08

عرض نظري مختصر

الميكانيك

التماسك في المادة و في الفضاء

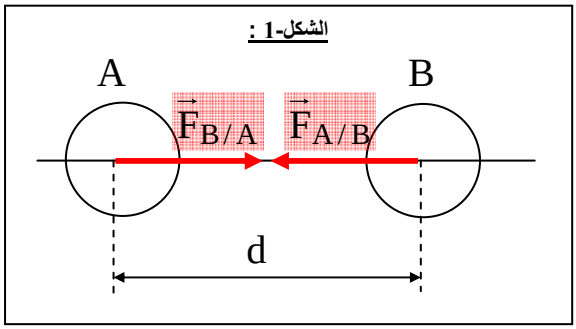
الشعبة : جذع مشترك
علـوم و تكنولوجيـــا

● نص قانون الجذب العام :

- في عام 1687 ، أعطى إسحاق نيوتن قانون الجذب العام في كتابه الشهير على الشكل التالي :

" جسمان كيفيان يتجاذبان بقوة تتناسب مباشرة مع جداء كتلتيهما و عكسيا مع مربع المسافة التي تفصلهما "

الشكل-1 :



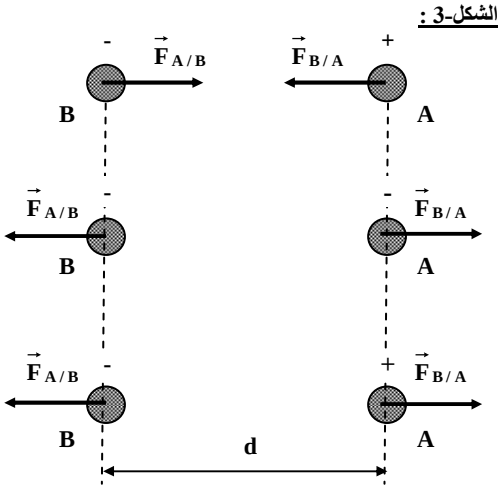
هذا القانون هو أول قانون يصف أولى القوى الطبيعية على الشكل الذي ينص عليه القانون الثالث لنيوتن أي أول صيغة للفعلين المتبادلين بين جسمين (جملتين ميكانيكيتين) من جراء كتلتهما .

- نلاحظ أن النص الذي صاغه نيوتن يمتاز بعموميته أي أن في النص لا نجد أي تمييز و لا تشخيص للجسمين إذ يعتبرهما كيفيين و لا يحدد لحظة زمنية و لا مسافة ابتدائية و لا نهائية .

- يمكن نمذجة قوة الجذب العام ، المتبادلة بين جسمين A و B كتلتهما على الترتيب M_A و M_B تفصلهما المسافة d ، بعلاقة رياضية تسمح بتحديد شدة هذه القوة بدلالة الكتلتين و المسافة الفاصلة بين مركزي الجسمين تعطى بالعبارة التالية :

$$F_{A/B} = F_{B/A} = G \frac{M_A . M_B}{d^2}$$

الشكل-3 :



حيث G ثابت التناسب يدعى **ثابت الجاذبية العامة** و يقدر في وحدات النظام الدولي (SI) بالنيوتن في المتر مربع على الكيلوغرام المربع ، قيمته في جملة الوحدات الدولية : $G = 6.67 . 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$.

