفنا في الجزء الأخير علي عجلة السقوط الحر و معادلة هذه العجلة .

ومع نهاية هذا القسم نكون قد انهينا هذه الوحدة، ونأمل أن تكون قد أضافت الكثير إلى معلوماتك الثرة وان تسعد بالوحدة القادمة إنشاء الله.

لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية القادمة

عزيزي الدارس، بعد أن فرغت من دراسة هذه الوحدة اصبح لديك الآن حصيلة كبيرة من المعلومات المفيدة فيما يتعلق بمفهوم مجال الجاذبية أي المجال النثاقلي قانون التثاقل الكوني, أيضا المجال التثاقلي و شدة المجال التثاقلي ووحدات قياسهما؛ .

و الآن سوف ننتقل إلى الوحدة التالية وهي بعنوان الطاقة في المجال التثاقلي وتنقسم إلى قسمين, حيث نتعرف في القسم علي الطاقة بصورة عامة وعلي مفهوم الطاقة الحركية ثم طاقة الوضع في المجال التثاقلي كما نتعرف علي مفهوم القدرة.

أما في القسم الثاني فسوف نتعرف على قوانين أخرى تحكم حركة الأقمار حول الأرض والكواكب حول الشمس التي تسمى قوانين كيلر. وأيضا سنتعرف على الأقمار الاصطناعية.

نآمل أن تكون قادرا بعد دراسة للوحدة التالية أن تستوعب مفهوم الطاقة في المجال النثاقلي والتطبيقات العلمية لهما. نرجو أن تكون وحدة مفيدة لك وأن تساهم معنا في نقدها وتقيمها.

مسرد المصطلحات

قوة الجاذبية(التثاقل) الأرضية (The Earth Gravitational Force)

قوة جذب الأرض للجسم عبارة عن وزن الجسم اي القوة التي يجذب بها الجسم الأرض.

قانون التثاقل (الجذب) الكوني (Universal Gravitational Law)

كل جسمين ماديين في الكون يتجاذبان بقوة تجاذب متبادلة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما, وعكسيا مع مربع المسافة بين مركزيهما .

المجال التثاقلي (The Gravitational Field)

هو الفضاء المحيط بالجسم والذي يظهر فيه تأثير قوة جذب الجسم للأجسام المادية الأخرى الموجودة في المجال، نحو مركز الجسم

شدة المجال التثاقلي(Gravitational Field Intensity)

شدة المجال التثاقلي لجسم مادي عند نقطة ما حول الجسم، هي مقدار

قوة جذب الجسم لوحدة الكتل الموضوعة عند تلك النقطة)

عجلة السقوط الحر (Acceleration of Gravity)

عجلة السقوط الحر عجلة الجاذبية الأرضية عند نقطة ما (g) تساوي شدة المجال التثاقلي الأرضي (مجال الجاذبية الأرضية) عند تلك النقطة (E_g) .

إجابات التدريبات

تدريب (1)

1).قوة التجاذب بين الارض والجسم الذي كتلته (500Kg) = $F= 1.96\times 10\ 4\ N$

قوة التجاذب بين الارض والجسم الذي كتلته (2000Kg)= $F = 7.84 \times 10\ 4\ N$

2)السرعة المدارية للقمر $v = 1011\ m/s$

أما كتلة الأرض $M= 5.82 \times 10\ 24\ Kg$

3)وزن الشخص الذي كتلته (75Kg) علي كوكب المريخ = $281.2\ N$

و وزن الشخص الذي كتلته (75Kg) علي كوكب الأرض =735N

تدريب (2)

1) شدة المجال التثاقلي عند القمة افرست $E_g = 9.74\ N/Kg$

و وزن الشخص الذي كتلته (65Kg) عند القمة= $W = 633.1\ N$

عجلة السقوط الحر عند القمة $g= E_g = 9.74\ m/s\ 2$

2) كتلة رائد الفضاء علي الكواكب = $120\ N$

تدريب (3)

1)النسبة بين التسارع علي سطح القمر والارض هي $g_{moon} / g_{earth} = 0.165$

وهذا ما يعادل سدس تسارع الجاذبية عند الارض.

2) التسارع عند خط الاستواء $978\ cm/s^2$

التسارع عند القطبين $983\ cm/s^2$

3) وزن تلسكوب هابل في مداره حول الأرض هو $0.95 \times 10^5\ N$

وزنه علي الأرض هو $1.14 \times 10^5\ N$


الوحدة الثالثة
الطاقة في المجال التثاقلي
Energy in Gravitational Field

محتويات الوحدة

الموضوع	الصفحة
المقدمة	**65**
تمهيد	**65**
أهداف الوحدة	**66**
1.3. الطاقة في المجال التثاقلي	**67**
1.1.3. الشغل	68
2.1.3. الشغل في حالة قوة متغيرة	69
3.1.3. طاقة الوضع $V= E_p$	72
4.1.3. طاقة الوضع في المجال التثاقلي	75
5.1.3 طاقة الحركة	80
1.3. 6.الطاقة الكلية E	85
7.1.3 القدرة	88
2.3 قوانين كبلر والأقمار الصناعية	**92**
1.2.3. قوانين كبلر الثلاثة	93
2.2.3 الأقمار الاصطناعية والسفن الفضائية	100
الخلاصة	**114**
لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية	**114**
مسرد المصطلحات	**115**
إجابات التدريبات	**116**

المقدمة

تمهيد

عزيزي الدارس,

مرحباً بك إلى الوحدة الثالثة و هي بعنوان الطاقة في المجال التثاقلي و تتألف من قسمين رئيسين. القسم الأول بعنوان الطاقة في المجال التثاقلي حيث تمثل الطاقة في عصرنا الحالي حجر الزاوية في التقنية الحديثة. فنجد أن الطاقة الكهربية تستخدم في الإضاءة و إدارة المحركات وفي أجهزة الراديو والتلفزيون وفي أجهزة الهاتف.ويتكون القسم الأول من ستة أجزاء , نتناول فيهم تعريف كل من الشغل والطاقة الحركية و الوضعية و ماهية العلاقة بينهما ووحدة قياسها, ثم طاقة الوضع التثاقلي التي تعرف عموماً بأنها الشغل المبذول ضد قوة المجال , حيث أن لطاقة الوضع التثاقلي تأثير واسع . وكل المجالات لها طاقة وضع مثل المجال الكهربي والمغنطيسي والنووي و التثاقلي. ويعد المجال التثاقلي من أحد أهم المجالات التي لها علاقة مباشرة بحياتنا اليومية. وأيضا نتعرف علي الطاقة الكلية وقانون بقاء الطاقة . أخيراً ستناول مفهوم القدرة التعرف علي وحدة قياسها.

أما القسم الثاني فيتضمن قوانين كبلر والأقمار الإصطناعية , وينقسم هذا إلى جزأين رئيسين نتناول أولا فونين كبلر الثلاثة الذي سيساعدنا في فهم حركة المنظومة الشمسية .

أما في الجزء الأخير فسنتناول الأقمار الاصطناعية والسفن الفضائية و التعرف علي أنواع الأقمار و سرعة و ارتفاع القمر الصناعي و سرعة الإفلات.

وقد ذيلنا هذه الوحدة بسرد شامل للمصطلحات العلمية التي وردت في النص الرئيسي، وقد حرصنا في هذه الوحدة على معرفة العلاقات الرياضية، مع تقديم أمثلة متنوعة، و أنشطة وأسئلة تقويم ذاتي، وتدريبات كفيلة بتلبية احتياجاتك التعليمية والتي تقدمها لمرشدك الميداني.

أهلاً بك مرة أخري في هذه الوحدة ونرجو أن تستمتع بدراستها وأن تستفيد منها وأن تشاركنا في نقدها وتقييمها.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس، بعد فراغك من دراسة هذه الوحدة يتوقع منك أن تكون قادراً علي أن:

- **تعرف** مفهوم الشغل المبذول مع معرفة الصيغة الرياضية.
- **تشرح** طاقة الوضع التثاقلية للأرض مع إعطاء امثلة لطاقات
- الوضع الأخرى.
- **تفرق** بين مدلول كل من الطاقة الحركية و الطاقة الوضعية .
- **توضح** علاقة الطاقة الحركية و الطاقة الوضعية بالطاقة الكلية.
- **تشرح** مفهوم قانون بقاء الطاقة.
- **تعرف** مفهوم القدرة , ومعرفة وحدة قياسها.
- **تعرف** قوانين كبلر الثلاثة.
- **تتمكن** من إستنتاج سرعة و ارتفاع القمر الإصطناعي.
- **توضح** مفهوم سرعة الإفلات.
- **تذكر** بعض التطبيقات للأمثلة السابقة الذكر.
- تحل معظم التمارين.

1.3 الطاقة في المجال التثاقلي

(Energy in Gravitational Field)

عزيزي الدارس,

تمثل الطاقة في عصرنا الحالي حجر الزاوية في التقنية الحديثة. فنجد أن الطاقة الكهربية تستخدم في الإضاءة و إدارة المحركات وفي أجهزة الراديو والتلفزيون وفي أجهزة الهاتف. فمثلا طاقة النفط تستخدم لتحريك السيارات والقاطرات والطائرات والمصانع وفي توليد الطاقة الكهربية عن طريق المولدات.

- **الطاقة الكهربية في المنازل تكسب المراوح طاقة حركية فتلطف الجو والطاقة الكهربية في الثلاجة تبذل شغلاً على غازها فتبرد الشراب والطعام وتحفظه.**
- **طاقة النفط تتولد عند احتراقه في مكبس العربة فتبذل شغلاً يكسب السيارة والطائرة طاقة حركية.**
- **والطاقة الكهربية يمكن توليدها أيضا من الخزانات والسدود التي تعمل على رفع الماء وإكسابه طاقة وضع ليسقط من علو شاهق على الريش الدوارة المسماة بالتوربينات (الدولاب) فتتولد الطاقة الكهربية.**

إذن عزيزي الدارس ,

ما هو الشغل؟ وما هي طاقة الحركة؟ وماهي طاقة الوضع؟ وماهي العلاقة بينهما؟

لمعرفة هذه المفاهيم السابقة , دعنا نتصور شخصين أحدهما يركب دراجة يسير في طريق مستقيم والآخر يصعد تلاً أو جبلاً أو طريقا منحدرا يميل علي الأفقي(سطح الأرض بزاوية)

أولا : الذي يركب دراجة و يسير في طريق مستقيم يحتاج لطاقة تحركه وتكسبه سرعة فقط وتسمى هذه الطاقة بطاقة الحركة فهو يبذل جهداً أو شغلاً لتحريك نفسه ودراجته

ثانياً :الشخص الاخر يبذل جهدين أو شغلين. فهو يحتاج لطاقة حركة لتحريكه

وتكسبه سرعة هو ودراجته طاقة أخرى إضافية يتغلب بها على قوة جذب الأرض له تسمى بطاقة الوضع.

وتحتاج كلتا الطاقتين لبذل شغل بواسطة الجسم لإكتسابهما.

1.1.3 الشغل W (Work)

أن طاقة النفط (البترول), عزيزي الدارس, تبذل شغلاً على العربة فتحركها. حيث يشتعل الوقود في اسطوانة محرك السيارة فترتفع درجة حرارته وضغطه مما يؤدي لتحريك المكبس نتيجة لشغل الوقود عليه وتنتقل حركة المكبس بتروس معينة تؤدي لتحريك السيارة التي تسهل علينا الانتقال لاداء أغراضنا المختلفة.

لمعرفة ذلك, عزيزي الدارس, تصور أنك سرت بالدارجة لمسافة صغيرة ثم لمسافة كبيرة؛ عندئذ ستشعر انك تبذل مجهوداً أكبر وشغلاً أكبر عندما تسير مسافة أكبر. وسيزداد المجهود والشغل الذي تبذله كلما زادت المسافة التي تتحركها. وعليه نجد أن الشغل المبذول W يزيد بزيادة المسافة r أي ان :

الشغل المبذول يتناسب مع المسافة r طردياً.

أي أن:

$$W \alpha r \qquad (1\text{-}3)$$

وللشغل أيضا علاقة بالقوة المبذولة. فإذا حركت حقيبة صغيرة وأخرى كبيرة لنفس المسافة فإن الحقيبة الصغيرة تحتاج لقوة أقل وبالتالي لشغل أقل لتحريكها.

وكلما زاد مقدار القوة F (F=Force) التي تبذله لتحريك الجسم كلما زاد المجهود والشغل W الذي تبذله.

• أي أن الشغل W يتناسب طردياً مع القوة F.

ونكتب هذه العلاقة في الصيغة

$$W \alpha F \qquad (2\text{-}3)$$

وبالنظر لعلاقتين (3-1) و (3-2) نجد أن الشغل W يتناسب مع حاصل ضرب المسافة r و القوة F. ونكتب هذه العلاقة في الصيغة

$$W \alpha F . r \qquad (3\text{-}3)$$

وعليه يمكن كتابة الشغل في الصورة:

$$W = F.r \qquad (4\text{-}3)$$

حيث اعتبرنا أن ثابت التناسب يساوي الواحد الصحيح.

وحدة الشغل = وحدة القوة × وحدة المسافة = نيوتن × متر = الجول

$$\text{joule } (J) = N.m$$

وتصلح هذه العلاقة لإيجاد الشغل المبذول بفعل قوة مقدارها ثابت ولكنها لا تصلح لإيجاد الشغل المبذول عندما تكون القوة المؤثرة على الجسم متغيرة.

أسئلة تقويم ذاتي

1.اذكر مصدرين من مصادر الطاقة.

2.عرف الشغل.

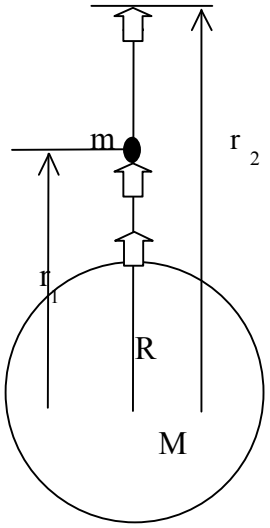
3. تؤثر قوة ة ثابتة تساوي F = 25 N علي جسم فتحركه من النقطة r=3m الي النقطة r=8m . أوجد الشغل الذي يبذله الجسم في هذه الحالة ؟ (الإجابة W=125 J)

4.يتحرك جسم تحت تأثير قوة ثابتة مقدارها (F=15N) من النقطة r=4m إلى النقطة r=10 . أحسب الشغل المبذول. (الإجابة W=90 J)

5. سقط جسم كتلته m من ارتفاع h من سطح الأرض أوجد الشغل الذي يبذله حتى يصل سطح الأرض.

1.3. 2 الشغل في حالة قوة متغيرة

عزيزي الدارس, في الحالات السابقة إعتبرنا القوة ثابتة القيمة ولذلك امكننا بسهولة حساب الشغل من المعادلة (3−4). غير أن القوة ليست دائما ثابتة القيمة. ولفهم كيفية حساب الشغل في حالة القوة التغيرة القيمة دعنا ندرس حالة سفينة فضائية تصعد إلى أعلى لتخرج.



شكل (3-1): سفينة فضائية كتلتها m تصعد إلى أعلى

من مجال جاذبية كوكب الأرض كما بالشكل (3–1). فإذا كانت كتلة الأرض تساوي M وكتلة السفينة تساوي m فإن قوة الجذب التثاقلي المؤثرة على السفينة هي :

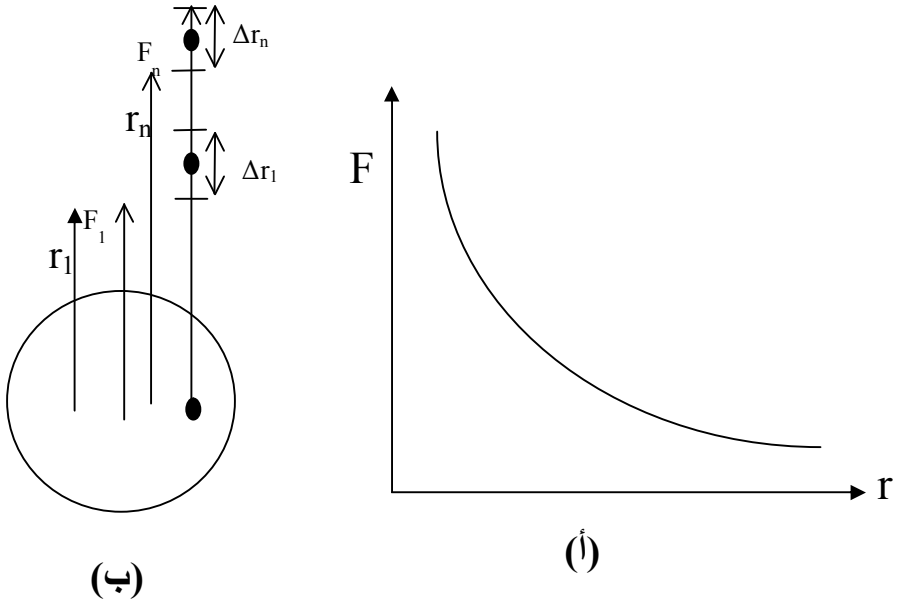
$$F = \frac{GMm}{r^2}$$

وهذه القوة F تتغير وتتناقص باستمرار حيث تكون في أعلى قيمة لها على سطح الأرض وذلك عندما r = R وتتناقص كلما صعدت السفينة إلى أعلى كما في الشكل (3-2)(أ).

في هذه الحالة لا نستطيع إيجاد الشغل بحاصل بضرب المسافة التي تقطعها السفينة × القوة لأن قيمة القوة متغيرة. فأي قوة منها يمكن ضربها في المسافة؟

إذن الامر يحتاج لمعالجة عزيزي الدارس, وإيجاد طريقة أخرى. وحل هذه المسألة سهل بإذن الله. فعند بداية تحرك السفينة أفرض أن القوة الابتدائية عليها كانت F_1 وأن السفينة تحركت مسافة صغيرة Δr_1 قبل أن تتغير في هذه الحالة يكون الشغل المبذول هو:

$$\Delta W_1 = F_1 \Delta r_1$$



شكل (3-2)(أ):اضمحلال القوة مع الارتفاع عن سطح الأرض (ب):حساب تغير الشغل مع الارتفاع

فإذا تغيرت القوة على السفينة بعد ذلك فصارت F_2 وتحركت السفينة مسافة صغيرة Δr_2 ,فإن الشغل المبذول سيساوي :

$$\Delta W_2 = F_2 \Delta r_2$$

فإذا تغيرت القوة على السفينة مع زيادة الإرتفاع فأصبحت $F_3, F_4, ..., F_n$

وتحركت السفينة مسافات مناظرة قدرها $\Delta r_3, \Delta r_4, ..., \Delta r_n$

فإن الشغل المبذول في كل حالة سيساوي :

$$\Delta W_3 = F_3 \Delta r_3 \quad , \quad \Delta W_4 = F_4 \Delta r_4 \quad , \quad \Delta W_n = F_n \Delta r_n$$

وعليه يصبح الشغل الكلي المبذول W هو حاصل جمع كل الأشغال المذكورة أي أن الشغل الكلي هو:

$$W = \Delta W_1 + \Delta W_2 + ... + \Delta W_n$$

$$= \sum_{k=1}^{n} \Delta W_k = \sum_{k=1}^{n} F_k \Delta r_k \qquad (5\text{-}3)$$

وعندما تكون المسافات Δr_k التي يتحركها الجسم صغيرة جداً فإن الشغل سيصبح أيضاً صغيراً $(\Delta r_k \rightarrow 0)$

جداً عندما .

وعندها يمكن تحويل الجمع إلى تكامل, فيصبح الشغل الكلي المبذول لتحريك الجسم من النقطة r=a إلى النقطة r=b في صيغة تكامل كالاتي:

$$W = \int_a^b dW = \int_a^b F.dr \qquad (6\text{-}3)$$

➢ مثال (3-1)

تسير سيارة بتأثير قوة آلة ثابتة وتساوي F = 5000N أوجد الشغل الذي تبذله السيارة في هذه الحالة ؟ علماً بان السيارة تتحرك من السكون وقطعت مسافة 2Km

الحل

بما أن القوة المؤثر ثابتة أذن الشغل المبذول = القوة × المسافة

حيث $W = F \times r = 5000 \times 2000 = 10^7 J$

طريقة أخرى:

$$w = \int_a^b dw = \int_a^b F.dr$$

$$5000 \int_0^{r=2000} dr$$

حيث r تتغير من r=0 **إلى** r=2000

$$5000\ [r] = 5000\ [\ 2000 - 0\ ] = 10^7 J$$

3 .1.3 طاقة الوضع (الرمز E_p إو V) (Potential Energy):

عزيزي الدارس,

نجد أن مصادر الطاقة الكهربية كثير جدا وكلنا يعلم أن أرخص وأيسر مصدر للطاقة الكهربية يأتي من السدود والخزانات. وتأتي معظم الطاقة الكهربية عندنا في السودان من خزان الروصيرص. وسيولد خزان مروي طاقة كهربية كبيرة ستسهم بإذن الله في سد الفجوة الكبيرة في

مجال الطاقة الكهربية.في السودان.

وتأتي أهمية الطاقة الكهربية المستمدة من الخزانات والسدود في كونها تمثل طاقة نظيفة صديقة للبيئة أي لا تولد تلوث علاوة على أنها طاقة رخيصة لأن بناء الخزانات هو المكلف ولكن توليد الكهرباء منها زهيد التكلفة.

فعند إقامة سد على مجرى نهر سريع الجريان. فإن :

- السد يعمل على تحويل حركة ماء النهر إلى أعلى مما يؤدي لصعود الماء لارتفاعات شاهقة. وعندئذ يكتسب الماء طاقة تسمى بطاقة الوضع.
- وهذه الطاقة تمكنه من اكتساب سرعات عالية عند هبوطه على الزعانف (التوربينات) الموجودة أسفل السد, فتتحرك هذه الزعانف بسرعة كبيرة محركة معها ملفات هائلة تدور في مجال مغنطيسي فتولد لنا الكهرباء بكميات ضخمة حيث يتم تحويل طاقة الوضع إلى طاقة حركة).
- فما هي الصيغة الرياضية لطاقة الوضع هذه التي تملك مفاتيح الطاقة الكهربية؟

ذكرنا عزيزي الدارس, فيما سبق كمثال بأن طاقة الوضع هي الشغل الذي يبذله شخص يصعد بدراجته منحدراً ضد الجذب التثاقلي. ويمكن علي ضوء هذا التعريف ايجاد طاقة الوضع لطائرة هليكوبتر تصعد عمودياً . فلكي تصعد هذه الطائرة فهي تحتاج لبذل شغل ضد الجذب التثاقلي وهذا يتستدعي تسليط قوة مساوية له ومضادة له في الاتجاه تساوي F – فإذا تحرك الجسم مسافة r واعتبرنا أن القوة ثابتة فإن طاقة الوضع E_p تساوي:

الشغل المبذول ضد المجال التثاقلي = E_P

وبالنظر لتعريف الشغل في المعادلة (3–4) نجد أن :

$$E_P = -F.r = -W \qquad (3-7)$$

وعلامة السالب تعني ان القوة وبالتالي الشغل ضد المجال التثاقلي.

ونرمز لطاقة الوضع أحياناً بالرمز V أي أن :

$$V = E_P = -W \qquad (8\text{-}3)$$

وعندما تكون القوة متغيرة فإن التعبير الرياضي للشغل W يعطى بالعلاقة (3−6) وعليه نجد أن طاقة الوضع في المجال التثاقلي تساوي:

$$V = -W = -\int F.dr \qquad (9\text{-}3)$$

ويمكن استنباط التعبير الرياضي لطاقة الوضع من مثال الخزان. فقطرات الماء تكتسب طاقة وضع عند ارتفاعها إلى أعلى السد بسبب الشغل الذي يبذله تيار النهر ضد قوة التثاقل. فإذا تحركت القطرة مسافة صغيرة جداً مقداراها dr في عكس اتجاه قوة التثاقلF. فإن ذلك يستدعي بذل قوة مقدارها (F−) ضد التثاقل وعليه تصبح طاقة الوضع هي:

(10−3)

ولذا نجد أن قوة المجال التثاقلي تساوي:

$$F = -\frac{dV}{dr}$$

ويمكن إيجاد طاقة الوضع الكلية اللازمة لتحريك القطرة من أسفل السد إلى أعلى السد بجمع طاقات الوضع للمسافات الصغيرة المختلفة dr_1، dr_2، dr_3 , ... , dr_n لنجد أن:

$$V = dV_1 + dV_2 + ... + dV_n$$

وعندما يكون عدد المسارات n كبيراً جداً فإن الجمع يتحول لتكامل فتصبح طاقة الوضع V في (3−9) في الصيغة الآتية:

$$V = +\int dV = -\int F.dr \qquad (11\text{-}3)$$

العوامل التي تتوقف عليها طاقة الوضع:

يمكننا بسهولة معرفة العوامل التي تزيد طاقة الوضع وتزيد لنا توليد الطاقة الكهربية من السد.

- فكلما زادت قوة المجال F زادت طاقة الوضع.
- كما تزيد طاقة الوضع بزيادة ارتفاع السد r لان هذا يزيد من ارتفاع قطرات الماء.

ونسبة لأننا لا نستطيع زيادة قوة التثاقل فإن زيادة طاقة الوضع تتم بزيادة ارتفاع السد. ويمكن

أيضاً إيجاد علاقات بين الشغل وطاقة الوضع من المعادلتين (3- 7) و (3- 8) حيث نجد أن:

$$V = -\int_{a}^{b} F.dr = -\int_{a}^{b} dV \qquad (12\text{-}3)$$

فإذا اعتبرنا أن نقطة البداية هي a=1 ونقطة النهاية هي b=2, فإننا نجد أن:

$$W = -\int_{a\equiv 1}^{b\equiv 2} dV = -\left[V\right]_{a\equiv 1}^{b\equiv 2} = -\left[V_2 - V_1\right]$$

أي أن الشغل :

[redacted] (13−3)

هذه المعادلة تدل علي أن الشغل المبذول هو الفرق بين طاقتي الوضع النهائية والابتدائية

وحدة طاقة الوضع = وحدة الشغل = الجول = J

و**تعرف طاقة الوضع في مجالً بأنها الشغل المبذول ضد قوة المجال .**

وهناك مجالات كثيرة لها طاقة وضع مثل المجال الكهربي والمغناطيسي والنووي والتثاقلي. ويعد المجال التثاقلي من أحد أهم المجالات التي لها علاقة مباشرة بحياتنا اليومية.

3 .4.1. طاقة الوضع في المجال التثاقلي

عزيزي الدارس ,

تعتبر الطاقة الوضع التثاقلى الناتجة عن المجال التثاقلي للأرض من اكثر المجالات تأثيرا علي حياة الإنسان . فمياه الأمطار النقية تهبط من السحب الموجودة في الغلاف الجوي للأرض بفعل طاقة الوضع ومياه الأمطار تشق الصحاري وتجري في الوديان بفعل طاقة الوضع التي تكتسبها في الأماكن العالية والتي تتحول لطاقة حركية تمكنها من الجريان عبر السهول والوديان المنخفضة.

وتعتبر المياه أهم مصادر الطاقة وأكثرها انتشارا لسهولة تحولها لأنواع أخرى من الطاقة. وأهم وسيلة لإنتاج الطاقة الكهربية بكميات كبيرة هي السدود والخزانات تليها البترول ثم

الطاقة النووية.

لذا يجب علينا عزيزي الدارس:

- فهم طاقة الوضع في المجال التثاقلي
- والتعرف على العوامل التي تؤثر عليها

وتعرف طاقة الوضع التثاقلية بأنها :

هي الشغل المبذول ضد قوة جذب الأرض التثاقلية F

من (3–8) طاقة الوضع هي:

$$V = -\int F \,.dr \qquad (14\text{-}3)$$

وحسب قانون التثاقل الكوني فان القوة F هي:

$$F = -\frac{GMm}{r^2}$$

حيث m كتلة الجسم و r هي المسافة بين الجسم ومركز الأرض و M كتلة الأرض و G ثابت التثاقل الكوني. لقد ظهرت علامة السالب هنا نتيجة لأن القوة التثاقلية تعمل في عكس اتجاه الإزاحة r. وبتعويض التعبير الرياضي لـ F في صيغة طاقة الوضع المبينة في المعادلة (14-3)نجد أن:

$$V = GMm\int \frac{dr}{r^2} = GMm\int r^{-2}dr$$

$$V = GMm\left[\frac{r^{-1}}{-1}\right]$$

$$V = -\frac{GMm}{r} \qquad (15\text{-}3)$$

وتمثل هذه المعادلة الصيغة الرياضية لطاقة الوضع. ويمكن على ضوء هذه الصيغة حساب التغيير في طاقة وضع جسم بالنسبة لسطح الأرض.

والآن نفرض أن لدينا طائرة مروحية ترتفع عموديا من سطح الأرض. وقبل تحرك المروحية من سطح الأرض تكون طاقة وضعها:

$$V_0 = -\frac{GmM}{R} \qquad (16\text{-}3)$$

وعندما ترتفغ المروحية إلى إرتفاع (height) h فوق سطح الأرض أي على مسافة r من مركز الأرض , حيث $r = R + h$, فإن طاقة وضعها عندئذ تساوي:

$$\boxed{V = -\frac{GmM}{r}} \qquad (16\text{-}3)$$

حيث $r = R + h$

وعليه نجد أن التغير في طاقة وضع الجسم عند انتقاله من سطح الأرض إلى أعلى وعلى ارتفاع h من سطح الأرض تساوي:

$$\Delta V = V - V_0 = -\frac{GmM}{r} + \frac{GmM}{R} = \frac{GmM}{rR}(r - R)$$

$$\boxed{\Delta V = \frac{G\,m\,M}{r\,R}\,h} \qquad (17\text{-}3)$$

حيث $h = r - R$.

وعندما نكون قريبين جداً من سطح الأرض فان $r \cong R$, ولذلك تصبح المعادلة السابقة مقسومة ÷ R^2 بدلاً من $r\,R$.

وتصلح هذه الصيغة لحساب طاقة الوضع بالنسبة لسطح الأرض للأجسام القريبة منها.

والمعادلة (3−22) مهمة جدا لتا لان معظم الظواهر و الأحداث والتطبيقات التي تهمنا ويكون مسرحها سطح الأرض وحزام الغلاف الجوي القريب جدا من السطح .ويمكن كتابتها كالآتي:

$$\boxed{V_s = \frac{GmM}{R^2}\,h} \qquad (18\text{-}3)$$

وبما أن عجلة السقوط الحر $g = \frac{GM}{R^2}$

وبما أن وزن الجسم = قوة التثاقل الكوني بين الجسم والأرض $= mg = m \times \frac{GM}{R^2}$

فإن طاقة وضع جسم على إرتفاع h من سطح الأرض تصبح:

[redacted] (19-3)

وهو القانون الشهير لحساب طاقة وضع جسم فوق سطح الأرض مقارنة مع طاقة الوضع على سطح الأرض (أي هو عبارة عن فرق في طاقة الوضع).

➢ مثال (3-2)

أوجد طاقة وضع سحابة كتلتها 20Kg بالنسبة لسطح الأرض علما بأنها توجد علي ارتفاع 5Km , خذ عجلة السقوط الحر $10m/s^2$

الحل

$$V_s = m\,g\,h = 20 \times 10 \times 5000 = 10^6\,J$$

➢ مثال (3-3)

أوجد طاقة وضع جسم كتلته 60 kg موجود على سطح الارض علماً بأن نصف قطر الأرض يساوي 6400 km وعجلة السقوط الحر تساوي $g = 10\ m/s^2$ ، وثابت التثاقل $G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$

الحل

من تعريف طاقة الوضع :

$$V = -\frac{GMm}{r}$$

وبما أن قوة التثاقل تساوي الوزن

$$mg = \frac{GMm}{r^2}$$

إذن عجلة الجاذبية (السقوط الحر) g هي:

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

وعليه نجد أن طاقة الوضع تساوي

$$V = -\frac{GM}{r^2}mr = -gmr = -mgr$$

$$= -60 \times 10 \times 6400 \times 10^3 = -384 \times 10^7 \quad J$$

أسئلة تقويم ذاتي



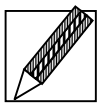
1.عرف طاقة الوضع بدلالة الشغل مع إعطاء مثال توضيحي.

2.اذكر مثالا يوضح استخدام طاقة الوضع لتوليد الطاقة الكهربية .

3. أوجد طاقة الوضع بدلالة القوة والإزاحة في صيغة تكاملية عندما تكون القوة متغيرة ومن ثم أوجد القوة لدالة تفاضلية في طاقة الوضع .

4 . اثبت أن طاقة الوضع التثاقلي بالنسبة لسطح الأرض إرتفاعها h عن سطح الأرض لكل الأجسام القريبة من سطح الأرض واثبت أنها تساوي $V_s = m\ g\ h$.

تدريب(1)



1.أوجد طاقة وضع سفينة فضائية كتلتها 200Kg بالنسبة لسطح الأرض علما بأنها توجد علي ارتفاع 7000Km. فإذا كانت كتلة الأرض 6×10^{24} Kg و الثابت $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ Nm^2/Kg$.

2. أوجد طاقة وضع مركبة فضائية كتلتها 100kg إذا كانت علي بعد 10000km من مركز الأرض علما بان كتلة الأرض تساوى 6×10^{24} kg , وثابت التثاقل $G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$

3.أوجد طاقة وضع سحابة كتلتها 100Kg بالنسبة لسطح الأرض علما بأنها توجد علي ارتفاع 20 km خذ عجلة السقوط الحر $9.8\ m/s^2$.

1.3. 5 طاقة الحركة E_k أو T (Kinetic Energy)

عزيزي الدارس,

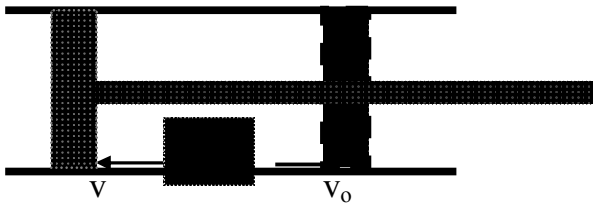
الآن تنتقل إلى دراسة الطاقة الحركية.

- ما هي طاقة الحركة ؟
- وكيف يمكن الحصول عليها؟.

للإجابة على هذا السؤال دعنا نتذكر محرك السيارة لنعرف كيف تتولد هذه الطاقة الحركية. وحسب ما درسناه سابقاً فإن الوقود المحترق داخل اسطوانات المحرك يضغط على المكبس عند احتراقه فيبذل هذا الضغط شغلاً على المكبس فيحركه فيكسبه طاقة حركة. وهذا يعني أن الشغل يولد طاقة حركية.

- ولكن كيف نوجد ذلك رياضيا؟
- و ماهي الصيغة الرياضية لطاقة الحركة؟.

لمعرفة ذلك دعنا نفرض أن المكبس كان ساكناً أي أن سرعته الابتدائية v_o .



فإذا فرضنا أن ضغط الغاز يبذل عليه قوة ثابتة ويحركه بعجلة منتظمة .

عندئذ سيكتسب المكبس سرعة مقدارها v وهي تعطي حسب قوانين الحركة المنتظمة في الصيغة التالية:

$$\boxed{v^2 = v_0^2 + 2ax = 2ax} \qquad (20-3)$$

وذلك لأن $v_o = 0$, و X المسافة التي يتحركها المكبس

ويمكن جعل الطرف الأيمن يعبر عن الشغل بسهولة ويسر بضرب الطرفين في $\frac{1}{2}m$ لنجد أن:

$$\boxed{\frac{1}{2}mv^2 = max = Fx = W}$$

حيث : $F\ x$ = الشغل.

وبما أن الشغل الناتج عن إحتراق الوقود قد تحول إلى طاقة حركية, فإن الطرف الأيسر والذي يساوي الشغل W في الطرف الأيمن يمثل طاقة الحركة E_k (Kinetic Energy) وذلك لأنه يعتمد على السرعة ويزيد بزيادتها. إذن طاقة حركة أي جسم تساوي :

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \qquad (21-3)$$

ونرمز لطاقة الحركة في بعض الأحيان بالرمز T أي أن

$$T = E_k = \frac{1}{2} mv^2 \qquad (22-3)$$

ولطاقة الحركة عدة تطبيقات :

- فطاقة حركة المروحة تحرك الهواء المحيط بنا وتلطف الجو.
- طاقة حركة السيارات تيسر علينا الانتقال من المنزل لاماكن عملنا.
- وطاقة الحركة في المولدات النووية والحرارية تعطينا الكهرباء.

علاقة طاقة الحركة بالشغل

بما أن الشغل(W) = القوة × المسافة

$$W = F.\ x \quad = (m \times a)\ .x$$

ولكن مربع السرعة النهائية من قوانين الحركة في خط مستقيم $\upsilon^2 = \upsilon_0^2 + 2\ a\ x$

بضرب الطرفين في $\frac{1}{2}m$ نجد أن:

$$½m\ \upsilon^2 - ½\ m\ \upsilon_0^2 \quad = \quad m\ a\ x$$

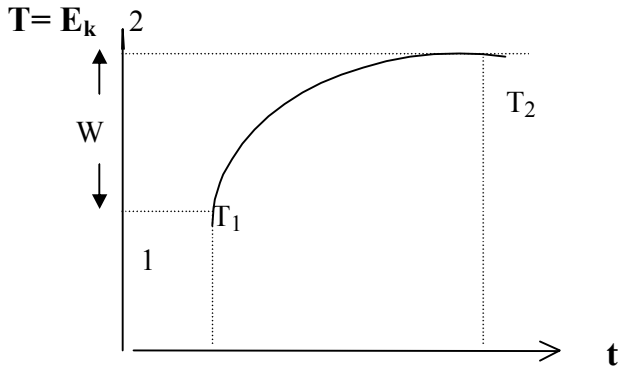
إذن الشغل المبذول= الفرق في الطاقة الحركية

$$T - T_0 \quad = \quad W$$

أو بين أي نقطتين 1 و2 :

$$W = T_2 - T_1 \qquad (23-3)$$

ولان التغيير في طاقة الحركة يساوي الشغل نجد أيضا أن الطاقة الحركية تقاس بالجول J .



شكل (3-3): تغير طاقة الحركة

➢ **مثال (3-4)**

أوجد الشغل المبذول لتغيير طاقة حركة جسيم من 3000 J إلى 12000 J

وكذلك سرعته الابتدائية والنهائية علما بان كتلته = 60Kg

الحل

$$T_2 = \frac{1}{2} m \upsilon_2^2 \quad , \quad T_1 = \frac{1}{2} m \upsilon_1^2$$

من المعادلتين وبالتعويض عن الكتل و قيم الشغل المبذول يمكن أيجاد السرعات

$$1200\ J = \frac{1}{2} m \upsilon_2^2 \quad , \quad 3000\ J = \frac{1}{2} m \upsilon_1^2$$

وعليه تكون سرعته الابتدائية υ_1 = 10 m/s , والسرعة النهائية υ_2 = 20m/s

➢ **مثال ((3-5)**

يتحرك جسم كتلته 3kg في مسار معطى بالمتجه $\mathbf{x=2t^3}$.

أحسب سرعته وطاقة حركته وكمية حركته والقوة المؤثرة عليه عند أية لحظة وكذلك اوجد قيمها عند الثانية الثالثة من حركته.

الحل:



شكل (3-4): إتجاه القوة والطاقة لجسم متحرك

حسب تعريف السرعة نجد أن : $v = \frac{dx}{dt} = 6t^2$

وعليه نجد أن طاقة الحركة تساوي: $T = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 36t^4 = 54t^4$

ونسبة لان العجلة a تساوي تفاضل السرعة لذا نجد أن

ومن تعريف القوة F نجد أن : $a = \frac{dv}{dt} = 12t \quad m/s^2$

$$F = ma = 12\,mt \quad N$$

وبتعويض $m = 3\ kg$ نجد أن القوة تساوي

$$F = 36\,t \quad N$$

أما كمية الحركة أو كمية التحرك فتساوي : الكتلة × السؤعة, أي:

$$P = m\,v = 3 \times 6\,t^2 = 18\,t^2\ kg.m/s$$

وعليه نجد أن سرعة وطاقة الحركة وكمية الحركة والقوة عند الثانية الثالثة يمكن إيجادها بتعويض $(t = 3s)$ لنحصل على

$$v = 6 \times 3\ x3 = 36\ m/s$$
$$T = 54 \times (3)^4 = 54 \times 81 = 4374\ J$$
$$P = 18 \times (3)^2 = 18 \times 9 = 162\ Kg\ m/s$$
$$F = 36 \times 3 = 108\ N$$

أسئلة تقويم ذاتي



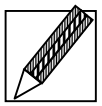
1.عرف طاقة الحركة , ثم اذكر وحدة قياسها.

2. وضح: التغيير في طاقة حركة سيارة عند تأثير قوة مقارها F يعادل الشغل المبذول.

3 . اذكر تطبيقات على الطاقة الحركية.

4. يتحرك جسم كتلته 12,g في مسار يوصف بالمتجه $r = 5t^2$. أحسب طاقة حركة هذا الجسم بعد 10ثانية من بداية حركته .

تدريب(2)



1.يتحرك جسم كتلته 3kg في مسار يوصف بالمتجه $r = t^2$

أحسب سرعته v وطاقة حركته T وكمية حركته P والقوةF المؤثرة عليه عند الثانية الثانية من حركته.

2.تحركت عربة كتلتها 500Kg من السكون وبذلت شغلاً قدره 25000 J لتزيد من سرعتها .اوجد سرعتها v.

3 . يتحرك جسم كتلته 20kg في خط مستقيم يوصف بالمتجه $r = 10\ t^2$,

أحسب طاقة حركة هذا الجسم عند الثانية الثانية والخامسة من بداية حركته والشغل المبذول في هذه الحالة

4. جسم كتلته 20 kg يسقط من إرتفاع 5m فإذا إعتبرت أن طاقة وضع

التثاقل تساوي mgh فإستخدم قانون بقاء الطاقة لايجاد طاقة

حركة الجسم وسرعته عندما يصل للأرض؟

3. 6.1 الطاقة الكلية E

عزيزي الدارس من المعروف أن: **الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم.**

كثيرا ما نسمع هذه العبارة, فما معني هذه المقولة وما هو موقعها هنا في باب الطاقة!!

والناظر لهذه العبارة يدرك ان الطاقة لا تبدد فتفني مما يوحي بعدم نقصانها. كما إنها لا تتولد من العدم وهذا أيضا يدل علي أن قيمتها لا تزيد . فإذا كانت قيمة الطاقة لا تنقص ولاتزيد فهذا يعني أن قيمة الطاقة ثابتة ويسمي هذا القانون بقانون بقاء أو حفظ الطاقة والذي نحن بصدد دراسته و إثباته الآن . وربما تسال عزيزي الدارس وتقول :

- إذا كانت الطاقة لا تفني فلماذا إذن تفني الطاقة الموجودة في البنزين لان بنزين السيارة يتناقص باستمرار مع حركة السيارة ؟
- ولماذا تفني الطاقة النووية بإنشطار اليورانيوم ؟

والإجابة علي هذا السؤال بسيطة جدا .

أولا: فطاقة البنزين الكيمائية لا تفني و إنما تتحول إلى طاقة حرارية وهذه بدورها تتحول إلى طاقة ميكانيكية تبذل شغلا فتقطع مسافة.

ثانيا: طاقة اليورانيوم النووية تتحول إلى طاقة حرارية أيضا حيث يمكن تحويلها إلى طاقة ميكانيكية ومن ثم إلى طاقة كهربائية كما يحدث في محطات الطاقة الكهربائية النووية.

فالطاقة قيمتها ثابتة وعندما يحدث تحول من نوع لاخر تنقص قيمة الأولى وتزيد قيمة الثانية . وتعتبر تحويلات الطاقة مهمة جدا في حياتنا حيث تحول الطاقات الكامنة في المخلوقات لطاقات مفيدة للإنسان . فطاقة الفحم والغاز نحولها لطاقة حرارية نستفيد منها في أغراض الطهى وفي المحركات. وطاقة الماء التثاقلية في الخزانات نستفيد منها في الطاقة الكهربية . وطاقة النفط الكيمائية نحولها لطاقة حركية في السيارات والناقلات .

فإذا كان موضوع الطاقة وتحولها من صورة لأخرى وثبات قيمتها بهذه الأهمية .

- فما هو هذا القانون ؟
- وهل نستطيع إثبات هذا القانون ؟

للإجابة على هذا السؤال دعنا نلقي نظرة على علاقة الشغل بطاقتي الحركة والوضع المبينتين في المعادلتين (3-13) و(3-23) حيث نجد أن:-

$$W = V_1 - V_2 = T_2 - T_1$$

وعليه تكون:

$$\boxed{T_1 + V_1 = T_2 + V_2} \quad (24-3)$$

بالنظر لهذه المعادلة عزيزي الدارس يتضح لنا أن:

> مجموع طاقتي الحركة T والوضع V عند النقطة $a \equiv 1$ تساوي مجموع طاقتي الحركة والوضع عند النقطة $b \equiv 2$.