ب- قوة كولوم :

ظاهرتي المغناطيسية و الكهربائية كانت معروفة عند الإنسانية منذ القدم إذ كانت البوصلة (مكتشفة من طرف الصينيين) مستعملة للتوجه على سطح الأرض خاصة في البحار ، كما اكتشف اليونانيون خاصية جذب الأجسام الخفيفة من طرف بعض الأجسام المدلوكة و لكن لم تفسر هتين الظاهرتين بصفة مرضية إلى أن جاء العالم الفرنسي كولوم (Coulomb) و قدم فرضيته على أن التجاذب أو التنافر الذي يتم بين

شحنتين كهربائيتين نقطيتين يكون بقوى صيغتها تشبه صيغة قوة الجذب العام و تحقق ذلك تجريبيا خلال المدة ما بين 1785 و 1791 و صاغ ذلك في قانون يحمل اسمه و هو قانون كولوم ، هذا نصه :

" شدة قوة التأثير المتبادل بين شحنتين q_A و q_B تفصلهما مسافة d تتناسب مباشرة مع جداء الشحنتين و عكسا مع مربع المسافة التي تفصلهما "

و نعبر عن هذا القانون بالعلاقة التالية :

$$F_{B/A} = F_{A/B} = K \cdot \frac{|q_A| \cdot |q_B|}{d^2}$$

حيث K ثابت التناسب ، يدعى **ثابت كولوم** و يقدر في وحدات النظام الدولي (SI) بالنيوتن في المتر مربع على الكولوم المربع ، وقيمته مساوية في الجملة الدولية لـ : $K = 9 \cdot 10^9 \ N.m^2/C^2$.

● **القوى الكونية الأربعة :**

القوى في الكون قسمت إلى أربع قوى بواسطة الإنسان هي :

- القوة النووية القوية .
- القوة النووية الضعيفة .
- القوة الكهرومغناطيسية .
- قوة الجذب العام .

سلسلة دروس و تمارين في مادة العلوم الفيزيائية- أولى ثانوي

08 عرض نظري مفصل

الميكانيك

التماسك في المادة و في الفضاء

الشعبة : جذع مشترك علـوم و تكنولوجيـــا

1- المادة في الكون :

أ- مكونات الكون على المستوى العياني :

الكون الذي نعيش فيه يحتوي على كل الأشياء التي نعرفها و التي نجهلها لحد الآن ، تختلف هذه الأشياء بأبعادها من اللامتناه في الصغر إلى اللامتناه في الكبر .

- **المجموعة الشمسية :**

تولدت المجموعة الشمسية منذ حوالي 4.6 مليار سنة و هي مكونة من نجم الشمس و كل الأجرام التي تدور من حوله و هي :

- الكواكب .
- المذنبات .
- الصخور الفضائية .

- **الشمس :**

- تعتبر الشمس نجما متوسطا مقارنة بنجوم أخرى للمجرة و تبدو لنا أكبر و أشد حرارة منها بسبب قربها من كوكب الأرض ، إذ تبعد عنه بمسافة قدرها 150 مليون كيلومتر و قد اعتمدت هذه المسافة كوحدة الأطوال داخل المجموعة الشمسية ، تدعى الوحدة الفلكية ، يرمز لها بـ U.A .
- يوجد أقرب نجم بعد الشمس على بعد قدره 40 ألف مليون كيلومتر .
- للشمس عدة خصائص نذكر منها :
  - نصف قطرها 110 مرة قطر الأرض تقريبا .
  - حجمها 3.1 مليون مرة حجم الأرض .
  - كتلتها 33 ألف مرة كتلة الأرض .
- للكواكب التي تدور حول الشمس خصائص نذكر فيما يلي خصائص كوكب الأرض :
  - قطره 12760 كيلومتر .
  - كثافته المتوسطة 5.5 .
  - بعده المتوسط عن الشمس 150 مليون كيلومتر .
  - زمن دورته حول الشمس 365.25 يوم .
  - زمن دورته حول نفسه 24 ساعة .

● المجرة :

- تنتمي شمسنا إلى مجموعة من النجوم المتكونة من 100 مليار نجم و المكونة لمجرتنا .
- قطر مجرتنا يقدر بـ 950 مليون مليار كيلومتر و سمكها في المركز يقدر بـ 150 مليون مليار كيلومتر .
- يقدر العدد الإجمالي للمجرات بـ 521 مجرة .
- تنتمي مجرتنا إلى مجموعة من المجرات تدعى العذراء ، يقدر قطرها بحوالي 66 مليار المليار كيلومتر .
- أبعد المجرات المشاهدة توجد على بعد 90 ألف مليار كيلومتر من مجرتنا .

ب- مكونات الكون على المستوي المجهري :

- إن الأجسام الماكروسكوبية (العيانية) تتكون من تشابك عدد غير متناه من بنيات متزايدة في البساطة وتنوعها محدود والتي تكشف على نفسها مع ازدياد القدرة التمييزية لأجهزة القياس(أي مسرعات الدقائق والكاشفات).
- إن المستويات المختلفة للبنيات القابلة للملاحظة تتراوح من الفيروسات ، ببعد قدره 10^{-7} m، ثم الجزيء ببعد 10^{-9} m ثم الذرة ببعد 10^{-10} m ، و عند مواصلة النزول في بنية المادة ، نصل إلى نواة الذرة ، ذات بعد 10^{-14} m ، ثم النوية (البروتون أو النيترون) ذات بعد قدره 10^{-15} m .

و عند النزول تحت 10^{-15} m ، نصل إلى مستوى الكواركات ، وهي مكونات البروتونات والنيترونات حيث يوجد بالبروتون كواركان u (up شحنة كل واحد $\frac{2}{3}e$) وواحد d (down شحنته $\frac{-1}{3}e$) كما يوجد بالنيترون كواركان d وواحد u ، و الكوارك يُمَكِن لنا دراسة المادة حتى المستوى 10^{-18} m.

جـ- القياسات الفيزيائية :

● الكتابة العلمية للأعداد :

* وصف الأشياء التي يحتويها الكون سواء كانت على المستوى العياني أو على المستوى المجهري يتطلب التعامل مع أعداد صغيرة جدا أو كبيرة جدا ، لذا يتوجب استعمال كتابة جديدة للأعداد قصد تبسيط قراءتها و كتابتها .

- يكتب علميا العدد بالشكل :

$$X = a\ 10^n$$

نذكر بأن :

$10^m \cdot 10^n = 10^{m+n}$	$(10^m)^n = 10^{m.n}$
$\frac{10^m}{10^n} = 10^{m-n}$	$\frac{1}{10^n} = 10^{-n}$

● بعض المضاعفات و الأجزاء :

الأجزاء	فمتو	بيكو	نانو	مكرو	ملي
الرمز	f	P	n	μ	M
معامل	10^{-15}	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}

المضاعفات	كيلو	ميغا	جيقا	تيرا
الرمز	k	M	G	T
معامل	10^3	10^6	10^9	10^{12}

أمثلة :

$3\ mm = 3\ 10^{-3}\ m$	$1\ kg = 10^{3}\ g$	$1\ km = 10^{3}\ m$

2- الأفعال المتبادلة الجاذبة :

أ- نبذة تاريخية حول قانون الجذب العام :

رأينا في فقرات الكيمياء حول المكونات العنصرية للمادة ، أن للمادة بنية فراغية إذ أن الأبعاد التي تفصل النواة من إلكترونات ذرتها كبيرة جدا بالمقارنة مع أبعاد النواة ، و في هذه الوحدة انطلقنا باعطاء وصف وجيز للمجموعة الشمسية التي ننتمي إليها و الأبعاد التي تفصل الكواكب عن الشمس و بعض المسافات الفلكية للمقارنة ، هذا ما يسمح باستنتاج أن للكون الفيزيائي بنية فراغية مثل ما للمادة بنية فراغية في المستوي المجهري أي أن هناك تشابه بين بنية المادة و بنية الكون