وبنفس الطريقة يمكن إثبات أن مجموع طاقتي الحركة والوضع عند $b \equiv 2$ يساوي مجموعهما عن النقطة $c \equiv 3$. ويمكن تعميم هذه النتيجة لتشمل كل النقاط الواقعة على مسار الجسم لنجد أن

$$\boxed{T_1+V_1=T_2+V_2=T_3+V_3=T_4+V_4} \quad (25-3)$$

أي أن:

> مجموع طاقتي الحركة والوضع لها قيمة ثابتة لا تتغير عند انتقال الجسم من نقطة لأخرى على طول مساره.

وذلك إذا لم تتحول الطاقة إلي طاقة اخرى مثلا حرارية أو كيميائية. وإذا لم يحدث ذلك التحول فإن الطاقة الكلية E (E =Total Energy) للجسم تساوي مجموع طاقتي الحركة والوضع أي أن:

$$E = T + V \quad (26-3)$$

فإذا عوضنا هذه الصيغة في المعادلة (3−25) فإننا نحصل على

$$\boxed{E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = \ldots} \quad (27-3)$$

أما أن الطاقة الكلية لها نفس القيمة عند كل النقاط على مسار الجسم حيث لا تتغير قيمتها عند انتقال الجسم من نقطة لأخرى فإنها تعني أن الطاقة الكلية E ثابتة أي أن

$$\boxed{E_1 + E_2 + E_3 + E_4 = .. = \text{Constant}}$$

$$E = \text{Constant} \quad \text{ثابت} = \quad (28-3)$$

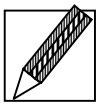
وتسمى هذه العلاقة **بقانون بقاء الطاقة أو قانون حفظ الطاقة.**

أسئلة تقويم ذاتي



1. أعط مثالين لتحويلات الطاقة التي تستخدم فيها الطاقات الكامنة في الكائنات لتحول لطاقات مفيدة للإنسان.
2. ما هي علاقة الطاقة الكلية بالشغل و أعط امثلة عملية تثبت علاقتها بطاقة الحركة والوضع.
3. كيف نستطيع تفسير تحويلات الطاقة علي ضوء مفهوم الطاقة لاتفني ولا تستحدث.
4. مستخدما علاقة طاقتي الحركة والوضع بالشغل اثبت أن الطاقة الكلية ثابتة.

تدريب(3)



1. قذف جسم كتلته 2Kg من سطح الأرض بسرعة 30m/s إلى اعلي فارتفع حتى صارت سرعته20m/s . أوجد طاقة وضعه وطاقته الحركية عندئذ علما بان عجلة السقوط$g = 10m/s^2$.
2. اسقط شخص جسما كتلته 5Kg من قمة عمارة متعددة الطوابق ارتفاعها 60m بسرعة 50m/s .أوجد طاقة حركتهT وطاقة وضعهV عندما يصل إلى الأرض ثم طاقتة الكلية E عند القمة وعند سطح الارض .
3. مستخدما قانون بقاء الطاقة في المجال التثاقلي احسب أقصي ارتفاع يصل إليه جسم قذف من سطح الأرض بسرعة 30m/s.
4. سقط جسم كتلته 10Kg من ارتفاع 200m من سطح الأرض
   أ) جد الشغل الذي يبذله حتى يصل سطح الأرض
   ب) جد طاقته الحركية والوضعية عندما يكون علي ارتفاع 100m وقارنه بالطاقة الكلية.

7.1.3. القدرة (P_r) Power

إذا أردت شراء مصباح كهربي فإنك ستسأل صاحب الأدوات الكهربائية عن عدد شمعات المصباح لانك تعلم إنها تحدد لك مدى استهلاك المصباح للطاقة الكهربائية . وإذا أخذت أي جهاز كهربائي فانك ستجد مجموعة من البيانات والأرقام مكتوبة عليها حيث ستجد بيانات مثل 100Watt أو (100w) أو 25wat (25w) أو 15watt (15w).

- فما هي الشمعة
- وما هو الوات (watt)

والإجابة على هذا السؤال تكمن في حقيقة أن استهلاك الأدوات الكهربية للكهرباء يقاس بالطاقة التي تستنفذها في الثانية أو في الساعة أو في اليوم أو في أي وحدة زمنية مناسبة. وتسمى الطاقة المستنفذة في وحدة الزمن بالقدرة ونرمز لها بالرمز P_r.

ووحدتها الواط (watt) المسماة على إسم العالم(Watt) (كانت الشمعة تستخدم كوحدة لشدة الإضاءة في المصابيح والرتاين ولهذا استمر الإستخدام الشعبي للشمعة بدلا عن الواط). وهذا يعني أن المقدار الفيزيائي الذي يقيس الطاقة المستنفذة في ثانية مهم جدا لنا حتى نتمكن من شراء الجهاز الذي يستهلك طاقة اقل في الثانية الواحدة إذا كان بنفس جودة الأجهزة ذات الاستهلاك العالي للطاقة . ونسمي هذا المقدار الفيزيائي بالقدرة .

وعليه فإن قدرة منظومة لبذل شغل مقداره dW في زمن قدره dt ثانية يساوي **القدرة** وتعرف القدرة بأنها:

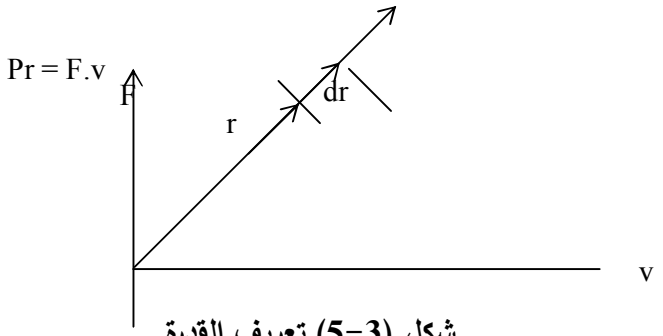
هي الطاقة أو الشغل المبذول في وحدة الزمن (الثانية)

وبناءاً علي هذا التعريف يمكن إيجاد الصيغة الرياضية للقدرة P_r. فإذا فرضنا أن جسما ما بذل شغلا مقداره W في زمن مقداره t

فان قدرته P_r = W/t = الشغل/الزمن = الشغل المبذول في ثانية

فإذا اعتبرنا أن القوة المؤثرة علي الجسم ثابتة, فان الشغل:

$$W = \frac{F \cdot r}{t} \qquad (29\text{-}3)$$



شكل (3–5) تعريف القدرة

وعليه تصبح القدرة في الصيغة التالية:

$$P_r = \frac{F.r}{t} = F.\frac{r}{t} = F.v \qquad (30\text{-}3)$$

ويمكن الحصول علي نفس هذه العلاقة عندما يبذل جسم شغلا صغيرا جدا مقداره d W خلال فترة زمنية صغيرة جدا مقدارها d t فتصبح القدرة هي :

$$P_r = \frac{dW}{dt}$$

وبما إن $dW = F.dr$

إذن :

$$P_r = \frac{dW}{dt} = F.\frac{dr}{dt} = F.v$$

حيث أن السرعة $v = dr / dt$

وحدة القدرة :

وبما أن القدرة هي الشغل المبذول في وحدة الزمن أو في الثانية

$$P_r = \frac{dw}{dt}$$

ولكن الشغل يقاس بوحدة الجول (J) والزمن يقاس بوحدة الثانية

إذن الوحدات هي:

اولا : الجول لكل ثانية = J / s = واط watt (w).

ثانيا ً : هناك وحدات أخري اكبر من الواط منها

- الكيلوواط Kw (Kw=kilowatt) =الف واط
- والميقا واط Mw (mega watt) = مليون واط

أي أن : 1 Kw = 1000w

1 Mw = 1000000w

وتستخدم وحدات الميقاواط عادة لقياس مدى مقدرة المحطة الكهربائية علي إنتاج الطاقة .فسد مروي سينتج 1250 ميقاواط بينما ينتج خزان الرصيرص فقط حوالي 300 ميقاوات

➢ مثال (3-6)

هبط رجل بمظلة من طائرة علي ارتفاع 150m وإذا كانت كتلته هو والمظلة 100kg فإذا آخذت المظلة 10 ثوان قبل أن يفتح المظلة, أوجد قدرته عند هذه الثانية . علما بان الرجل سقط من السكون .

الحل :

$$F = ma = mg = 100 \times 10 = 1000\ N$$

كتل الرجل = 100kg , m ارتفاع = 150m = r

نوجد السرعة من المعادلة

$$v = v_0 + at = 0 + 10 \times 10 = 100 m/s$$

القدرة

$$P_r = F \cdot v = 1000 \times 100 = 100000\ w$$

➢ مثال (3-7)

جسم كتلته 2kg يسير في مسار يوصف بالمتجه $r = 2t^3 + 5$ أوجد سرعته وعجلته وقدرته عند أية لحظة وكذلك اوجد قيمها الثانية الخامسة .

الحل:

السرعة = المسافة ÷ الزمن بتفاضل المعادلة السابقة نتحصل علي السرعة

$$v = dr / dt = 6t^2$$

أما العجلة = معدل السرعة بالنسبة للزمن

$$a = dv/dt = 12t$$

القوة = الكتلة× العجلة $F = m \times a$

$$F = 2 \times 12\,t = 24\,t\,N$$

إذن القدرة $P_r = F.\ v = 24\,t \times 6\,t^2 = 144\,t^3\,w$

سرعته عند الثانية الخامسة $v = 6\,t^2 = 6 \times 25 = 150 m/s$

وعجلته $a = 12\,t = 12 \times 5 = 60\ m/s^2$

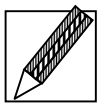
وقدرته $P_r = 144 \times 125 = 18000\ w$

أسئلة تقويم ذاتي



1. ما هو المقدار الفيزيائي الذي يقيس مدي استهلاك الأجهزة للطاقة الكهربية.
2. ما هي الوحدات التي تقاس بها القدرة وما هي علاقتها بوحدات الشغل .
3. مستخدما تعريف القدرة بدلالة الشغل اثبت أن القدرة P_r تساوي حاصل ضرب القوة F في السرعة v . أي أن : $P_r = F.v$

تدريب(4)



1. يتحرك قطار من السكون بعجلة منتظمة مقدارها $2m/s^2$. فإذا كانت كتلته تساوي 100000kg أوجد قدرته بعد 5s .
2. إلكترون كتلته 9.1×10^{-31} kg يعجل من السكون لتصل سرعته إلى $10^7 m/s$. أوجد القدرة اللازمة لتعجيل 10^{20} إلكترون بهذه السرعة؟ **(الإجابة: العجلة = $2.5\ ms^{-2}$, القدرة 45.5 w)**
3. تحركت سيارة من السكون فأصبحت سرعتها 20m/s بعد مضي أربعة ثوان . فإذا كانت كتلتها 120kg . فاوجد قدرتها عند الثانية الرابعة . **(الإجابة: االعجلة $5\ ms^{-2}$, القدرة 12000 w)**

2.3.قوانين كبلر والأقمار الصناعية

عزيزي الدارس

تعتبر الظواهر الفلكية من أقدم الظواهر التي لفتت انتباه الإنسان.حيث استخدم النجم القطبي للتعرف على اتجاه الشمال لملاحظته انه ثابت في مكانه طول الوقت. وقد ظلت النجوم خير معين للإنسان في معرفة الاتجاهات في متاهات الصحاري والبحار والمحيطات.

- وقد سجل الصينيون مشاهداتهم وملاحظاتهم عن الشمس والقمر والكواكب منذ أقدم العصور. فاهتموا بدراسة الشمس والقمر وقدروا طول السنة الشمسية بثلاثمائة وخمسة وستين يوماً وربع اليوم.
- ثم تلاهم اليابانيون الذين صمموا المزولات لقياس الزمن وقدروا طول السنة الشمسية بـ 360 يوما.
- كما استحدثوا تقويماً قمرياً طول الشهر فيه يتراوح بين ثلاثين وتسعة وعشرين يوماً.
- أما حضارة وادي النيل التي قامت في السودان ومصر فقد ساهمت بدورها في علم الفلك فقدروا طول السنة الشمسية بدقة وتوصلوا أنها تساوي $365\frac{1}{4}$ يوم وكانت سنتهم تبدأ في يوليو مع فيضان النيل أو طلوع نجم الشعري اليمانية وهذه السنة لازالت مستخدمة وتسمى اليوم بالسنة القبطية وإن كانت بداية التاريخ بها قد تغيرت عن بدايتها الأصلية. ولازالت شهور هذه السنة كلها 30 يوما بالإضافة الى خمسة ايام تسمى ايام النسيئ تضاف سنويا وهناك يوم سادس يضاف كل 4 سنوات. ولازالت شهور هذه السنة تستخدم في الزراعة في مصر وفي شمال السودان ومن أشهر هذه الشهور شهر طوبه حيث البرد الشديد وشهر امشير حيث الرياح الشتوية.
- كما استخدموا لحساباتهم العلمية معادلات وصيغ رياضية فكانوا من أولئك الذين حاولوا صياغة قوانين رياضية لتفسير مشاهداتهم.
- واستخدموا المزولات لقياس الزمن.
- واستفاد الإغريق من تراث كل هؤلاء فقاموا بالتعرف على الكواكب والنجوم وعرفوا أن الأرض كروية وقاموا بقياس نصف قطر الأرض.
- وساهمت الحضارة الإسلامية أيضاً في علم الفلك فحاول العلماء المسلمون قياس أبعاد

الشمس والقمر والكواكب عن الأرض. وقاموا بحساب نصف قطر الأرض وإرتفاع الغلاف الجوي. ورصدوا مواقع النجوم وصمموا أجهزة دقيقة للرصد. وقدم عالمهم الطوسي كتاباً عن حساب المثلثات الكروي وهو أول من أستحدث هذا النوع من الرياضيات. وطوروا علم الرياضيات مثل الجبر وحساب المثلثات لتعينهم على أجراء حساباتهم الفلكية.

- وقد استفاد الأوربيون من ذلك اكبر فائدة فوضعوا نظريات عن المنظومة الشمسية فاعتبروا الشمس مركزا تدور حوله جميع الكواكب.

لقد كان العالم تيخو براهي في نهاية القرن السادس عشر مجودا للقياسات فجمع ذخيرة من القياسات لعامة مواقع الكواكب. وعمل معه جون كبلر فاستفاد من مشاهداته الدقيقة في صياغة قوانينه المعروفة باسم **قوانين كبلر**.

1.2.3. قوانين كبلر Kepler's Laws

عزيزي الدارس, حاول العالم كبلر معرفة:

- شكل مسار الكواكب حول الشمس
- وكم يكون زمن دورة كاملة حول هذا المسار؟.

وللإجابة قام كبلر بدراسة القياسات التي قام بها العالم تيخو براهى. فحاول تطبيق مشاهدات براهي على مواضع كوكب المريخ وتحديد شكل مساره. وبعد دراسة استمرت خمسة أعوام توصل كبلر إلى أن المسار الوحيد الذي يتفق مع المشاهدات هو المسار الاهليلجي (البيضاوي المسطح).

والشكل الاهليلجي هو شكل يشبه ثمرة شجرة تسمى بالاهليليج. والشكل الاهليليجي يشبه رسمة البيضة على الورقة لذا يسمى الشكل الاهليليجي أيضا بالشكل البيضاوي (الشكل(3−17))

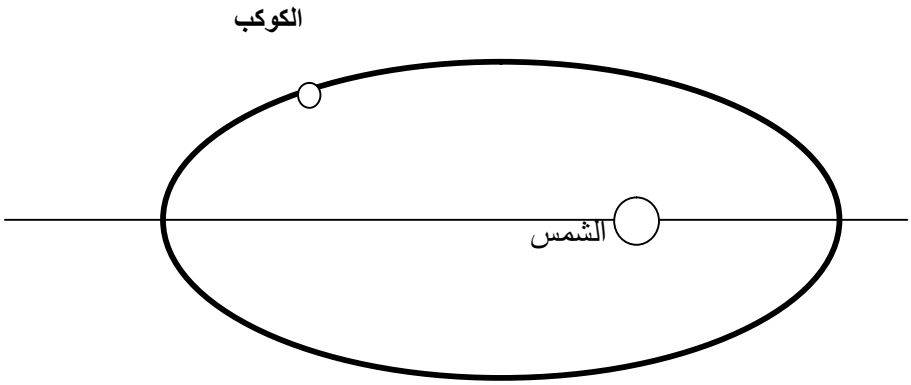
وقد توصل كبلر لثلاثة قوانين تحكم حركة الكواكب حول الشمس. وتسمى هذه القوانين بقوانين كبلر.

1.1.2.3. قانون كبلر الأول

و ينص على أن:

شكل مدار الكوكب حول الشمس هو الشكل الاهليليلجي حيث تقع الشمس في إحدى بؤرتي هذا المدار الاهليليجي.

ويسمى قانون كبلر الأول هذا أيضاً **بقانون المـدارات**



شكل(3-6): الشكل الاهليليجي يوضح الشمس ومدار كوكب حولها

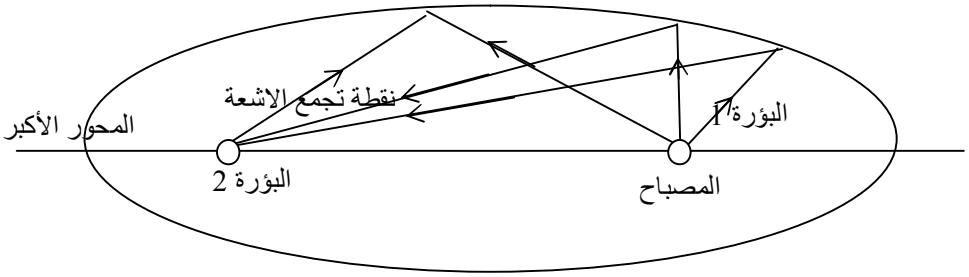
فماذا نعني ببؤرة المدار الإهليلجي؟

يمكن فهم ذلك من تعريف البؤرة في علم البصريات. حيث تعرف البؤرة:

بأنها هي النقطة التي تتجمع عندها كل الأشعة المتوازية الساقطة على مرآة كرية محدبة بعد إنعكاسها منها.أو النقطة التي تتجمع عندها كل الأشعة المتوازية الساقطة على عدسة محدبة بعد مرورها خلالها.

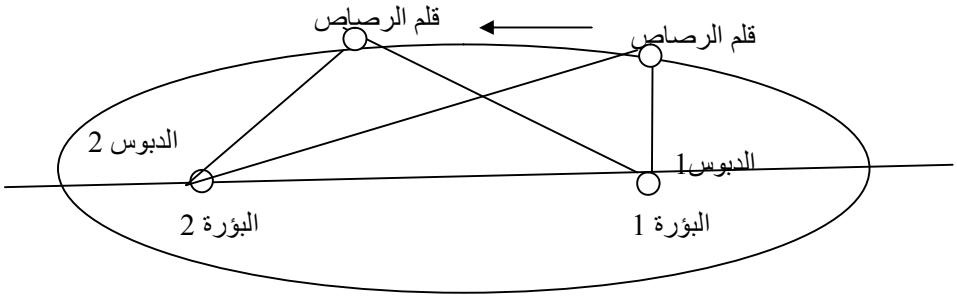
ويمكن تحديد بؤرتي المدار الاهليليجي بامرار مصباح على الخط الذي يقسم مرآة اهليليجية لنصفين متساويين والذي يسمى بالمحورالأكبر (الشكل(3-7)).

شكل (3–7) بؤرتي المدار الاهليليجي



فعندما يصل المصباح إلى نقطة معينة على المحور الأكبر, نجد أن كل الأشعة المنعكسة من المرآة تتجمع عند نقطة أخرى على المحور وتسمى هذه النقطة بالبؤرة كما تسمى النقطة التي يوجد عندها المصباح بالبؤرة أيضاً لأنه لو وضعنا المصباح في البؤرة 2 لتجمعت في البؤرة 1 , (الشكل (3–7)) .

الشكل (3–8) يوضح كيفية رسم الشكل الإهليلجي على وؤقة بإحضار خيط وتوصيل طرفيه ببعضهما ثم بعد تثبيت دبوسين على الورقة بحيث تكون بينهما مسافة معقولة يمرر الخيط حول الدبوسين ثم يوضع قلم رصاص داخل الخيط ويشد الخيط بقلم الرصاص مع تحريك القلم على الورقة. عندها سنجد أن المسار الذي يرسمه القلم هو المسار الاهليليجي. وعندئذ يكون موضع الدبوسين هو موضع بؤرتي الشكل الاهليليجي



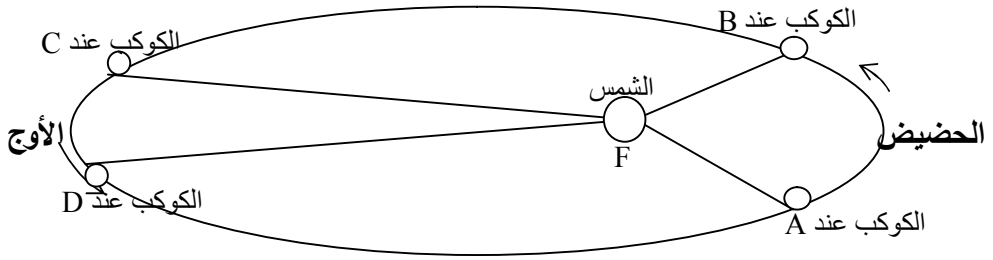
شكل(3–8) طريقة الخيط والدبوسين لرسم الشكل الإهليلجي

2.1.2.3. قانون كبلر الثاني

ينص القانون الثاني على أن:

الخط الذي يصل بين الشمس وأي كوكب يمسح مساحات متساوية في أزمنة متساوية

ويسمى هذا القانون أحيانا **بقانون المساحات.**



شكل (3-9): قانون المساحات

وعلى ضوء هذا القانون نجد أن مساحةالشكل FAB تساوي مساحة الشكل FCD شريطة أن يكون الزمن الذي يستغرقه الكوكب في الحالتين واجد.

تسمى النقطة التي يكون فيها الكوكب في مداره أقرب ما يكون للشمس بنقطة الحضيض. بينما تسمى النقطة التي يكون فيها الكوكب في مداره ابعد ما يمكن عن الشمس بالاوج

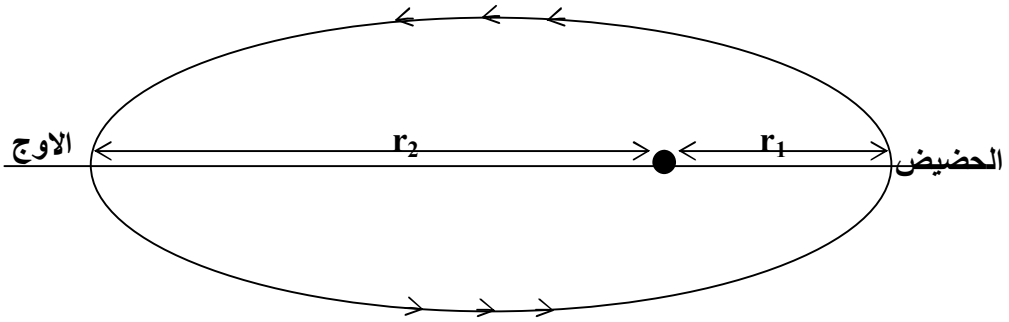
2.1.2.3 .قانون كبلر الثالث

ينص القانون الثالث على أن:

مكعب متوسط المسافة بين الشمس والكوكب يتناسب طردياً مع مربع الزمن الدوري

ونعني بالزمن الدوري (T= period):

الزمن الذي يحتاجه الكوكب لكي يدور دورة كاملة حول الشمس.



شكل (3–10) : نقطتي الاوج والحضيض وحساب متوسط المسافة بين الأرض والشمس

أما متوسط المسافة من الكوكب إلى الشمس يمكن حسابها من نصف القطر الاصغر $\mathbf{r_1}$ الذي يساوي المسافة بين الشمس ونقطة الحضيض ومن نصف القطر الأكبر $\mathbf{r_2}$ والذي يمثل المسافة بين الشمس ونقطة الاوج. وعليه يكون متوسط المسافة بين الشمس والكوكب هو r

$$r = \frac{r_1 + r_2}{2}$$

ويمكن صياغة قانون كبلر رياضياً في الصورة التالية:

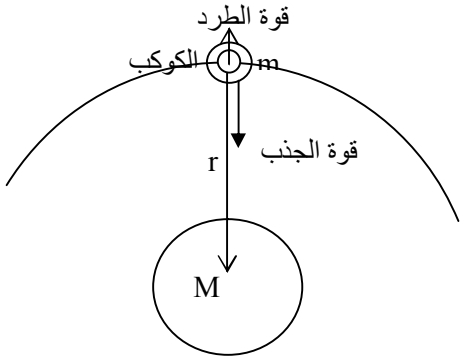
$$r^3 \alpha T^2 \qquad (31-3)$$

إثبات قانون كبلر الثالث

ينص القانون الثالث على أن مكعب متوسط المسافة بين الشمس والكواكب r يتناسب طردياً مع مربع الزمن الدوري للكوكب T. وعليه يكون المطلوب هو إثبات أن:

$$r^3 \alpha T^2 \qquad (1)$$

و لاثبات هذه العلاقة أفرض أن



شكل (3–11) : القوى على الكوكب الذي يدور حول الشمس

كتلة الشمس M وكتلة الكوكب m والمسافة بين الشمس والكوكب تساوي r . لذا تكون قوة الجذب التثاقلي بين الكوكب والشمس هي:

$$F_g = \frac{GmM}{r^2} \qquad (2)$$

حيث G ثابت التثاقل الكوني.

كما أن قوة الجذب المركزية F_c تساوي (c = centripetal)

$$F_c = \frac{mv^2}{r} \qquad (3)$$

وتمثل v هنا السرعة المدارية للكوكب. وبما أن مدار الكوكب ثابت. فهذا يعني أن قوة الجذب المركزية F_c تساوي قوة الجذب التثاقلي F_g. أي أن:

$$F_c = F_g$$

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GmM}{r^2} \qquad (4)$$

وباختصار m من الطرفين وضربهما في r^2 نجد أن:

$$rv^2 = GM \qquad (5)$$

وبما أن سرعة الكوكب v تساوي:

$$v = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{المحيط}}{\text{الزمن الدوري}} = \frac{2\pi r}{T}$$

بتعويض العلاقة (6) في (5) نجد أن :

$$r\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 = GM$$

$$\frac{4\pi^2 r^3}{T^2} = GM$$

$$r^3 = \frac{GM}{4\pi^2} T^2 \qquad (7)$$

ولأن كل من G و M و π ثوابت في (7) من ثم نجد أن:

$$r^3 \alpha T^2 \qquad (32-3)$$

أسئلة تقويم ذاتي

1. اذكر نصوص قوانين كبلر الثلاثة
2. اشرح شرحا مبسطا الشكل الإهليلجى ووضح خواصه وكيفية رسمه.
3. عرف الزمن الدوري وكل من نقطتي **الحضيض و** الاوج.
4. ما دور الحضارة النوبية في التقويم الفلكي
5. ما دور الحضارة الإسلامية في علوم الفلك.
6 قانون كبلر الثاني يسمي أحيانا بقانون المساحات

2.2.3 الأقمار الاصطناعية والسفن الفضائية

عزيزي الدارس ,

كانت فكرة السفر إلى الفضاء تراود الإنسان منذ قديم الزمان وذلك لحبه الشديد للمغامرات ولشوقه الدائم لارتياد المجهول. وقد تجلى هذا الشوق في قصص الخيال العلمي التي كانت تروى قصصاً عن سفر الإنسان للفضاء الخارجي.

وقد تمكن العلماء فعلاً في القرن العشرين من إرسال سفن فضائية للفضاء الخارجي للأرض وسافر الإنسان إلى الفضاء ومازالت تدور كل فترة مجموعة من الناس حول الأرض كذلك أطلقوا سفن فضائية تدور حول الأرض مثل القمر فأسموها بالأقمار الاصطناعية.

وتستخدم هذه الأقمار الاصطناعية لأغراض مختلفة:

1) فهي تستخدم لنقل الإشارات اللاسلكية حيث تنقل الصور والبرامج التلفزيونية من دولة إلى دولة أخرى ومن قارة إلى قارة مباشرة وعلى نطاق واسع. فاصبح الناس يشاهدون الأحداث المهمة مثل الأحداث السياسية ومباريات كرة القدم من موقع الحدث مباشر في كل أصقاع الكرة الأرضية. ويستخدم القمر الاصطناعي أيضاً لنقل المكالمات الهاتفية بين أي بقعتين في العالم تقريباً.
2) وتستخدم بعض هذه الأقمار أيضاً في رصد النجوم والكواكب والأجرام السماوية بصورة أدق و أوضح حيث أنها عبارة عن تلسكوبات تتميز الصور الملتقطة بواسطتها بالوضوح والدقة.
3) ويستفاد من بعضها في اكتشاف الثروات الطبيعية الكامنة في الأرض وتسمى هذه التقنية بتقنية الاستشعار عن بعد
4) وكذلك تستخدم في رصد تحركات السحب والرياح وفي التنبؤات الجوية بصفة عامة وتعرف بأقمار الارصاد الجوية.

وقد أطلق الروس:

- لأول مرة أول قمر اصطناعي يدور حول الأرض في4/10/1957.
- ثم قمراً آخر يوم 3/11/1957 ولكنه كان يحمل كلبة إسمها لايكا هذه المرة. وقد ماتت في الفضاء لأنه لم يكن في ذلك الوقت إمكانية لإعادتها إلى الأرض مرة اخري. وقد أثار موتها في الفضاء إحتجاج جمعيات الرفق بالحيوان في الدول الغربية.

وقد أثار هذا السبق ذعر الأمريكان وكان أول ما فكروا فيه هو تغيير مناهجهم وتطويرها لعلمهم التام بأنها هي مفتاح العلم والتقدم والتقنية فقاموا بإطلاق:

- قمراً في 31/1/1958
- ثم أطلقوا قمراً آخر للاتصالات أسموه تلستار في 1962 /9/7 وكان الغرض منه:

اولا: نقل البرامج والصور التلفزيونية
ثانيا: نقل المكالمات الهاتفية والإشارات البرقية

وكان هذا القمر عبارة عن مرآة عاكسة توجه إليها الموجات اللاسلكية الحاملة للإرسال التلفزيوني فيعكسها إلى الأرض فتغطي مساحات واسعة في سطح الأرض فتلقط بواسطة هوائيات ضخمة لأن الإشارات المنعكسة كانت ضعيفة جدا. وقد تطورت الأقمار الاصطناعية بعد ذلك فأصبحت تتلقى الإشارات ثم تقوم بتكبيرها وتعيد إرسالها إلى الأرض فتلتقط بواسطة إطباق اصغر (أي ليست عاكسة).

1.2.2.3. أنواع الأقمار الإصطناعية

الأقمار الاصطناعية نوعان:

أولا: نوع يدور حول الأرض على ارتفاعات منخفضة (تتراوح بين ارتفاع 300 كلم إلى 1000 كم) فوق سطح الأرض.

- بعضها يستخدم للتجسس ولتصوير الأهداف العسكرية
- ويستخدم البعض الآخر في تصوير ودراسة سطح الارض باستخدام كاميرات

وأجهزة طيفية معينة بغية استكشاف ثروات الارض أو رصد ظواهر معينة.

- كما يستفاد من هذا النوع من الأقمار في الأرصاد الجوية لرصد تحركات السحب وحركة الرياح وتغيرات درجة الحرارة.

ثانيا: نوع يدور حول الارض على ارتفاعات عالية نسبياً حيث توضع هذه الأقمار على ارتفاع 36000كلم تقريباً من سطح الأرض :

- ويستفاد من هذه الأقمار الاصطناعية في الاتصالات.
- وتستخدم هذه الأقمار لنقل الصور التلفزيونية والبرامج الإذاعية والمكالمات الهاتفية.

وبرزت الحاجة لهذه الاقمار لاستحالة إرسال الموجات الكهرومغناطيسية الحاملة للصور التلفزيونية والأصوات الإذاعية لمسافات بعيدة,

وذلك عزيزي الدارس لأن

اولا : هذه الموجات تسير في خطوط مستقيمة و ولا تنحني مع إنحناء سطح الأرض ولذلك لا يمكنها الوصول إلا لاجزاء محدودة على الكرة الأرضية.ح

ثانيا : كما أن وجود الحواجز مثل الجبال الشاهقة على سطح الأرض أيضا يمنع من وصول الموجات الكهرومغناطيسية للمناطق خلفها.

هذه الأسباب استدعت استخدام الأقمار الاصطناعية لإرسال موجات التلفزيون والراديو لكل أنحاء الكرة الأرضية. ويتم إرسال الموجات الكهرومغنطيسية الحاملة للبرامج أو المكالمات للقمر الاصطناعي باستخدام طبق فضائي. حيث يقوم القمر بالتقاط هذه الإشارة ليقوم بتقويتها وبثها مرة أخرى للأرض لتغطي مساحة واسعة من سطح الأرض حيث تستقبل هذه الإشارات اللاسلكية بواسطة أطباق فضائية توجه ناحية القمر المعني. ولكي يكون اتجاه الأطباق المرسلة والمستقبلة ثابتاً كان لابد أن يكون موقع القمر ثابتاً بالنسبة للأرض وهذا يستدعي أن تضبط سرعة القمر وارتفاعه بحيث يكون بنفس سرعة دوران الأرض حول نفسها

لذا فإن القمر لابد أن يكمل دورة كاملة كل 24 ساعة.

ملاحظة

وقد وجد أن أنسب إرتفاع يجعل القمر يدور بنفس سرعة دوران الأرض حول نفسها هو حوالي 36000 كلم فوق سطح الأرض.

وسنقوم بحساب هذا الإرتفاع لاحقا.

ويمكن تغطية كل الكرة الأرضية بثلاثة أقمار اتصالات فقط. وتوجد في الفضاء الآن عدد كبير من الأقمار الاصطناعية التي تدور حول الأرض.

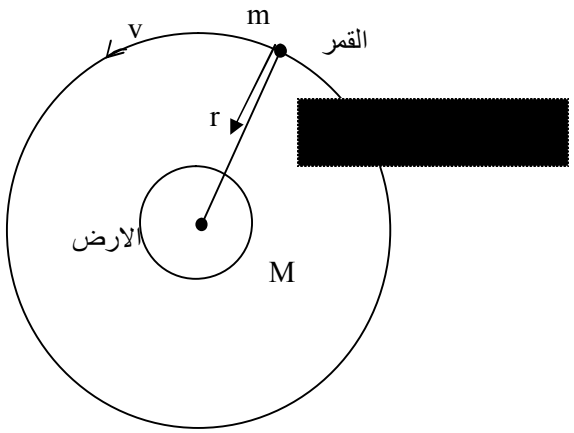
2.2.2.3 . سرعة و إرتفاع القمر الصناعي

السرعة الفلكية الأولى: عندما يدور قمر صناعي كتلته m حول الأرض في مسار دائري نصف قطره r, فإن هناك قوتان تؤثران على القمر هما:

اولا: قوة الجذب المركزي (F_c) Centripetal Force

$$\frac{mv^2}{r} = F_c \qquad (33\text{-}3)$$

حيث v تمثل سرعة القمر و m كتلة القمر



شكل (3–12):القوى المؤثرة على الأقمار الإصطناعية

ثانيا: قوة الجذب التثاقلي للأرض:

$$F_g = \frac{GmM}{r^2} \qquad (34\text{-}3)$$

حيث أن : gravity Force = F_g

و ثابت التثاقل الكوني =G و M =كتلة الأرض

ولكي يحتفظ القمر بمدار ثابت فلابد أن تساوي قوة الجذب المركزي مع قوة الجذب التثاقلي أي أن :

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GmM}{r^2} \qquad (35\text{-}3)$$

وباختصار m , r في طرفي المعادلة السابقة نجد أن :

$$v^2 = \frac{GM}{r}$$

وهذه هي السرعة اللازمة لكي يدور القمر الإصطناعي حول الأرض وتسمى **السرعة الفلكية الأولى.**

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \qquad (36\text{-}3)$$

حيث أن **السرعة الفلكية الأولى هي السرعة اللازمة لإطلاق جسم من الأرض لكي يدور حول الأرض.**

لاحظ أن هذه السرعة لا تتوقف على كتلة الجسم (القمرالإصطناعي)

حساب السرعة الفلكية الاولى:

فإذا إفترضنا أن القمر قريباً جداً من سطح الأرض فإن r يمكن اعتبارها مساويا تقريباً لنصف قطر الأرض R .وبما أن كتلة الأرض

$$M = 6\times10^{24}\ kg$$

و ثابت التثاقل الكوني $G = 6.67\times10^{-11}\ \ N.M^2/kg^2$

إذن السرعة الفلكية الأولى من (3-29) تساوي

$$v \approx \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{\frac{6.67\times10^{-11}\times6\times10^{24}}{6.4\times10^{6}}} =$$

$$790.67 \approx 8000\ m/s \approx 8\ km/s$$

أي أن سرعة القمر في مداره يجب أن لا تقل عن 8 كلم في الثانية تقريباً حتى يتمكن من الدوران حول الأرض وإذا قلت عن هذه السرعة فإنه سيسقط لا محالة ، ولذلك تطلق الأقمار

الإصطناعية لتدور في مدارات ثابتة بأكثر من هذه السرعة حسب إرتفاع المدار عن سطح الأرض .

إرتفاع أقمار الاتصالات:

ارتفاع الأقمار الصناعية المستخدمة في الاتصالات يمكن إيجادها من العلاقة (3−36) مع الأخذ في الاعتبار حقيقة أن قمر الاتصالات يدور دورة واحدة كل 24 ساعة مما يعني أن:

زمنه الدوري T يساوي $T = 24 \times 60 \times 60 \text{ s} = 86400 \text{ s}$

وبما أن القمر يقطع محيط المدار $2\pi r$ بسرعة v في كل دورة لذا نجد أن:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المحيط}}{\text{الزمن}} = \frac{2\pi r}{T} \qquad (37\text{-}3)$$

وبتعويض هذه العلاقة في المعادلة (3−36) نجد أن:

$$\frac{2\pi r}{T} = v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

$$\therefore \frac{(2\pi r)^2}{T^2} = \frac{GM}{r}$$

$$\therefore r^3 = \frac{4M}{4\pi^2} T^2$$

وبتعويض قيم T,M,G نجد أن ارتفاع القمر الصناعي يساوي

$$r = \left(\frac{GM}{4\pi^2} T^2\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{6.67\times10^{-11}\times6\times10^{24}\times(24\times60\times60)^2}{4\times3.14\times3.14}\right)^{\frac{1}{3}} = 42297\times10^3 \text{ m}$$

$$r = 42297 \text{ km}$$

وهي تمثل نصف قطر مدار قمر الاتصالات.

أما إرتفاع القمر فوق سطح الارض h فتساوي:

$$h = r - R = 42297.5 - 6400 = 35900 \text{ km}$$

نصف قطر المدار ← r

نصف قطر الارض ← R

أي حوالي36000 كم كما ذكرنا سابقا.

➢ **مثال** (3-9)

يدور قمر حول الارض على ارتفاع 600km من سطح الأرض فإذا كان نصف قطر الارض 6400km, وكتلة الارض 6×10^{24}kg, وكتلة القمر تساوي 2000kg ,فأوجد سرعة القمر وزمنه الدوري وتردده وسرعته الزاوية $G=6.67\times10^{-11}$N.m2

الحل

كتلة القمر = $m = 2000kg$

بعد القمر عن مركز الأرض $r = 6400 + 600 = 7000 \text{ km}=7000\times10^{3}m$

كتلة الأرض $6\times10^{24}kg=M$

لكي يدور القمر في مدار ثابت فلابد أن توازن قوة الجذب المركزي F_c قوة الجذب التثاقلي F_g .

أي أن (3-37) $F_c = F_g$

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GmM}{r^2}$$

$$v^2 = \frac{GM}{r} \quad \text{أي} \quad v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

بتعويض قيم G و M و r فإن سرعة القمر تساوي

$$v = \sqrt{\frac{6.67\times10^{-11}\times6\times10^{24}}{7000\times10^{3}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{667\times10^{5}\times6}{7}} = 7561.2m/s$$

وعليه نجد أن سرعة القمر الزاوية تساوي

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{7561 \quad .2}{7 \times 10^{6}} = 0.0011 \quad s^{-1}$$

أما الزمن الدوري للقمر T فيساوي

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 5709 \quad s$$

تردد القمر الصناعي f يساوي

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = 1.75 \times 10^{-4}$$

أسئلة تقويم ذاتى

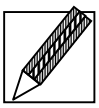


1. ماهي الأقمار الاصطناعية؟ عدد استخدامات الاقمار الإصطناعية
2. علل: يستفاد من الأقمار الاصطناعية في الاتصالات.
3. ما هو أنسب ارتفاع يجعل القمر يدور بنفس سرعة دوران الأرض حول نفسها؟
4. اثبت ان سرعة القمر يعطي بالعلاقة الاتية

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

5. على ماذا تتوقف إرتفاعات الأقمار الاصطناعية؟.

تدريب (5)



ما هي طاقة وضع قمر صناعي كتلته 200kg وإذا كان على ارتفاع 2600 كلم فوق سطح الارض علما بأن كتلة الأرض تساوي 6×10^{24} ونصف قطر الأرض 6400km. أوجد سرعة القمر وزمنه الدوري وتردده ؟

3.2.2.3 .سرعة الإفلات

عزيزي الدارس،

لكي نطلق السفن الفضائية لتسافر إلى القمر أو الكواكب البعيدة لابد من إعطاءها سرعة وطاقة حركة كبيرة ليفلت من مجال الجاذبية الأرضية.

ويمكن إيجاد سرعة الإفلات من قانون بقاء الطاقة الذي ينص على أن:

الطاقة الكلية E لأي جسم تكون ثابتة

حيث نجد أن الطاقة الكلية E تساوي مجموع طاقتى الحركة T وطاقة الوضع v أي أن:

$$E = T + V = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{GMm}{r}$$

في البداية وقبل إنطلاق السفينة تكون طاقة الحركة T =صفر والطاقة الكلية في هذه الحالة هي طاقة الوضع:

$$E = \frac{GMm}{R}$$

حيث R نصف قطر الأرض حيث أن السفينة لازالت على سطح الأرض.

بعد إنطلاق السفينة يكون مجموع الطاقتين (الحركية والوضعية) يساوي الطاقة الكلية. وعندما تصبح السفينة على مسافة بعيدة جدا عن الأرض بحيث تصبح r كبيرة جدا ويمكن إعتبارها لا نهائية, يمكن عندها إعتبار طاقة االوضع تساوي الصفر. وهناك تصبح الطاقة الكلية

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

وحسب قانون حفظ الطاقة الذي يسمى احيانا قانون بقاء الطاقة فإن الطاقة الكلية E في الحالتين متساوية وبالتالي:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{GMm}{R}$$

ومنها نجد أن:

وهي سرعة الإفلات

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \qquad (3\text{-}38)$$

المعادلة (3-38) يمكن تطبيقها على جسم يغادر الأرض, أو أي كوكب أو جسم إذا علمنا كتلته ونصف قطره.

في حالة الأرض: بتعويض $M =$ كتلة الارض $= 60\times10^{24}kg$

ونصف قطر الأرض $R = 6400\times10^{3}m = 64\times10^{5}m$ و ثابت التثاقل $G= 6.67\times10^{-11}$ نجد أن سرعة الإفلات من جاذبية الأرض تساوي

$$v_0 = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{\frac{2\times6.67\times10^{-11}\times6\times10^{24}}{64\times10^{5}}}$$

➢ مثال (3-10)

إذا كانت كتلة القمر الطبيعي $7.4\times10^{22}kg$ ونصف قطره 1738km فأوجد سرعة الإفلات من القمر لسفينة فضائية عائدة من القمر للأرض؟ علماً بأن $G=6.67\times10^{-11}$

الحل

من قانون سرعة الإفلات: نجد أن سرعة الإفلات v_0 تساوي

$$v_0 = \sqrt{\frac{2\ GM}{R}}$$

وبتعويض $M =$ كتلة القمر $= 74\times10^{21}kg$

ونصف قطر القمر $R = 1738\times10^{3}m = 1738km$

نجد أن سرعة الافلات من جاذبية القمر تساوي

$$v_0 = \sqrt{\frac{2\times6.67\times10^{-11}\times74\times10^{21}}{1738\times10^{3}}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{667\times148\times10^{5}}{1738}} = 2383m/s$$

سرعة الإفلات= $\mathbf{2.38\times10^{3}\ m/s}$

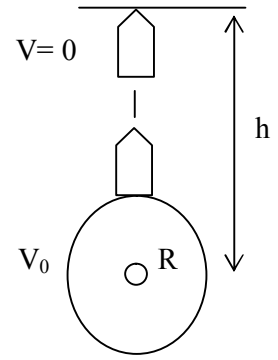
➢ مثال (11-3)

أطلق صاروخ رأسياً بسرعة

$$v_0 = \sqrt{\frac{1.5GM}{R}}$$

من سطح الأرض. فإذا أهملنا مقاومة الهواء للصاروخ فأوجد عزيزي الدارس أقصى إرتفاع يصله هذا الصاروخ علماً بأن نصف قطر الأرض يساوي 6400km وكتلة الأرض تساوي 6×10^{24}kg

الحل:



يمكن حل هذه المسألة باستخدام قانون بقاء الطاقة والذي ينص على أن:

الطاقة الكلية E ثابتة ولها نفس القيمة عند أي نقطة

وعليه نجد أن الطاقة عند سطح الأرض E_0 تساوي الطاقة عند أقصى إرتفاع E.

أي أن

$$E_0 = E$$

علماً بأن الطاقة الكلية تساوي مجموع طاقتي الحركة والوضع.

لذا نجد أن الطاقة الكلية على سطح الأرض تساوي

$$E_0 = T_0 + v_0 = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{GMm}{R}$$

بينما تكون الطاقة الكلية عند أقصى ارتفاع تعطى بالصيغة التالية

$$E = T + V = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{r}$$

وتلاشي سرعة الصاروخ عند أقصى ارتفاع فتكون $v = 0$ بينما تكون r مساوية لارتفاع الصاروخ h بالإضافة لنصف قطر الأرض R أي أن

$$r = h + R \qquad (4)$$

لذا تكون الصيغة النهائية لـ E هي :

$$\boxed{E = -\frac{GmM}{(R + h)}}$$

وبتعويض المعادلات (2) و (5) في المعادلة (1) نجد أن

$$\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{GMm}{R} = -\frac{GmM}{(R+h)}$$

وباختصار M من الطرفين وبتوحيد المقامات في الطرف الأيسر نحصل على

$$\frac{Rv_0^2 - 2GM}{2R} = -\frac{GM}{R+h}$$

وبضرب الطرفين في $-R(R+h)$ نجد أن

$$(2GM - Rv_0^2)(R + h) = GMR$$

وعليه نجد أن الارتفاع h يساوي

$$h = \frac{GMR}{(2GM - Rv_0^2)}$$

وبتعويض في المعادلة

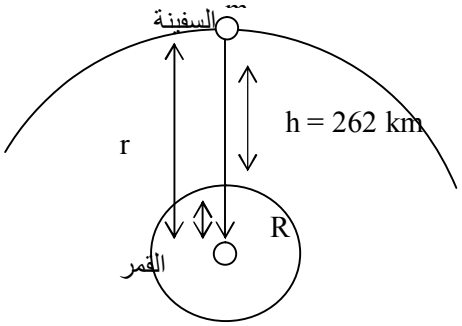
$$v_0 = \sqrt{\frac{1.5GM}{R}}$$

فإن ارتفاع الصاروخ يساوي

$$h = \frac{R}{0.5} - R = \frac{10R}{5} - R = 2R - R = R$$

➢ **مثال (12-3)**

أرادت سفينة فضائية أن تدور حول القمر عندما كانت على ارتفاع 262km منه قبل أن تهبط على سطح القمر. أوجد سرعة السفينة وزمنها الدوري وترددها الزاوي والقوة الطاردة المركزية عليها علماً بأن كتلة السفينة 300kg وكتلة القمر 74×10^{21}kg ونصف قطرها 1738km



• والثابت $G=6.67\times10^{-11}$

الحل

كتلة السفينة هي 300kg = m

كتلة القمر = $M = 74\times10^{21}$ kg

نصف قطر القمر هي 1738km = R

$r = R + h = 1738 + 262 = 2000 \text{ km} = 2 \times 10^{6} \text{ m}$

لكي تدور السفينة حول القمر فلابد أن تكون:

قوة الجذب التثاقلي بين القمر والسفينة مساوية لقوة الطرد المركزية. أي أن:

قوة الجذب التثاقلي = قوة الطرد المركزية

$$\frac{mv^{2}}{r} = \frac{GMm}{r^{2}}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad , \quad v^{2} = \frac{GM}{r}$$

$$\sqrt{\frac{6.67\times10^{-11}\times74\times10^{21}}{2000\times10^{3}}}$$

سرعة السفينة هي $v = \sqrt{667\times37\times10^{2}} = 1571 \text{ m/s}$

الزمن الدوري $= T = \frac{\text{المحيط}}{\text{السرعة}} = \frac{2\pi r}{v}$

$T = 7995 \text{ s}$

التردد $= f = 0.0001251 \text{ s}^{-1}$

أسئلة تقويم ذاتي



1.بفرض أن القمر يدور حول الأرض في مسار دائري تقريباً. بين لماذا لا يبذل الجذب التثاقلي للأرض على القمر أي شغل؟

2. بين متى يكون رواد الفضاء في حالة انعدام الوزن في الحالات المذكورة

(1)قوة الطرد المركزية اكبر من قوة الجذب التثاقلي؟

(2)قوة الطرد المركزية مساوية لقوة الجذب التثاقلي؟

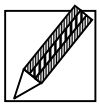
(3) قوة الطرد المركزية أقل من قوة الجذب التثاقلي؟

3.يزن شخص نفسه يومياً باستخدام ميزان زنبركي فإذا فرضنا أن الأرض توقفت عن الدوران حول محورها فهل يحدث تغير لوزن هذا الشخص ولماذا؟

4.ما هي طاقة وضع قمر صناعي كتلته 200kg وإذا كان على ارتفاع 2600 كلم فوق سطح الارض علما بأن كتلة الآرض تساوي 6×10^{24} ونصف قطر الأرض 6400km. أوجد سرعة القمر وزمنه الدوري؟

.5 يدور قمر صناعي حول الأرض مرة كل ساعة ونصف على إرتفاع 300km من سطح الارض. أوجد الزمن الدوري والتردد لهذا القمر أوجد كذلك سرعته؟

تدريب (6)



1.إذا كان القمر يدور حول الأرض في 29 يوم في مدار نصف قطره تقريباً 38×10^{7} M أوجد سرعة القمر المدارية والزاوية وكذلك قوة الطرد المركزية عليه علماً بأن كتلة القمر تساوي 74×10^{21}kg؟

2. يدور إلكترون كتلته 9.1×10^{-31} kg بسرعة قدرها 2.3×10^{6} m/s حول نواة. ما هو تردد الإلكترون وزمنه الدوري وقوة الجذب المركزية عليه إذا كان نصف قطر مدار الإلكترون هو $\mathbf{5\times10^{-11}m}$

الخلاصة

عزيزي الدارس,

في النهاية، نؤكد على ما أكدنا عليه في التمهيد عن ضرورة تقويم هذه الوحدة، وإبداء ملاحظاتك للاستفادة منها.

ولكن ما الذي ناقشناه ؟

لقد تعرفنا علي مفهوم الشغل والذي يعني المقدرة علي بذل شغل معين , ثم الطاقة الحركية والوضعية وأيضا الطاقة في المجال التثاقلي عرفنا علي أنها هو الشغل المبذول ضد مجال الجاذبية الأرضية ثم شرحنا قوانين كبلر لحركة الكواكب حول الشمس.

و في الجزء الأخير تناولنا الأقمار الاصطناعية والسفن الفضائية ثم تعرفنا علي أنواع الأقمار و كيف يمكن حساب سرعة و ارتفاع القمر الصناعي و أيضا ببحثنا عن سرعة الإفلات

ومع نهاية هذا القسم نكون قد انهينا هذه الوحدة، ونأمل أن تكون قد أضافت الكثير إلى معلوماتك الثرة وان تسعد بالوحدة القادمة.

لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية

عزيزي الدارس، بعد أن فرغت من دراسة هذه الوحدة الآن، أصبح لديك حصيلة كبيرة من المعلومات المفيدة فيما يتعلق قوانين كبلر لحركة الكواكب ثم المنظومة الشمسية والأقمار الصناعية بصفة عامة . الآن سوف نتعرف على وحدة أخرى والتي ستزودك بمفاهيم ومعلومات أساسية عن الكون ونشأته وتطوره حتى اليوم وما يحويه من سدم و مجرات ونجوم بأنواعها المختلفة . ثم نعرج بعد ذلك للتعرف على المنظومة الشمسية وعلى ما تحويه من كواكب وأجسام أخرى مثل الأقمار والمذنبات والكويكبات.

نرجو إن تكون وحدة مفيدة لك وان تساهم معنا في نقدها وتقييمها.

مسرد المصطلحات

الشغل W (Work)

حاصل ضرب القوة × المسافة التي يتحركها الجسم

طاقة الحركة E_k أو (T)(Kinetic Energy)

تساوي نصف حاصل ضرب الكتلة × مربع السرعة

طاقة الوضع E_p (Potential Energy)

هي الكتلة× الارتفاع ×عجلة الجاذبية الأرضية

طاقة الوضع التثاقلية(Gravitational Potential Energy)

هي الشغل المبذول ضد مجال جاذبية الارض

الطاقة الكلية E (Total Energy)

الطاقة الكلية للجسم تساوي مقدار ثابت وتساوي مجموع طاقتي الحركة والوضع إذا لم يكن هناك طاقات أخرى , حرارية و كيمياتية ,كهربية , الخ.

إجابات التدريبات

التدريب(1) طاقة وضع هي $V=-11.43\times10^{9}\ J$, 2)طاقة وضع هي $V=-4\times10^{7}\ J$

3) طاقة وضع هي $V=1.96\times10^{7}\ J$.

التدريب (2)

1) $v=4\ m/s$, $T=24\ J$, $F=6\ N$, $P=m\ v=12\ kg\ m/s$, 2) $v=10\ m/s$

3) سرعته هي $v=20t$, $T_2=16000\ J$, و عند الثانية الخامسة $T=100000\ J$.

4) طاقة حركة الجسم وسرعته $v=10\ m/s$, $T_5=1000\ J$

التدريب (3)

1) $T=400\ J$, $V=500\ J$ 2 $T=900\ J$

2) على ارتفاع 60m نجد أن: $V=3000\ J$, $T=6250\ J$, $E=9250\ J$,

أما على سطح الأرض فان: السرعة = 60.83 m/s , $E=9250\ J$,

3) (الإجابة: $h=45\ m$ [طاقة الحركة الابتدائية = طاقة الوضع النهائية]).

4) أ) الشغل الذي يبذله حتى يصل سطح الأرض هو $W=mgh=20000J$

ب) طاقته الحركية والوضعية عندما يكون علي ارتفاع 100mهي : طاقة الوضع = طاقة الحركة = 10000 J

التدريب (4)

1) قدرته بعد 5s $w=2000000$, 2) أولا : العجلة = $2.5\ ms^{-2}$, القدرة اللازمة لتعجيل $45.5\ w$, 3) العجلة هي $5ms^{-2}$, قدرتها عند الثانية الرابعة . $12000\ w$

التدريب (5)

1) $f=4.72\times10^{-4}\ s^{-1}$, $T=2118.77\ s$, $v=6668.3\ m/s$

التدريب (6)

1) السرعة المدارية $v=936.3\ m/s$

قوة الطرد المركزية $F=17.08\times10^{19}\ N$. $\omega=24\times10^{-7}s^{-1}$

2) $F=481.2\ N$, $f=0.733\times10^{16}\ s^{-1}$,$T=13.65\times10^{-16}$,$T=4.6\times10^{16}\ m/s$


الوحدة الرابعة
الكون
The Universe

محتويات الوحدة

الموضوع	الصفحة
مقدمة	**120**
تمهيد	**120**
أهداف الوحدة	**121**
4. الكون	**122**
4. 1 . تمهيد	122
4 .2. نظرية الانفجار الكبير	122
4. 2. 1 الحقب الأولى للكون	124
4 . 2. 2 . الحقبة الإشعاعية	126
4 .2. 3. حقبة المادة	127
4. 2.. 4 كيف تمكن العلماء من الوصول إلى هذه الاستنتاجات؟	128
4 .2. 5. ملـــخص	129
4. 2 .6 . الكون بعد 380000 سنة من الانفجار الكبير	131
4. 3.السدم والمجرات Nebulae and Galaxies	**132**
4.4 . تطور النجوم	**137**
4 .4. 1. تكوين التجوم	137
4. 4 .2. التفاعل الإندماجي في النجوم	138
3.4.4 .اطوار النجوم	139
4.4.4 .النجم المتفجر الفائق التوهج	140
4. 5 . أنواع النجوم	**141**
4 .6 تصنيف النجوم حسب تغير درجة لمعانها	**143**
4. 7 المنظومة الشمسية	**145**

4 .7 .1. الشمس	146
4 .7. 2.الكواكب	147
4 .7 .3. الأقمار	151
4 .7 .4. الكويكبات	151
4 .7 .5. المذنبات	152
4 .7 .6. النيازك والشهب	153
4 .7 .7.نظريات تفسير نشأة المنظومة الشمسية	154
الخلاصة	**157**
لمحة مسبقة عن الوحدة القادمة	**157**
مسرد المصطلحات	**158**
المراجع	**162**

مقدمة

تمهيد

عزيزي الدارس,

مرحبا بك إلى الوحدة الرابعة من مقرر الفيزياء العامة(2).

تبحث هذه الوحدة في نشأة **الكون** ومكوناته وتناقش في البداية **نظرية الانفجار الكبير** وهي النظرية التي أمكن برهان صحة كثير من فرضياتها,وهي النظرية التي تقول بخلق الكون وأن الكون بدأ بانفجار عظيم لم يكن قبله مكان ولازمان وبالتالي فالمكان والزمان مخلوقان. ونستعرض في البداية الحقب التي مر بها الكون في اللحظات الصغيرة الأولى بعد الانفجار والحقب التي مر بها الكون حتى يومنا هذا.

وعندما نصل إلى حقبة تكون المادة سنجد أن الكون بدأ في التشكل والتطور حتى وصل إلى وضعه الموجود فيه اليوم وهو في حركة وتغير مستمران وفي توسع من حيث المكان وفي زيادة من حيث تكون العناصر الثقيلة فيه. وسنتعرف على ذلك بدراستنا للسدم وللمجرات والتي سنستعرض أنواعها وتديم ذلك بالصور الحديثة الملتقطة بواسطة التلسكوبات الضخمة والتلسكوبات الفضائية الواضحة الصور مثل التلسكوب الفضائي هبل Hubble الذي يدور حول الأرض حيث يساعد وجوده خارج الغلاف الهوائي للأرض في وضوح الصور الملتقطة والتي نراها عادة ما على سطح الأرض تلالا بسبب حركة الهواء في ذلك الغلاف.

ثم نناقش بعد ذلك مراحل تطور النجوم, ونتعرف على أنواعها من حيث مكوناتها وإضاءتها, ومن ثم نتعرف على المنظومة الشمسية التي نعيش فيها, حيث نتعرف على كواكبها وأنواعها وأقمارها, وما يوجد في هذه المنظومة من أجسام أخرى, مثل الكويكبات والمذنبات والشهب والنيازك. وفي الختام نستعرض النظرية الحالية التي تفسر كيفية تكون المنظومة الشمسية وأي منظومات كوكبية أخرى إن وجدت في الكون.

عزيزي الدارس ,هناك سرد كامل في نهاية هذه الوحدة للمصطلحات العلمية التي وردت في النص الرئيسي حتى تستطيع عزيزي الدارس فهم ما ترمي إليه هذه الوحدة. و لقد ذيلنا نهاية كل قسم بأسئلة للتقويم الذاتي

أهلا بك مرة أخرى في هذه الوحدة ونرجو أن نستمتع بدراستها وأن تستفيد منها وأن تشاركنا في نقدها وتقويمها.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس,

بعد فراغك من دراسة هذه الوحدة يتوقع منك أن تكون قادراً علي أن

- **تتعرف** على نظرية الإنفجار الكبير وتمييز بين الحقب المختلفة التي مر بها الكون.
- **تتعرف** على الطرق التي تعرف بها العلماء على ما حدث في الكون في بداياته.
- **تصف** الفترة التي تكونت فيها المادة وكيف تكثفت تلك المادة تكون السدم والمجرات.
- **تذكر** صفات المجرات وأنواعها.
- **تشرح** كيفية تكون النجوم وأنواع النجوم.
- **تناقش** ظاهرة النجم العملاق الأحمر ودورة حياة ذلك العملاق.
- **تتعرف** على المنظومة الشمسية وكوكبها وأقمارها كويكباتها وعلى المذنبات والنيازك والشهب.
- **تشرح** كيفية تكون المنظومة الشمسية.

4. الكون (The Universe)

1.4.تمهـيد

عزيزي الدارس,

عندما تنظر للقبة السماوية ليلاً تجد إن النجوم المتلألئة والأجرام والكواكب تغطيها من كل جانب. وإذا استخدمت المنظار الفلكي الكبير لكي ترصد هذه الاجرام فستجد أنها ذات أحجام و ألوان مختلفة وإن كان معظمها يظهر في شكل نقاط مضيئة.

لذا استحوذت الأجسام التي ترصع القبة السماوية والتي تسمى بالاجرام على اهتمام الناس منذ القدم حيث حاولوا التعرف عليها وعلى كيفية نشأتها فظهرت العديد من النظريات لتفسير نشوء الكون وكيفية تكون هذه الأجرام بداخله.

2.4. نظرية الانفجار الكبير The Big Bang Theory

تعتبر نظرية الانفجار الكبير, عزيزي الدارس, هي النظرية الوحيدة المقبولة لدى علماء الكونيات الآن. وحسب فرضيات هذه النظرية فإن:

> الكون بزمانه ومكانه بدأ عند لحظة ونقطة معينة بعد إنفجار ضخم جدا جدا. وقبل هذه اللحظة لم يكن هناك كون ولا زمان و لا مكان.

أي كان يوجد خالق الكون وحده. ولذلك فهو الذي لا يحده ولا يقيده مكان او زمان لان الزمان والمكان مخلوقان , والله هو خالقهما.

وقبل الدخول في مناقشة نظرية الإنفجار الكبير بشيء من التفصيل لابد من توضيح أننا نرى في السماء من خلال التلسكوبات (طبعا بالإضافة إلى الشمس والقمر والكواكب وأقمارها) النجوم والمجرات والسدم (جمع سديم) حيث أن:

- **النجم Star:** عبارة عن شمس قد تكون مثل شمسنا أو أقل أو أكبر منها وهناك بلايين النجوم في السماء كما أن هناك أطوارا مختلفة لهذه النجوم سنتطرق لبعضها لاحقا.
- **المجرة Galaxy** : هي منظومة مكونة من بلايين النجوم تتحرك وتدور حول نفسها, ويوجد في الكون ملايين المجرات منها الإهليلجي ومنها الحلزوني ومنها غير المنتظمة

ومنها المزدوجة (أي أثنين معا) الخ. كما يوجد عدد ضخم لتجمعات **Clusters** من المجرات منفصلة عن بعضها.

- السديم **Nebula:** هو عبارة عن سحابة مكونة من غازات وغبار في شكل دخان قد تكون كبيرة في حجم المجرة وهي إما عاكسة للضوء حيث تعكس ضوء النجوم التي حولها لأنها أبرد من أن تشع ضوءا وهناك التي تشع الضوء من نفسها.ويعتقد أن كل سديم هو الحالة السابقة لتكوين مجرة أو نجم او منظومة كوكبية وذلك حسب حجمه.

لقد كان للمراقبة الفلكية بواسطة التلسكوبات الدور الرئيسي في استنتاج كيفية بداية الكون. فقد وجد العالم هبل **Hubble** (المسمي على إسمه الآن التلسكوب الفضائي الذي أمدنا بصور مبهرة عن الكون ومعظم صور هذه الوحدة من التقاطه) أن كل الأجرام السماوية (النجوم والمجرات والسدم ....) تتحرك في أي إتجاة في السماء نظرت إليه مبتعدة عنا وأنها كلما كانت بعيدة كلما كانت أسرع. وقد توصل في عام 1929 إلى القانون المسمى بإسمه والذي ينص علي ان

سرعة الجرم (مجرة مثلا) وهو مبتعدا تتناسب طرديا مع بعد الجرم عنا,

أي: $$v = H \times b$$

حيث v السرعة و b البعد و H ثابت يسمى ثابت هبل Hubble Constant.

هذا الإكتشاف الهام أدى إلى الاستنتاج المنطقي وهو أن الكون يتوسع في جميع الاتجاهات وإن هذا التوسع ما هو إلا نتاج بداية للكون من نقطة مركزية حدث فيها إنفجار ضخم جدا سمي **الإنفجار الكبير** (Big Bang)

(لاحظ أن كلمة **Bang** في اللغة الإنجليزية تحاكي صوت الإنفجار وتستخدم الآن لتدل على إنفجار كبير). ومن هنا جاءت نظرية الإنفجار الكبير.

ويقول الله سبحانه وتعالي "والسماء بنيناها بأيد وإنا لموسعون"

صدق الله العظيم– (سورة الذاريات (الآية 47))

وبأيد تعني بقوة.

عزيزي الدارس,

لقد وضع العلماء تصورا لما حدث بعد ذلك الإنفجار مباشرة والذي سنورده أدناه ولكنك ستلاحظ وجود أرقام في هذا الوصف غير معهودة سواء كانت أرقاما صغيرة جدا جدا فيما يتعلق بالزمان والمكان لا يمكن قياسها بأي أجهزة من صنع البشر أو أرقاما كبيرة جدا لدرجة الحرارة بسبب الطاقة الهائلة التي كانت في هذا الإنفجار. وسنوضح لك لاحقا كيف تم التوصل إلى هذه التفاصيل الدقيقة والتي لا يمكن قياس بعضها وآيها تم تأكيده وآيها لازال مجرد تصور, غير أن المؤكد هو وجود بداية مجلجلة للكون ووجود توسع فيه.

1.2.4. الحقب الأولى للكون

لقد أفترض العالم الأمريكي ريشتارد قوث أن الكون منذ الإنفجار الكبير وإلى أن مضت 10^{-43} ثانية من بداية خلقه كان يخضع للقوانين الكمية (هناك علم في الفيزياء يسمى الفيزياء الكمية والذي بدء منذ معرفة أن الطاقة تكون دائما في صورة كمات (كميات) صغيرة جدا) حيث تصبح:

> قيم المقادير الفيزيائية خاضعة بالكامل لقوانين الاحتمالات الكمية فيصبح عندها كل شيء ممكناً بما فيه احتمال تكون عدد من الأكوان بقوانين فيزيائية مختلفة كل الاختلاف عن القوانين الفيزيائية التي تحكم كوننا الذي نعيش فيه.

وتسمى عزيزي الدارس هذه الحقبة التي يخضع فيها الكون

- لقوانين الكم التثاقلي بحقبة بلانك (Planck epoch)*
- بينما تسمى اللحظة 10^{-43} ثانية بزمن بلانك حيث كان عندها قطر الكون حوالي
- 10^{33}cm -
- ويسمى أي طول يتراوح بين 10^{-32}cm و 10^{-35} بطول بلانك أو مسافة بلانك.

وخلال هذه الحقبة كان الكون متماثلاً تماثلاً تاما في كل الإتجاهات وكانت كل القوى الأربعة المعروفة في الكون (قوة التثاقل ، القوة الكهرومغنطيسية، القوة النووية القوية، والقوة النووية الضعيفة)، متحدة (موحدة) في قوة واحدة فقط.

---

* العالم الالماني بلانك Plank كان اول من قال بأن الطاقة تكون في صورة كمات Quanta

وتتميز هذه الحقبة أيضاً بأن قوانين الفيزياء المعروفة لدينا اليوم لا تستطيع تفسير أحداث هذه الحقبة إذ يعتقد العلماء أن هذا يستدعي منا وضع نظرية كمية تثاقلية جديدة لتفسير ما يحدث.

عزيزي الدارس,

تعقب هذه الحقبة حقبة أخرى تسمى بالحقبة التوحيدية الكبرى Great Unification Epoch

وهي تبدأ من زمن بلانك أي 10^{-43}s بعد الإنفجار الكبير حيث إنفصلت قوة التثاقل عن باقي القوى المتحدة لتصبح قوة مستقلة بينما ظلت باقي القوى الثلاثة الأخرى موحدة.

أما عندما بلغ عمر الكون 10^{-35}s:

- أصبح يتمدد بسرعة وبمعدل كبير جداً حيث زاد حجم الكون بحوالي 10^{30} إلى 10^{60} ضعف,
- واستمر التضخم حتى 10^{-33} أو 10^{-32} من الثانية الأولى حيث أصبحت درجة الحرارة عندئذ تساوي 10^{28}K. وخلال هذه الحقبة التي تسمى **بالحقبة التضخمية** Inflationary epoch أصبح الكون متجانساً بدرجة كبيرة.
- وبنهاية هذه الحقبة انفصلت القوة النووية الشديدة عن القوتين النووية الضعيفة والكهرومغنطيسية المتحدتان. وعندئذ زاد تمدد الكون وقلت درجة حرارته حتى صارت K 10^{15} .
- عند مرور 10^{-32} من الثانية الأولى على خلق الكون أصبحت الجسيمات ذات الطاقات العالية والتي تسمي الفوتونات (مكونات الضوء والموجات الكهرومغناطيسية عموما) تتصادم مما نتج عنه تولد:

أولا: الكواركات Quarks

حيث أن:

الكواركات هي جسيمات أولية تتركب منها البروتونات، والنيوترونات وغيرها .

وسنعرف بعض المعلومات عن الكواركات عند دراسة الكهربية في هذا المقرر.

ثانيا: الليبتونات Leptons

وهي جسيمات أولية وتنتمي إليها الإلكترونات والبوزوترونات(الإلكترونات الموجبة)

إلا أن هذه الليبتونات سرعان ما تعود بعد تولدها للإتحاد مرة اخرى فيتولد من إتحادها الفوتونات مرة أخرى.

وتسمى هذه الحقبة : بحقبة **الكوراكات واللبتونات(Quark and Lepton epoch)** وتلي هذه الحقبة حقبة أخرى تسمى **بالحقبة الكهربية الضعيفة Electroweak epoch**

وهي الحقبة التي انفصلت خلالها القوة الكهروضعيفة إلى قوتين هما القوة الكهرومغنطيسية والقوة النووية الضعيفة.

وعند مرور 10^{-6}s (أي بعد جزء على مليون جزء من الثانية) من بداية الكون :

أولا: أصبح قطر الكون مساوياً تقريباً لقطر المنظومة الشمسية الحالية وعندها إنخفضت درجة الحرارة إلى 10^{12} K مما مكن الكواركات من الانفصال عن بعضها البعض.

ثانيا : وعندما برد الكون أكثر تجمعت هذه الكوراكات مع بعضها لتكون البروتونات والنيوترونات حيث يتكون كل واحد منها من ثلاثة كوراكات كما سنرى فيما بعد.

ثالثا :أما الإلكترونات وازواجها(البوزوترونات) فانفصلت عن بعضها عندما أصبحت درجة حرارة الكون حوالي 12×10^{8} K وفي هذه اللحظة صار نصف قطر الكون حوالي 4 سنة ضوئية

السنة الضوئية : هي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة وتساوي 9.46×10^{12} كيلومتر, أي حوالي 10 مليون مليون كم

2.2.4

بانتهاء الحقب السابقة أصبح الكون يحتوي على كل الجسيمات الذرية تقريباً وبالتحديد عندما كان عمر الكون دقيقتين إلى ثلاثة دقائق. وتسمى هذه الحقبة:**الحقبة الإشعاعية Radiation Epoch**. ولقد استمرت هذه الحقبة حتى صار عمر الكون حوالي 100000 سنة.

وخلال هذه الحقبة تجمعت البروتونات لتشكل نواة الهيدروجين الثقيل المسمى بالديوتريم ($^{2}H_{1}$) [يحتوي على 1 بروتون و 1 نيوترون]. وتعتبر هذه اللحظة هي لحظة بداية مملكة

الذرات. وعندما هبطت درجة الكون إلى بليون درجة كلفن تجمعت البروتونات والنيوترونات مع بعضها لتشكل نواة الهيدروجين الثقيل المسمى التريتيوم ($^{3}H_{1}$) [ويحتوي على 1 بروتون و2 نيوترون].

ثم التقطت هذه النوى بعض النيوترونات والبروتونات مكونة نواة الهليوم التي تحتوي على بروتونين ونيوترونين وخلال باقي هذه الحقبة الإشعاعية إستمر الكون في التمدد وكان يحوي هذه الانوية بالإضافة للبروتونات والنيوترونات والإلكترونات الحرة وتسمى هذه الحالة في علم الفيزياء بحالة البلازما Plasma (أي توجد مكونات الذرات من نوى والكترونات حرة ولكن لا توجد ذرات في صورتها المعروفة).

يشبه الكون في **الحالة الاشعاعية** نجماً عملاقاً قطره يساوي الآف السنين الضوئية في حالة **بلازما** حيث يحوي غازا ساخناً جداً من البروتونات والنيوترونات والالكترونات الحرة وأنوية الهيدروجين والهليوم .

3.2.4.حقبة المادة

وباستمرار تمدد الكون استمرت درجة الحرارة في الانخفاض أيضا حتى وصلت إلى حوالي 3000k وعندها تمكنت انوية الهيدروجين والهليوم من جذب الإلكترونات إليها مكونة بذلك ذرات الهيدروجين والهليوم وكان هذا إيذانا ببداية:**حقبة المادة matter epoch** ؛

وعندئذ توقف تفاعل الفوتونات مع المادة وإنعدم على إثرها ضغط الإشعاع على المادة مما أدي إلى أن تتجاذب ذرات المادة نحو بعضها بفعل قوة الجذب التثاقلي التي أصبحت تعمل وحدها على المادة بعد زوال ضغط الإشعاع الذي كان يمنع ذرات المادة من التجمع والانجذاب نحو بعضها.وبفعل هذا التجاذب التثاقلي تجمعت ذرات المادة مكونة:

النجوم Stars :

وهي عبارة عن أجرام ساخنة جدا تولد الطاقة الحرارية والضوئية

والمجرات Galaxies:

وهي تجمع ضخم من النجوم والأجرام تشكل مجموعة واحدة.

وبفعل التفاعل الاندماجي الذي يؤدي لاندماج أنوية الهيدروجين والهليوم في قلب النجوم العملاقة ذات الكتلة الضخمة تكونت باقي العناصر مثل **النحاس والحديد والذهب والفضة** وغيرها من العناصر الثقيلة. وقد أدى إنفجار بعض هذه النجوم (تسمى supernova وسنتطرق لها لاحقا) لتبعثر هذه العناصر وتشتتها داخل الكون مما أدى فيما بعد إلي تكون السدم Nebula التي تحولت فيما بعد إلى مجرات ونجوم بما فيها من منظومات شمسية.

4.2.4.كيف تمكن العلماء من الوصول إلى هذه الاستنتاجات؟

عزيزي الدارس,

نرجو ألا تنزعج من تلك التفاصيل الدقيقة التي أوردناها للمراحل الأولى من تكون الكون والتي في معظمها حدثت في أقل من ثانية واحدة بعد الإنفجار الكبير. ولقد قصدنا من سردها بهذه الطريقة تبيان الدقة التي يحاول بها العلماء إيجاد التفسير العلمي للأحداث التي مرت بعد الإنفجار الكبير. ولكن من أين جاء العلماء بهذا التصور لشيء لم يشهدوه ولم يشهده أحد من الخلق؟.

لقد تطور علم الفيزياء خلال القرن العشرين تطورا مذهلا وتفرع إلى فروع كثيرة. والتحليلات السابقة يمكن إرجاعها إلى 3 من هذه الفروع وكلها تبحث فيما يسمى **بعلم الكونيات Cosmology**

1. **علم الكونيات التقليدي Standard Cosmology** ومنه أمكن تفسير ما حدث للكون منذ مضي حوالي 0.01 ثانية بعد الإنفجار الكبير وقد تم علميا إثبات صحة معظم الإستنتاجات التي تم التوصل إليها.
2. **علم الجسيمات الدقيقة الكوني:** وهذا اعتمد على النتائج التي تم الحصول عليها على الأرض في المعجلات Accelerators الضخمة في اوروبا وامريكا حيث تتم دراسة تصادم الحسيمات الدقيقة مع بعضها وقد امكن توليد كثير من الجسيمات الدقيقة التي لم تكن معروفة من قبل. وهذا العلم أمد العلماء بالمعلومات التي مكنت من تفسير كثير مما حدث بعد الإنفجار الكبير حتى 10^{-11} ثانية.

3) **علم الكونيات الكمي** وهو يبحث في الأزمان الصغيرة جدا؛ مثلا ماذا حدث بعد

10^{-43} من الثانية بعد الإنفجار الكبير (حقبة بلانك). وهذا العلم لازال إفتراضيا اكثر مما هو حقائق علمية مثبتة , لانه حتى الآن لم يتمكن العلماء من إيجاد نظرية تستطيع توحيد القوى الكونية الأربعة في قوة واحدة وهو ما كان حادثا في تلك الحقبة.

5.2.4.ملــخص للحقب

عزيزي الدارس,

عندما تحدثنا عن نظرية الانفجار الكبير ذكرنا أن الكون خلقه الله سبحانه وتعالى من العدم في انفجار تكونت بعده كرة من الطاقة ساخنة جداً تتمدد باستمرار وسنطلق عليها من هنا فصاعدا اسم الكرة الغازية مجازا لأن الغازات لم تكن قد تكونت في البداية الأولى.

من المعروف أنه كلما زاد التسخين كلما زاد تمدد الغاز حيث يؤدي تسخين الغاز لاكتساب مكوناته طاقة حركية بفعل الحرارة. ولذلك نتوقع أن مادة الكون الأولى اكتسبت طاقة حركية كبيرة بفعل الحرارة الهائلة مما أدي لتمدد الكرة الكونية الملتهبة. وهناك بعد تكون الجسيمات الأولية خضعت مادة الكون لقوتين هما:

القوة الأولى : هي قوة ضغط الغاز الكوني الناجمة عن الحرارة الشديدة والسرعة العالية لمكوناته وهي تعمل على تمدد الغاز الكوني.

القوة الثانية : هي قوة الجذب التثاقلي بين مكونات مادة الكون وهي تعمل على جذب مادة الكون نحو بعضها ما يؤدي إلى إبطاء التمدد.

ولأن قوى الضغط كانت أكبر بكثير من قوة الجذب التثاقلي تمددت الكرة الغازية. ومع إستمرار التمدد بردت مادة الكون لان قوة الجذب التثاقلي التي تعمل في عكس اتجاه حركة المادة قللت سرعتها مما قلل طاقتها الحرارية وهذا أدي إلى انخفاض حرارة الكون.لذا برد الكون تدريجيا بإستمرار تمدده.

ومع الإنخفاض التدريجي في درجة حرارة الكون إنفصلت أزواج الكوراكات مكونة البروتونات والنيوترونات وتلى ذلك تكون أنوية الهيدروجين والهليوم ليدخل الكون بعدها في **الحقبة الإشعاعية** وباستمرار إنخفاض درجة الحرارة تمكنت انوية الهيدروجين والهليوم من التقاط الإلكترونات لتكوين ذرات الهيدروجين والهليوم أي دخل الكون في **حقبة المادة.**

من هنا يتضح لنا عزيزي الدارس أن الكون تكون في بدايته من فوتونات عديمة الأبعاد تولدت منها جسيمات أولية **(الكوركات)** ثم تكونت منها لبنات الذرة المعروفة بالإلكترونات والبروتونات والنيوترونات وتجمعت البروتونات والنيوترونات لتكون أنوية العناصر المختلفة والتي يكون قطرها في حدود 10^{-15}m. والتقطت هذه الانوية الإلكترونات لتشكل الذرات التي يكون قطرها في حدود 10^{-10}m. وقد اتخذ العلماء هذا القطر كوحدة لقياس الأبعاد الذرية أسموها بالانقستروم ((Angstrom (A)) حيث :

$$1\ A = 10^{-10}m$$

بعد تكون الذرات الخفيفة دخل الكون في **حقبة المادة** فاصبح الكون في صورة سحابة غازية تحوي ذرات الهيدروجين والهليوم. هذه السحابة الغازية المتمددة ليست متجانسة تماماً لأن كثافة الغاز ليست منتظمة في كل أجزائها مما أدى إلى وجود مناطق ذات كثافات عالية. وهذه المناطق ذات الكثافة العالية لها القدرة على جذب مادة الغاز التي حولها بفعل قوة الجذب التثاقلي الكبير الذي تملكه.

عزيزنا الدارس, نرجو منك الا تشغل نفسك كثيرا بالحقب الأولى للكون السابقة للحقبة الإشعاعية حيث انها لازالت في طور التطوير النظري.

أسئلة تقويم ذاتي

1) ما هو الفوتون؟ وما هو الكوارك؟
2) بعد الإنفجار الكبير مباشرة لم تكن هناك مادة وانما..... فقط.
3) الكون يتوسع: ناقش المعطيات التي تم الإعتماد عليها في هذا القول.
4)مر الكون بحقب قصيرة جدا من حيث الزمن, وبعد ذلك مر بحقب هامة هي الحقبة الإشعاعية وحقبة المادة. ماذا حدث في الحقبة الإشعاعية؟.

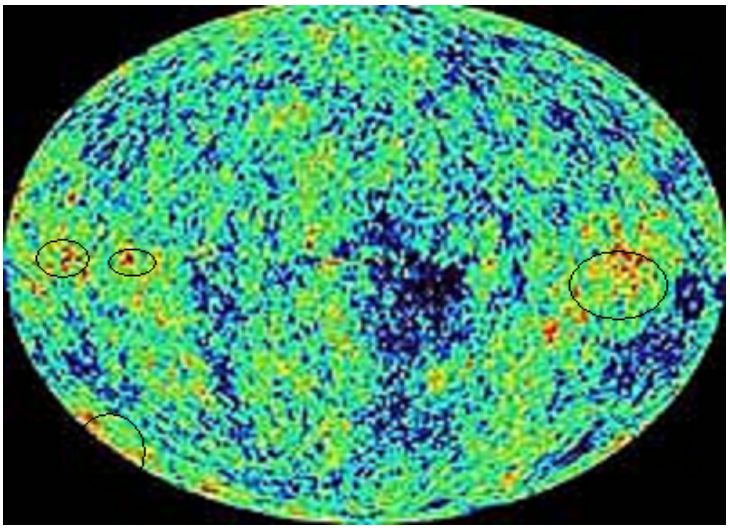
6.2.4. الكون بعد 380000 سنة من الإنفجار الكبير

عزيزي الدارس,

لقد تمكن العلماء من حساب درجات الحرارة التي كان فيها الكون في كل مرحلة من مراحل تطوره, وقد تم حساب درجة الحرارة التي تكونت عندها الذرات بعد مرور 100000 سنة من الإنفجار الكبير. وقد وجد انها كانت 3000 درجة كلفن. وبالحساب وجد أن درجة الحرارة هذه يجب ان تنخفض مع مرور الوقت لتصبح الآن 2.7 درجة كلفن. فإذا سارت بنفس معدل الإنخفاض المتوقع لها فإن موجات كهرومغناطيسية طولها حوالي 13 سم (وهو الطول الذي يعادل درجة الحرارة المذكورة) يجب ان تصل إلى الأرض الآن من جميع الجهات وهذا ما اثبت فعلا قبل أربعين سنة حيث تم التقاط هذه الموجات اللاسلكية في عام 1965 وهذا الإشعاع اصبح يعرف اليوم بالخلفية الإشعاعية الكونية Cosmic Background Radiation . وكان هذا الحدث حاسما في صالح نظرية الإنفجار الكبير مما أدى إلى اختفاء النظريات الأخرى التي كانت سائدة مثل نظرية الكون المستقر Steady State Universe والتي كانت تقول بإختصار بعدم وجود بداية للكون.

القول بأن الكون يتمدد بإستمرار يعني أنه كلما كبرت التلسكوبات أمكننا مشاهدة مناطق أبعد في الكون أي إقتربنا من مشاهدة بدايات الكون (حيث يصلنا الضوء الصادر منها منذ تلك البدايات السحيقة الآن) كما يمكننا أيضا التقاط الإشارات اللاسلكية من تلك المناطق البعيدة في الكون, وكلما كان ما نشاهده ابعد كلما كان

وفي عام 2003 اعلن العلماء انهم تمكنوا من التقاط موجات كهرومغنطيسية متناهية الصغر microwave (موجات لاسلكية) تمثل دراجات الحرارة على السطح الكروي الذي تشكل بعد حوالي 380000 سنة بعد الإنفجار الكبير.وهذا السطح يحيط بكل ما تكون بعده بما فيه مجرتنا ومجموتنا الشمسية ونحن معها من جميع الجهات **(أنظر الشكل(4-1)**



شكل (4-1)

توزيع درجات الحرارة في الكون بعد 380000 سنة من الإنفجار الكبير

المناطق السوداء باردة والتي حولها دوائر ساخنة.

لقد تمكن العلماء بسبب اختلاف الترددات اللاسلكية المستقبلة من المناطق المختلفة من بناء صورة لتوزيع درجات الحرارة في الكون بعد 380000 سنة من الإنفجار الكبير ويظهر فيها ان بعض المناطق كانت ساخنة ومناطق كثيرة باردة وان تركيب الكون في ذلك الوقت كان يتكون من 4% ذرات و23% مادة سوداء Black Matter (أي غير معروفة) و73% طاقة سوداء Black Energyغير معروفة أيضا. كما تمكن العلماء من تحديد عمر الكون بدقة أكبر عن ذي قبل وهو 13.7 بليون سنة بخطأ لا يزيد عن 1% (أي 137 مليون سنة إضافة أو نقصانا, وهذا يعتبر خطأ صغيرا !).

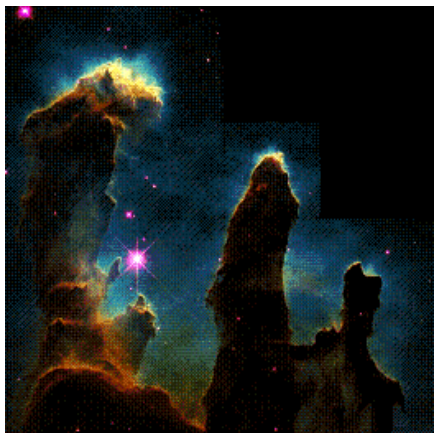
3.4. السدم والمجرات Nebulae and Galaxies

نعود الآن إلى **حقبة المادة** حيث ادى الجذب التثاقلي المستمر لتجمع مزيد من جزيئات الغاز حول المناطق ذات الكثافة العالية لتزيد كثافتها لتكون في النهاية مناطق تسمى السدم (مفردها **سديم** Nebula) .

والسديم هو مناطق بها كمية ضخمة من الغاز والمادة (غبار)

وتكون إما غير مضيئة بذاتها وتعكس ضوء النجوم التي حولها (كانت السدم الأولى معتمة بدون نجوم حولها) واما ساخنة يصدر الضوء عنها. ويعتبر السديم هي الأساس الذي نشأت منه النجوم ثم المجرات.





شكل (4-2)

أ) **سديم الصقر** Eagle Nebula (يشبه الصقر)

ب) بداية تكون النجوم في رؤوس اعمدة الغبار والغاز في نفس **سديم الصقر**

تعريف المجرة :

المجرة **عبارة عن عدد ضخم جداً (البلايين) من النجوم و الأجرام السماوية الأخرى المتجمعة في مجموعة واحدة**

وعند حدوث التكثف تبدأ جزيئات مادة السديم في الدوران (التدويم) حول مركز التكثف. وتؤدي هذه العملية التدويمية لان تصبح المجرة في شكل قرص. وعندما يكون الدوران سريعاً تصبح المجرة في شكل حلزوني. وبسبب دوران المادة وتكثفها انقطعت منه أجزاء وظلت تدور حول مراكز التكثف. أما المادة التي في مراكز التكثف فقد انكمشت وتكثفت بسرعة كبيرة مكونة النجوم.

وهنالك عدة أنواع من المجرات :

- فهناك مجرات حلزونية الشكل وتسمى بالمجرات الحلزونية Spiral Galaxies (انظر الأشكال أ و هـ و و)
- المجرات الاهليليجية هي تلك التي شكلها إهليلجي Elliptical Galaxies (انظر الشكل ب)
- وهناك مجرات غير منتظمة Irregular Galaxies (انظر الشكل ج)
- مجرات حلقية Ring Galaxies (الشكل د)) وهي نوع نادر.
- مجرة الطريق اللبني وهي المجرة التي نعيش بداخلها والتي بها منظومتنا الشمسية وتسمى باللغة العربية مجره درب التبانة (أي الدرب الذي يسير فيه حاملي التبن) وهي مجرة حلزونية نري احد اذرعها في السماء في صورة خط يشبة التبن (يسمى في بعض مناطق السودان مجر الكبش) وتوجد الشمس قرب طرف الذراع الآخر.