لقد شغل رصد الفضاء و دراسة حركة الأجرام السماوية ، العديد من العلماء منذ القدم و ملاحظاتهم و قياساتهم كانت كثيرة و تمتاز بدقة مدهشة إذ لم يكن بحوزتهم الوسائل و المخابر التي يتمتع بها علماء الفلك المعاصرون . و من بينهم نذكر تيكوبراهي (Tycho Brahé) الذي قضى حياته يراقب النجوم و الكواكب و يسجل قياساته في جداول . و خلفه كيبلر الذي استطاع باستغلال تلك القياسات أن يصيغ ثلاث قوانين تصف حركة الكواكب حول الشمس ، إلى أن يليه نيوتن ليستغل هذه القوانين بفرضية غيرت كل موازين فيزياء أرسطو و يستخرج منها قانونا يدعى قانون الجذب العام .

كما أنه عمم هذا القانون لكل الأجسام المادية في الكون ، و باعطائه القوانين الثلاثة المضافة إلى قانون الجذب العام تم توحيد الميكانيك الفلكية و الميكانيك الكلاسيكية من طرف نيوتن و بها أعطى الضربة القاضية لأفكار أرسطو حول الحركة و مسبباتها .

ب- نص قانون الجذب العام :

- في عام 1687 ، أعطى إسحاق نيوتن قانون الجذب العام في كتابه الشهير على الشكل التالي :

" جسمان كيفيان يتجاذبان بقوة تتناسب مباشرة مع جداء كتلتيهما و عكسيا مع مربع المسافة التي تفصلهما "

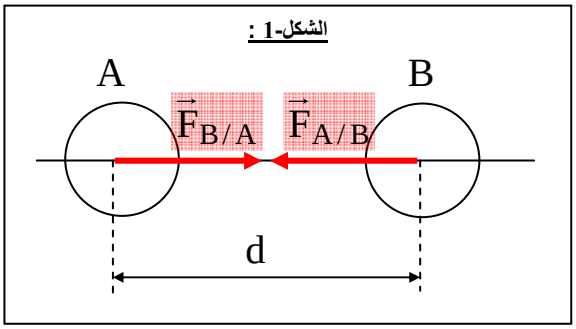
هذا القانون هو أول قانون يصف أولى القوى الطبيعية على الشكل الذي ينص عليه القانون الثالث لنيوتن أي أول صيغة للفعلين المتبادلين بين جسمين (جملتين ميكانيكيتين) من جراء كتلتهما .

- نلاحظ أن النص الذي صاغه نيوتن يمتاز بعموميته أي أن في النص لا نجد أي تمييز و لا تشخيص للجسمين إذ يعتبرهما كيفيين و لا يحدد لحظة زمنية و لا مسافة ابتدائية و لا نهائية .

- يمكن نمذجة قوة الجذب العام ، المتبادلة بين جسمين A و B كتلتهما على الترتيب M_A و M_B تفصلهما المسافة d ، بعلاقة رياضية تسمح بتحديد شدة هذه القوة بدلالة الكتلتين و المسافة الفاصلة بين مركزي الجسمين تعطى بالعبارة التالية :

$$F_{A/B} = F_{B/A} = G\ \frac{M_A . M_B}{d^2}$$

الشكل-1 :



حيث G ثابت التناسب يدعى **ثابت الجاذبية العامة** و يقدر في وحدات النظام الدولي (SI) بالنيوتن في المتر مربع على الكيلوغرام المربع ، و قيمته في جملة الوحدات الدولية : $G = 6.67 \cdot 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$.

جـ- تجربة كافنديش :

لقد قدّم لإسحاق نيوتن، سنة 1687، نظرية شاملة حول الجذب الكوني والتي تعتمد على عدة ملاحظات. فتوصّل إلى العلاقة $f = G\frac{m_1.m_2}{d^2}$ حيث m_1 و m_2 كتلتا الجسمين الصلبين الذين في حالة التأثير المتبادل، و d المسافة التي تفصل بينهما و G ثابت الجذب الكوني. رغم أنه حاول تقديم نظريته بصفة مقنعة، لم يستطع نيوتن البرهان على أن القانون الجذب له طابع كوني أي يخص كل الأجسام مهما كانت.