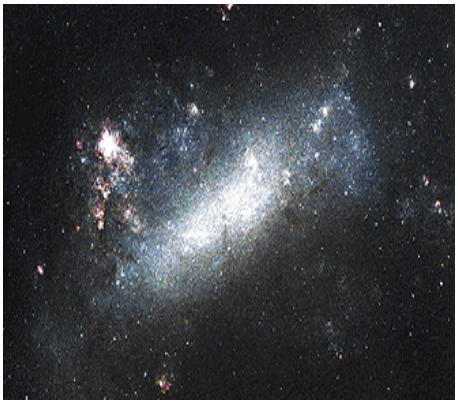
شكل (4-3): انواع المجرات





أ)**مجرة حلزونية** مرتبطة مع أخرى Spiral Galaxy

ب) **مجرة إهليلجية** Elliptical Galaxy

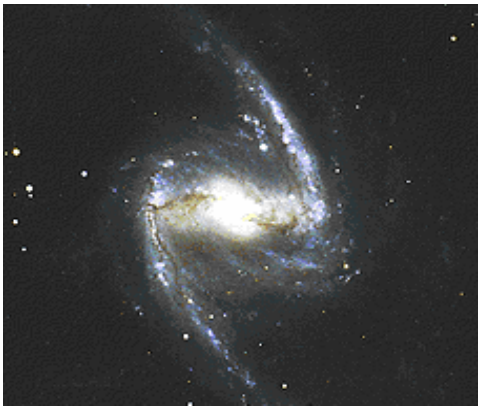


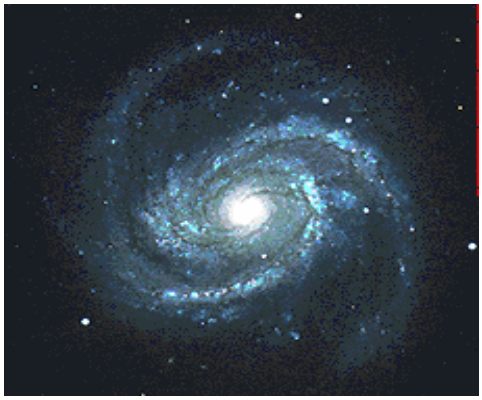


ج) مجرة غير منتظمة Irregular Galaxies

(د) **مجرة حلقية** Ring Galaxy

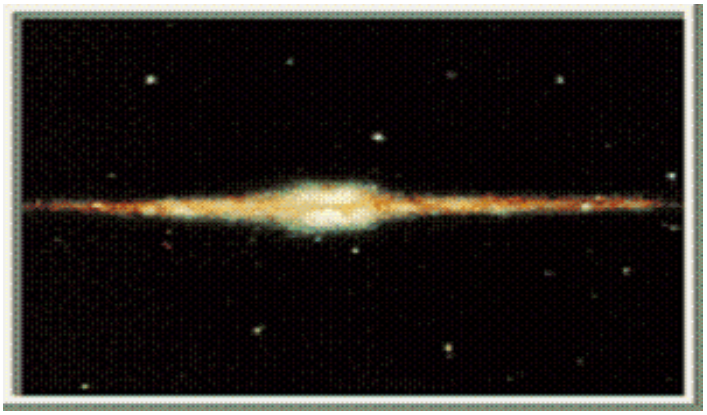
الشكل د) صورة لمجرة حلقية Ring Galaxies : الحلقة مكونة من نجوم لونها ازرق ولذلك فهي نجوم شابة (حديثة) بينما المركز مكون من نجوم صفراء ولذلك فهي نجوم أكبر عمرا. وعرض هذه ا لمجرة 120000 سنة ضوئية أي أكبر من مجرتنا بقليل. هذه المجرة تسمى **Hoag's object** .





هـ) مجرة حلزونية اخرى

و) **مجرة حلزونية اخرى تشبه مجرتنا في المركز :كثافة نجوم هائلة, الأذرع: نجوم أيضا وتوجد الشمس في مجرتنا قريبا من نهاية احد الذراعين.**



ز) صورة لما يمكننا رؤيته من مجرتنا (صورة بالأشعة دون الحمراء) – عد الى الشكل و) وستجد أن هذا ما يمكننا رؤيته فعلا من موقعنا على ذراع المجرة.

لاحظ أن كل المجرات تدور حول مراكزها وفي نفس الوقت تتحرك ككل.ونجد أن مجرتنا تتحرك بسرعة 600 كم في الثانية (سرعة كبيرة جدا) نحو مركز ما , يسميه العلماء **بالجاذب الأكبر** The Great Attractor.

ويكون **قطر المجرات** عادة في حدود 100 ألف سنة ضوئية بينما يبلغ سمكها حوالي 20 ألف سنة ضوئية.

والسنة الضوئية كما ذكرنا سابقا هي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة. وتبلغ هذه المسافة التي يقطعها الضوء في سنة 9.46×10^{12} كيلومتر.

وتستخدم وحدة السنة الضوئية:

- لقياس ابعاد المجرات
- ولحساب المسافة بينها

وكذلك حساب المسافات بين النجوم لأن وحدات الامتار والكيلومترات وحتى الوحدة الفلكية لاتصلح كوحدة لحساب هذه المسافات الشاسعة.

وعلى سبيل المثال نجد أن أقرب النجوم إلى الشمس وهو النجم قنطورس2 يبعد عنها 4.3 سنة ضوئية. أي أن الضوء يحتاج إلى أكثر من أربعة أعوام ليصلنا من هذا النجم (حوالي 40 مليون مليون كم).

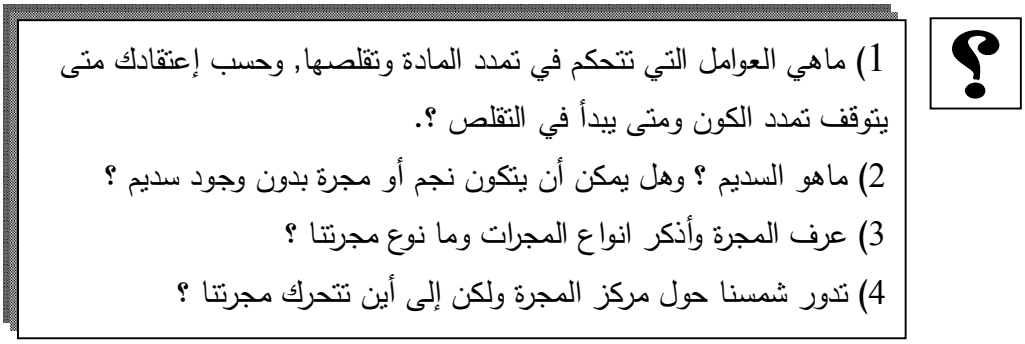
عزيزي الدارس,

يحتوي الكون على أعداد ضخمة من المجرات ولذا نتوقع يكون حجمه كبيراً جداً لكي يحوي هذه الأعداد الكبيرة من المجرات.

- ويقدر العلماء قطر الكون الآن بحوالي 10^{10} سنة ضوئية (أي حوالي 10^{26} متر).
- بينما يقدر عمر الكون في حدود 13.7 بليون سنة

(13.7×10^{9} سنة = 3.1536×10^{16} ثانية).

أسئلة تقويم ذاتي



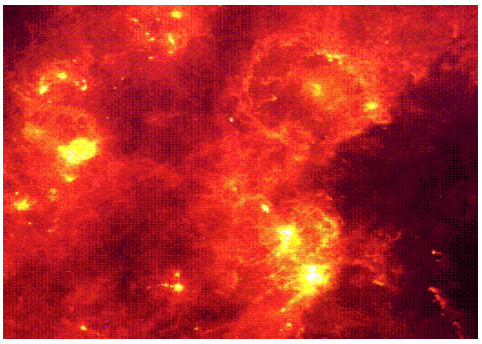
1) ماهي العوامل التي تتحكم في تمدد المادة وتقلصها, وحسب إعتقادك متى يتوقف تمدد الكون ومتى يبدأ في التقلص ؟.
2) ماهو السديم ؟ وهل يمكن أن يتكون نجم أو مجرة بدون وجود سديم ؟
3) عرف المجرة وأذكر انواع المجرات وما نوع مجرتنا ؟
4) تدور شمسنا حول مركز المجرة ولكن إلى أين تتحرك مجرتنا ؟

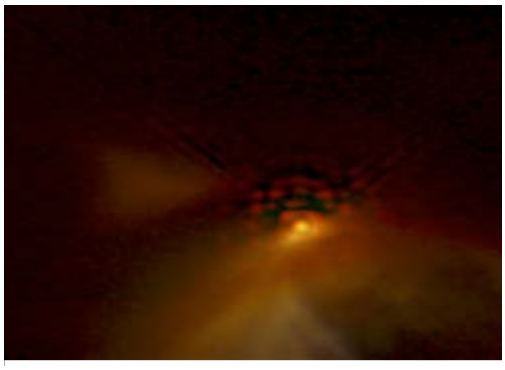
4.4. تطور النجوم

1.4.4.تكون النجوم

عزيزي الدارس, **عندما تتكثف مادة سديم (غاز وغبار) لتكون نجم ما فإن:**

- قوة الجذب التثاقلي لها تجعلها تتحرك بسرعات عالية نحو مركز التكثيف.
- هذه السرعات العالية تزيد درجة حرارة النجم بصورة كبيرة جدا حيث تتجاوز درجات الحرارة هذه درجة الحرارة اللازمة لتأين جميع ذرات الهيدروجين بصورة كاملة فيصبح قلب النجم مرجلاً يحوي بروتونات ونيوترونات وإلكترونات حرة, ويسمى هذا التجمع للجسيمات الأولية بالبلازما كما ذكرنا سابقا. وتصبح هذه الكتلة النجمية ساخنة لدرجة الابيضاض.





شكل (4-4) أ) تكون نجوم جديدة في سديم Orion ب) نجم جديد يتكون وحوله غبار

ويستمر النجم في التقلص بفعل قوة الجذب التثاقلي وهذا يؤدي:

لزيادة سرعة الجسيمات. وبالتالي زيادة درجة الحرارة , وزيادة الضغط.

وتكون الجسيمات واقعة تحت تأثير قوتين متضادتين هما:

- قوة الجذب التثاقلي نحو مركز النجم؛
- وقوة الضغط الحراري التي تحاول ابعاد الجسيمات عن مركز النجم.

ويحدث الاتزان عندما تتساوى هاتان القوتان وعندها يتوقف النجم عن التقلص. ويحدث الاتزان في النجوم الكبيرة عندما تصل درجة حرارة هذه النجوم إلى عدة ملايين من الدرجات .

2.4.4. التفاعل الاندماجي في النجوم

عند درجات الحرارة العالية يصبح التفاعل الاندماجي ممكناً فتتحد نواتا هيدروجين $_1H^1$ $_1H^2$

لتكون نواة هيدروجين ثقيل وفق التفاعل :

$$ {}_1H^1 + {}_1H^1 \Rightarrow {}_1H^2 + e^+ + \upsilon $$

حيث يمثل: e^+ زوج الإلكترون المسمى بالبوزيترون(positron≡ positive electron) وتعني باللغة الإنجليزية الإلكترون الموجب.

ثم تتفاعل نواة الهيدروجين الثقيل مع نواة الهيدروجين العادي الخفيف لتنتج نواة الهليوم حسب المعادلة:

$$ {}^1H_2 + {}^1H_1 \rightarrow {}^2He^3 + \gamma $$

نواة نواة نواة طاقة

هيدروجين ثقيل هيدروجين خفيف هليوم خفيف (فوتون)

بينما تنطلق طاقة كهرومغنطيسية في شكل موجات كهرومغنطسية أي فوتونات نرمز لها بالرمز γ (تنطق gamma) .

3.4.4. اطوار النجم

عندما يستمر هذا التفاعل الاندماجي فترة من الزمن, تنفد معظم البروتونات لتحولها إلى هيليوم سرعته بطيئة لأنه أثقل, فيقل الضغط نتيجة لذلك, ويصبح أقل من قوة الجذب التثاقلي, مما يجبر النجم على التقلص مرة أخرى, وعندها تتسارع البروتونات الموجودة على السطح الخارجي للنجم وتدخل في تفاعلات إندماجية أخرى منتجة العناصر الثقيلة .

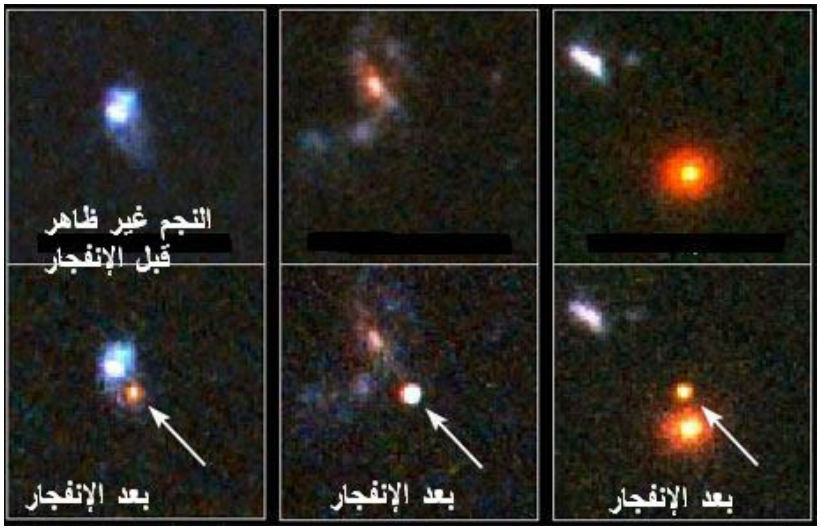
وعندما ترتفع درجة حرارة الطبقات الخارجية للنجم يرتفع ضغطها, ونتيجة لأنها بعيدة من مركز النجم فإن قوة الجذب التثاقلي تكون قليلة, فتصبح قوة الضغط التي تحاول إبعاد الجسيمات عن المركز أكبر من قوة الجذب, ما يؤدي لتمدد الاجزاء الخارجية للنجم, فيزيد حجم النجم ويتغير لونه من الأبيض إلى الأحمر بسبب انخفاض الحرارة بعد التمددلذا يسمى النجم في هذه الحالة

بالعملاق الأحمر Red Giant .

وعندما ينفد الوقود النووي داخل العملاق الاحمر يبرد النجم فيقل الضغط بحيث يصبح أقل من قوة الجذب التثاقلي, ويبدأ العملاق في التقلص مرة أخرى. وبعد عدة عشرات من ملايين السنيين تتركز مادة العملاق الأحمر في حجم صغير مكونة ما يسمى بالقزم الأبيض The White Dwarf وذلك راجع لعملية زيادة سرعة مادة النجم أثناء تقلصه بفعل قوة الجذب التثاقلي. وتؤدي زيادة السرعة لزيادة درجة حرارة النجم حيث يؤدي التسخين الشديد لابيضاض النجم بنفس الكيفية التي يتغير بها لون الحديد عن زيادة تسخينه من اللون الاحمر للون الاصفر للون الابيض.

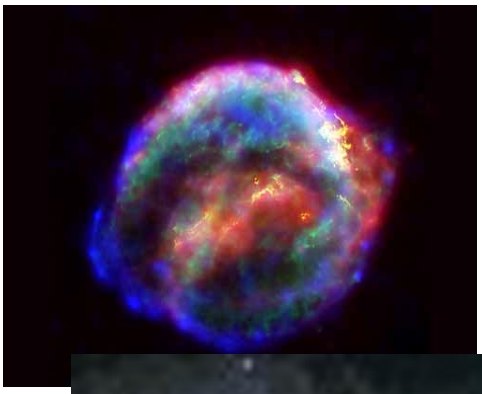
4.4.4.النجم المتفجر الفائق التوهج Supernova (أي الجديد الفائق):

العملاق الأحمر ذو الكتلة الكبيرة عندما يتقلص ليصبح قزما أبيضا كتلته أقل فإنه يفقد جزءاً من كتلته عندما يمر بعدة إنفجارات أثناء تقلصه حيث يسمى هذا الطور بطور **النجم المنفجر** أو **النجم الجديد الفائق** Supernovaٍ.



الشكل (4-5): إنفجار النجوم (Supernova) مستمر.هذه الصور إلتقطت حديثا لثلاث نجوم لم تكن ظاهرة لبعدها (الصور العليا) ثم ظهرت بوضوح بعد إنفجارها (الصور السفلى)

وتقوم هذه الانفجارات بارسال سحب ضخمة من الغازات التي تحتوي على أنوية الهيدروجين والهليوم وبعض العناصر الثقيلة, وعند تكثف هذه السحب وتقلصها, تتكون نجوم جديدة مرة أخرى مع نثر كمية من الغبار في الفضاء حولها .



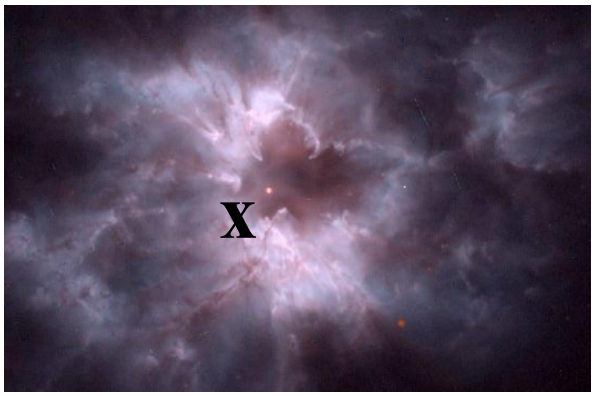
شكل (4-6): عملاق احمر إنفجر. رآه العالم المشهور كبلر (الوحدة الثالثة) في عام 1604 , أي ان هذه صورته بعد 400 سنة من رؤيته منفجرا لأول مرة.





شكل (4-7)

أ) بقايا نجم إنفجر منذ وقت طويلsupernova **ب) بقايا نجم آخر إنفجر**



شكل (4–8):نجم قزم (أعلى يمين العلامة X) مساحة سطحه اقل من نصف مساحة افريقيا محاطا بكمية من الغاز والغبار الذي صدر من غلاف النجم العملاق الأحمر Red Giant الذي إنفجر فتحول إلى قزم أبيض **White Dwarf**.

5.4.أنواع النجوم

عزيزي الدارس,

عندما تعرضنا لتطور النجوم تحدثنا عن بعض أنواع النجوم. وتختلف النجوم عن بعضها في **أحجامها** وفي **ألوانها** وفي درجة **لمعانها :**

وتنقسم النجوم حسب أحجامها لعدة أقسام (أنظر الشكل (4–10)) نذكر منها:

1) النجم العملاق الأحمر The Red Giant :

وقد تحدثنا عنه من قبل, ويبلغ قطر هذا النجم اكثر من 300 مليون كيلومتر ويكون لون النجم أحمراً. وهو عبارة عن مصنع لصنع العناصر الثقيلة وينفجر العملاق الأحمر ذو الكتلة الكبيرة مكونا نجما جديدا فائقا Supernova. والواضح ان كل العناصر الثقيلة الموجودة في الكون وتلك التي في الأرض صنعت من قبل في هذه المصانع الضخمة بما في ذلك الحديد, والذي يقول الله سبحانه وتعالى عنه في سورة الحديد " **وأنزلنا الحديد فيه بأس شديد**". لاحظ كلمة انزلنا.

لقد توصل العلماء أخيرا إلى أن النجوم تكونت أولا قبل السدم الكبيرة وبالتالي قبل المجرات. وهذه النجوم في معظمها تحولت إلى عمالقة حمر ثم إلى نجوم متفجرة (Supernova), مما أدى إلى تكون سحب ضخمة من المادة بما فيها العناصر الثقيلة التي تجمعت مرة أخرى في صورة سدم تكونت منها المجرات. ولا زالت هذه السدم تنتج النجوم الجديدة (الشكل 4–4)) ولازال الكون ملئ بالنجوم المتفجرة (الشكل (4–6)) ومن مثل هذه المادة تكونت منظومتنا الشمسية قبل 4.5 بليون سنة.

2) النجم القزم الأبيض The White Dwarf:

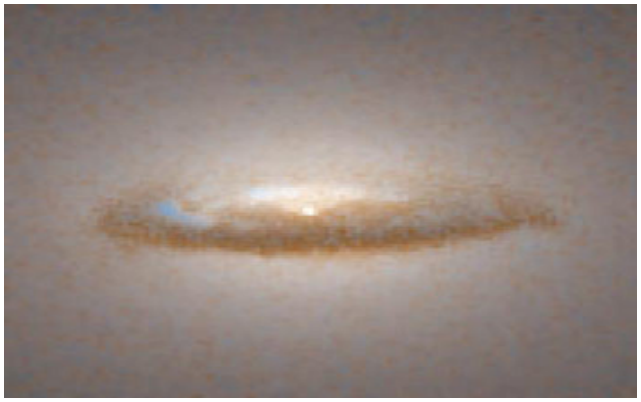
وهذا النجم ايضا ذكرناه من قبل, وهو نجم حجمه صغير ويقل حجمه عن حجم الشمس بكثير.وتكون كثافته أكبر بكثير من كثافة الشمس حيث تتراوح كثافته بين 50000 و 100000 مرة قدر كثافة الماء وهو نتاج لتقلص وتفجر العملاق الأحمر.

3) النجوم النيوترونية Neutron Stars :

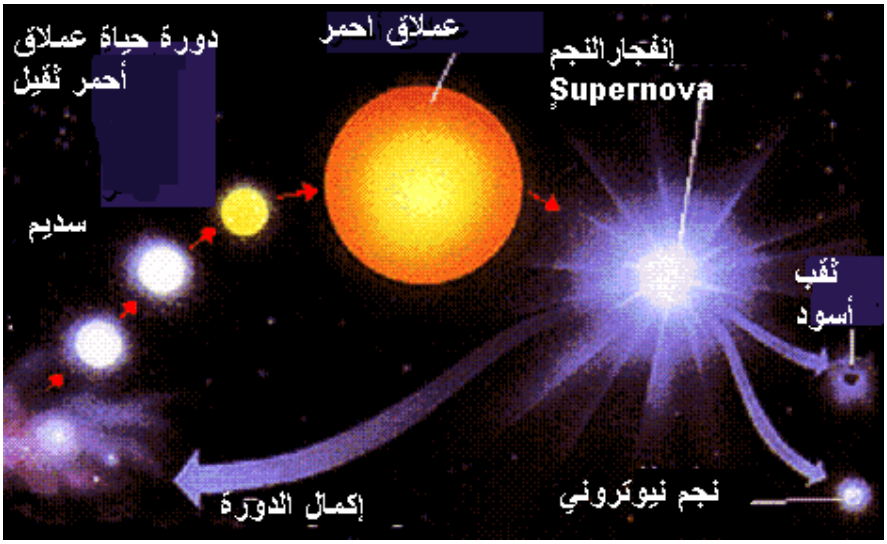
عندما ينكمش القزم أكثر بعد نفاد وقوده النووي, فإنه يحصل على الطاقة بفعل الانكماش تحت تأثير الجاذبية فقط. ويستمر إنكماش القزم حتى يصبح مكونا من نيوترونات ملتصقة ببعضها البعض في حيز ضيق جداً (يقوم كل بروتون موجود في نوى الذرات داخل النجم تحت الضغط الشديد بإمتصاص الكترون من غلاف الذرة فيتحول إلى نيوترون وهكذا يصبح النجم مكونا من نيترونات فقط). ويكون حجم النجم أصغر بألف مرة من حجم القزم الابيض, ويسمى مثل هذا النوع من النجوم **بالنجوم النيوترونية.**

4) الثقب الأسود The Black Hole

وعندما يستمر النجم النيوتروني في الانكماش يصل للحد الذي لا يستطيع الضوء الافلات من سطحه لقوة جذبه التثاقلي الشديدة. ويسمى النجم في هذه الحالة **بالثقب الأسود** (الشكل (4-9)).



شكل (4-9): نجم يحيط به غبار ناتج عن إنفجار عملاق أحمر في طريقه إلى أن يصبح ثقبا اسودا.



شكل (4-10) دورة حياة نجم تحول إلى عملاق أحمر ثم إنفجر.

6.4. تصنيف النجوم حسب تغير درجة لمعانها

مكن ايضا تصنيف النجوم حسب تغير درجة لمعانها:

- فهناك ما يسمى **النجوم الثنائية Binary Stars**: وهي مكونة من نجمين يدوران حول مركز مشترك يقع بين النجمين. وعندما يكون لمعان احد النجمين اشد من الآخر يقل لمعان **الثنائي**, عندما يقع النجم ذو اللمعان الاقل بين المشاهد والنجم الآخر, بينما يزيد لمعان الثنائي عندما يقع النجم الاكثر لمعانا بين المشاهد والنجم الآخر.
- أما **النجوم النابضة Pulsars**: فهي نجوم يقل لمعانها ويزداد بصورة منتظمة نتيجة لعملية التمدد والانكماش الدوري لهذا النجم.وتعزى عملية التمدد والانكماش لزيادة وانخفاض توليد الطاقة داخل النجم. فعندما يزداد تولد الطاقة تزيد درجة الحرارة فتتمدد الغازات الموجودة بالنجم فتكتسب طاقة حركية تمكنها من التمدد. وعندما يتمدد النجم يقل الضغط بداخله مما يقلل من سرعة التفاعلات النووية لقلة سرعة الجسيمات بداخله.

وعندما تقل سرعة التفاعلات تقل الطاقة المتولدة فتقل سرعة الغازات وينكمش النجم مرة أخرى. وهكذا يستمر النجم في التمدد والانكماش بصورة دورية.

أسئلة تقويم ذاتي



1. وضح كيفية تكون النجم في سديم.
2. كيف يتم التفاعل الإندماجي؟.
3. متى يتحول النجم لعملاق أحمر وما علاقة ذلك بقوتي الجذب التثاقلي والضغط الحراري؟ ومتى يتحول العملاق الاحمر لقزم أبيض؟ وماهو سبب إبيضاض لون هذا القزم؟
4. متى يصبح النجم في طور النجم القابل للإنفجار؟
5. رتب دورة حياة نجم ينفجر ويبدأ من جديد.
6. أذكر أنواع النجوم حسب حجمها؟ وماهي أصناف النجوم حسب درجة لمعانها؟

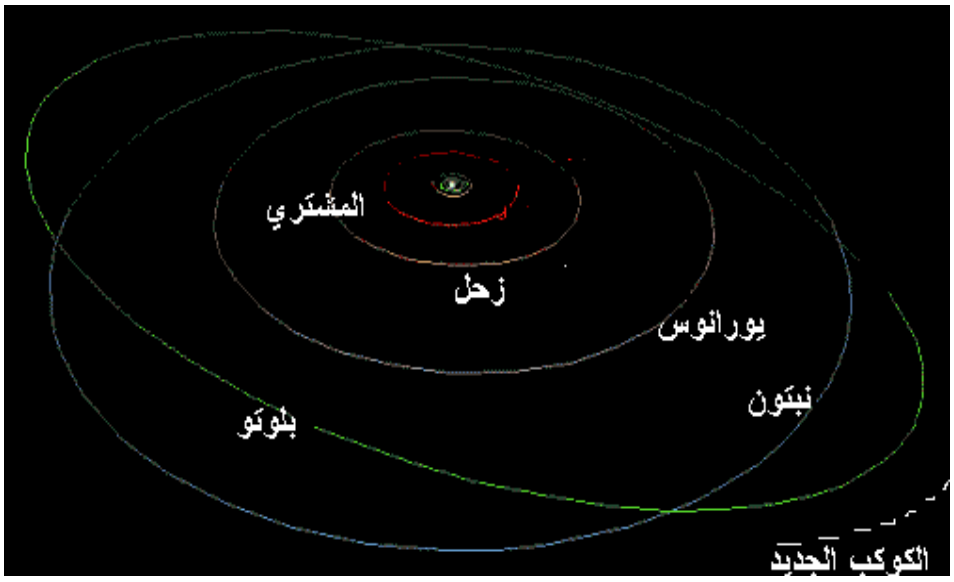
7.4. المنظومة الشمسية

عزيزي الدارس

بعد أن عرفنا الكثير عن الكون ونشأته وتطورة وما يحويه من المجرات والسدم والنجوم, سنتعرف على **المنظومة الفلكية** التي تحوي كوكب الأرض والتي تسمى بالمنظومة الشمسية Solar System.

- مم تتكون المنظومة الشمسية؟
- وكيف تكونت هذه المنظومة؟
- وما موقعها في المجرة؟

تتكون مجموعتنا الشمسية (المنظومة الشمسية) من الشمس في المركز وتدور حولها مجموعة من الكواكب والكويكبات والمذنبات, كما يوجد فيها بعض الأجسام الصغيرة الأخرى مثل النيازك. وسنتعرف الآن على طبيعة كل نوع بشئ من التفصيل .



شكل (4- 11): الشمس وحولها الكواكب-الشمس والكواكب الداخلية مصغرة

4 .7 .1. الشمس The Sun

هي عبارة عن جسم كبير به غازات ملتهبة درجة حرارتها عالية جداً. وتمثل الشمس مصدر الطاقة الوحيد في المنظومة الشمسية والذي يمدها بالطاقة الضوئية والحرارية.وتصل درجة الحرارة في باطن الشمس إلى أكثر من مليون درجة مئوية بيننما درجة حرارة السطح الخارجي للشمس حوالي 6000 درجة مئوية.

وتتولد هذه الطاقة الحرارية العالية من عملية الاندماج النووي الذي يتحول فيه جزء من كتلة الشمس إلى طاقة يصل بعضها للأرض في شكل أشعة ضوئية وحرارة. وتبلغ كتلة الشمس حوالي (2×10^{30} kg) وهي بذلك تمثل أكبر جرم في المنظومة الشمسية وتبعد عن الأرض حوالي 150 مليون كيلومتر.

عزيزي الدارس,

لقد اتخذ العلماء المسافة بين الشمس والأرض (أي 150 مليون كيلومتر) وحدة لقياس المسافات الفلكية وخصوصا المسافات بين الكواكب والأقمار وغيرها في المنظومة الشمسية, وسميت هذه الوحدة **بالوحدة الفلكية Astronomical Unit (AU)**.



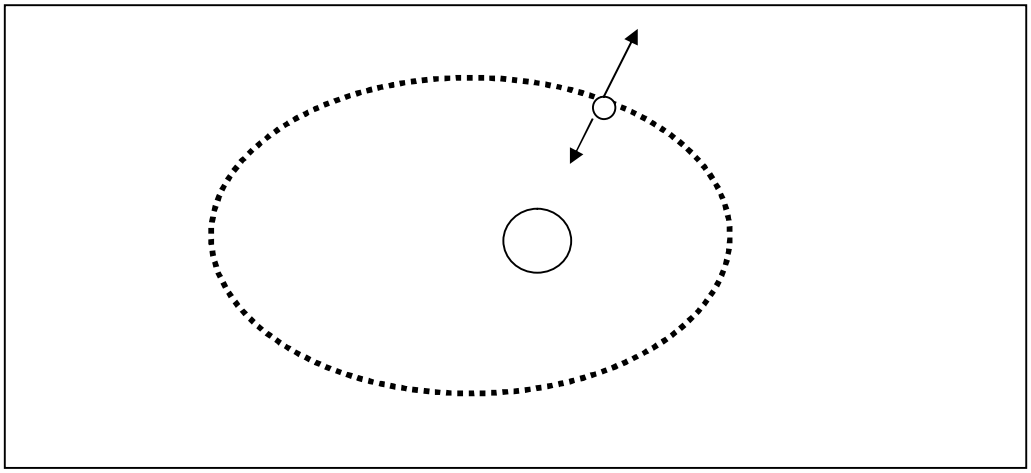
شكل (4-12):الصورة لجزء من قرص الشمس توضح ان سطح الشمس ليس كله في درجة حرارة واحدة حيث تظهر في وسط الصورة منطقة تبدو ساخنة مقارنة بما حولها كما توجد مناطق كثيرة جدا داكنة مما يدل على برودتها مقارنة بما حولها. وتكثر عادة البقع الساخنة والتي تسمى بالبقع الشمسية في دورة تتكرر كل 11 سنة ويصل تأثيرها إلي الأرض مما يشوش على الاتصالات اللاسلكية. كما تقذف الشمس بإستمرار بكمية من مادتها تصل أحيانا إلى ارتفاعات عالية كما يظهر في أعلى يمين حافة قرص الشمس في الصورة كما تظهر في الصورة إنفجارات اخرى صغيرة وكبيرة.

عزيزي الدارس ,

لا تتعدي كتل الكواكب والأجرام الموجودة في المنظومة الشمسية 0.15% من كتلة المنظومة ككل وبالتالي فكتلة الشمس وحدها تساوي 99.85 % من كتلة هذه المنظومة.

2.7.4.الكواكب Planets

الكوكب هو جرم أو جسم كبير يدور حول الشمس وهو ليس مصدرا للطاقة مثل الشمس ولكنه يعكس الضوء الساقط عليه. وتدور الكواكب حول الشمس في مدارات أهليليجية.



قوة الطرد المركزية

قوة الجذب

الشمس

الشكل(4-13): قوة الطرد المركزية توازن قوة التثاقل

ولكن لماذا لا تسقط الكواكب على الشمس التي تجذبها بقوة تثاقلية؟

تكمن والإجابة على هذا السؤال في قوة الطرد المركزية التي تنشأ عندما يدور الكوكب في مساره حول الشمس. فتعمل قوة الطرد المركزية هذه والتي تعادل قوة الجذب المركزية الواقعة على الكوكب وذلك حسب قانون نيوتن الثالث والذي ينص على أن لكل قوة فعل توجد قوة رد فعل مساوية لها في المقدار ومضادة لها في الإتجاه.ولكن هذا القانون صحيح فقط إذا كانت قوة الفعل على جسم وقوة رد الفعل على جسم آخر. وعليه إذا كانت قوة الجذب المركزية تؤثر على الكوكب لتجعله يدور حول الشمس فإن قوة رد الفعل هي قوة الطرد المركزية تكون في عكس اتجاه قوة جذب الشمس للكوكب فتمنع الكوكب من السقوط على الشمس وتجعله محتفظاً بمساره.

الكواكب تدور حول الشمس حسب الترتيب التالي من الأقرب إلى الأبعد وهي :

عطارد Mercury , الزهرة Venus ,الأرض Earth , المريخ Mars , المشترى Jupiter وزحل Saturn , يورانوس Uranus , نبتون Neptune , بلوتو Pluto , وهناك كوكب عاشر تم الإعلان عن إكتشافه في 2005/7/29 ولم يمنح اسما حتى الآن. أي أن عدد الكواكب المعروفة حتى الآن 10 كواكب.

ملاحظة

- تدور الكواكب حول الشمس في عكس اتجاه دوران عقارب الساعة.
- يقع معظمها في مستوى واحد (سطح واحد) ماعدا كوكب بلوتو (انظر الشكل (4−1)) وكذلك الكوكب العاشر الذي يميل بزاوية مقدارها 28^{o} على مستوى الكواكب الثمانية الأولى.
- تدور معظمها حول محورها في عكس اتجاه عقارب الساعة ماعدا كوكبي الزهرة ويورانوس التي تدور في إتجاه عقارب الساعة.
- المدة التي يستغرقها الكوكب ليدور مرة واحدة حول محوره تسمى باليوم ويقاس عادة بعدد ما يعادله من الأيام الأرضية وعلى ذلك فهناك يوم المريخ ويوم المشتري الخ.
- مدة دوران الكوكب حول الشمس تسمى بالسنة وكلما كبر مدار الكوكب حول الشمس كلما طالت سنته.

ولكن كيف نتعرف على الكواكب في السماء؟:

ويجيبنا على هذا السؤال الأستاذ محجوب محمد الحسين في كتابه ***مبادئ علم الفلك*** حيث يقول:

*الكواكب تعطي ضوءاً ثابتا بينما تتلألأ النجوم

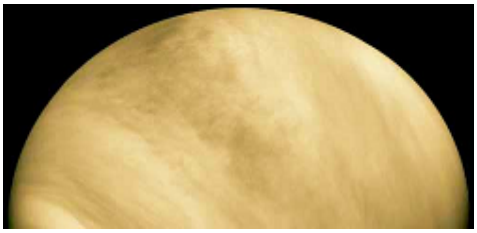
* توجد الكواكب قريباً من الخط الظاهري الذي تسير فيه الشمس من الشرق إلى الغرب. فالكواكب الثمانية الداخلية (أي حتى نبتون) تقع في مستوى واحد مع الشمس, ولذلك يمكن رؤيتها دائما في الخط الذي تسير فيه الشمس, بينما كوكب بلوتو والكوكب العاشر تبعد عن هذا الخط ولذلك لم يتم إكتشافها إلا مؤخرا (بلوتو في عام 1930 والعاشر في 2003 واعلن عنه في نهاية يوليو 2005). بينما توجد النجوم في كل اجزاء السماء.

*يبدو الكوكب في **المنظار الفلكي** كقرص, بينما يعطي النجم نقطة صغيرة من الضوء.

* تتحرك الكواكب بين النجوم, بينما تبدو النجوم ثابتة في مواضعها بالنسبة للنجوم الاخرى.

الشكل (4−14) التالي يوضح صورا لبعض كواكب المنظومة الشمسية :





ا) **كوكب عطارد– صخري**

ب)كوكب الزهرة – صخري

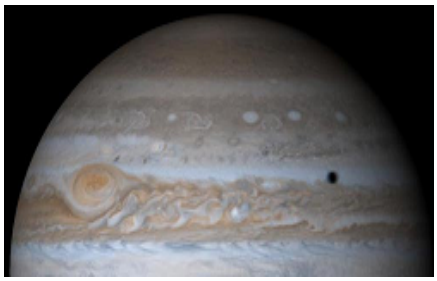


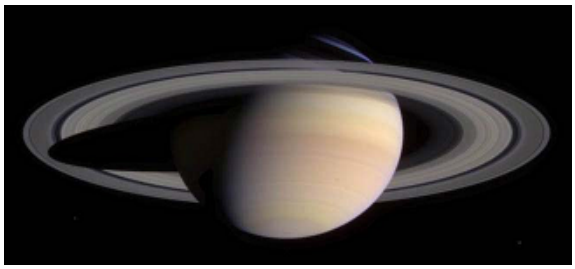
د) **كوكب المريخ –**



صخري

ج) **كوكب الأرض من الفضاء –تظهر قارة أفريقيا والجزيرة العربية**





هـ) كوكب المشتري– والنقطة السوداء هي ظل احد أقماره وتظهرعلى يمين البقعة الحمراء الكبيرة المميزة له

و) **كوكب زحل** بحلقاته المميزة

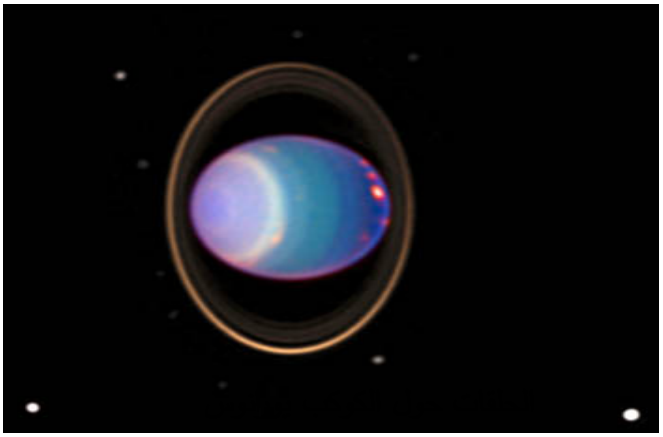
فالكواكب القريبة من الشمس كواكب صخرية مثل عطارد والزهرة والأرض والمريخ بينما كل من كوكب المشتري وكوكب زحل كواكب غازية في مجملها أما يورانوس ونبتون والى حد ما بلوتو فهي كواكب غازية جزئيا

وكوكب **المشتري هو اكبر كواكب المنظومة الشمسية** وتعادل كتلتة ضعف مجموع كتل بقية كواكب المنظومة الشمسية, فكتلة المشتري تساوي 318 مرة كتلة الأرض.وهو الرابع من حيث الضوء الصادر منه والذي يراه الإنسان في السماء بعد الشمس والقمر والزهرة.

والكواكب الغازية كالمشتري وزحل ليس لها سطح صلب, ومانراه على سطحها عبارة عن سحب . و75% من كتلة المشتري عبارة عن غاز الهيدروجين (90%) وغار الهيليوم (10%) والبقية من غاز الميثان والنشادر وقليل من الماء وبعض الصخور في المركز.

أما كوكب زحل فله نفس التركيب تقريبا ولكن مايميزه هو حلقاته, وتظهر في الصورة 3 حلفات ولكنها في الواقع 7 , وتتكون هذه الحلقات من كرات من الثلج . وبينما يصل قطرهذه الحلقات إلى أكثر من 250000 كيلومتر لا يتعدى سمكها الكيلومتر الواحد.

وتوجد مثل هذه الحلقات ولكنها معتمة إلي حد كبير حول المشترى وكذلك حول يورانوس (أنظر الشكل) ونبتون.



الحلقات حول يورانوس

3.7.4. الأقمار (Moons)

وهي أجسام أقل حجماً من الكوكب ,تدور حول الكوكب.

وتوجد أقمار حول 8 من كواكب المنظومة الشمسية, ولا توجد اقمار حول عطارد والزهرة لقربهما الشديد من الشمس, حيث جاذبية الشمس القوية والتي قد تكون تسببت في إفقادهما أقمارهما كما أفقدتهما الأغلفة الجوية التي ربما كانت حولهما. وعدد الأقمار المعروفة حتى عام 2005 حول الكواكب هي 146 قمرا موزعة كالآتي:

الارض 1, المريخ 2 ,المشتري 63 ,زحل 34 , اورانوس 27 , نبتون 17, وبلوتو 1. والكوكب العاشر له أيضا قمر واحد.

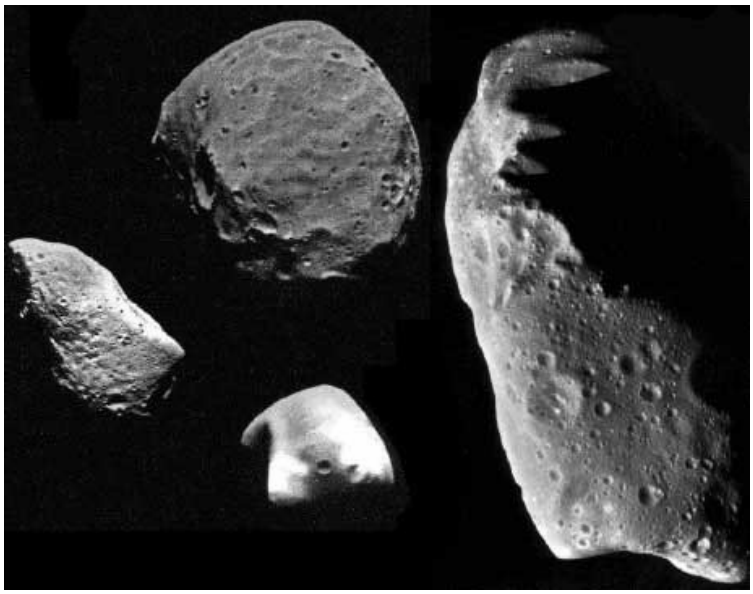
4.7.4.الكويكبات (Asteroids)

الكويكبات عبارة عن كتل ضخمة من الصخور تدور حول الشمس في مدارات أهليليجية تقع معظمها بين مداري المريخ والمشترى في حزام يسمى حزام الكويكبات Asteroid belt

وتصنف الكويكبات حسب حجمها:

- فهناك حوالي 26 كويكبا قطرها أكثر من 200 كيلومتر.
- ويتوقع أن يكون هناك مالايقل عن مليون كويكب قطرها حوالي الكيلومتر.
- وهناك ملايين من الكويكبات الأصغر حجما وغير المرصودة.

والمزعج أن مدارات بعض هذه الكويكبات تتقاطع مع مدار الأرض مما يعني انهما ربما يلتقيان في نقطة واحدة في يوم من الأيام. ولكن مسارات الكويكبات الكبيرة معروفة ولا يظهر أن هناك خطر. ولكن الخطر يكمن في الكويكبات الصغيرة الكثيرة التي لا يعرف عنها شئ ويمكن ان تصطدم بالأرض بدون إنذار كالشهب التي تسقط بكميات كبيرة يوميا كما سنرى لاحقا .وإذا كان الجسم كبيرا نوعا ما فربما يمكن اكتشافه ولكن فترة الإنذار قد لا تكون كافية. ففي الماضي القريب سقط حسم كهذا قطره حوالي 60 مترا في عام 1908 في سيبريا في روسيا واحدث دمارا هائلا في الغابات في دائرة قطرها 1000 كم (سقطت الأشجار في صورة صفوف دائرية حول نقطة سقوط الجسم مما يدل على حدوث شيء أشبه بالإنفجار عند نقطة السقوط) ولكن ومن حسن الحظ ان تلك المنطقة كانت غير مأهولة بالسكان في ذلك الوقت.