وبعد قرن، قام هنري كافنديش(1731-1810)، فيزيائي وكيميائي بريطاني، وخلال سنتين(1797 و 1798) بسلسلة من القياسات من أجل تأكيد القانون الجاذبي وكان التركيب التجريبي بسيطا نسبيا: في صندوق خشبي (لتجنب التيارات الهوائية)، علّق بواسطة خيط قضيبا من الخشب من منتصفه، طول القضيب 1.80m ووضع عند نهايتي القضيب كريتين من الرصاص نصف قطر الواحدة 5cm، ويمكن لكرتين رصاصيتين أخرتين كتلة الواحدة 160 kg ،والمعلقتين، أن تدورا حول الكريتين.

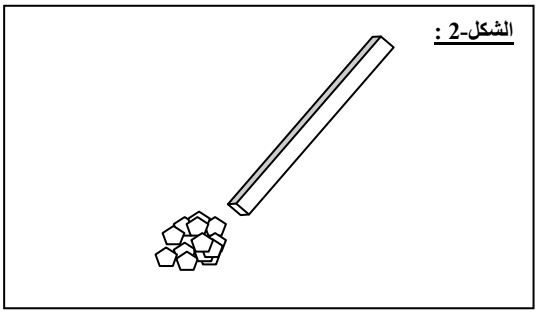
تهدف التجربة إلى قياس سعة ودور الاهتزازات الناتجة عن القوة الجاذبة ثم استنتاج شدة قوة الجذب. وبعد تجارب دانت أشهر، استطاع كافنديش أن يقيس قيمة G بصفة تقريبية كما قاس كتلة الأرض وكثافتها التي وجدها 5.48 (القيمة الحالية هي 5.52).

3- الأفعال المتبادلة الجاذبة :

أ- تذكرة عن التكهرب :

- نقوم بدلك نهاية قضيب من البلاستيك بقطعة من الصوف ، ثم نقرب طرفه المدلوك إلى قصاصات ورق ، نلاحظ أن هذه القصاصات تنجذب فورا نحو القضيب ، نقول عن الأجسام (قضيب بلاستيكي ، قصاصات الورق) أنها **تكهربت** .

الشكل-2 :



- نعيد التجربة لكن باستعمال قضيب معدني ، نلاحظ أن قصاصات الورق لا تنجذب نحو القضيب المعدني إذا كانت يد المجرب التي تمسك القضيب عارية ، بينما تنجذب إذا كانت يد المجرب غير عارية ، كارتدائه قفازا بلاستيكيا مثلا .

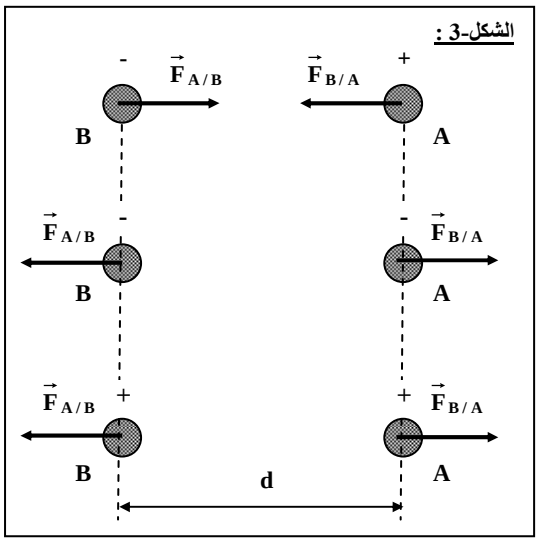
التفسير العام :

عند دلك القضيب البلاستيكي في التجربة الأولى ، تنشأ شحنات كهربائية في المنطقة المدلوكة ، و تبقى متموضعة في هذه المنطقة ، أما عند دلك القضيب المعدني في التجربة الثانية ، تنشأ كذلك شحنات كهربائية في المنطقة المدلوكة غير أنها تتوزع عبر سطح القضيب و كذلك عبر جسم المجرب ، إذا كانت يده التي تحمل القضيب عارية و هو الشيء الذي أدى إلى عدم ظهور شحنات كهربائية عند دلك القضيب بيد عارية .