شكل(4-15): صور لأنواع مختلفة من الكويكبات وهى غير منتظمة الشكل

5.7.4.المذنبات (Comets)

هي أجسام ذات كتل اصغر من كتل الكواكب تدور حول الشمس.وهي مكونة من الصخور وبعض الغازات والثلج وسميت بالمذنبات لأن لها ذنب (ذيل) طويل يتشكل من مكوناتها من الغازات والبخار, ويظهر عندما يقترب المذنب من الشمس ويتجه هذا الذنب بعيداً عن الشمس بسبب الرياح الشمسية (الإشعاعات الصادرة عن الشمس) التي تدفعه بعيدا عن الشمس.

وهناك مذنبات تدور حول الشمس في مدارات إهليلجية مثل المذنب المشهور الذي سمي على مكتشفه **هالي** والذي يدور حول الشمس كل 76 سنة. وكان قرب الشمس آخر مرة في عام 1986 ولن يزورها مرة اخري ويكون في اقرب موقع منها إلا في عام 2062.

ويوجد حزام عريض كامل من المذنبات قرب مدار كوكب نبتون, يسمى بحزام كويبر Kuiper Belt, وهو يحتوي على عدد ضخم من الأجسام المكونة من الصخور والتلج, والذي يعتقد انه مصدر المذنبات ذات الزمن الدوري القصير (مثل هالي) ويحتوي هذا الحزام على اكثر من 800 مذنب قطرها اكثر من 100 كم وهناك الملايين من المذنبات الأصغر حجما.

وهناك من العلماء من يعتقد ان الكوكب بلوتو وقمره شارون هما جزء من هذا الحزام, وخصوصا ان مدار بلوتو يميل على المستوى الذي فيه مدارات بقية الكواكب . غير أن آخرين يرون أن مدار بلوتو (وربما مدار الكوكب العاشر) مائل بسبب إقترابه في فترة ما من مدار كوكب نبتون مما أثر على مداره. وما يجدر ذكره أن هناك مذنبات كبيرة في هذا الحزام قريبة من حجم الكواكب مثل المذنب كواوار Quaoar الذي يبلغ قطره 1250 كم.



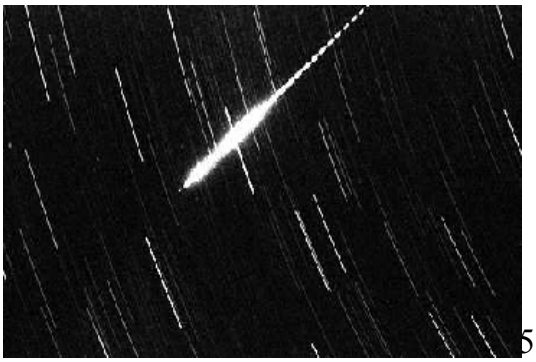
شكل(4-16) : المذنب هالي

6.7.4. النيازك والشهب Meteorites (المفرد Meteor):

النيازك عبارة عن أجسام صغيرة اغلبها قادم من حزام الكويكبات وبعضها اجزاء صغيرة إنفصلت عن المذنبات. وقد وجد أن عددا منها ذو اصل قمري وبعضها مريخي!.

عندما تدخل النيازك في المجال التثاقلي للأرض, تتسارع وتدخل في الغلاف الجوي بسرعة شديده (تتراوح بين 10 و70 كم في الثانية). وبسبب احتكاكها مع الهواء في الغلاف الجوي





نيزك وصل إلى الأرض مكون شهاب
في معظمه من الحديد والنيكل

شكل (4–17) نيزك و شهاب

تسخن وتحترق ونراها في صورة شهب .واحيانا يصل جزء منها إلى الارض مثل الموضح في الشكل (4–17) والمكون من الحديد والنيكل وفي هذه الحالة يظل محتفظا بالإسم نيزك.

عزيزي الدارس,

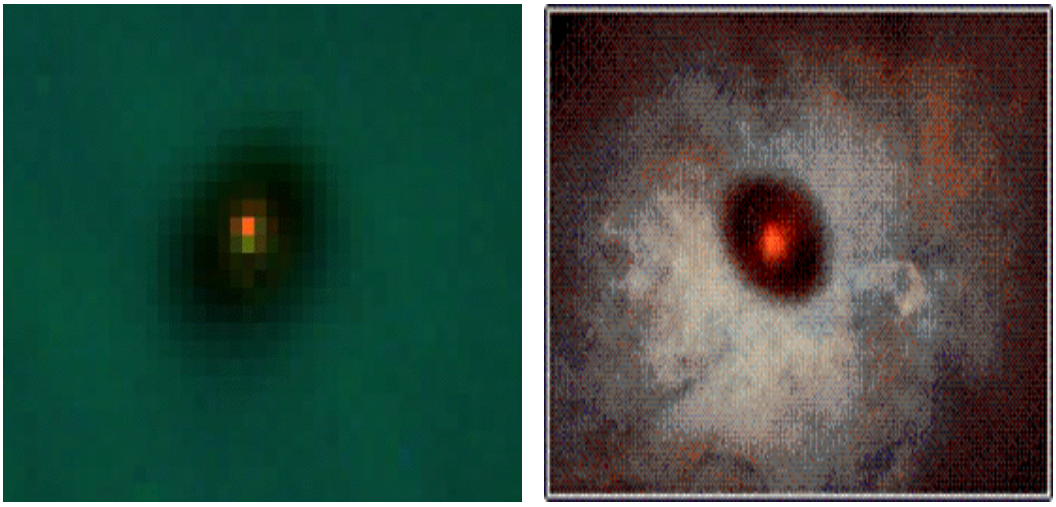
- الجسم في حالة احتراقه في غلاف الأرض الجوي يسمي شهاباً. ويتميز الشهاب بأنه يصدر ضوءاً في شكل شريط رقيق لمدة زمنية قصيرة عند احتراقه وحتى تلاشيه.
- ولكن عندما يسقط الجسم المخترق للغلاف الجوي على الأرض يحتفظ بإسم النيزك.
- يوميا يصل إلى غلاف الأرض حوالي 100 طن من النيازك ولكن القليل جدا منها الذي يصل إلى سطح الأرض.
- لو راقبت السماء فيمكنك ان تعد عددا كبيرا من الشهب في الساعة الوحدة وهناك فترات تكثر فيها الشهب وذلك عندما يقطع مدار الارض ممر الشهب وتسمى في هذه الحالة مطر النيازك Meteor shower.

7.7.4.النظريات التي وضعت لتفسير نشأة المنظومة الشمسية

- هناك نظريات كثيرة وضعت لتفسير نشأة المنظومة الشمسية, فمثلا نظرية العالم الفرنسي الكونت دي بيفون كانت تفترض تصادم نجم ضخم مع شمسنا حيث تفتت أجزاء منه و تكورت وصارت تدور حول الشمس في شكل كواكب.
- وجاء العلماء شامبرلين ومولتون وعدلا نظرية دي بيفون. فافترضا أن النجم لم يتصادم مع الشمس, و إنما اقترب فقط منها بسرعة كبيرة, فاقتطع هذا النجم أجزاء من الشمس

بفعل قوة الجذب الهائلة له. وبفعل قوة جذب الشمس دارت هذه الأجزاء حول الشمس وبردت وتصلبت وكونت الكواكب.

- النظرية السائدة الآن والمعتمدة تعتبر المنظومة الشمسية ناتجة عن سديم كان مكونا من الغاز والغبار الساخن (من غازات الهيدروجين والهليوم والامونيا والميثان ثم ماء وصخور وتراب) وهذا السديم اصبح يبرد تدريجيا فإنكمش بفعل قوة الجذب التثاقلي بين أجزائه. ثم أصبحت أجزاء السديم تتحرك في مسار دائري بسرعة تزداد كلما زاد الانكماش. وقد أدت هذه الحركة الدائرية السريعة لانفصال أجراء من السديم كونت فيما بعد الكواكب. واستمر قلب السديم في الانكماش مما رفع من درجة حرارته, وعند وصوله إلى أقصى إنكماش تكونت الشمس والتي اصبحت في مركز المنظومة. وتعتبر هذه النظرية من احدث النظريات التي حاولت تفسير تكون المنظومة الشمسية.



شكل (4–18 منظومة كوكبية جديدة حول شمس في طور التكون , منظومة أخرى جديدة في طور التكون

وهناك الكثير من المؤشرات في أجزاء أخرى من الكون (الشكل (4–18)) تدل على تكون مجموعات شمسية بالطريقة السابقة. وقد اكتشفت مجموعة من الكواكب حول بعض النجوم منها الصخري كالارض وكثير منها الغازي كالمشتري. الشكل (4–18) يوضح تكون شموس (نجوم) جديدة في اجزاء اخرى من الكون القريب منا وحولها غبار سيتحول إلى كواكب بمرور الزمن علما بأن هذا الغبار كله يدور حول الشمس الجديدة المتكونة مما يدعم النظرية الحالية .

أسئلة تقويم ذاتي



1. عرف المنظومة الشمسية واذكر مكوناتها.
2. ماهي البقع الشمسية وأذكر تأثيراتها على الأرض.
3. كم تبلغ درجة حرارة قلب الشمس وكم تبلغ ذرجة حرارة سطحها؟
4. الكواكب التي تدور حول الشمس 10 كواكب. أذكر اسماء الكواكب التي تدور حول الشمس في سطح واحد.
5. لماذا تأخر إكتشاف الكوكب بلوتو والكوكب العاشر؟.
6. ما هي الكويكبات وأين موقعها في المجموعة الشمسية
7. عرف المذنب واذكر اسم الحزام الذي يحتوي على المذنبات وما اسم اشهر المذنبات؟
8. ما مصدر النيازك والشهب ؟ وما الفرق بين الإثنين؟.

الخلاصة

عزيزي الدارس, في النهاية، نؤكد على ما أكدنا عليه في التمهيد عن ضرورة تقويم هذه الوحدة، وإبداء ملاحظاتك للاستفادة منها.ولكن ما الذي ناقشناه ؟

لقد بحثنا في هذه الوحدة عن نشأة الكون ومكوناته وناقشنا في البداية نظرية الانفجار الكبير وهي النظرية التي أمكن برهان صحة كثير من فرضياتها,وهي النظرية التي تقول بخلق الكون وأن الكون بدأ بانفجار عظيم لم يكن قبله مكان ولازمان وبالتالي فالمكان والزمان مخلوقان.

في البداية تعرفنا علي الحقب التي مر بها الكون في اللحظات الصغيرة الأولى بعد الانفجار والحقب التي مر بها الكون حتى يومنا هذا .وعندما وصلنا إلى حقبة تكون المادة وجدنا أن الكون بدأ في التشكل والتطور حتى وصل إلى وضعه الموجود فيه اليوم وهو في حركة وتغير مستمران وفي توسع من حيث المكان.

ثم تعرفنا غلى السدم والمجرات و أنواعها .ثم ناقشنا مراحل تطور النجوم, وأنواعها من حيث مكوناتها وإضاءتها, ومن ثم المنظومة الشمسية التي نعيش فيها, ثم معرفة الكواكب وأنواعها وأقمارها, الكويكبات والمذنبات والشهب والنيازك.كما تعرفنا في الجزء الأخير علي النظرية الحالية التي تفسر كيفية تكون المنظومة الشمسية وأي منظومات كوكبية أخرى إن وجدت في الكون.

ومع نهاية هذا الجزء نكون قد انهينا هذه الوحدة، ونأمل أنها أضافت إلى معلوماتك الثرة و أتمنى لك التوفيق. وان تسعد بالوحدة القادمة إنشاء الله.

لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية القادمة

عزيزي الدارس، بعد أن فرغت من دراسة هذه الوحدة العلمية و اصبح لديك الآن حصيلة كبيرة من المعلومات المفيدة فيما يتعلق بمفهوم الكون.

والآن تنتقل معنا الوحدة القادمة وهي بعنوان الكهربية الساكنة, وسوف نتعرف علي طرق شحن المواد كهربيا والقوة التي تقع بين الشحنات الكهربية وكيفية معرفة نوع الشحنة

نرجو أن تكون وحدة مفيدة لك وان تسهم معنا في نقدها وتقييمها.

مسرد المصطلحات

نظرية الانفجار الكبير (The Big Bang Theory)

الكون بزمانه ومكانه بدأ عند لحظة ونقطة معينة بعد إنفجار ضخم جدا جدا. وقبل هذه اللحظة لم يكن هناك كون ولا زمان و لا مكان.

توسع الكون (Universe Expansion)

الكون يتوسع في كل الإتجاهات حسب قانون هبل $v = H \times b$ حيث v السرعة و b البعد و H ثابت يسمى ثابت هبل Hubble Constant.

الكواركات (Quarks)

هي جسيمات أولية تتركب منها البروتونات، والنيوترونات وغيرها .

الفوتونات (Photons)

هي حاملة الضوء والموجات الكهرومغناطيسية عموما.

السنة الضوئية(Light year):

هي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة وتساوي 9.46×10^{12} كيلومتر, أي حوالي 10 **مليون مليون كم.**

الحقبة الإشعاعية (Radiation Epoch)

هي الحقبة التي يكون فيها الكون في حالة **بلازما** حيث يحوي غازا ساخناً من البروتونات والنيوترونات والإلكترونات الحرة وأنوية الهيدروجين والهليوم .

حقبة المادة (matter epoch)

هي الحقبة التي تتمكن في بدايتها انوية الهيدروجين والهليوم من جذب الإلكترونات إليها مكونة بذلك ذرات الهيدروجين والهليوم.

الانقستروم (Angstrom (A))

وحدة لقياس الأبعاد الذرية: $1\ A = 10^{-10}\ m$

الخلفية الإشعاعية الكونية(Cosmic Background Radiation):

هي الإشعاع القادم من كل الإتجاهات والذي يمثل الإشعاع الأصلي في بداية الكون بعد أن برد اليوم واصبحت درجة حرارته 2.7 درجة كلفن وطول موجته حوالي 13 cm .

النجم (Star) :

وهي عبارة عن جرم ساخن جدا يولد الطاقة الحرارية والضوئية.وهو عبارة عن شمس قد تكون مثل شمسنا أو أقل أو أكبر منها .

المجرة (Galaxy):

هي منظومة مكونة من بلايين النجوم تتحرك ككل وتدور حول نفسها.

المجرات الحلقية(Ring Galaxies):

وهي مجرات لها مركز من النجوم ويحيط بها حلقة من النجوم

السديم (**Nebula**):

هو عبارة عن سحابة مكونة من غازات وغبارفي شكل دخان قد تكون كبيرة في حجم المجرة.

التفاعل الإندماجي في النجوم(Nuclear Synthesis in Stars):

وهو التفاعل الذي تتحد فيه نوي الذرات لتكوين ذرات عناصر أثقل تحت ضغط ودرجات حرارة عالية جدا.

العملاق الأحمر(Red Giant):

هو النجم الذي تمدد وكبر حجمه وتغير لونه من الأبيض إلى الأصفر ثم إلى الأحمر.

القزم الأبيض (**The White Dwarf**):

هو النجم الأحمر الذي تقلص واصبح لونه ابيضا.

النجم المتفجر الفائق التوهج (Supernova)

(أي الجديد الفائق): هو العملاق الأحمر ذو الكتلة الضخمة الذي يمر بطور الأنفجار مخلفا الغبار والغاز

النجم النيوتروني (Neutron Star) :

هو النجم المتخلف بعد انفجار العملاق الأحمر والذي زاد فية الجذب التثاقلي حتى إندمجت البوتونات مع الإلكترونات فكونت نيوترونات فصبح كتلة من النيوترونات (أي لا توجد فيه ذرات).

الثقب الأسود (The Black Hole):

نجم نيوتروني زاد تقلصه وقوة جذبه التثاقلي للدرجة التي لا يستطيع صوءه الإفلات من قوة جذبه ولذلك يسمى اسودا.

المنظومة الشمسية (The Solar System):

تتكون مجموعتنا الشمسية (المنظومة الشمسية) من الشمس في المركز, تدور حولها مجموعة من الكواكب والكويكبات والمذنبات, كما يوجد فيها بعض الأجسام الصغيرة الأخرى مثل النيازك.

الشمس (The Sun):

هي عبارة عن جسم كبير به غازات ملتهبة درجة حرارتها عالية جداً. وتمثل الشمس مصدر الطاقة الوحيد في المنظومة الشمسية والذي يمدها بالطاقة الضوئية والحرارية

الكواكب(Planets):

الكوكب هو جرم أو جسم كبير يدور حول الشمس وهو ليس مصدرا للطاقة مثل الشمس ولكنه يعكس الضوء الساقط عليه. وتدور الكواكب حول الشمس في مدارات أهليليجية. والكواكب هي: **عطارد** Mercury والزهرة Venus والأرض Earth والمريخ Mars والمشترى Jupiter وزحل Saturn ويورانوس Uranus ونبتون Neptune وبلوتو Pluto وكوكب عاشر لا إسم له حتى الآن.

الأقمار (Moons):

وهي اجسام أقل حجماً من الكوكب ,تدور حول الكوكب.

الكويكبات (Asteroids):

هي عبارة عن كتل ضخمة من الصخور تدور حول الشمس في مدارات أهليليجية تقع معظمها بين مداري المريخ والمشترى في حزام يسمى حزام الكويكبات Asteroid belt.

المذنبات(Comets):

هي أجسام ذات كتل اصغر من كتل الكواكب تدور حول الشمس.وهي مكونة الصخور وبعض الغازات والثلج وسميت بالمذنبات لأن لها ذنب (ذيل) طويل.

النيازك والشهب Meteorites (المفرد Meteor):

النيازك عبارة عن أجسام صغيرة اغلبها قادم من حزام الكويكبات وبعضها اجزاء صغيرة إنفصلت عن المذنبات.

المراجع

1) وكالة الفضاء الامريكية :**NASA**

National Aeronautics and Space Administration

http://origins.jpl.nasa.gov/

http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs

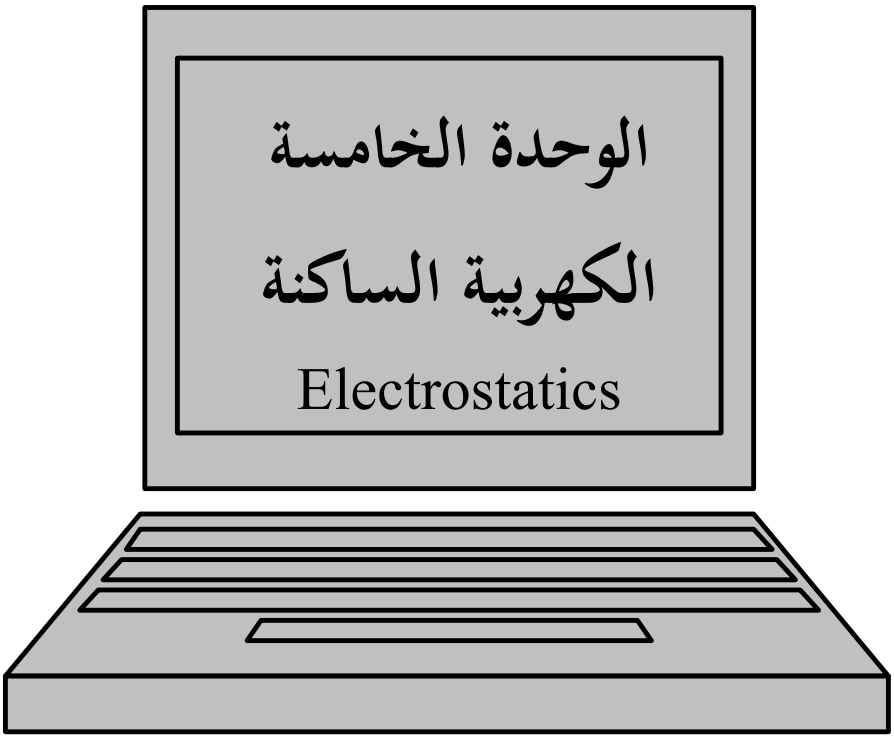
2) www.leaderu.cam.ac.uk/

3) www.solarviews.com

4) www.nineplanets.org

5) www.universetoday.com

6) www.news.nationalgeographic.com/news


الوحدة الخامسة
الكهربية الساكنة
Electrostatics

محتويات الوحدة

الموضوع	الصفحة
مقدمة	**165**
تمهيد	**165**
أهداف الوحدة	**166**
5.للكهرباء الساكنة	**167**
1.5.الذرات كمصادر للشحنات	167
2.5. عملية فصل الشحنات	171
3.5. قانون حفظ ء الشحنة الكهربية.	173
4.5.طرق شحن المواد بالشحنات الكهربية	173
5.5. الكشاف الكهربي.	176
6.5.الفوة بين الشحنات وقانون كولوم	178
7.5. المجال الكهربي.	182
8.5. خطوط المجال الكهربي	189
الخلاصة	**193**
لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية	**193**
مسرد المصطلحات	**194**
إجابات التدريبات	**194**

مقدمة

تمهيد

عزيزي الدارس,

مرحباً بك إلى الوحدة االخامسة من مقرر الفيزياء العامة (2)

وهي بعنوان الكهربية الساكنة, حيث للكهربية أهمية كبيرة في حياتنا اليومية فنحن نستخدم الكثير من الأجهزة الكهربية: كالمصباح، التلفزيون، المكواة والمروحة ... الخ وتحتاج جميع هذه الأجهزة إلى طاقة كهربية.

وفي هذه الوحدة سندرس الكهربية الساكنة التي تنشأ من الشحنات الساكنة وتعرف بالكهروستاتيكية .وستساعدك هذه الوحدة في فهم هذا النوع من الكهربية, والتي هي أساس الكهربية التيارية التي ستدرسها في الوجدة السادسة, وسنتعرف على وحدات قياسها وهناك تطبيقات علي ذلك .

تتألف هذه الوحدة من عدد من الأقسام الرئيسية، حيث نتعرف في البداية على أن الذرات هي مصدر الشحنات ثم نتعرف على الكواركات وهي اللبنات الأساسية التي تتكون منها البروتونات والنيوترونات والتي هي المصدر الأساسي للشحنات علما بأن هذه الكواركات لا توجد قائمة بذاتها. ثم نتعرف على طرق شحن المواد بالشحنات الكهربية وكيفية الكشف عن هذه الشحنات ونوعها.

ثم ندلف بعد ذلك إلى دراسة قوى التجاذب والتنافر بين الشحنات وقانون كولوم . وبعدها نتعرف على المجال الكهربي وهو النوع الثاني من المجالات الذي ندرسه في هذا الكتاب بعد المجال التثاقلي الذي درسناه في الوحدة الثانية وتوسعنا في فهمه في الوحدة الثالثة.

عزيزي الدارس، لقد ذيلنا هذه الوحدة بسرد شامل للمصطلحات العلمية التي وردت في النص الرئيسي وترد في ثنايا هذه الوحدة تدريبات، وأنشطة، وأسئلة تقويم ذاتي، مع حلول وتعليقات، وأسئلة التعيين الخاص بها والتي تقدمها لمرشدك الميداني.

وقد حرصنا على توفير العدد المناسب منها بهدف ترسيخ التعلم وتعزيزه لديك بصفة عامة.

مرحباً بك إلى الوحدة مرة أخرى ونرجو أن تشاركنا في نقدها وتقييمها.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس بعد فراغك من دراسة هذه الوحدة يتوقع منك أن تكون قادراً على أن:

- تشرح تركيب الذرة وتوضح كيف أن الذرات هي مصدر الشحنات.
- تتعرف على مكونات البروتونات والنيوترونات من الكواركات.
- تتحصل على شحنة كهربية سالبة أو موجبة.
- تشرح عمل الكشاف الكهربي وكيفية إستخدامه للكشف عن وجود الشحنات وتحديد نوعها.
- تطبق قانون كولوم للقوة الكهربية بين الشحنات.
- تتعرف على خواص المجال الكهربي وكيفية تخطيطه لكل من الشحنات النفردة اوعدد منهاز
- تستنتج شدة المجال الكهربي وتقوم بحسابها.
- تحل التدريبات الموجودة في نهاية كل قسم.

5. الكهربية الساكنة (الكهروستاتيكية)(Electrostatics)

عزيزي الدارس,

للكهرباء الساكنة أهمية كبيرة في حياتنا اليومية فنحن نستخدم الكثير من الأجهزة الكهربية: كالمصباح، التلفزيون، المكواة والمروحة ... الخ وتحتاج جميع هذه الأجهزة إلى طاقة كهربية. ولكي نتعرف علي الكهربية سندرس الكهربية الساكنة التي تنشأ من الشحنات الساكنة والتي تعرف بالكهروستاتيكية. وسنبدأ درسنا بالذرة حيث **تعتبر الذرات هي المصدر الحقيقي للشحنات الكهربية بنوعيها السالبة والموجبة.**

ولابد هنا من الإشارة إلى أن كلمة الكهرباء في اللغة العربية اخذت من الكهرمان المادة التي لها خاصة اكتساب الشحنات

1.5 الذرات كمصادر للشحنات

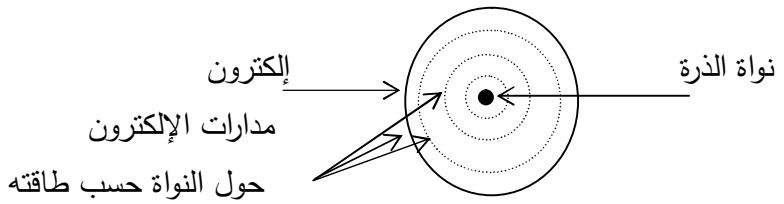
سوف لا نتطرق للدراسة التفصيلية للذرة وسنكتفي فقط بدراسة التركيب الكهربي للذرة.

كما هو معروف عزيزي الدارس تتكون الذرة من:

(1) نواة تحتوي على نوعين من الجسيمات هما البروتونات ذات الشحنة الموجبة والنيوترونات منعدمة الشحنة (أي متعادلة)

(2) الإلكترونات وهي سالبة الشحنة وتدور حول النواة

ولقد بدأ العالم بور Bohr (في عام 1913) بوضع نظرية لأبسط الذرات وهي ذرة الهيدروجين والتي تتكون من نواة تحتوي على بروتون ذي شحنة موجبة ويدور حولها إلكترون ذو شحنة سالبة في مدارات محددة كما هو مبين بالشكل (5−1).



شكل (5−1): نموذج بور لذرة الهيدروجين

ومعلوم أن جميع الذرات متعادلة كهربياً بمعنى أن مجموع الشحنات عليها يساوي صفراً. ولقد أثبتت التجارب المعملية أن

مقدار شحنة الإلكترون السالبة = مقدار شحنة البروتون الموجبة

إذا افترضنا أن شحنة الإلكترون يرمز لها بالرمز (e). حيث e تعني الشحنة الأساسية التي تتكون منها جميع شحنات المواد أو الأجسام و هي تساوي

شحنة الإلكترون = $e= 1.6 \times 10^{-19} C$

حيث C هي وحدة الشحنة في النظام العالمي للوحدات وتسمى الكولوم على إسم العالم Coulomb. ولكي تكون أي ذرة متعادلةً كهربياً لابد أن يكون:

عدد البروتونات = عدد الإلكترونات

حيث أن النيوترون متعادل كهربياً. فبالنسبة لذرة الهيدروجين نجد أن شحنة البروتون تساوي e+ وشحنة الإلكترون e– ليصبح المجموع الجبري للشحنات مساويا للصفر. وبذلك تكون ذرة الهيدروجين متعادلة كهربياً.

من ناحية أخرى قد تم اعتبار النواة ساكنة والإلكترون متحرك حولها في مدارات محددة والذي أدى إلى هذا الافتراض هو أن كتلة النواة أثقل بكثير من كتلة الإلكترون. ويمكنك ملاحظة ذلك من الجدول التالي:

الكتلة	القيمة والرمز
الإلكترون electron	$m_e = 9.11 \times 10^{-31} kg$
البروتون proton	$m_p = 1.6725 \times 10^{-27} kg$
النيوترون neutron	$m_n = 1.6748 \times 10^{-27} kg$

حيث نلاحظ أن كتلتة البروتون قريبة جدا من كتلة النيوترون وأن كتلة البروتون تساوي تقريبا 1836 كتلة إلكترون . ولذلك يمكننا القول بأن معظم كتل الذرات متمركزة في نواتها.

من ناحية أخرى فإن شحنة الإلكترون والتي تساوي تماماً شحنة البروتون في المقدار هي أقل شحنة تَمكن الفيزيائيون من قياسها عملياً وبالتالي فإن الشحنات على الأجسام الأخرى q تساوي أحد مضاعفات شحنة الإلكترون e , أي:

$$q = N\,e \qquad (1-5)$$

حيث N عدد صحيح يمثل عدد الإلكترونات.

العلاقة (5−1) تبين مبدأ مهم للشحنة يعرف بمبدأ التكميم (Quantization of Charge) والذي ينص على أن: "

"الشحنة مكماه" بمعنى أنها تساوي أحد مضاعفات شحنة الإلكترون (e)

أي أن الشحنة على الأجسام لا تساوي كسور وإنما هي دائماً أعداد صحيحة من شحنة الإلكترون.

حديثاً تم اكتشاف جسيمات أولية تمت تسميتها بالكواركات (Quarks) وأفترض أن الشحنات على هذه الكواركات تساوي كسور من الشحنة الأساسية وذلك على حسب نوع الكوارك كما هو مبين بالجدول أدناه

جدول (5−1) : بعض أنواع الكواركات

اسم الكوارك	الرمز	الشحنة
الأعلى (up)	u	$+\left(2/3\right)e$
الأسفل (down)	d	$-\frac{1}{3}e$
الغريب (strange)	s	$-\frac{1}{3}$

وكما تلاحظ عزيزي الدارس من الجدول, أن شحنة جميع الكواركات هي عبارة عن كسور من شحنة الإلكترون. وهذا يتعارض مع مبدأ التكميم للشحنة وقد تم إزالة هذا التعارض بأن توصل الفيزيائيون إلى حقيقة أن هذه الكواركات لا توجد بصورة منفردة وإنما توجد في مجموعات

مكونـة للجـسيمات المـشحونة والمتعادلـة. وقـد تـم التوصـل إلـى أن البروتـون والنيـوترون يتكونـان أساساً من هذه الكواركات.والشكل (5−2) توضح مكونات البروتونات .



بروتون نيوترون

الشكل (5−2): مكونات البروتون والنيوترون من الكواركات

من الشكل السابق نلاحظ أن:

- البروتون يتكون من ثلاثة كواركات هي duu خواصها وكذلك شحنتها وكتلتها تتفق مع شحنة البروتون.
- وكذلك فإن النيوترون يتكون من udd حيث مجموع الشحنات ومجموع الكتل لهذه الكواركات يتفق مع شحنة وكتلة النيوترون وتم استبعاد الكوارك (s) من مكونات البروتون والنيوترون وذلك لأن كتلته لا تتفق مع الكتل الحقيقية للبروتون والنيوترون.

في الواقع نجد أن عدد الكواركا ت ستة كواركات تتكون منها جميع الجسيمات في الكون وقد ذكرنا فقط ثلاثة لأن هذه هي التي تتكون منها البروتونات والنيوترونات.

ولقد ذكرنا الكواركات في وحدة الكون (الوحدة الرابعة, حيث مر الكون في بداياته بحقبة هي حقبة الكواركات حين ظهرت الكواركات إلى الوجود وذلك قبل حقبة المادة كما هو متوقع لأن المادة كما رأينا هنا تتكون من كواركات).

➢ **مثال** (5-1)

كم عدد الإلكترونات التي توجد في شحنة سالبة مقدارها واحد كولوم (1 C)

الحل

من مبدأ تكميم الشحنة نلاحظ أن الشحنة على أن جسم q تعطى بالعلاقة:

$$q = Ne$$

الكترون $$N = \frac{q}{e} = \frac{1c}{1.6\times10^{-19}c} \cong 6\times10^{18}$$

ومن هذا المثال نلاحظ أن شحنة مقدارها 1C تحتوي على عدد هائل من الإلكترونات.

أسئلة تقويم ذاتى

1. ماذا تعني عبارة " الشحنة مكماة" ؟
1. اذكر اسماء ثلاثة انواع من الكواركات مع ذكر شحنة كل نوع.
2. من أي كواركات يتكون البروتون وكذلك النيوترون ولماذا يختلفان؟
3. صف نموذج بور للذرة.

2.5 عملية فصل الشحنات

عزيزي الدارس

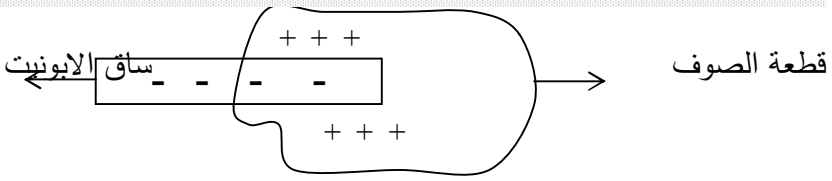
أن الكهرباء التي تلعب دوراً أساسياً في حياتنا مرتبطة حقيقة بانتقال الشحنات الكهربية (الإلكترونات) من جسم إلى جسم آخر أو في صورة تيار.

والسؤال المطروح عزيزي الدارس هو كيف يمكن أن تنتقل الإلكترونات من جسم إلى آخر؟ من السهولة الآن الإجابة على هذا السؤال إذا قمت بأجراء التجربة التالية:

أحضر ساق من الابونيت (المطاط الصلب) وأدلكه بقطعه من الصوف تلاحظ أنه قد حدث تكهرب لقطعة الصوف وساق الابونيت ولتفسير ذلك هو أن عملية الدلك قد ساعدت على تحريك

بعض الإلكترونات من قطعة الصوف وهذه الإلكترونات انتقلت بدورها إلى ساق الابوبيت وبذلك أصبح:

- **ساق الابونيت مشحون بشحنة سالبة**
- **وقطعة الصوف التي غادرتها الإلكترونات أصبحت مشحونة بشحنة**



شكل (5-3) فصل الشحنات الموجبة والسالبة بفعل عملية الدلك

وخاصية التكهرب هذه تشاهدها في الحياة اليومية عند تمشيط الشعر الجاف بمشط بلاستيكي وأيضاً عند ملامسة إصبعك للشعر وتظهر علي بعض الملابس بعد خلعها , الخ.

وخاصية التكهرب هي:

خاصية فقد المادة أو اكتسابها للإلكترونات. فالمادة التي

- تفقد إلكترونات تشحن بشحنة موجبة
- والتي تنتقل اليها أو تكتسب إلكترونات تشحن بشحنة سالبة.

ومن التجربة السابقة يتضح أن هناك نوعان فقط للشحنة الكهربية سالبة أو موجبة.

أسئلة تقويم ذاتي

1. كيف يمكن أن تنتقل الإلكترونات من جسم إلى آخر؟
2. ما هي خاصية التكهرب؟.
3. وضح بالرسم كيفية فصل الشحنات الموجبة والسالبة بفعل عملية الدلك.

3.5 قانون حفظ الشحنة الكهربية

عزيزي الدارس,

لتوضيح مبدأ بقاء الشحنة الكهربية يمكنك إعادة النظر في الشكل (5-3) والذي يمثل دلك قطعة من الصوف بساق من الابونيت, حيث تلاحظ أن:

- الشحنات على كل من قطعة الصوف والساق متساوية ولكنها مختلفة في النوع.
- المجموع الكلي للشحنات يساوي الصفر وهو نفس العدد قبل عملية الدلك.

أي أن الشحنة الكلية على الجسمين بعد الدلك لم تتغير عن ما كانت عليه قبل الدلك وهذا يؤكد مبدأ هام وهو مبدأ حفظ أو بقاء الشحنة والذي ينص على أنه:

في أي عملية في نظام معزول (أي غير متأثر بما خارجه) يظل المجموع الجبري للشحنات السالبة والموجبة ثابتاً لا يتغير ابداً.

ويمكن ملاحظة مبدأ بقاء الشحنة في عمليات التحلل الإشعاعي (عندما تشع المواد المشعة بعض مكوناتها من الجسيمات والطاقة) والتفاعلات النووية والكيميائية حيث لابد لهذا المبدأ أن يتحقق. فإذا لم يتحقق فلن تتم هذه العمليات أبداً كما سترى من خلال الدراسات اللاحقة.

4.5.طرق شحن المواد الكهربية:

عزيزي الدارس, هناك ثلاثة طرق لشحن الأجسام بالشحنات الكهربية :

أولا: الدلك.

ثانيا: اللمس أو التوصيل.

ثالثا: التأثير.

أولاً: الشحن عن طريق الدلك:

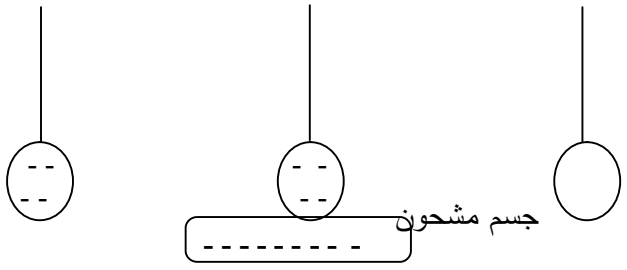
هذه العملية تم شرحها عندما أوردنا المثال الخاص بقطعة الصوف وساق الابونيت حيث نجد أيضاً أن هنالك الكثير من المواد عند دلكها ببعضها البعض تؤدي عملية الدلك هذه إلى فصل الشحنات مثلاً : عند دلك الزجاج بالحرير تغادر بعض إلكترونات ذرات الزجاج مما يؤدي إلى ظهور فائض من الإلكترونات على الحرير. ومن الطبيعي في هذه الحالة أن يشحن الحرير بشحنة سالبة والزجاج بشحنة موجبة.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن :

الجسمان المدلكان يشحنان بشحنتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في النوع.

ثانياً: الشحن عن طريق اللمس أو التوصيل:

مثلاً:لوضع شحنات سالبة على كرة معدنية يجب توصيل أو لمس هذه الكرة بجسم مشحون بشحنة سالبة مثلا ساق الابونيت الذي تم شحنه عن طريق الدلك وعند التلامس تنتقل بعض الشحنات السالبة الفائضة من الساق إلى الكرة وبذلك تشحن الكرة بنفس شحنة الساق. والشكل (5-4) يوضح هذه العملية والمعروفة بالشحن بالتوصيل أو اللمس.



الكرة المعدنية قبل التلامس أثناء التلامس بعد التلامس

الشكل (5-4): الشحن عن طريق التوصيل أو اللمس

ملاحظة:

الجسم الملموس يشحن بنفس نوع شحنة الجسم المؤثر.

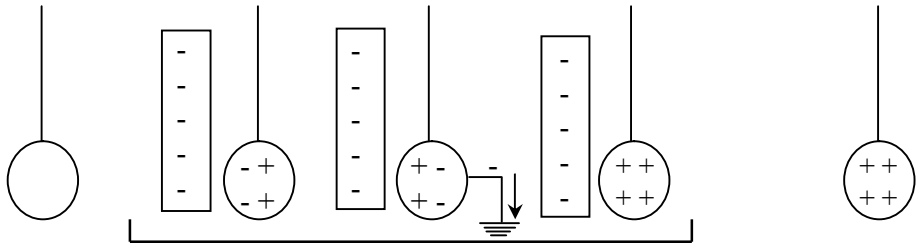
ثالثاً: الشحن عن طريق التأثير أو الحث:

لمعرفة كيفية الشحن عن بطريقة التأثير أو الحث نستخدم نفس ساق الابونيت المشحون بشحنة سالبة لشحن الكرة المعدنية وذلك بطريقة أخرى وهي طريقة الشحن بالحث أو بالتأثير فتلاحظ في الشكل (5-5) أن:

اولا:ان الساق في هذه الحالة لا تلامس الكرة وإنما تقترب منها فقط.

ثاتيا: وحينما تقترب ساق الابونيت من الكرة المعدنية فإن بعض الإلكترونات الموجودة في المعدن تتنافر مع الإلكترونات على ساق الابونيت وبذلك تنتقل إلى الطرف البعيد وكذلك يشحن الطرف القريب الذي انتقلت منه الإلكترونات بشحنه موجبة ويشحن الطرف البعيد للكرة الذي انتقلت إليه الإلكترونات بشحنة سالبة وبذلك تظهر شحنتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في النوع على طرفي الكرة. والآن إذا لمسنا الكرة بجسم آخر مثل الإنسان مثلاً يقال في هذه الحالة أن الكرة وصلت بالأرض والرمز المستخدم لتوضيح ذلك أي الاتصال بالأرض يمثل كالآتي: ⏚

ويمكن بهذه الطريقة إزالة الشحنات السالبة ثم بعد ذلك يتم قطع الاتصال بالأرض ثم إبعاد ساق الابونيت وتصبح الكرة مشحونة بشحنة موجبة. تتبع خطوات الشحن بالتأثير في الشكل (5-5).



(3) بعد الشحن (2) أثناء الشحن (1) قبل الشحن

شكل (5-5):يوضح الشحن عن طريق التأثير

أسئلة تقويم ذاتى

1.وضح كيف يمكنك شحن كرة معدنية:

أولا: بشحنة موجبة؟

ثانيا: بشحنة سالبة؟

2. كيف يمكنك شحن كرة بشحنة سالبة وذلك باستخدام طريقة التأثير؟

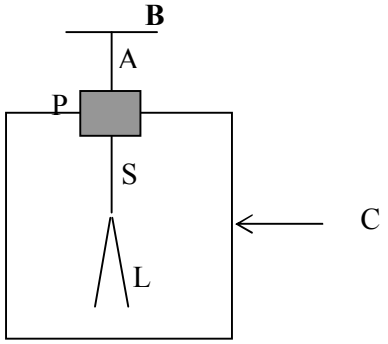
3. اذكر قانون مبدأ حفظ الطاقة.

6.5 الكشاف الكهربي (الإلكتروسكوب) (Electroscope)

يستخدم الكشاف الكهربي في الكشف عن نوع الشحنة الكهربية وتحديد مقدارها بصورة تقريبية كما سنبين لاحقاً .

تركيب الكشاف الكهربي

يتكون الكشاف من قرص معدني (B) وساق معدنية (AS) معلق به ورقتان ذهبيتان (L) ويثبت الساق داخل علبه معدنية (C) بواسطة عازل (P) يمنع تلامس القضيب بالعلبة المعدنية وتعطي وجهان من أوجه العلبة بالزجاج وذلك حتى يمكننا مشاهدة الوضع الذي تحدده الورقتان الذهبيتان. الشكل (7-6) يوضح نموذجاً للكشاف الكهربي.



شكل (5-6) الكشاف الكهربي

ولتوضيح استخدامات الكشاف نقوم بإجراء التجارب التالية:

- يتم أولاً شحن الكشاف قبل عملية الكشف بشحنة كهربية سالبة مثلا وذلك بملامسة القرص (B) بساق من الابونيت مشحون بشحنة سالبة وبذلك تتوزع الشحنات السالبة بشكل منتظم على القضيب وعلى الورقتين الذهبيتين, ويحدث تباعد بينهما نتيجة لتشابه الشحنات عليها (انظر الشكل (5-6)).
- وبعد ذلك يتم تقريب الكرة المراد الكشف عن شحنتها من القرص (B). من ثم نلاحظ الآتي:

- إذا حدث انفراج اكبر للورقتين فهذا يدل على أن الكرة مشحونة بنفس شحنة الورقتين أي أنها مشحونة بشحنة سالبة
- أما إذا اقتربت الورقتان من بعضهما فهذا يدل على أن الكرة مشحونة بشحنة مخالفة للورقتين أي أنها مشحونة بشحنة موجبة
- وإذا لم تتأثر الورقتان بوجود الجسم فهذا يدل على أن الجسم غير مشحون.

وبذلك أمكن التعرف على نوع شحنة الكرة وذلك بملاحظة مدى انفراج الورقتين أو اقتراب الورقتين من بعضهما. أيضاً يمكن تحديد مقدار الشحنة بصورة تقريبية وذلك بملاحظة مدى الزيادة أو النقصان في انفراج الورقتين الذهبيتين.

نشاط



عزيزي الدارس, من الملاحظ أن الكشاف الكهربي جهاز بسيط, فهل يمكنك تصميم كشاف كهربي بسيط للتدريس. إن اهم جزء في هذا الجهاز هما الورقتان الذهبيتان فما الاقترح كبديل لهما. وهل يصلح ورق السلفان أو بعض الأوراق التي تلف بها الحلوى أم ماذا؟ جرب حتى تصمم الكشاف ويمكن لك تصميم الجهاز مع زملائك.

6.5 القوى بين الشحنات النقطية وقانون كولوم

القوى الكهروستاتيكية إحدى القوى الأساسية في الطبيعة. وهذه القوى هي التي تنشأ بين الشحنات التي تحملها الاجسام وقد توصل كولوم وبعد إجراء العديد من التجارب العملية إلى أن مقدار هذه القوة يزداد بزيادة مقدار الشحنات الكهربية ويقل بزيادة المسافة الفاصلة بينهما وفيما يلي نورد نص قانون كولوم الذي قدمه في عام1785م:

قانون كولوم: مقدار القوة الكهروستاتيكية بين شحنتين لجسمين نقطيين في وسط ما تتناسب تناسبا طردياً مع حاصل ضرب مقداري الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة الفاصلة بينهما

ورياضياً يمكن صياغة هذا القانون كالآتي:

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2} \qquad (5\text{-}2)$$

حيث q_1 هي شحنة الجسم الأول، q_2 شحنة الجسم الثاني ، r المسافة الفاصلة بينهما و k ثابت القوة ويعتمد على نوع الوسط الفاصل بين الشحنات والوحدات المستخدمة.

فإذا كان الوسط الفاصل بين الشحنات هو الفراغ فإن k تساوي

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\times10^9\ Nm^2/C^2$$

حيث ε_o تسمى سماحية الفراغ

والسماحية ε permittivity هي مدي سماح الوسط لنفاذ المجال الكهربي . وللفراغ ε_o تساوي:

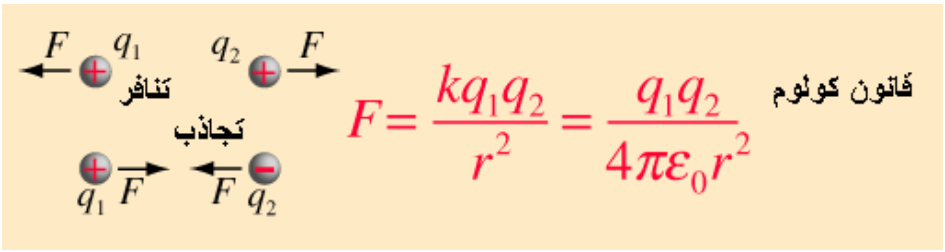
$8.85\times10^{-12}\ C^2/Nm^2$

حيث وحدة الشحنة هي الكولوم C وحدة القوة هي النيوتن N ووحدة المساحة المتر المربع m^2 , في النظام العالمي للوحدات. وتصبح الصورة الرياضية لقانون كولوم كالآتي:

$$F = \frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad (3\text{-}5)$$

ولحساب القوى في أي وسط آخر تقتضي معرفة سماحية هذا الوسط ويتم استبدال ε_0 بسماحية الوسط الجديد بما أن القوة كمية متجهة فإنها تحدد تحديداً تاماً بمعلومة اتجاهها ومقدارها

- فالمقدار يحدد بالعلاقة (3-5).
- أما اتجاه القوة فيكون دائما على الخط الفاصل بين الشحنات وقد أثبتت التجارب العلمية أن الشحنات المتشابهة تتنافر والشحنات المختلفة تتجاذب كما هو موضح بالشكل (5-7).



شكل (5-7): القوى بين الشحنات المتشابهه والمختلفة

حيث أن F القوة المؤثرة على الشحنة q_1 من q_2 هي القوى المؤثرة على الشحنة q_2 من الشحنة q_1 وتلاحظ بذلك أن فعل الشحنة q_1 قابلة رد فعل من الشحنة q_2 وبذلك يحقق قانون كولوم قانون نيوتن الثالث

لكل فعل رد فعل مساوي له في المقدار ومضاد له في الاتجاه

ونلاحظ أن:

- **مقدار F_1 يساوي مقدار F_2.**
- **أيضاً ذكر كولوم أن الشحنات لابد أن تكون شحنات نقطية بمعنى أن أبعادها صغيرة بحيث يمكن قياس المسافة الفاصلة بين الشحنات بكل سهولة ويسر ومعنى ذلك**
- **أن قانون كولوم لا يطبق على الشحنات الممتدة في منطقة كبيرة وسوف يستخدم قانون آخر وهو قانون قاوس Gauss الذي ستتم مناقشته لاحقا.**

نعلم أن القوة كمية متجهة وتحدد بمعلومية المقدار والاتجاه الامثلة التالية توضح ههذ المفاهيم.

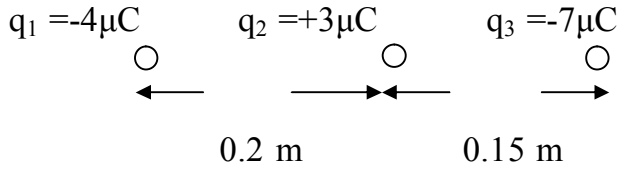
مثال (5–1):

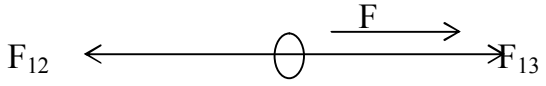
يهدف هذا المثال إلى تطبيق قانون كولوم على شحنات واقعة على خط واحد.

الشكل الموضح التالي فيه ثلاثة شحنات q_1, q_2, q_3 مقدارها $-4\mu c$، $+3\mu C$ و $-7\mu C$ على الترتيب. أحسب مقدار واتجاه القوة المؤثرة على الشحنة $+3\mu C$.

الحل

أولاً: نوضح القوة المؤثرة على الشحنة $+3\mu c$ كما هو مبين بالشكل أدناه. فالشحنة $+3\mu c$ تتأثر بالشحنة $-7\mu c$ وتنشأ بينهما قوة تجاذب هي F_{23} وأيضاً الشحنة $+3\mu c$ تتأثر بقوة تجاذب نتيجة للشحنه $-4\mu c$ هي F_{12}





ويمكن حساب هذه القوى F_{12} و F_{23} كالآتي وذلك باستخدام قانون كولوم:

$$F_{12} = \frac{kq_1q_2}{r^2} = \frac{9\times10^9 Nm^2/c^2 \times 4\times10^{-6} \times 3\times10^{-6}}{(0.2m)^2} = -2.7N$$

$$F_{23} = \frac{kq_2q_3}{r^2} = \frac{9\times10^9 Nm^2/C^2 \times 3\times10^{-6} \times 7\times10^{-6}}{(0.15)^2} = -8.4N$$

وواضح أن مقدار F_{13} أكبر من مقدار F_{12}. وتلاحظ أن خط عمل هذه القوى واحد وتؤثران في اتجاهين متضادين. ولذلك فإن محصلة القوى F المؤثرة على الشحنة $+3\mu C$ هي حاصل طرحهما

$$F = F_{23} - F_{12} = 8.4 - 2.7 = 5.7\ N$$

واتجاه القوة المحصله كما تلاحظ في الشكلهو نفس اتجاه القوى الكبرى F_{13}

مثال(3–5):

أوجد النسبة بين القوة الكهروستاتيكية F_e وقوة الجاذبية F_g بين الكترونين وضعا في الفراغ. خذ : كتلة الالكترون $m_e = 9.11\times10^{-31}kg$ ، شحنة الالكترون $e = 1.6\times10^{-19}C$ ، الثابت العام للجاذبية $G = 6.6\times10Nm^2/kg$ وثابت القوة $k = 9\times10^9 Nm^2/C^2$)

الحل

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{kq^2/r^2}{Gm^2/r^2} = \frac{ke^2}{Gme^2}$$

$$\frac{Fe}{Fg} = \frac{9\times10^9 Nm^2/C^2 \times (1.6\times10^{-19}C)^2}{6.67\times10^{-11}\frac{Nm^2}{kg^2} \times (9.11\times10^{-31})^2} = 41.5x10^{41}$$

أي أن القوة الكهروستاتيكية أكبر من قوة الجاذبية بالنسبة الموضحة في الإجابة.

العدد على اليمين يسمى عدد ديراك Dirac number (1937), والذي لاحظ ايضا أن:

هناك نسب اخرى قريبة من هذا العدد.

فالنسبة: عمر الكون ÷ اصعر زمن في الكون = هذا العدد تقريبا

والنسبة: قطر الكون ÷ قطر الإلكترون = هذا العدد تقريبا

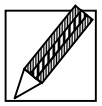
أسئلة تقويم ذاتي



1. اذكر نص قانون كولوم.
2. لماذا تحدث كولوم عن الشحن النقطية؟
3. ما هي سماحية الوسط؟
4. لاحظ أن قوة التجاذب بين شحنتين سالبة بينما قوة التنافر موجبة: علل.

هل هذا يعني أن كل قوي التجاذب في الكون سالبة؟

تدريب (1)



يهدف هذا المثال إلى تطبيق قانون كولوم على شحنات واقعة على خط واحد.

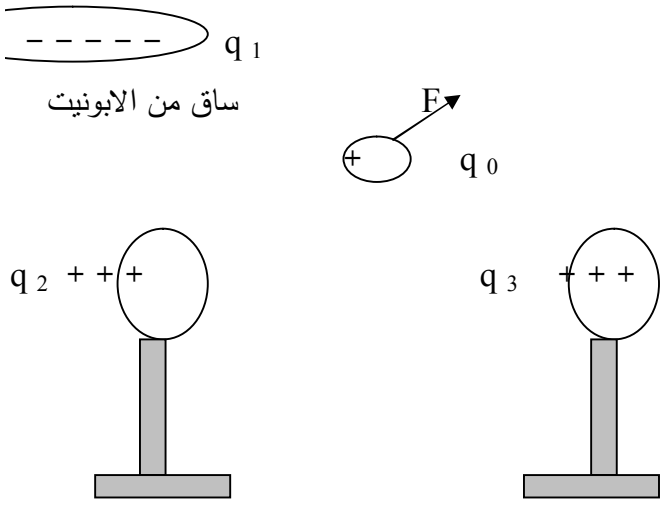
ثلاث شحنات q_1, q_2, q_3 مقدارها $-5\mu c$، 10 µc و $-10\mu C$

على الترتيب. أحسب مقدار واتجاه القوة المؤثرة على الشحنة q_2 =10 µc

الواقعة في منتصف المسافة بين الشحنتين علما بان المسافة = 200متر

7.5 المجال الكهربي

لقد علمنا, عريري الدارس, من قانون كولوم أن أي شحنة كهربية تتأثر بقوة كهروستاتيكية نتيجة لوجود شحنات أخرى بجانبها مثلاً شحنة الاختبار q_0 الموضحة بالشكل (5–9) تتأثر بقوة F والتي هي محصلة القوى التي تؤثر بها الشحنات q_3, q_2, q_1 عليها. وشحنة الاختبار q_0 نقصد بها أي شحنة موجبة مقدارها صغير جداً مقارنة بالشحنات الاخرى حتى لا تشوش على مواضع هذه الشحنات.



وإذا نظرنا إلى الشكل (5–9) فإن شكل (5–9) ة نتيجة لانها وضعت في مجال الشحنات الاخرى (q_3, q_2, q_1).

من هذا يمكننا تعريف المجال الكهربي بأنه:

> المنطقة المحيطة بالشحنة والتى يظهر فيها تأثير قوة كهروستاتيكية

مثلا إذا إعتبرنا أن مقدار شحنة الاختبار $q_0 = 6\times10^{-8}\,\mathrm{C}$ والقوة التي تؤثر عليها هي $F = 12\times10^{-8}\,\mathrm{N}$ في الاتجاه المبين بالشكل. والسؤال المطروح كم يبلغ مقدار القوة لكل كولوم ويمكن حساب ذلك كالآتي:

مقدار القوة لكل كولوم = $\frac{F}{q_0}$

$$\frac{\mathrm{F}}{\mathrm{q_0}} = \frac{12\times10^{-8}\,\mathrm{N}}{6\times10^{-8}\,\mathrm{C}} = 2\mathrm{N/C}$$

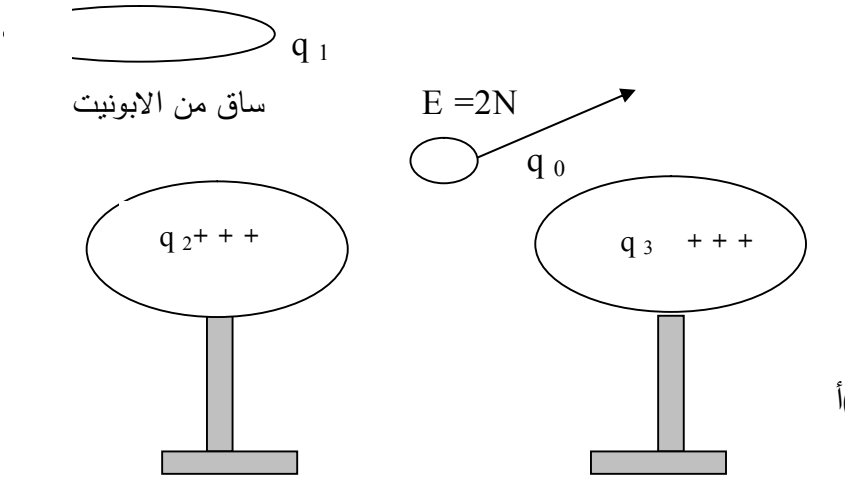
N تشير إلى وحدة النيوتن ، C لوحدة الكولوم الكمية $\frac{F}{q_0}$ لها أهمية كبيرة في علم الكهرباء وتسمى بشدة المجال الكهربي. وبذلك يمكن تعريف شدة المجال الكهربي كالآتي:

شدة المجال الكهربي عند نقطة هو القوة الكهروستاتيكية المؤثرة على وحدة الشحنات الموضوعة عند تلك النقطة

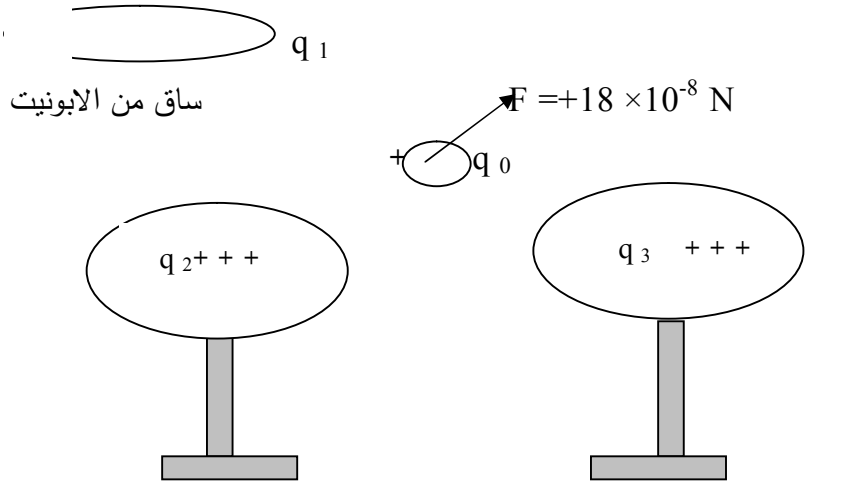
إذا رمزنا لشدة المجال بالرمز (E) فإن مقدار E يحدد بالعلاقة التالية:

$$\mathrm{E} = \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{q}_0} \qquad (5\text{-}4)$$

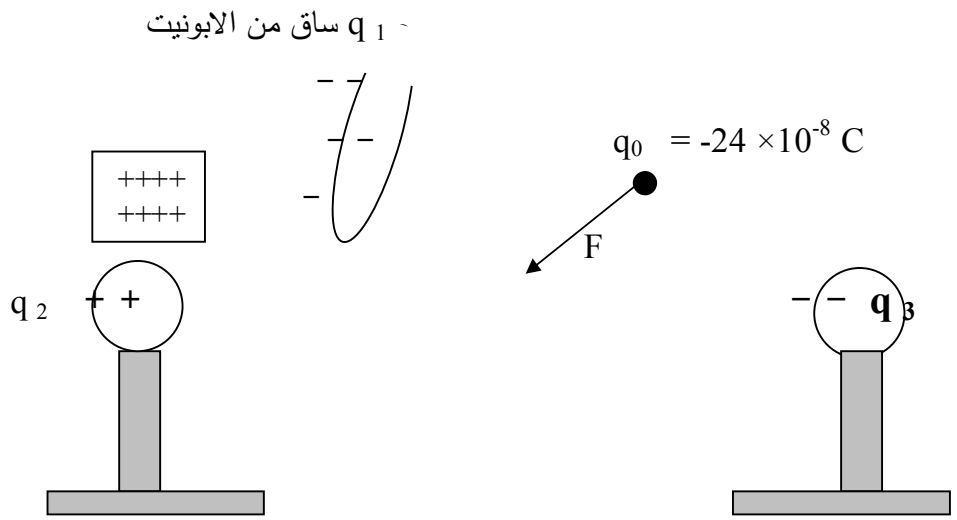
ولتوضيح إتجاه المجال عزيزي الدارس يمكننا تصور المجال الناشئ عن الشحنة إختبار هو 2N/C (أنظر الشكل (5−10 أ)). المطلوب حساب القوة التي تؤثر على الشحنتين الموضوعتين عند A و B الموضحتين بالشكل (5−10 (ب) و (ج)) والتي استبدناهما بشحنة الاختبار q_0



شكل(5-10)أ



شكل(5-10) ب



شكل(5-10) ج.

شكل (5–10) (أ) , (ب) و (ج)

باستخدام العلاقة (4–5) يمكننا حساب القوة المؤثرة على الشحنتين عند A و B في الشكل (5–10 ب، 5–10 ج) كالآتي

$$F_A = q_0 E = 18\times10^{-8}\,C \times 2\frac{N}{C}$$
$$= 36\times10^{-8}\,N$$

وأيضا القوة على الشحنة عند B هي

$$F_B = q_0 E = 24\times10^{-8}\,C \times 2\frac{N}{C}$$
$$= 48\times10^{-8}\,N$$

من الاشكال تلاحظ أن:

- إتجاه القوة عند A هو نفس اتجاه المجال
- أما اتجاه القوة عند B هو عكس إتجاه المجال

وبذلك بمكننا القول بأن:

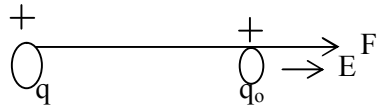
- إتجاه قوة المجال الكهربي هو نفس إتجاه القوة الكهروستاتيكية إذا كانت الشحنة موجبة.
- وإتجاه شدة المجال الكهربي في عكس إتجاه القوة الكهروستاتيكية إذا كانت الشحنة سالبة أنظر الشكل (5– 10)

من الشكل أيضاً نجد أن: إتجاه المجال دائماً من الشحنة الموجبة إلى الشحنه السالبة

شدة المجال الناشئ عن شحنة نقطية:

نتصور عزيزي الدارس أن هنالك شحنه مقدارها q مسببه للمجال الكهربي وأن شحنة إختبار q_0 قد أدخلت هذا المجال ووضعت على مسافة r من الشحنه كما موضح بالشكل (5–11) فإن مقدار القوة الكهروستاتيكية التي تؤثر بها الشحنة q على q_0 يمكن حسابها باستخدام قانون كولوم كالآتي:

$$F = \frac{k\ q\ q_0}{r^2}$$



شكل (5–11)

ولحساب شدة المجال نقسم هذه القوة على شحنة الاختبار ليصبح مقدار شدة المجال E كالآتي:

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{k\ q\ q_0}{r^2 q_0}$$

$$E=\frac{kq}{r^2} \quad (5\text{-}5)$$

وتستخدم العلاقة (5–5) لحساب شدة المجال الناشئ عن شحنة نقطية.

مثال (5–4)

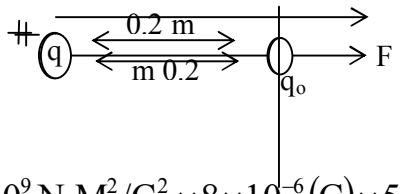
إذا تصورنا شحنه q مقدارها $5\times10^{-6}\,C$ وشحنه اختبار q_0 مقدارها $8\times10^{-6}\,C$ وضعت على بعد $0.2\,m$ منها (كما هو موضح بالشكل أدناه عين شدة المجال عند النقطة P في والتي تبعد $0.2m$ من الشحنة $+q$.

الحل

لو استخدمنا العلاقة (4–5) لحساب المجال سنحتاج أولاً لحساب القوة الكهروستاتيكية F كالآتي

q

E



$$F=\frac{kqq_0}{r^2}=\frac{9\times10^9\,N.M^2/C^2\times8\times10^{-6}(C)\times5\times10^{-6}(C)}{(0.2m)^2}=2.7N$$

ومقدار المجال يحسب تبعاً للعلاقة (4–5) كالآتي:

$$E=\frac{F}{q_0}=\frac{2.7N}{0.8\times10^{-6}C}=3.4\times10^6\,N/C$$

تلاحظ من الشكل أن إتجاه القوة E هو نفس إتجاه F

ويمكن حساب شدة المال الكهربي مباشرة من العلاقة (5–5) كالآتي:

$$E=\frac{kq}{r^2}$$

حيث q هي الشحنة السالبة للمجال

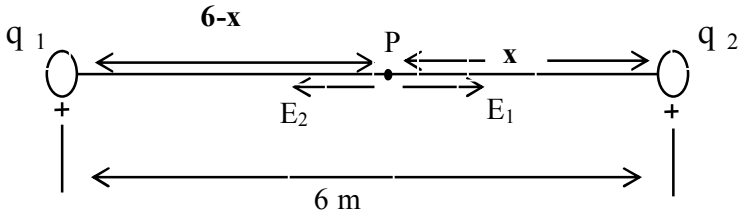
$$E=\frac{q\times10^9\times15\times10^6}{(0.20)^2}=3.4\times10^6\,N/C$$

أي حصلنا على نفس النتيجة السابقة

مثال (5–5)

شحنتان $q_1=32 \times 10^{-6}C$ و $q_2=8 \times 10^{-6}C$ تفصلهما مسافة 6m كما مبين بالشكل التالي.
ماهي النقطة التي بين الشحنتين والتي تنعدم عندها شدة المجال الكهربي؟

الحل



نفرض أن النقطة التي تنعدم عندها المجال هي النقطة P الموضح في الشكل أعلاه ونفرض أنها على بعد x من الشحنة q_2 وبذلك فإنها تبعد مسافة $(6-x)$ من الشحنة q_2
بما أن النقطة P تنعدم عندها شدة المجال مما يعني أن المجال الناشئ عن الشحنة q_1 يساوي المجال الناشئ عن الشحنة q_2 في هذه النقطة. أي أن $E_1 = E_2$ (أنظر الشكل). ولتحديد إتجاه المجال نفرض دائماً أن هناك شحنة موجبة صغيره عند النقطة P.

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{kq_1}{(6-x)^2} = \frac{kq_2}{(x)^2}$$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{(6-x)^2}{x^2}$$

$$\frac{32\times10^{-6}C}{8\times10^{-6}C} = \frac{(6-x)^2(m^2)}{x^2(m^2)}$$

ومنها نجد أن $x = 2\ m$

∴.النقطة التي تنعدم عندها شدة المجال تقع على بعد 3 m من الشحنة q_1 وعلى بعد 3 m أيضاً من الشحنة q_2.

أسئلة تقويم ذاتى

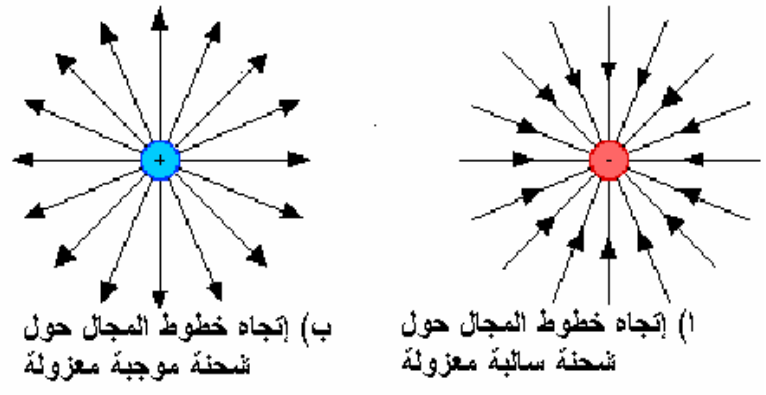
1. عرف المجال الكهربي ثم عرف شدة المجال الكهربي.
2. ما العلاقة بين القوة بين شحنتين وشدة المجال الكهربي؟
3. اذكر وحدات شدة المجال الكهربي.

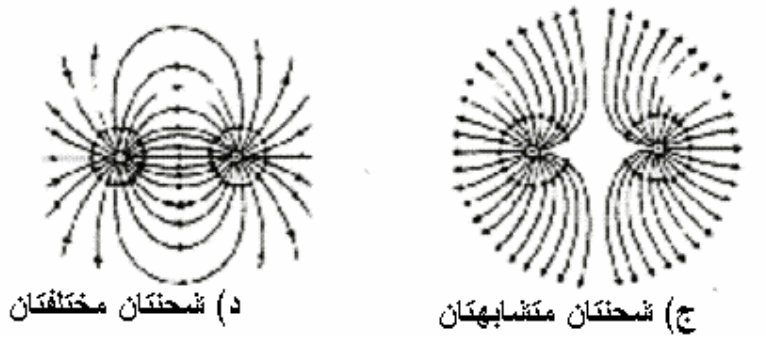
تدريب (2)

شحنتان $q_1=32 \times 10^{-6}C$ و $q_2=8 \times 10^{-6}C$ تفصلهما مسافة 60m ما هي النقطة التي بين الشحنتين والتي تنعدم عندها شدة المجال الكهربي؟

8.5 خطوط المجال الكهربي

يمكن تخطيط المجال الكهربي, عزيزي الدارس, بخطوط وهمية تعرف بخطوط المجال وأيضاً تسمى خطوط القوة الكهربية الاشكال من (أ– د) توضح خطوط المجال لاوضاع مختلفة للشحنة.





وخطوط القوى كما هو واضح من الأشكال (أ–د) لها عد د من الخواص المتمثلة في

1.خطوط القوى لا تتقاطع لأنه لأيمكن أن تكون عند أي نقطة غير قيمة واحدة لشدة المجال الكهربي.

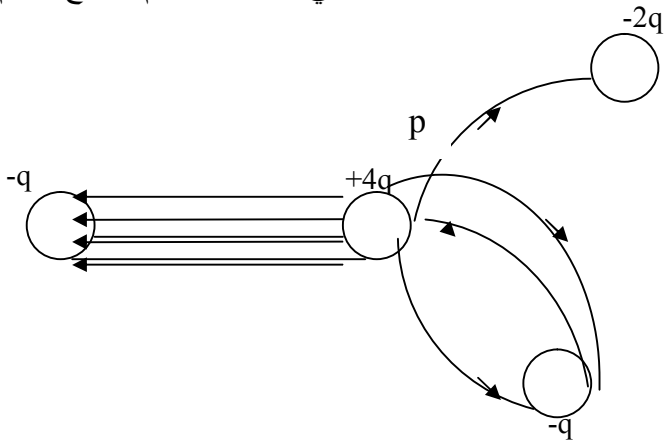
2 .تزداد كثافتها كلما اقتربنا من الشحنه.

3. وكثافة هذه الخطوط تزداد وتقل بحسب مقدار الشحنة الكهربية.

4. خطوط القوى عبارة عن منحنيات حيث أن شدة المجال متغيره ولتوضيح هذه الخواص راجع التدريب التالي:

➢ مثال (5-6)

بين ما هي الاخطاء المصاحبة لخطوط القوى المبينه في الشكل أدناه ثم صحح الرسم .



الحل

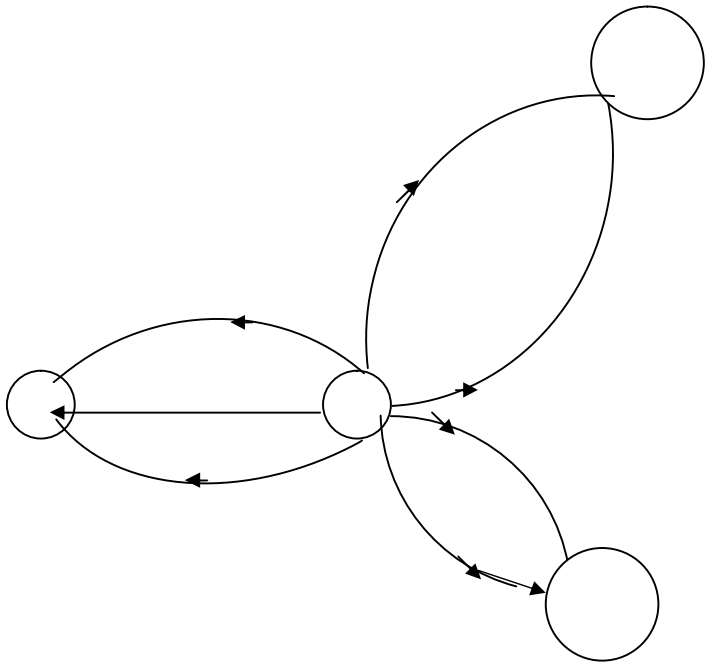
هنالك أخطاء كثيرة نوردها فيما يلي

اولا: خطوط القوى بين الشحنة $4q+$ و $q-$ هي خطوط مستقيمة وهذا غير صحيح لأن شدة المجال بين $4q$ و $q-$ تأخذ قيم مختلفة وليس قيم ثابتة والخطوط المستقيمة تعني أن شدة المجال بين الشحنتين غير متغيرة.

ثانيا: خطوط القوى لا تتقاطع وفي الشكل نلاحظ أنها تقاطعت عند النقطة P لأن التقاطع يعني أن هنالك قيمتان لمحصلة شدة المجال عند هذه النقطة وهذا غير صحيح.

ثالثا:عدد الخطوط غير متناسب مع مقدار الشحنات حيث أن عدد الخطوط بين 4q و q- هو ثلاثة وبين 2q- و 4q هو خط واحد .

بعد مراعاة هذه الاخطاء يمكن التوصل إلى الرسم الصحيح ,



أسئلة تقويم ذاتي

1. عرف خط القوة الكهربية.
2. اذكر خواص خطوط القوي الكهربية.
3. بالرسم وضح خطوط القوي الواقعة بين ثلاث شحنات كهربية موجبة موجودة عند رؤوس مثلث متساوي الأضلاع.
4. بالرسم وضح خطوط القوي الواقعة بين ثلاث شحنات كهربية موجبة موجودة عند رؤوس مربع.

الخلاصة

ولكن ما الذي ناقشناه عزيزي الدارس ؟

أنها مفاهيم كثيرة ومهمة جدا:

هل يمكنك أن تلخص ذلك بإيجاز؟ .

لنتعاون على ذلك معا. و بدأنا اولا بالتعرف على الذرة لأنها هي مصدر الشحنات.ومن ثم عرفنا أن الكواركات هي اللبنات الرئيسية التي تكونت منها الجسيمات الدقيقة في الكون وعرفنا إنواع الكواركات التي يتكون منها كل من البروتون والنيوترون. بعد ذلك عرفنا كيف يمكن الحصول على الشحنات بالدلك ثم التأثير ثم عرفنا كيف يمكن الكشف عن وجود شحنات وتحديد نوعها عن طريق الكشاف الكهربي . ثم عرفنا أنواع القوة الكهروستاتيكية بين الشحنات وكيف يمكن حسابها بإستعمال قانون كولوم. ثم تعرفنا على المجال الكهربي وكيفية تخطيطه.

نرجو منك عزيزي الدارس في ختام الوحدة أن تعيد مراجعة الأهداف الواردة في البداية جيدا والتأكد من انك حققتها جميعا. كما نرجو منك التواصل مع المركز الدراسي الذي تتبع له وشكرا لك.

لمحة مسبقة عن الوحدة القادمة

عزيزي الدارس,

في الوحدة التالية سنزودك بمعارف ومفاهيم أساسية وينبغي عليك الإلمام بها عن الكهربية التيارية أي عن الكهرباء المعهودة المنتقلة في شكل تيار من الشحنات وسنتعرف على مايلاقيه هذا التيار من مقاومة كيفية حسابها.

نرجو أن تجده مقررا مفيدا.

مسرد المصطلحات

مبدأ التكميم (Quantization of Charge)

والذي ينص على أن: " **الشحنة مكماه" بمعنى أنها تساوي أحد مضاعفات شحنة الإلكترون (e)** أي أن الشحنة على الأجسام لا تساوي كسور وإنما هي دائماً أعداد صحيحة من شحنة الإلكترون.

الكشاف الكهربي (الإلكتروسكوب) (Electroscope)

يستخدم الكشاف الكهربي في الكشف عن نوع الشحنة الكهربية وتحديد مقدارها بصورة تقريبية.

إجابات التدريبات

التدريب(1)

$F = 450 \times 10^{-3}$ N من الشحنة q_3

التدريب (2)

يحب ان تقع الشحنة عل بعد 48 متر من الشحنة q_1 و 12 متر من الثانية q_2


الوحدة السادسة
الكهربية التيارية

محتويات الوحدة

الموضوع	الصفحة
مقدمة	**197**
تمهيد	**197**
أهداف الوحدة	**198**
6.الكهربية التيارية	**199**
1.6.القوة الدافعة الكهربية	199
2.6. التيار الكهربي	199
3.6.الطاقة الكهربائية	202
4.6.المقاومة والمقاومة النوعية	204
5.6 قانون أوم	208
6.6 توصيل المقاومات في الدوائر الكهربائية	209
7.6.توصيل المولدات	213
الخلاصة	**223**
لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية	**224**
مسرد المصطلحات	**225**
إجابات التدريبات	**226**

مقدمة

عزيزي الدارس,

مرحباً بك إلى الوحدة السادسة من مقرر الفيزياء العامة (2)

وهي بعنوان التيار الكهربي ستساعدك هذه الوحدة على فهم القوة الدافعة الكهربية والتيار الكهربي ستساعدك هذه الوحدة على التعرف علي مقاومة الموصلات لسريان التيار الكهربي والعوامل التي تؤثر فيها ومن ثم سنتناول المقاومة النوعية للموصل ونتعمق في فهم قانون اوم, ثم طرق توصيل المقاومات علي التوالي والتوازي

أخير سنتناول توصيل المولدات (مصادر الطاقة الكهربية) علي التوالي والتوازي وفي صفوف.

عزيزي الدارس،

لقد ذيلنا هذه الوحدة بسرد شامل للمصطلحات العلمية التي وردت في النص الرئيسي وترد في ثنايا هذه الوحدة تدريبات، وأنشطة، وأسئلة تقويم ذاتي، مع حلول وتعليقات، وأسئلة التعيين الخاص بها والتي تقدمها لمرشدك الميداني.

وقد حرصنا على توفير العدد المناسب منها بهدف ترسيخ التعلم وتعزيزه لديك بصفة عامة.

مرحباً بك إلى الوحدة مرة أخرى ونرجو أن تشاركنا في نقدها وتقييمها.

أهداف الوحدة

عزيزي الدارس،

بعد فراغك من دراسة هذه الوحدة يتوقع منك أن تكون قادراً علي أن :

- تعرف القوة الدافعة الكهربية.
- تشرح مفهوم التيار الكهربي.
- تميز بين التيار الكهربي المتردد والمباشر.
- توضح مقاومة الموصلات لسريان التيار الكهربي والعوامل التي تؤثرفيها ومن ثم ما هي المقاومة النوعية للموصل
- تستنتج قانون اوم والمقاومة النوعية.
- توضح طرق توصيل المقاومات علي التوالي والتوازي.
- تحسب القوة الدافعة الكهربية والتيار في حالة توصيل المولدات علي التوالي والتوازي وفي صفوف.
- تذكر بعض التطبيقات للأمثلة السابق الذكر.
- تحل معظم التمارين.

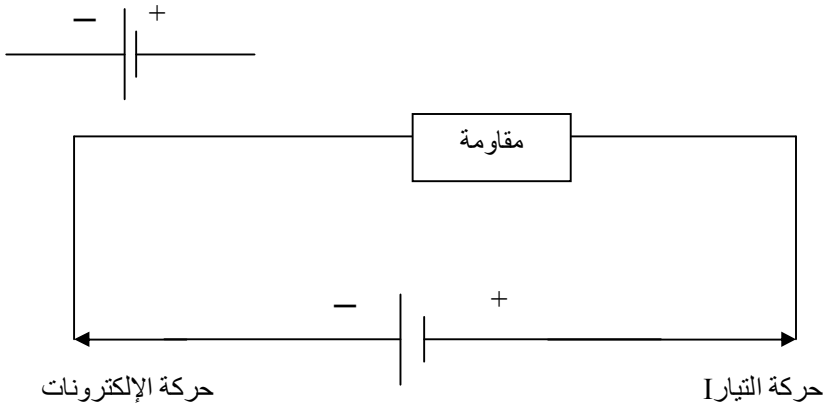
6. الكهربية التياريه (Current Electricity)

عزيزي الدارس ,

إن هنالك العديد من الأجهزة الكهربائية المستخدمة في المنازل مثل الراديو والتلفزيون والمكواة والكمبيوتر ومكيفات الهواء تحتاج إلى طاقة كهربائية لتشغيلها وتجدها شائعة الاستخدام وذلك لأن الطاقة الكهربية تعتبر طاقة مناسبة للاستخدام وأيضاً فإن مصادر الطاقة الكهربية متوفرة وتعتبر البطاريات أحد مصادر الطاقة الكهربية البسيطة والمتوفرة فمثلاً لتشغيل مسجل أو راديو يمكن الحصول على الطاقة الكهربية من حجارة البطارية العادية .

1 .6 القوة الدافعة الكهربية (Electromotive Force)

فمثلاً عند تشغيل راديو أو مسجل عزيزي الدارس , يتم توصيل حجارة (الخلية الكهربية) إي البطارية بالجهاز. أي توصيل الجهاز بدائرة كهربية عن طريق أسلاك توصيل (الشكل (6−1)) فتنتقل الطاقة الكهربية من حجارة البطارية إلى الجهاز عبر أسلاك التوصيل, والتي تسري خلالها الشحنات الكهربية نتيجة للتفاعل الكيميائي في البطارية, والذي يدفع بالإلكترونات من أحد طرفي البطارية إلي الطرف الآخر, بحيث يصبح الطرف الذي انتقلت منه الإلكترونات موجباً, والطرف الذي انتقلت إليه الإلكترونات سالباً. ويرمز للبطارية أو المولد في الدوائر الكهربية بالرمز



شكل (6-1) دائرة كهربية بسيطة

ونتيجة للشحنات السالبة والموجبة على طرفي البطارية يتولد على طرفي البطارية فرق جهد بينهما يرمز لـه بـالرمز **V** وأقصى فرق جهد بين اللوحين يعرف باسم " القوة الدافعة الكهربية " والتي يرمز لها بالرمز ε

أي أن القوة الدافعة الكهربية هي:

فرق جهد بين طرفي البطارية و وهو أقصي فرق جهد هو الجهد المقاس قبل توصيل البطارية بأي جهاز ، وتقاس في النظام العالمي بوحدة الفولت ويرمز له بالرمز **(V)** .

2. 6 التيار الكهربي (Electric Current)

عزيزي الدارس, بالنظر إلى الدائرة الكهربية الموضحة بالشكل(6-1) نجد أن فرق الجهد بين طرفي البطارية يولد مجالاً كهربياً متجه من القطب الموجب إلي القطب السالب وهذا المجال يسبب قوة كهربية تؤثر على الإلكترونات الحرة في الموصل (أسلاك التوصيل) ونتيجة لذلك تسري شحنات كهربية في الموصل (الإلكترونات) وانتقال هذه الشحنات الحرة (الإلكترونات) في وحدة الزمن يعرف(بالتيار الكهربي) .

التيار الكهربي هو: كمية الشحنة الكهربية المنتقلة عبر موصل في وحدة الزمن

التيار الكهربي = كمية الشحنة المنتقلة ÷ الزمن

فإذا رمزنا للشحنة الكهربية بالرمز (q) والزمن المستغرق لانتقال الشحنة بالرمز t فإن مقدار التيار الكهربي I يحدد بالعلاقة التالية :

$$I = \frac{q}{t} \qquad (1\text{-}6)$$

إذا كانت الشحنات الكهربية لا تسري بمعدل ثابت فإن العلاقة (6-1) تحدد مقدار القيمة المتوسطة للتيار الكهربي .

الاتجاه " الاصطلاحي للتيار:

من القطب الموجب إلى القطب السالب أي من المنطقة الأعلى جهدا (القطب الموجب) إلي المنطقة الأقل جهدا (القطب السالب) .

ويلاحظ أن اتجاه التيار هو عكس اتجاه حركة الإلكترونات لاحظ الشكل (6-1)

وحدة التيار الكهربي:

يقاس التيار في النظام العالمي للوحدات بوحدة الكولوم لكل ثانية ويرمز له بالرمز (C/s) والتي تعادل وحدة الأمبير والتي يرمز لها بالرمز (A) . وهنالك وحدات شائعة الاستخدام وهي الملي أمبير (mA) والمايكرو أمبير(μ A)

حيث : أن الأمبير = كولوم / ثانية

1 A = 1 Coulmb/ second

نجد ان الأمبير

= 10^{3} الملي امبير

= 10^{6} المايكروامبير

ومنها

$1\ mA = 10^{-3}\ A$

$1\ \mu A = 10^{-6}\ A$

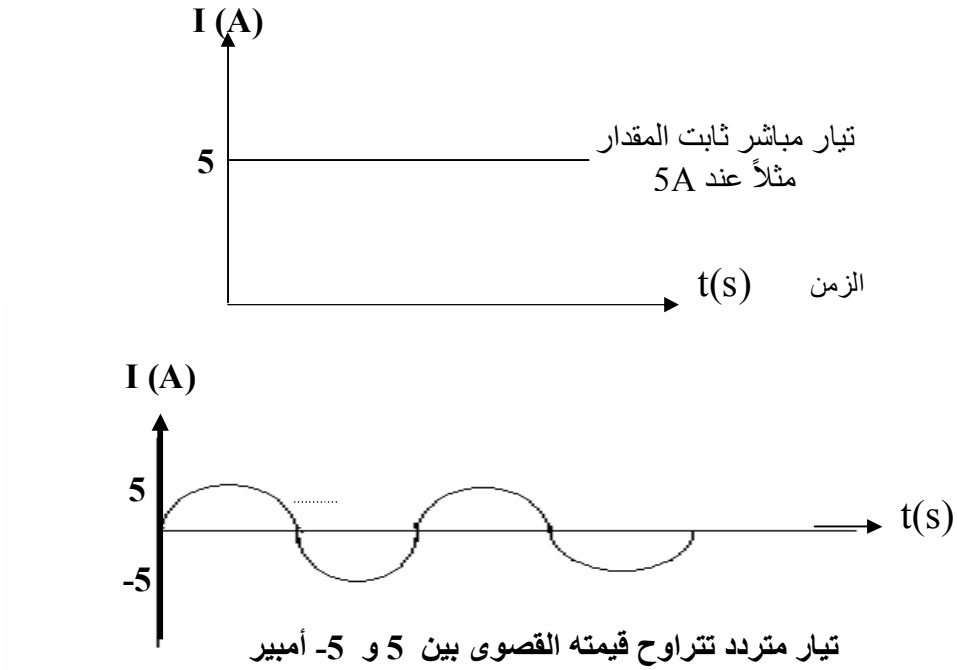
وهنالك نوعان من التيار الكهربي هما :

- التيار المباشر d.c. (direct current)
- والتيار المتردد a.c. (alternating current)

فإذا كانت الشحنة الكهربائية تسري في الدائرة:

- في نفس الاتجاه طول الوقت فإن التيار يسمي بالتيار المباشر (d.c)
- أما إذا تغير اتجاه الشحنة الكهربية من فترة إلي أخري فإن التيار يسمي بالتيار المتردد (a.c)

أنظر الشكل (6-2) الذي يمثل العلاقة بين التيار والزمن وذلك بالنسبة للتيار المباشر (d.c) والتيار المتردد (a.c)



تيار متردد تتراوح قيمته القصوى بين 5 و 5- أمبير

شكل (6-2) التيار المباشر d.c والتيار المتردد a.c

6 .3. الطاقة الكهربائية (Electric energy):

الطاقة الكهربائية التي تزود بها البطارية الجهازتساوي حاصل ضرب القوة الدافعة الكهربية × الشحنة الكهربائية التي تسري في الدائرة. فإذا رمزنا للطاقة الكهربائية بالرمز (E) فإن مقدارها يحدد بالعلاقة التالية :

$$E = q\ \varepsilon \qquad (2\text{-}6)$$

أو من العلاقة (6-1) نجد أن الشحنة = التيار × الزمن = $q = I\ t$

من ثم نجد ان الطاقة الكهربائية:

$$E = It\ \varepsilon$$

وتقاس الطاقة الكهربائية في النظام العالمي بوحدة الجول (J)

الجول joule (J) = كولوم . الفولت (C.V)

$$J = C \cdot V$$

➢ **مثال** (6-1)

إذا علمت أن التيار الكهربي الصادر من بطارية آلة حاسبة قوتها الدافعة الكهربية 3V ويسري فيه تيار يساوي 0.17 mA خلال ساعة من التشغيل :

- ما هو مقدار الشحنة الكهربائية التي تسري في الدائرة .
- كم تساوي الطاقة التي تزود بها البطارية الآلة الحاسبة .

الحل :

بما ان الشحنة الكهربائية: $q = I\,t$

$$q = 0.17 \times 10^{-3} \times 1 \times 60 \times 60 = 0.6C$$

الطاقة الكهربائية (E) : $E = q\,\varepsilon$

$$E = 0.6 \times 3 = 1.8\ J$$

أسئلة تقويم ذاتى

1. **اكمل العبارات التالية**

1)يمر التيار الكهربي من القطب ..... الي القطب.....