التفسير الإلكتروني :

نحن نعلم أن المادة تتكون من ذرات متعادلة كهربائيا ، يكون فيها عدد الشحنات السالبة مساوي لعدد الشحنات الموجبة ، و ما يحدث بالدلك هو أن أحد الجسمين المدلوكين يفقد إلكترونات ، الشيء الذي يؤدي إلى ظهور شحنات موجبة عليه بعدد الإلكترونات المفقودة ، أما الجسم الآخر ، يكتسب هذه الإلكترونات فتظهر عليه شحنات سالبة بعدد هذه الإلكترونات هذا ما أدى إلى تجاذب الجسمين المذكورين .

ب- قوة كولوم :



ظاهرتي المغناطيسية و الكهربائية كانت معروفة عند الإنسانية منذ القدم إذ كانت البوصلة (مكتشفة من طرف الصينيين) مستعملة للتوجه على سطح الأرض خاصة في البحار ، كما اكتشف اليونانيون خاصية جذب الأجسام الخفيفة من طرف بعض الأجسام المدلوكة و لكن لم تفسر هتين الظاهرتين بصفة مرضية إلى أن جاء العالم الفرنسي كولوم (Coulomb) و قدم فرضيته على أن التجاذب أو التنافر الذي يتم بين شحنتين كهربائيتين نقطيتين يكون بقوى صيغتها تشبه صيغة قوة الجذب العام و تحقق ذلك تجريبيا خلال المدة ما بين 1785 و 1791 و صاغ ذلك في قانون يحمل اسمه و هو قانون كولوم ، هذا نصه :

" شدة قوة التأثير المتبادل بين شحنتين q_A و q_B تفصلهما مسافة d تتناسب مباشرة مع جداء الشحنتين و عكسا مع مربع المسافة التي تفصلهما "

و نعبر عن هذا القانون بالعلاقة التالية :

$$F_{B/A} = F_{A/B} = K \cdot \frac{|q_A| \cdot |q_B|}{d^2}$$

حيث K ثابت التناسب ، يدعى **ثابت كولوم** و يقدر في وحدات النظام الدولي (SI) بالنيوتن في المتر مربع على الكولوم المربع ، وقيمته مساوية في الجملة الدولية لـ : $K = 9 \cdot 10^9 \ N.m^2/C^2$.

جـ- القوى الكهرومغناطيسية :

زيادة على التأثير المتبادل بين الشحنات هناك تأثير يظهر من جراء حركة هذه الشحنات (التيار الكهربائي) و هو الأثر المغناطيسي للتيار و اكتشف هذا الأثر من طرف العالم النرويجي أورستد (Oersted) سمح بالإيجاد الإرتباط بين الظاهرتين و بتوحيد الكهرباء و المغناطيسية ، لذا نتكلم عن التأثير الكهرومغناطيسي بدلا من كل منهما على حدة و ما هو في الحقيقة إلى وجهين لنفس القطعة .

4- الفعل المتبادل القوي :

أ- نبذة تاريخية :

بعد اكتشاف البروتون والإلكترون، لم يعد تفسير تماسك النواة ممكنا بالفعلين المتبادلين الأساسين فقط (الجاذبي ، والكهرومغناطيسي) ، حيث أن الفعل الأول (الجاذبي) ضعيف ، وأما الفعل الثاني (الكهرومغناطيسي) فهو غير قادر على تحقيق تماسك الجسيمات المتعادلة كالنترونات ، من جهة أخرى فإن التدافع الكهربائي بين النترونات يؤدي حتما إلى تفجر النواة !