2) القوة الدافعة الكهربية هي.....

2.وحدة قياس كل من المقاومة الكهربية هي .....و التيار هي .....

وفرق الجهد هي .....

3. ما هي العلاقة بين التيار والشحنة.

6. 4 المقاومة والمقاومة النوعية(Resistance and Resistivity)

عزيزي الدارس , ذكرنا في الجزء السابق أن التيار الكهربائي هو عبارة عن حركة الشحنات الكهربية في الموصلات خلال فترة زمنية إلا أن:

*حركة الشحنات بصورة عامة تلقي مقاومة من الموصل مما يؤدي إلي إطلاق طاقة حرارية.

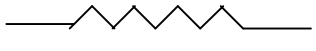
- فالإلكترونات المتحركة في الموصلات المعدنية تصطدم بذرات هذه الموصلات فتتحول طاقتها الحركية إلي طاقة حرارية وتتوقف كمية الحرارة المنطلقة علي عدة عوامل:

أولا: منها ما له علاقة بشكل الموصل .

ثانيا: منها ما يتعلق بنوع الموصل مما يجعلنا نفكر بوجود خاصية للموصل تتوقف عليها كمية الحرارة المنطلقة منه لدي مرور تيار كهربائي فيه ونسمي هذه الخاصية "بالمقاومة الكهربية للموصل".

6.4.1 . المقاومة الكهربية R (Electric Resistance).

هي الممانعة التي يلاقيها تيار عند مروره في موصل ووحدة قياسها في النظام العالمي للوحدات هي الأوم (Ω)

ويرمز للمقاومة في الدوائر الكهربية بالرمز 

وتدل نتائج التجارب العملية على أن مقاومة الموصل المعدني المنتظم الشكل:

- تتناسب تناسباً طردياً مع طوله (L)
- وتناسيا عكسياً مع مساحة مقطعه (A)
- وتتوقف علي نوع مادة الموصل

مما يمكننا أن نكتب : .

$$R = \frac{\rho L}{A} \qquad (4\text{-}6)$$

حيث تقاس:

- المقاومة R بوحدة الأوم ورمزها **Ω** (ينطق Omega وهذا هو الحرف الكبير بينما ω هو الصغير)
- الطول (L) بالأمتار (m)
- المساحة بالأمتار المربعة (m^2)
- وحيث ρ (ينطق roh رو) ثابت يتوقف على طبيعة المادة أي نوعها ويسمى بالمقاومة النوعية: **ρ = R.A / L**

تعريف المقاومة النوعية لموصل منتظم الشكل :

هي مقاومة قطعة من موصل طولها وحدة الأطوال (1m) ومساحة مقطعها وحدة المساحات($1m^2$).

ووحدة قياسها في النظام العالمي كما يتضح من العلاقة (4-6) هي الأوم . متر ($\Omega . m$)

2. 4. 6 تأثر المقاومة بالتغير في درجة الحرارة

لأن طول الموصل ومساحته تتغير بتغير درجة الحرارة حسب ما درسنا في الفيزياء العامة 1 , ولأن الإلكترونات أيضاً تكتسب سرعة بزيادة درجة الحرارة فبالتالي تتغير المقاومة النوعية وبالتالي مقاومة الموصل بتغير درجة الحرارة . وقد أكتشف حديثاً أن بعض المعادن تفقد مقاومتها للتيار الكهربائي في درجة الصفر المطلق (كلفن) وسميت هذه المعادن بالمعادن ذات الموصلية الكهربية الفائقة(**Super conductivity**) وتحدد العلاقة التالية كيفية تغير المقاومة النوعية ρوالمقاومة R . إذا اختلفت درجة الحرارة من الصفر إلي درجة حرارة (T) وبشكل عام تتميز المقاومة النوعية والمقاومة لموصل بتغير درجة لحرارة تبعاً للقانون التقريبي التالي :

$$\rho(T) = \rho_o[1 + \alpha(T - T_o)] \qquad (5-6)$$

$$R(T) = R_o[1 + \alpha(T - T_o)] \qquad (6-6)$$

حيث ρ هي قيم المقاومة النوعية و R المقاومة الكهربية عند درجة حرارة T درجة مئوية ,

و ρ_o هي قيم المقاومة النوعية و R_o المقاومة الكهربية عند درجة حرارة T_o درجة مئوية (مثلاً درجة حرارة الغرفة) ، α يسمى المعامل الحراري لتغير المقاومة للمادة ويختلف المعامل الحراري بتغير المقاومة من موصل إلي آخر.

المعادلات (6−5) و (6−6) تدل على أن المقاومة النوعية ρ وبالتالي المقاومة R تزيد بارتفاع درجة الحرارة عن T_o وتقل بانخفاضها عن T_o .

الجدول التالي يبين قيم المقاومة النوعية والمعامل الحراري لمواد مختلفة:

المادة	المقاومة النوعية ρ (Ωm) عند درجة حرارة $25°C$	المعامل الحراري α $(°C^{-1})$
نحاس	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}
التنجستن	5.6×10^{-8}	4.5×10^{-3}
الحديد	10×10^{-8}	5×10^{-3}
الكربون	3.5×10^{-5}	-5×10^{-4}
محلول حمض الكبريت	4.8×10^{-2}	-3×10^{-2}

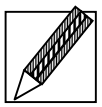
جدول (6-1) : المقاومة النوعية والمعامل الحراري لبعض المواد

أسئلة تقويم ذاتى



1. عرف المقاومة واذكر وحدة المقاومة.
2. تزيد المقاومة بزيادة ..... وتقل بزيادة .....
3. عرف المقاومة النوعية.
4. تتأثر المقاومة النوعية والمقاومة بتغير درجة الحرارة زيادة أو نقصانا, وضح.
5. هل الأسلاك المستعملة في التوصيلات الكهربية هي من المواد ذات المقاومة النوعية الكبيرة أم الصغيرة ؟, وهل هي من المواد ذات المعامل الحراري الكبير أم الصغير؟, ولماذا ؟
6. ما سبب مقاومة الموصل للتيار؟

تدريب (1)



1.تيار مقداره A 0.5 يسري في موصل ، كم تساوي الشحنة التي تمر عبره في دقيقة واحدة.

2. قضيب معدني طوله 2m وقطره 8mm ومقاومته النوعية $1.76\times10^{-8}\Omega$. أوجد اولاً مساحة المقطع ثم كم تبلغ مقاومة هذا القضيب .

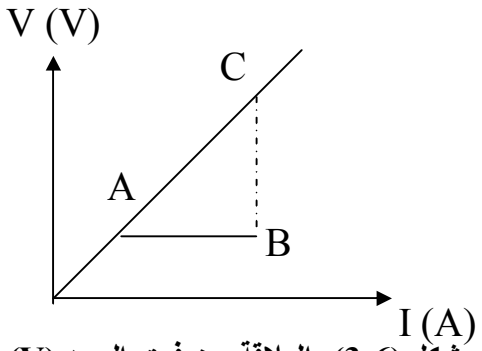
3.مقاومة سلك نحاس عند درجة $0°C$ كانت 3.35Ω . كم تبلغ مقاومته عند درجة $50°C$.

5.6 قانون أوم (Ohm's Law)

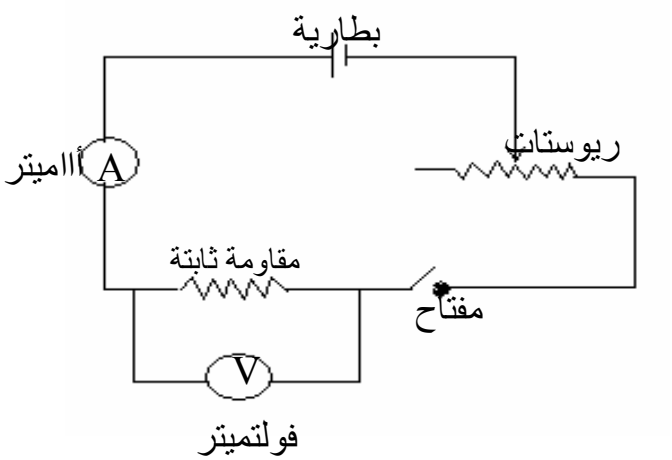
يمكننا استنتاج قانون أوم عزيزي الدارس عملياً وذلك باستخدام دائرة كهربائية كالموضحة بالشكل (6–4) فعند إمرار تيار كهربائي في مقاومة ثابتة (R) وقياس فرق الجهد بين طرفيها ثم تكرار التجربة وذلك بتغيير شدة التيار باستخدام الريوستات (مقاومة متغيرة) وقياس فرق الجهد V كالموضحة بالشكل (6–3) نجد أن العلاقة بين الجهد والتيار هي خط مستقيم يمر بنقطة الأصل. ومن الرسم (6–3) يتضح أن :

ميل المستقيم = $\frac{V}{I}$ = ثابت

حيث هذا الثابت = R وهو قيمة المقاومة الكهربائية .



شكل (6-3): العلاقة بين فرق الجهد (V) و التيار (I)



شكل (6-4): دائرة كهربية للتحقق من قانون أوم

نص قانون أوم Ohm's Law

عند ثبوت درجة حرارة الموصل فإن فرق الجهد الكهربائيV بين طرفي الموصل يتناسب طردياً مع شدة التيار I المار فيه

أي أن :

$$R = \frac{V}{I} \qquad (7\text{-}6)$$

ويمكن الاستفادة من قانون أوم في تحديد قيمة مقاومة مجهولة بسهولة وذلك بإيجاد النسبة بين فرق الجهد إلي التيار وأيضاً **من قانون أوم يمكن تعريف وحدة شدة التيار الكهربي ، والجهد الكهربي ، والمقاومة كآتي :**

الأمبير : هو شدة التيار I المار في موصل مقاومته R واحد أوم ($1\,\Omega$) إذا كان فرق الجهد V بين طرفيه واحد فولت (1V) .

الفولت : هو فرق الجهد V بين طرفي موصل مقاومته واحد أوم ($1\,\Omega$) عندما يمر في تيار شدته واحد أمبير (1 A) .

الأوم : هو مقاومة R موصل الذي يسمح بمرور تيار شدته واحد أمبير (1 A) عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه واحد فولت (1V) .

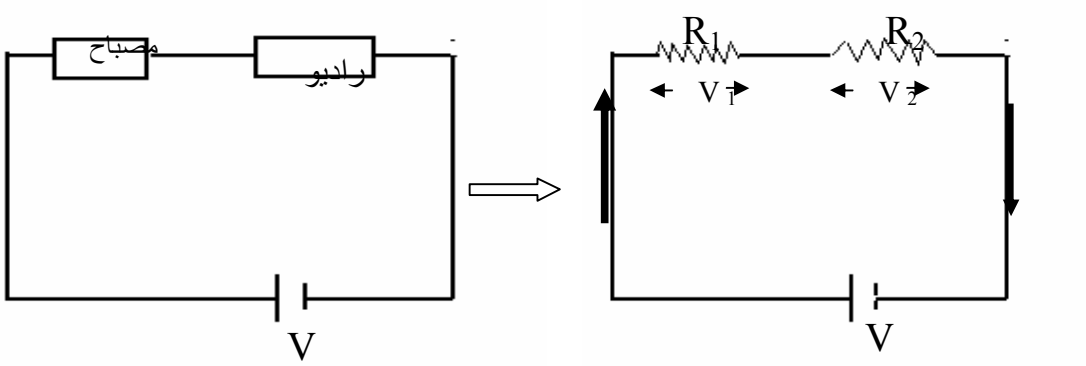
6.6 توصيل المقاومات في الدوائر الكهربائية

في الجزء السابق عزيزي الدارس استخدمنا دائرة كهربائية بسيطة حيث يوجد جهاز واحد له مقاومة ثابتة R.

أما في هذا الجزء سنتطرق إلي الدوائر التي تحتوي علي أكثر من جهاز حيث يتم توصيل عدد من الأجهزة إما على التوالي أو علي التوازي :

أولاً : توصيل المقاومات على التوالي (Connection in series):

التوصيل علي التوالي والذي يتم فيه توصيل الأجهزة بحيث يمر فيها تيار واحد (الشكل (6-5)) والذي يمثل جهازين متصلين علي التوالي مقاومة كل منهما R_1 و R_2



شكل (6-5) توصيل المقاومات على التوالي

وفرق الجهد الكلي للبطارية (V) يساوي مجموع الجهد V_2 و V_1

حيث

$$V= V_1+ V_2 \qquad (6-8)$$

ولكن من قانون أوم نجد أن فرق الجهد عبارة عن

$$V = I\ R$$

ومن ثم فرق الجهد في كل مقاومة هو

$$V_1= I_1\ R_1 \qquad V_2= I_2\ R$$

وحيث أن التيار المار في الدائرة هو تيار واحد, فمن قانون بقاء الشحنة :

$$I_2= I_1= I$$

ومن قانون اوم يمكن كتابة العلاقة (6-8) كالآتي :

$$I\ R= I\ R_1+ I\ R_2$$

$$I\ R= I\ (R_1+ R_2)$$

وبالقسمة على I نحصل على :

العلاقة (6-8) تفيد أن المقاومة المكافئة لعدد من المقاومات المتصلة علي التوالي تساوي مجموع مقاديرها وتكتب رياضياً بالشكل التالي :

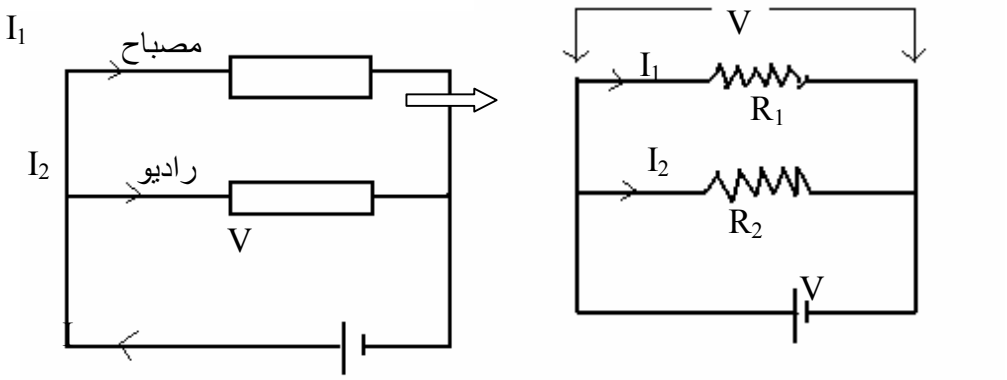
$$R = R_1 + R_2 \qquad \textbf{(9-6)}$$

$$R = \sum_{i=1}^{n} R_i \qquad \textbf{(10-6)}$$

حيث n عدد المقاومات المتصلة على التوالي .

ثانياً : توصيل المقاومات على التوازي :

يتم توصيل المقاومات بحيث يكون فرق الجهد بينهما واحدا, مثلاً, عند توصيل جهازين مقاومتهما R2 و R1 علي التوازي كالمبين بالشكل :



شكل (6-6) توصيل المقاومات على التوازي

التيار المار في الدائرة I يتفرع إلى قسمين I_1 و I_2 حيث أن :

$$I = I_1 + I_2 \qquad (11\text{-}6)$$

ومن قانون أوم نجد أن :

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} \qquad \text{و} \qquad I_2 = \frac{V_2}{R_2}$$

وبالتعويض عن ذلك في العلاقة (6-10) نحصل على :

$$\frac{V}{R} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} \qquad (12\text{-}6)$$

ولكن عند التوصيل على التوازي فقانون حفظ الطاقة يعطي:-

$V_2 = V_1 = V$

وبذلك تصبح العلاقة (6-9) كالآتي بعد القسمة على V :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \qquad (13\text{-}6)$$

العلاقة (6-13) تفيد أنه عند توصيل المقاومات على التوازي فإن مقلوب المقاومة المكافئة للمجموعة (R) لعدد من المقاومات المتصلة على التوازي يساوي مجموع مقلوب مقادير هذه المقاومات . وتكتب رياضياً هذه العلاقة كالآتي :

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i} \qquad (14\text{-}6)$$

حيث n عدد المقاومات .

ويمكنك عزيزي الدارس أن تبرهن أن قيمة المقاومة المكافئة في حال توصيل عدد من المقاومات علي التوازي هي أصغر من مجموع هذه المقاومات بل هي أصغر من أقل مقاومة فيها . ولهذا فإن التوصيل على التوازي يستعمل في الدوائر التي تتطلب تيارات شدتها كبيرة .

أسئلة تقويم ذاتي

1.عرف كل من : قانون اوم – الأمبير – الفولت –الاوم.

2. اكمل: (1) عند توصيل المقاومات على التوالي فان المقاومة المكافئة تساوي ..... أما فرق الجهد الكلي فيساوي.....

(2) وعند توصيل المقاومات على التوازي فان المقاومة المكافئة تساوي ..... أما فرق الجهد الكلي يساوي.....

7.6 توصيل المولدات

يسري تيار داخل الخلية كما ذكر سابقا, عزيزي الدارس, في اتجاه معاكس للتيار خارج الخلية أي من القطب السالب عبر مادة الخلية إلى القطب الموجب ويجد هذا التيار ممانعة لسريانه داخل مادة الخلية ويطلق عليها اسم المقاومة الداخلية للخلية .

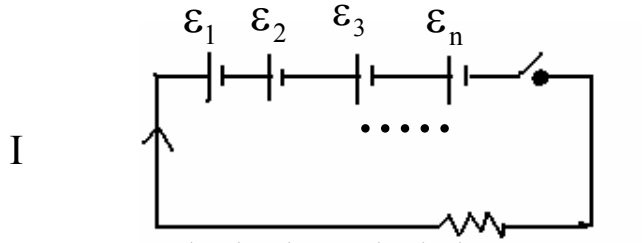
المقاومة الداخلية Internal Resistance:

هي الممانعة التي يلاقيها سريان التيار داخل مادة الخلية

قد يحتاج الفني إلى توصيل عدد من المولدات الكهربائية أو البطاريات بعضها ببعض لزيادة شدة التيار أو القوة المحركة وتوجد طريقتان للتوصيل هما:

أولاً : التوصيل على التوالي Connection in Series:

إذا فرضنا أن لدينا عدداً من المولدات لها مقاومات داخلية $r_1, r_2, r_3,\ldots,r_n$ (انظر تعريف المقاومة الداخلية) ، ولها قوي دافعة كهربية $\varepsilon_1,\varepsilon_2,\varepsilon_3,\ldots,\varepsilon_n$ في الحالة الموضحة بالشكل (6-7) . لدينا عدد من مولدات متصلة على التوالي :



شكل (6-7) توصيل المولدات على التوالي

شدة التيار المار في المولدات جميعاً واحدة وذلك استنادا على قانون حفظ الشحنة ، كما أننا نستطيع أن نقول أن الطاقة الإجمالية التي تعطيها هذه المولدات في زمن (t) ثابتة تساوي مجموع الطاقات التي يعطيها كل منها في الزمن نفسه وذلك حسب قانون بقاء الطاقة ، أي أن :

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \ldots\ldots \quad (15\text{-}6)$$

ولقد علمنا من الجزء السابق أن الطاقة التى يعطيها مولد ما في زمن (t) ثانية تعطي بالعلاقة :

الطاقة = فرق الجهد × شدة التيار × الزمن

$$E = \varepsilon \; I \quad t \qquad (16\text{-}6)$$

بالتعويض في العلاقة (6-12) من العلاقة (6-13) نحصل على :

$$\varepsilon \quad I \; t = \; (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3) \; I \; t \qquad (17\text{-}6)$$

أي أن القوة الدافعة الكهربية ε لعدد من المولدات المتصلة علي التوالي تساوي مجموع قواها الدافعة الكهربية :

$$\varepsilon \; = \; \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + ... \qquad (18\text{-}6)$$

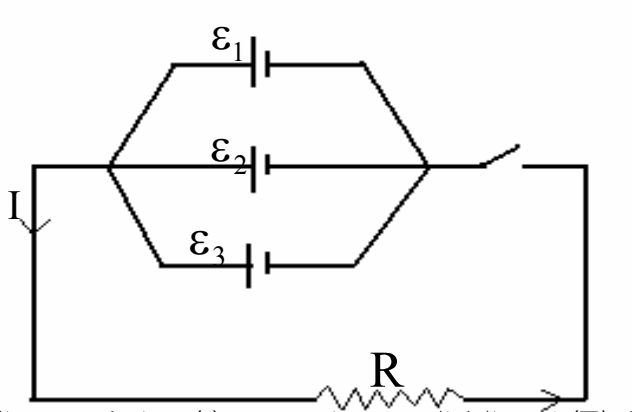
وبما أن لكل مولد مقاومة كهربائية داخلية ، فالمقاومة الداخلية الإجمالية للمولدات تساوي مجموع المقاومات الداخلية :

$$r \; = \; \sum_{i=1}^{n} \; r_i \qquad (19\text{-}6)$$

ثانياً : التوصيل على التوازي Connection in Parallel:

عزيزي الدارس, نجد في هذه الحالة المبينة بالشكل **(6-8)** أنه لابد أن تكون القوة الدافعة الكهربية للمولدات المتصلة على التوازي متساوية وأيضاً لها نفس المقاومة الداخلية وبالتالي فإن التيار المار في كل منهما متساو .

شكل (6-8): توصيل المولدات على التوازي



وأيضاً فإن الطاقة (E) الإجمالية التي تنتجها في زمن (t) مساوية مجموع الطاقة التي تنتجها كل منها في الزمن نفسه حسب مبدأ بقاء الطاقة في المعادلة(6-3). أي أن :

$$\varepsilon I t = \varepsilon_1 I_1 t + \varepsilon_2 I_2 t + \varepsilon_3 I_3 t$$

ولكن من مبدأ حظ الشحنة فإن :

$$I_1 = I_2 = I_3$$

$$\varepsilon I t = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + ...) I_1 t$$

وأيضاً

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3$$

$$\varepsilon I t = n \varepsilon_1 I_1 t$$

حيث n عدد المولدات الموصولة على التوازي .

ولكن حسب قانون بقاء الشحنة مع ملاحظة أن التيار المار في جميع المولدات واحد

$$I = I_1 + I_1 + ... I_1 = n I_1$$

ولكن كل التيارات متساوية وتساوي I_1

وتصبح العلاقة السابقة كالآتي :

$$n\ \varepsilon I_1\ t = n\varepsilon_1 I_1\ t$$

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \qquad (20\text{-}6)$$

أي أن

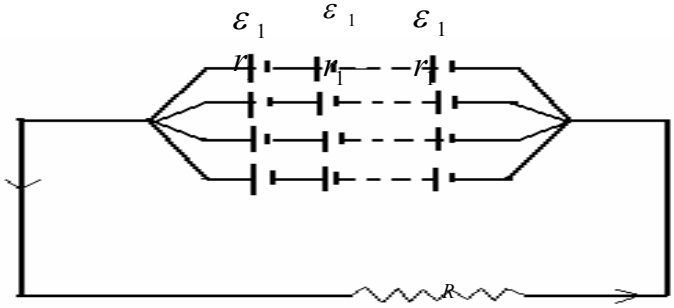
العلاقة (6-20) تشير إلى أن القوة الدافعة الكهربية لعدد من المولدات المتماثلة المتصلة على التوازي تساوي القوة الكهربية لأحد هذه المولدات .

ملحوظة:

- **تحسب المقاومة الداخلية المكافئة في هذه الحالة بنفس طريقة حساب المقاومات المتصلة على التوازي .**
- **التوصيل على التوالي يزيد من القوة الدافعة الكهربية بينما التوصيل على التوازي يزيد من شدة التيار .**

الربط المختلط :

في هذه الحالة أيضاً لابد أن تكون المولدات متماثلة بمعني أن تكون مقدار القوة الدافعة الكهربية لجميع الأعمدة متساوية وكذا مقاماتها الداخلية ويتم توصيلها كما هو موضح بالشكل أدناه – (شكل 5–8) – . سنعتبر عدد المولدات في الصف الواحد هو m وعدد الصفوف هو n .



شكل (5-8) التوصيل المختلط للمولدات

القوة الدافعة الكهربية المكافئة للصف الواحد هي

$$\varepsilon^{1} = m\ \varepsilon_1$$

والمقاومة الداخلية المكافئة للصف الواحد :

$$r^1 = m \quad r_1$$

أما القوة الدافعة الكهربية الكلية لجميع الصفوف فهي :

$$\varepsilon = \varepsilon^1 = m \quad \varepsilon_1$$

أي مثلها مثل توصيل الأعمدة أو المولدات على التوازي .

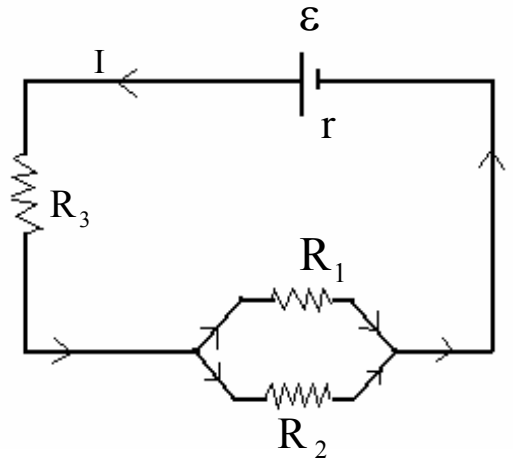
والمقاومة الداخلية الكلية لجميع الصفوف (عددها n)

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{mr_1} + \frac{1}{mr_1} + \ldots\ldots = \frac{n}{mr_1}$$

$$r = \frac{mr_1}{n}$$

ويحسب عدد المولدات كالآتي:

عدد المولدات = m x n



➢ **مثال (6-2)** في للدائرة الموضحة بالشكل

السابق :

إذا علمنا أن قيمة كل من $R_1 = 2\Omega$ و $R_2 = 4\Omega$ والمقاومة الداخلية للمولد $r_1 = 1\Omega$ والمقاومة $R_3 = 3\Omega$ ، والقوة الدافعة الكهربية $\varepsilon = 10\,V$ ، أحسب شدة التيار المار في المقاومة R_3 .

الحل :

أولاً نحسب المقاومة المكافئة للمقاومتين $R_1 = 2\Omega$ و $R_2 = 4\Omega$ المتصلتين على التوازي

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4}$$

$$= \frac{2+1}{4} = \frac{3}{4}$$

$$\therefore R = \frac{4}{3}\Omega$$

$$\varepsilon = I \sum R = I(R + r_1 + r_2 + r_3)$$

$$\varepsilon = I(\frac{4}{3} + 1 + 3) \therefore 10 = I(\frac{4+3+9}{3})$$

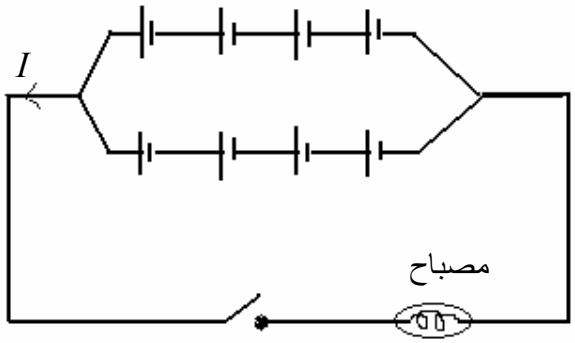
$$\therefore 10 = I \times 5.33$$

$$\therefore I = 1.88\,A$$

➢ مثال (6–3)

دائرة تحتوي على صفين من الخلايا وكل صف مكون من أربعة خلايا جافة كالمبينة بالشكل ، القوة الدافعة لكل منها 1.5 V والمقاومة الداخلية لكل عمود 1Ω . أحسب شدة التيار الذي يمر في المصباح إذا علمت أن مقاومة المصباح تبلغ 3Ω .

الحل :



القوة الدافعة لكل صف = عدد الخلايا × القوة الدافعة للخلية

القوة الدافعة لكل صف = 1.5×4 = 6V

والمقاومة الداخلية للصف = عدد الخلايا Xالمقاومة الداخلية للخلية

والمقاومة الداخلية للصف $= 4 \times 1 =$ 4Ω

وإذا طبقنا قانون جمع المقاومات المتصلة علي التوازي باعتبار أن صفي الخلايا متصلين على التوازي نجد أن:

المقاومة المكافئة هي r^1 , حيث:

$$\frac{1}{r^1} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}\,\Omega$$

$$r^1 = 2\,\Omega$$

ومن قانون أوم

$$\varepsilon = I\,(R + r^1)$$

حيث R مقاومة المصباح، r^1 المقاومة الداخلية لجميع الخلايا، ε القوة الدافعة الكهربية للخلايا

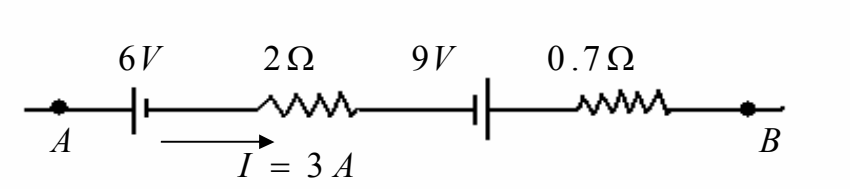
$$6 = I(3 + 2)$$

ومنها شدة التيار I:

$$I = \frac{6}{5}\,A$$

➢ مثال (6–4)

أوجد فرق الجهد بين النقطتين AوB للسلك الموضح بالشكل أدناه .



الحل :

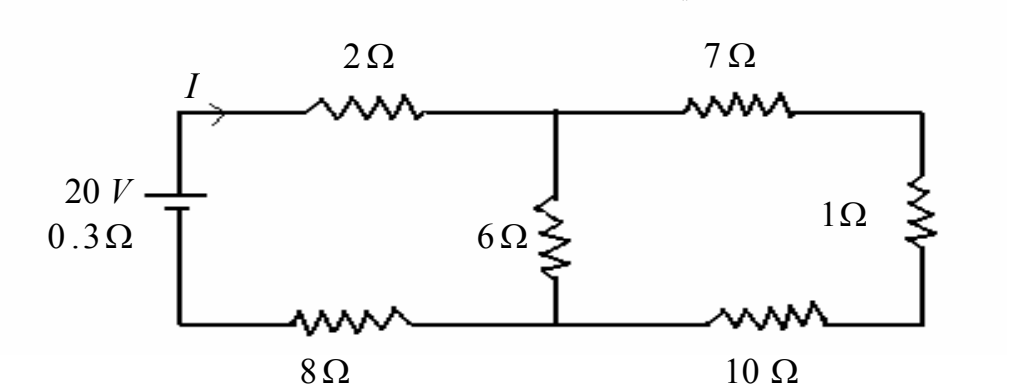
لا يسري التيار إلا من النقطة الأعلى جهدا إلي النقطة الأقل جهدا. وفي الشكل فإن A هي النقطة الأعلى جهدا لأن التيار يسري منها و B هي النقطة الأقل جهدا لأن التيار متجه نحوها وبالتالي فإن إشارة الجهد تكون سالبة,حيث الجهد هو حاصل ضرب المقاومة ×التيار.

وأيضاً إذا انتقلنا من القطب الموجب إلي السالب نأخذ إشارة القوة الدافعة الكهربية سالبة

$$V_{AB} = -6 - 2 \text{ X } 3 + 9 - 0.7 \text{ X } 3 = -5.1V$$

➢ مثال (6–5)

للدائرة الموضحة بالشكل التالي :



أوجد المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات وكذا التيار المار في الدائرة

الحل:

نبدأ بالمقاومات 7Ω و 1Ω و 10Ω كلها متصلة على التوالي والمقاومة المكافئة لهم تساوي 18Ω ، وتكون ال 18Ω متصلة مع 6Ω على التوازي والمقاومة المكافئة لهما هي R_1 حيث :

$$\frac{1}{R_1}=\frac{1}{18}+\frac{1}{6}=\frac{1+3}{18}=\frac{4}{18}$$

$$R_1=\frac{18}{4}=4.5\Omega$$

وهي متصلة على التوالي مع بقية المقاومات .

$$R^1=4.5+18+2+0.3=14.8\Omega$$

التيار المار في الدائرة :

$$I=\frac{\varepsilon}{R}=\frac{20}{14.8}=1.35A$$

أسئلة تقويم ذاتي

1. عرف المقاومة الداخلية
2. علل: أولا: في حالة التوصيل علي التوالي تتضاعف القوة الدافعة الكهربية الكلية وكذلك المقاومة الداخلية وتقل شدة التيار

ثانيا : في حالة التوصيل علي التوازي يتضاعف التيار وتبقي القوة الدافعة الكهربية الكلية كأنما هناك عمود واحد وتقل المقاومة الداخلية

ثالثا: في حالة التوصيل المختلط للمولدات نحصل علي الحالتين أعلاها.

تدريب (2)

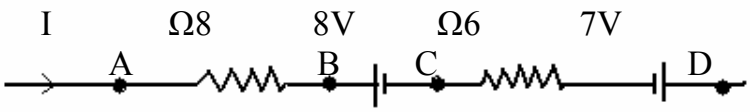
1. أوجد فرق الجهد الكهربي للسلك الموضح بالشكل أدناه وذلك:

بين النقطتين A و B

بين النقطتين A و C

بين النقطتين A و D

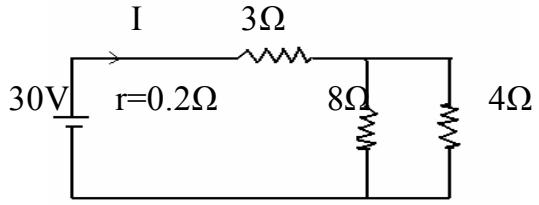
إذا علمنا أن التيار المار في السلك هو 8A .



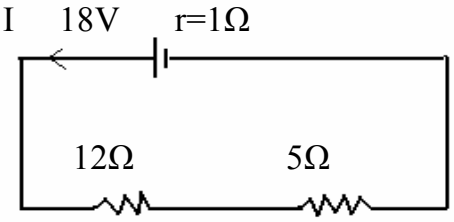
أوجد فرق الجهد بين طرفي المقاومتين 5Ω و 12Ω من الشكل (2) ؟

2. للأشكال الموضحة أوجد : المقاومة المكافئة والتيار المار في الدائرة .

الشكل (1)



الشكل (2)



أوجد فرق الجهد بين طرفي المقاومة 3Ω للشكل (1) ؟

أوجد فرق الجهد بين طرفي المقاومتين 5Ω و 12Ω للشكل (2)

3. بطارية مكونة من 5 صفوف بكل صف 6 أعمدة ، القوة الدافعة الكهربية لكل منها 2V ومقاومتها الداخلية 0.2Ω وصل قطباها بمقاومة خارجية 40Ω أحسب شدة التيار المار في كل عمود .

الخلاصة

عزيزي الدارس,

في النهاية، نؤكد على ما أكدنا في البداية عن ضرورة تقويم هذه الوحدة، وإبداء ملاحظاتك للاستفادة منها.

ولكن ما الذي ناقشناه ؟

لقد تعرفناعلي التيار الكهربي وفهمنا ما هي القوة الدافعة الكهربية.

ثمتعرفنا علي مقاومة الموصلات لسريان التيار الكهربي والمقاومة النوعية للموصل وتعمقنا في فهم مفهوم قانون اوم وطرق توصيل المقاومات علي التوالي والتوازي

أخير ناقشنا توصيل المولدات علي التوالي والتوازي وفي صفوف

ومع نهاية هذا القسم نكون قد انهينا هذه الوحدة، ونأمل أن تكون قد أضافت الكثير إلى معلوماتك الثرة وان تسعد بالوحدة القادمة إنشاء الله.

لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية

عزيزي الدارس، بعد أن فرغت من دراسة هذه الوحدة الآن، أصبح لديك حصيلة كبيرة من المعلومات المفيدة عن **التيار الكهربي**

الآن ننتقل معا إلى الوحدة الأخيرة وهي بعنوان المغناطيسية

نرجو إن تكون وحدة مفيدة لك وان تساهم معنا في نقدها وتقييمها.

مسرد المصطلحات

القوة الدافعة الكهربية(Electromotive Force)

فرق جهد بين طرفي البطارية وأقصي فرق جهد هو الجهد المقاس قبل توصيل البطارية بأي جهاز ، وتقاس في النظام العالمي بوحدة الفولت ويرمز له بالرمز (**V**) .

الطاقة الكهربائية (Electric energy)

الطاقة الكهربائية التي تزود بها البطارية الجهاز هي الشحنة الكهربائية التي تسري في الدائرة مضروبا في " القوة الدافعة الكهربية " والتي يرمز لها بالرمز $\mathcal{E}$

المقاومة الكهربية (Resistance)

هي الممانعة التي يلاقيها تيار عند مرورها في موصل وحدة قياسها في النظام العلمي للوحدات هي الأوم (Ω)

المقاومة النوعية(**Receptivity)**

هي مقاومة قطعة منه طولها وحدة الأطوال ومساحة مقطعها وحدة المساحات

قانون أوم (Ohm's Low) :

عند ثبوت درجة حرارة الموصل فإن فرق الجهد الكهربائيV بين طرفي الموصل يتناسب طردياً مع شدة التيار I المار فيه

توصيل المقاومات على التوالي (Connection in series)

والذي يتم فيه توصيل الأجهزة بحيث يمر فيها تيار واحد

إجابات التدريبات

التدريب(1)

1الإجابة:g = 30 c

2 الإجابة:

$A= 69 \times 10^{-6}$

$R= 1.75 \times 10^{-2}\ \Omega$

3.الاجابة $R = 4.00325\ \Omega$

التدريب(2)

1. $V_3 = 1.192$ volt , $V_2 = 8.144$volt , $V_1 = 0.144$ volt

2. الشكل الاول $I = 5.29$ A , $R = 17 / 3\Omega$

ثم فرق الجهد للمقاومة $R = 3\ \Omega$ هو 15.88 volt

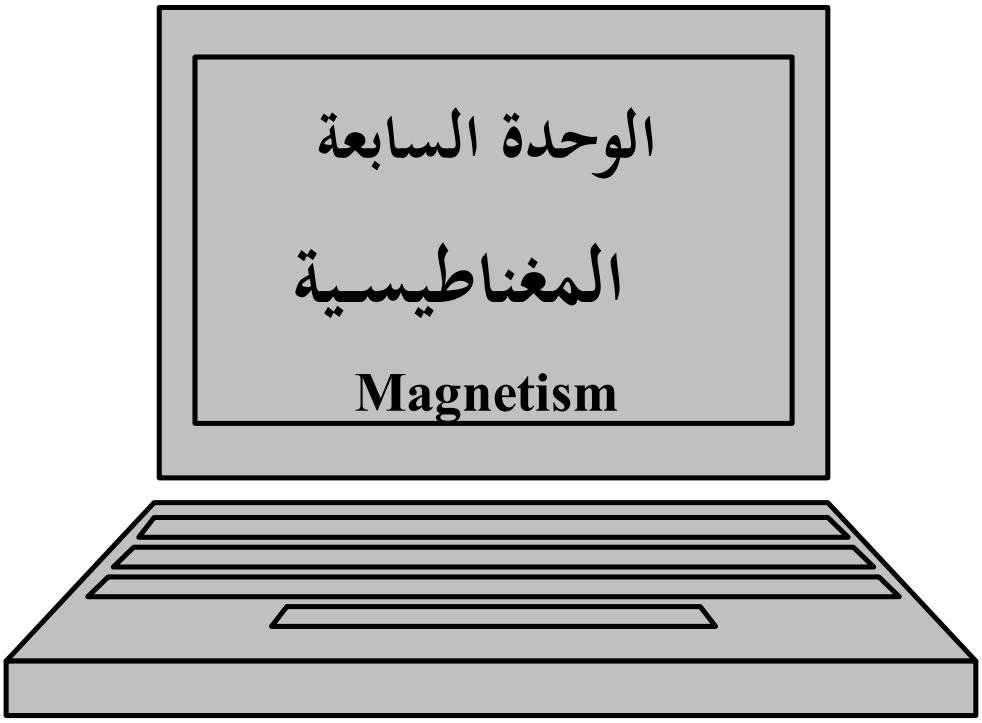
الشكل الثاني:

$I = 1.058829$ A , $R = 17\ \Omega$

ثم فرق الجهد للمقاومة5 $R = 5\ \Omega$ هو 5.294 volt

ثم فرق الجهد للمقاومة $R =12\ \Omega$ هو 12.706volt

3. التيار المار $I = 0.298$ A


الوحدة السابعة
المغناطيسية
Magnetism

محتويات الوحدة

الموضوع	الصفحة
المقدمة	**229**
تمهيد	**229**
أهداف الوحدة	**230**
7. المغناطيسية	**231**
7 .1 . القوة المغناطيسية المتبادلة بين قطبين مغناطيسيين	231
7. 2. تخطيط المجال المغناطيسي..	240
7. 3. الفيض المغناطيسي	236
4.7. المجال المغنطيسي للأرض.	240
5.7. المجال المغنطيسي للتيار الكهربي.	241
1.5.7 . المجال المغنطيسي حول سلك مستقيم يمر به تيار	241
2.5.7. المجال المغناطيسي لملف دائري يحمل تياراً	238
6.7.حساب كثافة الفيض الكهربي	244
1.6.7.. في حالة التيار الخطى (سلك مستقيم)	244
2.6.7. في حالة التيار في الملف الدائري	245
3.6.7.في حالة التيار في الملف اللولبي	245
7.7. القوة المؤثرة على سلك يحمل تياراً في مجال مغناطيسي	245
8.7. القوة المؤثرة على شحنة متحركة	250
9.7. مطياف الكتلة	251
الخلاصة	**254**
مسرد المصطلحات	**255**
إجابات التدريبات	**257**
المراجع	**285**

المقدمة

تمهيد

عزيزي الدارس,

مرحباً بك إلى الوحدة السابعة من مقرر الفيزياء العامة (2).

وهي بعنوان المغناطيسية و ستساعدك هذه الوحدة على فهم المغنطيسية والعلاقة بين الكهربية والمغنطيسية وكيفية الإستفادة من هذه العلاقة.

وستتعرف في بدابة هذه الوحدة على كيفية تخطيط المجال المغنطيسي ثم تتعرف على الفيض المغنطيسي , ثم المجال المغنطيسي للأرض.

وبعد ذلك ندلف إلى موضوع هام هو المجال المغنطيسي للتيار الكهربي حول سلك ثم حول ملف دائري ثم حول ملف لولبي مستقيم. ثم كيفية حساب كثافة الفيض المغنطيسي لكل هذه المجالات.

ونطلق إلى موضوع هام آخر وهو القوة المؤثرة على تيار كهربي وهي الخاصية التي مكنت من صنع المحركات التي تعمل بالكهرباء. ومنها نستقصي أثر المجال الكهربي على الجسيمات المشحونة وكيف تمت الإستفادة من هذا التأثير في تحديد كتل الجسيمات الدقيقة وفي فصل النظائربإستعمال الخواص الفيزيائية بدلا عن الكيميائية لأنها متشابهة كيميائيا.

عزيزي الدارس، لقد ذيلنا هذه الوحدة بسرد شامل للمصطلحات العلمية التي وردت في النص الرئيسي وترد في ثنايا هذه الوحدة تدريبات، وأنشطة، وأسئلة تقويم ذاتي، مع حلول وتعليقات، وأسئلة التعيين الخاص بها والتي تقدمها لمرشدك الميداني.

وقد حرصنا على توفير العدد المناسب منها بهدف ترسيخ التعلم وتعزيزه لديك بصفة عامة.

مرحباً بك إلى الوحدة مرة أخرى ونرجو أن تشاركنا في نقدها وتقييمها.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس بعد فراغك من دراسة هذه الوحدة يتوقع منك أن تكون قادراً على أن:

- **تستنتج** قوانين القوة المغنطيسية والنفاذية المغنطيسية بين قطبي مغنطيس.
- **تشرح** معنى العلاقة بين ثابتي التناسب الكهربى والمغناطيسي.
- **تخطط** المجال الكهربي حول مغنطيس.
- **تعرف** كل من الفيض المغنطيسي وكثافة الفيض المغنطيسي وتتمكن من حسابه.
- **تتعرف** على المجال المغنطيسي للأرض.
- **تخطط** المجال المغنطيسي لتيار كهربي مار في سلك مستقيم أو ملف دائري أو ملف لولبي.
- **تعرف** العلاقات الرياضية التي تربط بين كثافة الفيض الكهربي والتيار وشكل المجال
- **تحسب** القوة المؤثرة على شحنة كهربية.
- تشرح عمل مطياف الكتلة.

7.المغناطيسية (Magnetism)

عزيزي الدارس ,

لا شك أنك قد تحاول أو حاولت بالفعل أن تجرى بعض التجارب البسيطة بالمغنطيس وقد تلاحظ أن لها مجالاً حول مغنطيس وأن مواد معينة عندما توضع في هذا المجال تقع تحت تأثير قوى تجاذب أو تنافر .