في عام 1935 م ، اقترح هيديكي يوكاوا (Hideki YUKAWA) نظرية أولى للقوة النووية : يصف فيها الأفعال المتبادلة بين البروتونات والنترونات بالمقايضة بجسيمات جديدة (ميزون المسماة البيادق) ، إلا أنه وخلافا لكل التوقعات تم اكتشاف جسيمات أخرى عديدة لاحقا (الإشعاعات الكونية) ، و هذا جعلت نظرية يوكاوا تصير غير كافية .

في حدود 1960 م ، تبين أن تصور بنية المادة المرتكز أساسا على الجسيمات العنصرية الثلاث (بروتون، إلكترون، نيوترون) ، لا يسمح بتفسير وجود الجسيمات العديدة المكتشفة خلال السنوات الأخيرة .

في عام 1964 م ، اقترح كل من موري جيل مان (Murray GELL-MANN) وَ جورج زويق (George ZWEIG) ، نظرية الكوارك (Quarks) ، يعتبران فيها أن البروتونات والنترونات والعديد من الجسيمات المكتشفة ما هي إلا أجسام معقدة مكونة من جسيمات صغيرة تدعى الكواركات.

بدأ الفيزيائيون في تقبل هذا النموذج شيئا فشيئا بالرغم من عدم مشاهدة أو عزل هذه الجسيمات الجديدة من أي كان ، وهكذا في حدود 1970 م ظهرت للوجود نظرية جديدة أدخلت جسيمات جديدة تسمى الغلييون (Gluons) لتفسير الفعل المتبادل القوي.

إن نظرية الكوارك ونظرية الغلييون أدمجتا في ما يسمى بالنموذج القياسي (Modèle Standard) ، المعتمد في عام 1995 م .

إنّ الفعل المتبادل القوي هو أكبر الأفعال المتبادلة شدة : هو محصور داخل النواة ، فالإلكترونات غير متأثرة به . إلاّ أنّه يسمح (من جهة أخرى) بإبطال فعل التدافع الكهربائي بين البروتونات داخل النواة .

ب- القوى الكونية الأربعة :

- القوى في الكون قسمت إلى أربع قوى بواسطة الإنسان هي :

● القوة النووية القوية :

وهي تقوم بربط الجزيئات الأولية للمادة داخل النواة برباط من البروتونات والنترونات والمكونات الأولية لها المسماة الكواركات بأنواعها المختلفة وأضدادها ، وهي أشد القوى الطبيعية المعروفة لنا في الكون لذا يطلق عليها القوى الشديدة والتي تتميز بشدتها فقط داخل نواة الذرة ولكنها تتضاءل عبر المسافات الأكبر .

● القوة النووية الضعيفة :

وهي قوة ضعيفة وذات مدى ضعيف للغاية لا يتعدى حدود الذرة وتساوي 10-13 من شدة القوة النووية الشديدة وتقوم بتنظيم عملية تفكك وتحلل بعض الجسيمات الأولية للمادة داخل الذرة كما هو الحال في تحلل العناصر المشعة ، لذا فهذه القوى هي التي تتحكم في عمليات فناء العناصر وهي المسئولة عن النشاط الإشعاعي .

● القوة الكهرومغناطيسية :

وهي تربط الذرات بعضها ببعض داخل جزيئات المادة مما يعطي للمواد على اختلافها صفاتها الطبيعية والكيميائية ، ولولا هذه القوة لكان الكون مليئاً بذرات العناصر فقط ولما وجدت الجزيئات والمركبات وبذلك لا يمكن وجود حياة إطلاقا وهذه القوة هي التي تؤدي للإشعاع الكهرومغناطيسي على شكل فوتونات وهو ما يسمى الكم الضوئي وتنطلق الفوتونات بسرعة الضوء وتؤثر في أي جسيم يحمل شحنة كهربائية ومن ثم فهي تؤثر في جميع التفاعلات الكيميائية والجاذبية الكهرومغناطيسية بين الإلكترونات المشحونة سلباً وبين البروتنات المشحونة إيجابياً داخل النواة تجعل الإلكترونات تدور حول نواة الذرة تماماً كما تجعل الجاذبية الأرض تدور حول الشمس ونسبتها إلى القوة النووية الشديدة نسبة واحد إلى مائة وسبعة وثلاثون 137/1 .