- فالقطب الشمالي مثلاً لأحد المغنطيسيان يؤثر بقوة تنافر على القطب الشمالي لمغناطيس آخر موضوع بالقرب منه وبالعكس تقوم الأقطاب الجنوبية للمغناطيس بجذب الأقطاب الشمالية لمغنطيس أخر بالإضافة إلى أننا نلاحظ أيضاً أن قطع غير ممغنطة من بعض المواد تنجذب بشدة إلى كل من القطبين الشمالي والجنوبي للمغنطيس.

في هذه الوحدة سنقوم بدراسة القوة المغنطيسية التي تنشأ بين الأقطاب المغناطيسية بالإضافة إلى تخطيط المجال المغناطيسي الناشئ عن القضيب المغناطيسي وتوضيح مفهوم كل من كثافة الفيض والفيض المغناطيسي وأخيراً سنتطرق لدراسة المجال المغناطيسي للأرض ثم المجال المغناطيسي للتيار الكهربي.

1.7 القوة المغناطيسية المتبادلة بين قطبين مغناطيسيين

تعتمد القوة المغناطيسية بين قطبين مغناطيسيين على ثلاثة عوامل هي:-

- تتناسب القوة المغناطيسية(f) تناسباً طردياً مع شدة كل من القطبين (M_1وM_2)

$$f \alpha M_1 M_2$$

- تتناسب القوة المغناطيسية بين القطبين تناسباً عكسياً مع مربع البعد بينهما

وهذا القانون يعبر عن قانون التربيع العكسي:

$$f \alpha \frac{1}{r^2}$$

- تعتمد القوة المتبادلة بين القطبين على نوع الوسط الفاصل بين القطبين

عند دمج العوامل المذكورة يمكن صياغة نص قانون القوة المتبادلة بين القطبين كالآتي:-

"تتناسب قوة التجاذب أو التنافر بين قطبين مغناطيسيين تناسباً طردياً مع شدة كل من القطبين وعكسياً مع مربع البعد الفاصل بينهما".

ويمكن التعبير رياضياً عن مقدار القوة كالآتي: $f \alpha \frac{M_1 M_2}{r^2}$

$$f = k^1 \frac{M_1 M_2}{r^2} \qquad \textbf{(1-7)}$$

حيث M_2 وM_1 هي شدة الأقطاب المغناطيسية. و k^1 ثابت التناسب ويحدد مقداره بالعلاقة التالية:

$$k^1 = \frac{\mu}{4\pi} \qquad (2-7)$$

حيث μ هي النفاذية المغناطيسية وتعبر عن مدي سماح الوسط لخطوط القوى المغناطيسية للنفاذ عبره وقيمتها في الفراغ.

$$\mu = \mu_o = 4\pi \times 10^{-7} T.m / A$$

والوحدة T هي وحدة تسمى تسلا Tesla و A هي وحدة التيار – الأمبير –

μ و μ_o هي النفاذية المطلقة في الفراغ وتقاس بوحدة تسمى (تسلا . متر / أمبير) وتختصر (T.m/A)

ويصبح ثابت التناسب عندما يكون الوسط بين القطبين هو الفراغ كالآتي :

$$k^1 = \frac{\mu_o}{4\pi} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{4\pi} = 10^{-7} Tm/A$$

لو أخذنا النسبة بين الثابت الكهربي k لقانون كولوم والثابت المغناطيسي k^1

$$\frac{k}{k^1} = \frac{9 \times 10^9}{10^{-7}} = 9 \times 10^{16} m^2 / s^2$$

وبما أن: **سرعة الضوء** $3 \times 10^8 m / s$

نجد أن هذه النسبة تساوي مربع سرعة الضوء. **وهذه العلاقة تؤكد أن هنالك علاقة وثيقة بين الكهرباء والمغناطيسية والضوء** كما ستري من خلال الدراسات اللاحقة .

عزيزي الدارس,

يجب ملاحظة أن **قانون القوة المغنطيسية** يشبه إلى حد كبير **قانون الكهربية بين الشحنات (قانون كولوم) وقانون التثاقل الكوني** حيث أن جميع هذه القوانين تحقق **قانون التربيع العكسي:**

$$f \alpha \frac{1}{r^2}$$

وذلك لأن المغنطيسية والكهربية والتثاقل كلها مجالات (أي لها تأثير عن بعد) ولذلك فقوانينها متشابهة. فقوانين القوة والطاقة والشدة والجهد لها نفس الصيغة في المجالات المختلفة.

أسئلة تقويم ذاتي

1. قارن بين قوانين القوة بين قطبي مغنطيس وبين شحنتين وبين كتلتين.
2. قارن بين النفاذية المغنطيسية والسماحية الكهربية وعرف كل منهما.
3. مامعنى أن النسبة بين بين الثابتين في قانون كولوم والقوة المغنطيسية تساوي مربع سرعة الضوء؟
4. عرف المجال وأشرح لماذا تتشابه القوانين بين المجالات؟

2. 7 .تخطيط المجال المغناطيسي

عزيزي الدارس,

المجال المغناطيسي عموماً ينشأ من المصادر التالية :

أولا: مغناطيس دائم.

ثانيا: تيار مستمر.

ثالثا: مجال كهربي يتغير مع الزمن

يمكن تخطيط المجال المغنطيسي بطريقتين:

إما بإستخدام برادة الحديد أو بإستخدام الإبرة المغنطيسية

أولا: نستخدم إبرة بوصلة حيث يمكن اعتبار إبرة البوصلة مغناطيساً صغيراً وأن طرف الإبرة الذي يشير إلى الشمال يتجه للمجال المغناطيسي للأرض يعرف بالقطب الشمالي للإبرة المغنطيسية. فإذا وضعت إبرة البوصلة بجوار قضيب مغناطيس فإنك تلاحظ أن الأقطاب الشمالية للإبر (رؤوس الأسهم) ستصطف نتيجة لتأثير قوى التنافر مع القطب الشمالي (N) والتجاذب مع القطب الجنوبي (S) للمغناطيس.

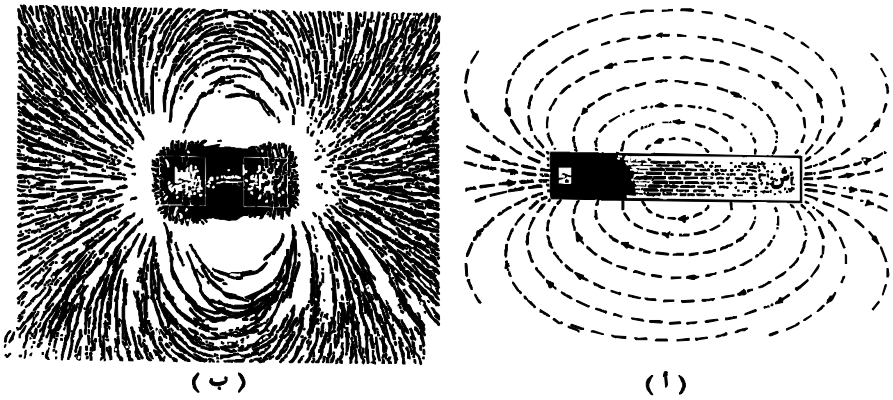
ثانيا: بنثر برادة حديد على ورقة فوق المغنطيس فتصطف البرادة كما في الشكل (7−1) (ب)

ويمكن تكوين صورة للمجال المغناطيسي برسم سلسلة من الخطوط حول المغناطيس كما هو مبين بالشكل (7- 1) (أ) حيث يمكنك ملاحظة اتجاه المجال المغناطيسي.

اتجاه المجال المغناطيسي يأخذ الاتجاه الخارج من القطب الشمالي والمتجه نحو القطب الجنوبي وهو الاتجاه الذي تشير إليه إبرة البوصلة.

كثافة الفيض المغناطيسي (B).

إلى جانب أهمية الخطوط المغناطيسية في تحديد اتجاه المجال فإن الكثافة النسبية لهذه الخطوط تعتبر قياساً لشدة المجال المغناطيسي ويحدد المجال المغناطيسي مقداراً واتجاهاً بكمية فيزيائية تعرف بكثافة الفيض المغناطيسي (B).



شكل (7-1): ا) خطوط المجال المغنطيسي حول المغنطيس,
ب) شكل توزيع برادة الحديد حول المغنطيس

وتقاس كثافة الفيض المغناطيسي بوحدة تسمى

1/ التسلا = وبر/ متر^2 (Wb/m^2) 2/ الجاوس(G) .

$$1\ \frac{Wb}{m^2} = 1\,T$$

$$1\,G = 10^{-4}\ Wb/m^2$$

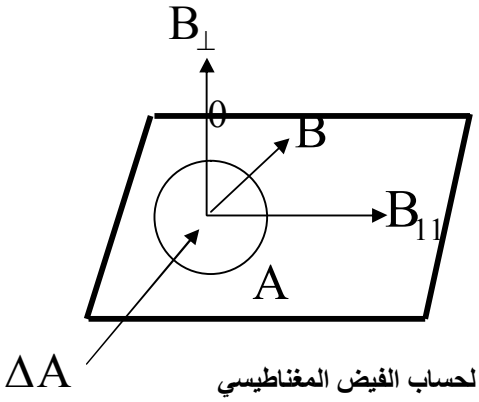
ويلاحظ من الشكل (7-2) أن المجال الناشئ عن القضيب المغناطيسي غير منتظم حيث أن مقداره واتجاهه يتغير من نقطة إلى أخرى.

وبالتالي فإن المجال المنتظم يمكن تعريفه كالآتي:

المجال المنتظم هو المجال ثابت المقدار والاتجاه.

3. 7 الفيض المغناطيسي

قد علمت في الجزء السابق أن خطوط القوى المغناطيسية تعتبر مقياساً لشدة المجال المغناطيسي



شكل (7-2) لحساب الفيض المغناطيسي

وفى هذا الجزء سيتم التوصل إلى علاقة فيزيائية لحساب الفيض المغناطيسي.

من الشكل **(7-2)** إذا تم تقسيم المساحة A إلى عناصر مساحة صغيرة ΔA عندئذ يمكن **تعريف الفيض المغناطيسي** والذي يرمز له بالرمز ϕ (تنطق فاي).

> الفيض المغناطيسي هو حاصل ضرب المركبة العمودية لكثافة الفيض المغناطيسي $B_\perp$ في عنصر المساحة ΔA.

فإن الفيض المغناطيسي ϕ خلال المساحة الكلية يساوى مجموع مساهما ت جميع عناصر السطح في المركبة العمودية علي السطح لكثافة الفيض $B_\perp$. ويمكن التعبير عند ذلك رياضياً كالآتي:-

$$\phi = B_\perp \Delta A$$

$$\phi = B_{\perp} A = BA \cos\theta \qquad (3-7)$$

وبالتالي فإن الفيض المغناطيسي خلال المساحة الكلية يسا وى مجموع مساهمات جميع العناصر

حيث

$$B_{\perp} = B \cos\theta$$

الرمز $\boldsymbol{\theta}$ (تنطق ثيتا) تمثل الزاوية بين اتجاه المجال B والمركبة العمودية علي السطح وعندما يكون المجال منتظماً وعمودياً على السطح فإن $\boldsymbol{\theta}$= 0 وبالتالي فإن الفيض المغناطيسي يحسب بالعلاقة:

$$\phi = AB \qquad (4-7)$$

وأيضاً يمكن تعريف الفيض المغناطيسي ϕ بدلالة خطوط القوة المغناطيسية كالآتي:-

هو عدد خطوط القوى المغناطيسية المخترقة عمودياً المساحة A

ويقاس بوحدة التسلا/ متر^2 (T/m^2) أو الوبر (Wb) وأيضاً من العلاقة (4-7) يمكن حساب كثافة الفيض المغناطيسي B كالآتي:

$$B = \frac{\phi}{A}$$

ويمكن عندئذ تعريف كثافة الفيض المغناطيسي كالآتي:-

كثافة الفيض المغناطيسي B هي الفيض المغناطيسي المار عبر سطح عمودي على خطوط القوى المغناطيسية.

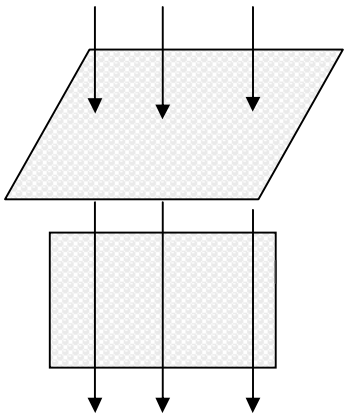
وأيضاً يمكنك الرجوع إلى الشكل (7-2) و ملاحظة أن مقدار الفيض يصل إلى أقصى قيمة له عندما يكون السطح عمودياً على خطوط القوة المغناطيسية (الفيض) ويساوي حاصل ضرب B في المساحة A :

$$\phi = BA$$

أما إذا كانت المساحة موازية لخطوط القوى المغناطيسية (الفيض) فإن الفيض في هذه الحالة يساوي الصفر.

$$\phi = 0$$

(انظر الشكل (7-3))



خطوط الفيض عمودية على السطح
أعلى قيمة لكثافة الفيض

خطوط الفيض موازية للسطح
كثافة الفيض= صفر

شكل (7-3) يبين اكبر قيمة وأصغر قيمة لكثافة

مثال(7-1)

إذا علمت أن الفيض المغناطيسي المار عند سطح عمودي مساحته $3m^2$ قد بلغ 6×10^{-4} Wb . أحسب كثافة الفيض المغناطيسي.

الحل :

$$\phi = 6 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$A = 3m^2$$

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{6 \times 10^{-4}}{3} = 2 \times 10^{-4} \text{ Wb} / m^2$$

مثال (7-2)

أحسب عدد خطوط القوى المغناطيسية المخترقة عمودياً على سطح مساحته 2 m2 إذا كانت كثافة الفيض تعادل 3G .

الحل:

$$A = 2m^2$$

$$B = 3G = 3\times10^{-4} = 3\times10^{-4}T$$

$$\phi = B_{\perp}A = 3\times10^{-4}\times2 = 6\times10^{-4}\,Wb/m$$

أسئلة تقويم ذاتي

اختر الإجابة الصحيحة

1.إذا علمت أن $\phi = AB\cos\theta$ حيث θ

أ- هي الزاوية التي يصنعها B مع المساحةA .

ب- هي الزاوية التي يصنعها B مع العمودي على المساحة A .

2- تعرف وحدة الفيض المغناطيسي الوبر(Wb) بأنها :

أ- 1 T.m ب - 1 T.m^{-2} ج - 1 T.m^{2}

3- النسبة بين الثابت الكهربائي k والثابت المغناطيسي μ_o تساوى: k^1

أ- سرعة الضوء ب- مربع سرعة الضوء ج- مكعب سرعة الضوء

4- وحدات معامل النفاذ المغناطيسي في الفراغ هي:

أ- Wb. $A^{-1}m^{-1}$ ب- Wb.A.m ج- Wb $A^{-1}m^{-2}$

5- يصل الفيض المغناطيسي إلى أقصى قيمة له وذلك عندما:

أ- يكون السطح عمودياً على خطوط القوة المغناطيسية.

ب- يكون السطح موازياً لخطوط القوة المغناطيسية.

6- إذا علمت أن كثافة الفيض المغناطيسي هي 1G وأن مساحة السطح هي:

10 cm^2 فإن الفيض المغناطيسي يبلغ:

10 X 10^{-4} Wb ب- 10 X 10^{-8} Wb

4. 7 المجال المغنطيسي للأرض

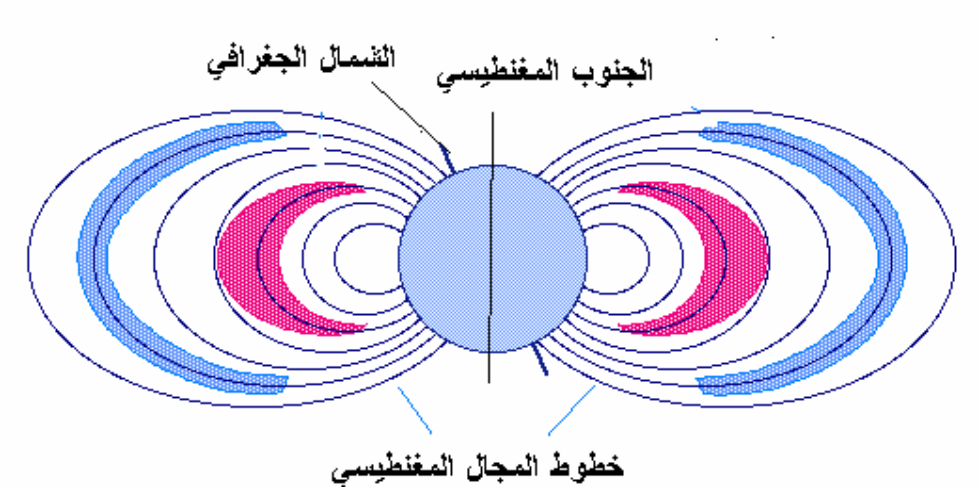
من المشاهدات العملية يمكن عزيزي الدارس, ملاحظة أنه عندما يتم تعليق مغنطيس بخيط فإن قطبه الشمالي يتجه نحو الشمال بينما قطبه الجنوبي يتجه نحو الجنوب

فما هو السبب في أن المغناطيس يأخذ هذه الاتجاهات؟

قام العلماء بتحديد هذه الظاهرة بعد اكتشاف إن الأرض عبارة عن مغنطيس يوجد قطبه الشمالي قرب القطب الجنوبي الجغرافي بينما قطبه الجنوبي قرب القطب الشمالي الجغرافي (انظر الشكل (7 –4)).

وبذلك يتضح أنه :عند تعليق مغناطيس حر الحركة فإن :

- قطبه الشمالي ينجذب إلى قطب المغناطيس الجنوبي للأرض
- وبذلك يتجه القطب الشمالي للمغناطيس نحو الشمال الجغرافي للأرض.



شكل (7–4) : يوضح أن الأقطاب المغناطيسية للأرض لا تنطبق علىالأقطاب الجغرافية التي يحددها محور دوران الأرض حول نفسها

ملاحظة:

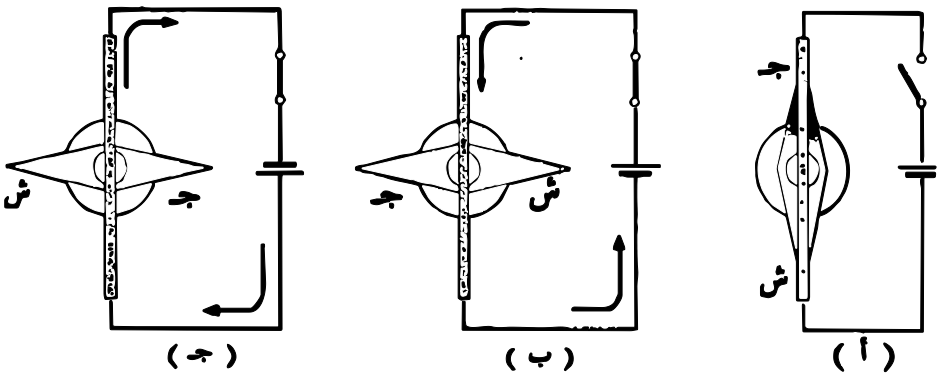
يحدد المجال المغناطيسي للأرض عند نقطة ما على سطح الأرض عن طريق تحديد كثافة الفيض المغناطيسي والتي تبلغ حوالي1 Wb/m Gعلى سطح الأرض.

المجال المغنطيسي للأرض ناتج عن دوران الأرض حول محورها وهناك الكثير من النظريات حول هذا الأمر, ولكن الشائع أن حركة الأرض تحرك معها المادة المصهورة داخلها مما يخلق تيارات تولد مجالا مغنطيسيا. وقد وجد أن الأرض غيرت أقطابها المغنطيسية (شمال –جنوب) 171 مرة خلال الـ71 مليون سنة الأخيرة من عمرها. لاحظ أن المجال المغنطيسي للأرض يحميها من الجسيمات الصادرة من الشمس.

7 .5 المجال المغنطيسي للتيار الكهربي

7 .5 .1 المجال المغنطيسي حول سلك مستقيم يمر به تيار كهربي

اكتشف العالم اورستد في عام 1819م عن طريق الصدفة عزيزي الدارس أن الإبرة المغنطيسية تنحرف وتستقر في وضع عمودي على السلك عند مرور تيار كهربي فيه مما يدل على تولد مجال مغناطيسي حول السلك عند مرور التيار الكهربي في السلك (انظر **الشكل (7–5))**



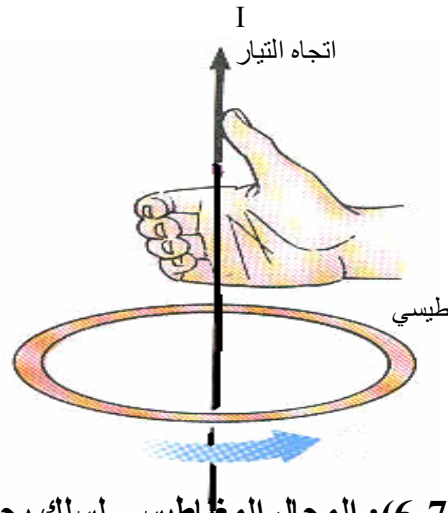
الشكل (7–5): المجال المغنطيسي حول سلك يمر به تيار يؤثر على الإبرة المغنطيسية
ا) لا يمر تيار ب) عند مرور التيار ج) عند عكس إتجاه التيار

مقوي يخترقه السلك عمودياً وعندها سنجد أن خطوط القوة المغنطيسية عبارة عن دوائر متحدة المركز ومركزها السلك نفسه.

- لمعرفة إتجاه خطوط القوى المغنطيسية توضع إبرة مغنطيسية بالقرب من السلك فيكون إتجاه القوى المغنطيسية هو إتجاه القطب الشمالي للإبرة.

يمكن معرفة اتجاه المجال المغنطيسي الناشئ من سلك يحمل تياراً كهربياً دون استخدام الإبرة المغنطيسية وذلك باستخدام " **اليد اليمنى لأمبير**" حيث تلف أصابع اليد اليمنى حول السلك الذي يسرى فيه التيار الكهربي مع ترك الإبهام يشير إلى اتجاه التيار فإن بقية الأصابع توضح اتجاه المجال المغنطيسي(انظر الشكل (7-6)).

وفى هذه الحالة فإن خطوط القوى المغنطيسية عبارة عن دوائر متمركزة مركزها السلك الذي يحمل التيار الكهربائي.



شكل (7-6): المجال المغناطيسي لسلك يحمل تياراً

2.5.7 المجال المغناطيسي لملف دائري يحمل تياراً

في حالة الملف الدائري (شكل (7-7)):

تكون خطوط القوى المغنطيسية عبارة عن منحنيات مغلقة إلا خطاً واحداً مستقيماً يمر بمركز الملف يكون منطبقاً على محوره أي عمودياً على مستواه.

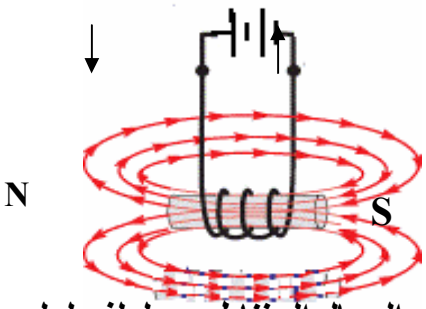


الشكل (7-7): إتجاه المجال المغنطيسي في داخل ملف دائري وكيفية تحديد القطبين

2.5.7.المجال المغناطيسي لملف لولبي مستقيم يحمل تيارا

في حالة الملف اللولبي:

تكون خطوط القوى المغنطيسية عبارة عن خطوط متوازية داخل الملف وتصبح متباعدة خارجة



شكل (7-8): المجال المغناطيسي لملف لولبي مستقيم

نلاحظ أنه في جميع الحالات الثلاث السابقة نجد أن اتجاه طاقة الفيض المغناطيسي وبالتالي المجال المغناطيسي تحدد " **بقاعدة اليد اليمنى لأمبير**". جرب عزيزي الدارس ذلك.

6.7 حساب كثافة الفيض المغنطيسي

لقد تبين للفيزيائيين أن مقدار كثافة الفيض المغناطيسي (B) وخطوطه

- تتناسب طردياً مع شدة التيار (I)
- وتتناسب عكسيا مع بعد النقطة عن مركز التيار (r) وتعطى العلاقات التالية مقادير كل من الحالات الثلاثة السالفة الذكر.

1.6.7 في حالة التيار الخطى (سلك مستقيم)

وجد أن مقدار كثافة الفيض (B) في نقطة على بعد عمودي (r) على التيار الخطى كالآتى:

$$B = \frac{kI}{r}$$

حيث I تمثل التيار الكهربي و r هو المسافة بين النقطة المقاسة والسلك و k مقدار ثابت تتوقف قيمته على نوع الوسط المحيط بالسلك ونوع وحدات القياس المستخدمة كألآتي:

$$k = \frac{\mu}{2\pi}$$

حيث μ معامل النفاذية للوسط وقيمته في حالة الهواء والفراغ:

$$\mu = 4\pi \times 10^{-7}\ Wb / A.m$$

وعليه فقيمة B في حالة الهواء أو الفراغ:

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} \frac{I}{r} = 2 \times 10^{-7} \times \frac{I}{r} \quad (5-7)$$

2.6.7 في حالة التيار في الملف الدائري

$$B = \frac{2\pi \times 10^{-7} IN}{r} \quad (6-7)$$

حيث I –التيار و N عدد لفات الملف و **r** هو نصف قطر الدائرة التي يشكلها الملف .

3.6.7 في حالة التيار في الملف اللولبي

$$B = \mu I N / L \quad (7-7)$$

حيث N = عدد اللفات الكلي للملف .

وحيث L = طول الملف .وفي حالة الهواء أو الفراغ فإن:

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} IN}{L}$$

وكما عرفنا سابقاً فإن كثافة الفيض المغناطيسي (B) تقاس بوحدة الويبر / متر^2 (Wb/m^2) وتسمي التسلا (T).

مثال (7–3)

أحسب مقدار كثافة الفيض المغناطيسي في الهواء لملف لولبي يحوي 1000 لفة ، وتبلغ مساحة اللفة الواحدة $50\ cm^2$. إذا علمت أن طوله $L= 30\ cm$ ويسري فيه تيار مقداره $10\ A$.

الحل:

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} IN}{L} = 4\pi \times 10^{-7} \times 1000$$

أسئلة تقويم ذاتى



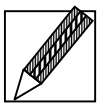
1) المجال المغنطيسي يحيط بالأرض من جميع الجهات : صف شكل خطوط المجال المغنطيسي حول الأرض.

2) صف المجال المغنطيسي ا) حول سلك مستقيم؛ ب) داخل وحول ملف دائري؛ ج) داخل وحول ملف لولبي مستقيم.

3) برهن أنه يمكن بإستخدام قاعدة اليد اليمنى لامبير تحديد إتجاه المجال المغنطيسي حول سلك مستقيم وداخل وحول ملف دائري وملف مستقيم.

4) تتشابه قوانين الفيض الكهربي B للسلك المستقيم والملف الدائري والملف المستقيم: وضح أوجه التشابه.

تدريب (1)



– ملف دائري يحتوى على 15 لفة ويبلغ نصف قطره 5 cm لكي تكون كثافة الفيض في مركزه مساوية $3.14 \times 10^{-4}\ T$. كم تبلغ شدة التيار المار فيه ؟.

8– كم تبلغ شدة التيار المار في ملف لولبي يحوى 5 لفات / سم علماً بأن كثافة الفيض المغناطيسي في نقطة داخله تبلغ $6 \times 10^{-5}\ T$ ؟

7.7 القوة المؤثرة على سلك يحمل تياراً في مجال مغناطيسي

عزيزي الدارس ,

درسنا في البداية قوى التجاذب والتنافر بين الأقطاب المغناطيسية وقد سمينا تلك القوى بالقوى المغناطيسية وسوف ندرس في هذا الجزء القوة المغناطيسية التي تؤثر على سلك يحمل تيار كهربي وضع في مجال مغناطيسي ولا تختلف هذه القوى المؤثرة في التيار عن تلك القوى المؤثرة في مغناطيس فمنشؤها واحد وهو المجال المغناطيسى.

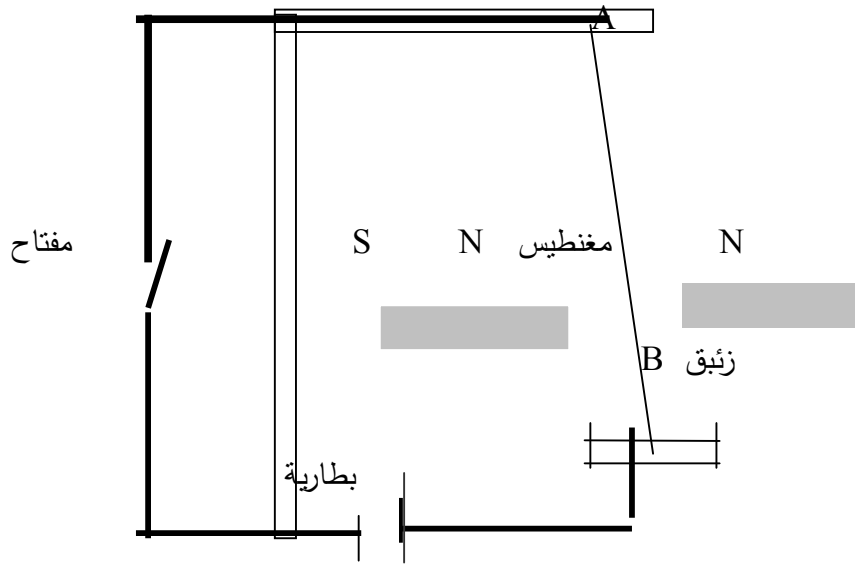
ولتوضيحها نقوم بإجراء التجربة التالية

استخدم الدائرة الموضحة بالشكل (7−11) والمكونة من سلك (AB) نحاس علق طرفه الأعلى بحيث يكون عمودياً وحر الحركة حول (A) والطرف الآخر (B) ينغمس في حوض به زئبق ويمر بين قطبي مغناطيس ويتم توصيل الطرف (A) من السلك بقاطعة (مفتاح) وبقطبي مولد فعند إغلاق القاطعة نلاحظ أن السلك ينحرف عن وضعه العمودي مما يدل على وجود قوة أثرت في السلك فحركته, ولا يلاحظ هذا الانحراف عند إبعاد المغنطيس رغم إغلاق القاطعة مما يدل أن منشأ القوة هو المجال المغناطيسي فهي بالتالي قوة مغناطيسية.

عزيزي الدارس, من التجربة يمكن ملاحظة الاتى

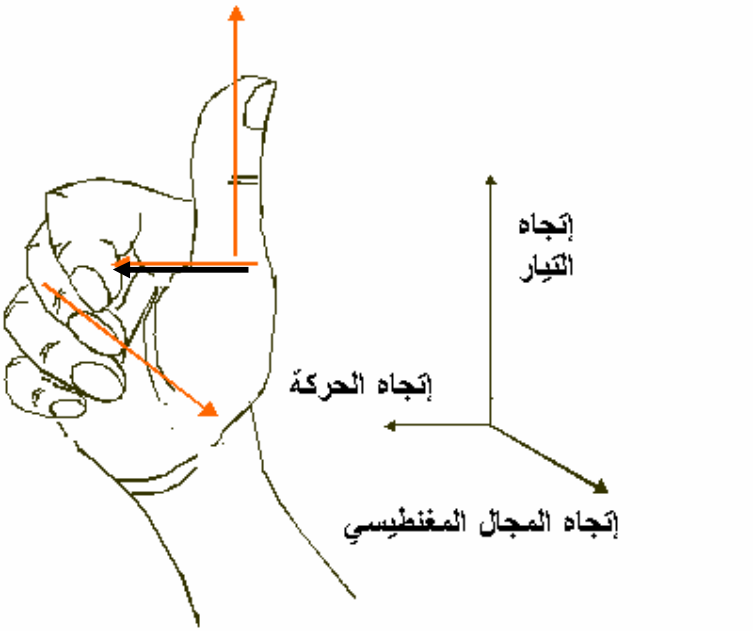
- أن انحراف السلك (وبالتالي اتجه القوة المغناطيسية) ويكون عمودياً على كل من اتجاه المجال المغناطيسي واتجاه التيار
- فإذا عكسنا اتجاه التيار الكهربائي أو المجال المغناطيسي انعكس انحراف السلك وهذا يدل على أن اتجاه القوة المغنطيسية يتوقف على اتجاه كل من التيار الكهربائي والمجال المغنطيسي.

سلك



وحيث إن القوى المغنطيسية كغيرها من القوى فهي قوة متجهة فإن اتجاهها يحدد بتطبيق قاعدة اليد اليمنى المنفردة (انظر الشكل (7−10)).

ابسط يدك اليمنى بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه التيار الكهربائي وتشير بقية الأصابع إلى اتجاه المجال المغناطيسي فان اتجاه القوة المغناطيسية يكون داخلا إلى راحة اليد.



الشكل (7– 10) إتجاه القوة المغنطيسية المؤثرة على السلك

أما مقدار القوة المغناطيسية فيحدد بالعلاقة التالية:–

$$F = ILB \sin \theta \qquad (8-7)$$

حيث يتناسب مقدارها مع:

- شدة التيار (I)
- وكثافة الفيض المغناطيسي (B)
- وطول الجزء من السلك الواقع تحت تأثير المجال المغناطيسي
- جيب الزاوية التي يصنعها B مع السلك ($\sin(\theta)$)

8.7 القوة المؤثرة على شحنة متحركة

في الأجزاء السابقة **عزيزي الدارس** قد درسنا أثر المجال المغناطيسي على سلك يمر فيه تيار كهربي وفى الحقيقة هذا التيار عبارة عن: سيل من الإلكترونات المشحونة بشحنة سالبة.

ويمكن حساب القوة المؤثرة على الإلكترون مشحون بشحنة (q) باستخدام قانون القوة المؤثرة على سلك من العلاقة (7-8) وذلك عند الأخذ بالاعتبار الآتي:-

طول السلك (L) الذي يقطعه إلكترون في الثانية الواحدة يساوى السرعة التي يتحرك بها الإلكترون (υ)

$$\upsilon = \frac{L}{1\,s} = L \quad m/s$$

وكذلك التيار أو مقدار الشحنة المارة عبر مقطع السلك في الثانية الواحدة

= شحنة الإلكترون الواحدة × عدد الإلكترونات المارة في الثانية

$$= \frac{q \times N}{1}$$

وتصبح القوة المؤثرة على عدد من الإلكترونات =

$$= B\,\upsilon\,qN$$

القوة المؤثرة على الإلكترونات F = القوة المؤثرة عل كل الإلكترونات / عدد الإلكترونات

$$\boxed{F = \frac{B\upsilon q \times N}{N} = B\upsilon q} \quad (9\text{-}7)$$

وهذا القاعدة عامة لأي جسيم مشحون.

9.7 مطياف الكتلة Mass Spectrometer

الشحنة الكهربية تسير في مسار دائري عندما تدخل مجالاً مغناطيسياً منتظماً بحيث تكون سرعتها متعامدة مع اتجاه المجال (B) وعندما تسير الشحنة في مسار دائري نصف قطره r بسرعة v فإنها تكون تحت تأثير قوة مركزية ونتيجة لذلك تكتسب عجلة مركزية ($\frac{\upsilon^2}{r}$). وبتطبيق قانون نيوتن الثاني:

$$F = \frac{m\upsilon^2}{r}$$

ولكن من (7-9):

$$F = Bq\upsilon$$

$$Bq\upsilon = \frac{m\upsilon^2}{r}$$

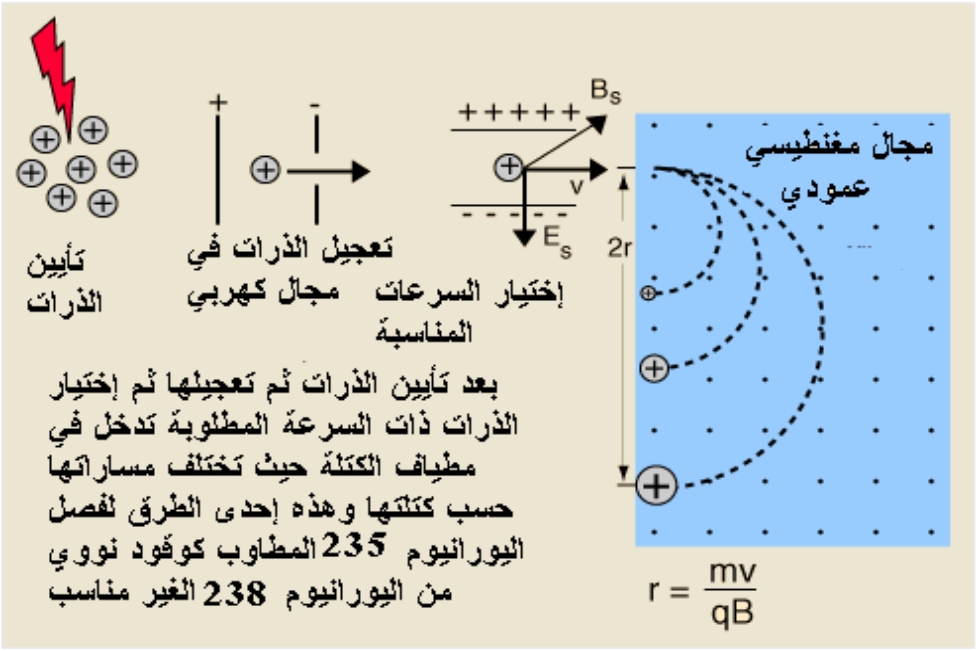
حيث υ سرعة الجسيم المشحون و r نصف قطر المسار و m كتلة الجسيم وبحل المعادلة ووضع r موضوع القانون نجد أن:

$$r = \frac{m\upsilon}{Bq} \qquad (10-7)$$

ومن العلاقة (7-10) نلاحظ أن:

- نصف قطر المسار الذي يسلكه الجسيم المشحون يتناسب طردياً مع كتلته وسرعته عند ثبوت الشحنة (q) وكثافة الفيض المغناطيسي (B)
- إذا اثر مجال مغناطيسي على جسيمات مشحونة بشحنات متساوية تتحرك جميعها بالسرعة نفسها فإن الجسيمات تتحرك في مسارات دائرية ذات أنصاف أقطار مختلفة تعتمد على كتلها ويكون نصف قطر مسار الكتلة الكبيرة اكبر من نصف قطر مسار الكتلة الصغيرة (أنظر الشكل)

وتم الاستفادة من ذلك في قياس كتل الجسيمات المشحونة وكذلك المقارنة بين كتلتها والجهاز المستخدم لهذا الغرض هو " **مطياف الكتلة Mass spectrometer**" (انظر الشكل(7−11))



الشكل (7− 11) : مطياف الكتلة يستخدم لتحديد كتل الجسيمات المشحونة بقياس نصف القطر r كما يستخدم لفصل النظائر حيث لا يمكن فصلها كيمائيا مثلا فصل اليورانيوم الذي عدد كتلته 235 والقابل للإنشطار النووي من اليورانيوم 238 الغير قابل للإنشطار ولا يصلح كوقود نووي في المفاعلات النووية أو في صنع القنابل الذرية.

أسئلة تقويم ذاتي

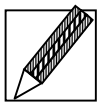


1) سلك يمر به تيار كهربي I في مجال مغنطيسي عمودي على إتجاه التيار. وجد أن هذا السلك تحرك تحت تأثير قوة ما. فسر , وحددإتجاه تلك القوة.

2)عدد الأجهزة التي تم الإستفادة فيها من حركة السلك أو الملف الذي يحمل تيارا.

3) المجال المغنطيسي يؤثر ايضا على الأجسام المشحونة. ناقش هذه العبارة وإذكر مثالا لإستخدام هذه الخاصية.

تدريب (2)



1) شعاع الكتروني يسير في مسار دائري نصف قطره 2 cm نتيجة تأثير مجال مغناطيسي عليه كثافة فيضه تبلغ 300T أوجد سرعة هذا الإلكترون.(كتلة الإلكترون = 9.1×10^{-31} kg = m_e) (شحنة الإلكترون = 1.6×10^{-19} C = e)

3) بروتون يدخل مجالاً مغناطيسياً كثافة فيضه 1.5 T بسرعة 2×10^{7} m/s . احسب القوة المغناطيسية المؤثرة على هذا البروتون .(شحنة البروتون C : 1.6×10^{-19})

الخلاصة

عزيزي الدارس,

في النهاية، نؤكد على ما أكدنا عليه في التمهيد عن ضرورة تقويم هذه الوحدة، وإبداء ملاحظاتك للاستفادة منها.

ولكن ما الذي ناقشناه ؟

لقد نتعرف علي المغناطيسية ثم تطرقنا إلى القوة المغنطيسية التي تنشأ بين الأقطاب المغناطيسية بالإضافة إلى تخطيط المجال المغناطيسي الناشئ عن القضيب المغناطيسي وتوضيح مفهوم كل من كثافة الفيض والفيض المغناطيسي

وأيضا فهمنا ما هو المجال المغناطيسي للأرض ولماذا يأخذ المغناطيس هذا الوضع(الاتجاهات) عند يعلق بواسطة خيط , ثم تناولنا أخيرا المجال المغناطيسي الناشئ من مرورالتيار الكهربي وتطبيقات علي ذلك.

ومع نهاية هذا القسم نكون قد انهينا هذه الوحدة، وانهينا مقرر الفيزياء 2. ونأمل أن تكون هذه الوحدة قد أضافت الكثير إلى معلوماتك .

مسرد المصطلحات

القوة بين قطبين مغنطيسيين (Force between Two Magnetic Poles):

"تتناسب قوة التجاذب أو التنافر بين قطبين مغناطيسيين تناسباً طردياً مع شدة كل من القطبين وعكسياً مع مربع البعد الفاصل بينهما".

النفاذية المغناطيسية μ (Magnetic Permeability) :

وتعبر عن مدي سماح الوسط لخطوط القوى المغناطيسية للنفاذ عبره .

المجال المغنطيسي للأرض: يحدد المجال المغناطيسي للأرض عند نقطة ما على سطح الأرض عن طريق تحديد كثافة الفيض المغناطيسي والتي تبلغ حوالي G 1على سطح الأرض.

الفيض المغنطيسي(Magnetic Flux):

هو عدد خطوط القوى المغناطيسية المخترقة عمودياً المساحة A .

كثافة الفيض المغناطيسي B(Magnetic Flux Density):

هي الفيض لمغناطيسي المار عبر سطح عمودي على خطوط القوى المغناطيسية.

كثافة الفيض المغنطيسي للتيار الكهربي:

مقدار كثافة الفيض المغناطيسي (B)وخطوطه تتناسب طردياً مع شدة التيار (I) وتتناسب عكسيا مع بعد النقطة عن مركز التيار (r)

قاعدة اليد اليمنى لأمبير:

عند لف أصابع اليد اليمنى حول السلك الذي يسرى فيه التيار الكهربي مع ترك الإبهام يشير إلى اتجاه التيار فإن بقية الأصابع توضح اتجاه المجال المغنطيسي

قاعدة اليد اليمنى المنفردة:

ابسط يدك اليمنى بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه التيار الكهربائي وتشير بقية الأصابع إلى اتجاه المجال المغناطيسي فان اتجاه القوة المغناطيسية يكون داخلا إلى راحة اليد.

قاعدة اليد اليمنى المنفردة:

ابسط يدك اليمنى بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه التيار الكهربائي وتشير بقية الأصابع إلى اتجاه المجال المغناطيسي فان اتجاه القوة المغناطيسية يكون داخلا إلى راحة اليد.

مطياف الكتلة (**Mass Spectrometer**):

مطياف الكتلة هو جهاز يستخدم لتحديد كتل الجسيمات المشحونة كما يستخدم لفصل النظائر.

إجابات التدريبات

تدريب (1)

$$B = \frac{2\pi \times 10^{-7} IN}{r} \approx \pi \times 10^{-4} \qquad \textbf{(1)}$$

$$I = [(0.05) \times 10^{-4}] / (2 \times 15 \times 10^{-7}) = 5/3 \text{ A}$$

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} IN}{L} = 6 \times 10^{-5} \text{ T} \qquad \textbf{(2)}$$

$$N/L = 5$$

$$I = (6 \times 10^{-5})/(20\pi \times 10^{-7}) = 19.1 \text{ A}$$

تدريب (2)

(1) من المعادلة (7−10):

$$\upsilon = \frac{B q r}{m} = 1.055 \times 10^{8} \text{ m/s}$$

(2)

$$F = Bq\upsilon^{2} \qquad = 9.6 \times 10^{-5} \text{ N}$$

المراجع

1- **كتاب الفيزياء للصف الثالث الثانوي.**

2-أساسيات الفيزياء - بوش

3- **مقرر بيركلي للفيزياء** ،المجلد الأول (الميكانيكا)

4-Nelkon and Parker : Advanced Level Physics,

5- Halidays , Resnick: Physics

5- www. Hyperphysics.phy-astr.gsu.edu

6- www.phy.ntnu.edu.tw