د- قوة الجذب العام :

وهي على المنظور القريب ضعيفة جدا حيث تساوي 10-39 من القوة النووية الشديدة ، أما على المدى الطويل فهي القوة العظمى في الكون حيث تمنع الأجرام السماوية من الاصطدام ببعضها البعض وتجعلها تسير في مسارات منتظمة وكلما زادت كتلة الجرم السماوي أو قربت مسافته من جرم آخر زادت الجاذبية والعكس صحيح ولها خاصيتين يمكن ملاحظتها عن طريقهما أولاً أنها تفعل على مسافات بعيدة وثانياً أنها تعمل على الدوام ويتضح ذلك

جليا في الأجرام التي تدور حول بعضها كالكواكب والشمس أو الكواكب والأقمار التي تتبعها ويبحث العلماء الآن عن الموجات الجاذبية المنتشرة في الكون والتي تسير بسرعة الضوء ويفترض وجود هذه القوة على شكل جسيمات خاصة داخل الذرة لم تكتشف بعد وتسمى الغرافيتون Graviton وهي جسيمات بدون كتلة ذاتية وبالتالي فالقوة التي يحمل هي بعيدة المدى ..

اقترح العالم المسلم عبد السلام في الكلية الإمبراطورية بلندن وستيفن واينبرغ Steven Weinberg في هارفارد نظريات توحيد القوة النووية الضعيفة مع القوة الكهرومغناطيسية تماما كما وحد ماكسويل بين الكهرباء والمغناطيس مما جعلهما يحصلان على جائزة نوبل مع شلدون غلاشو Sheldon Glashow من هارفارد كذلك لاقتراحه نظريات مماثلة موحدة .

وقد أدى النجاح في توحيد القوة النووية الضعيفة والقوة الكهرومغناطيسية إلى عدد من المحاولات لتوحيدهما مع القوة النووية الشديدة فيما يسمى النظرية الكبرى الموحدة(Grand unified theory (G U T)) .

سلسلة دروس و تمارين في مادة العلوم الفيزيائية- أولى ثانوي

08 تمارين محلولة

الميكانيك

التماسك في المادة و في الفضاء

الشعبة : جذع مشترك علـوم و تكنولوجيـــا

التمرين (1) :

1- أحسب قوتي التجاذب بين القمر (L) و الأرض (T) ، ثم مثل في برسم و باستعمال سلم مناسب هاتين القوتين .
2- قارن بين شدة قوة الجذب العام و شدة القوة الكهربائية المتبادلتان بين البروتون (P) و الإلكترون (e) في ذرة الهيدروجين و ماذا تستنتج .
3- أحسب شدة قوة التنافر الكهربائي المتبادل بين بروتونين في نواة إذا كانت المسافة الفاصلة بينهما $4 . 10^{-15}$ m ؟
4- كيف تفسر تماسك النواة مع وجود هذا التنافر بين بروتوناتها ؟ ناقش .

المعطيات :

$G = 6.67 . 10^{-11}$ N.m^2/Kg^2

كتلة الأرض : $M_T = 5.97 . 10^{24}$ kg

كتلة القمر : $M_L = 7.36 . 10^{22}$ kg .

المسافة المتوسطة بين الأرض و القمر : $d = 3.84 . 10^8$

ثابت كولوم : $K = 9 . 10^9$ N.m^2/C^2 .

كتلة البروتون : $m_p = 1.67 . 10^{-27}$ kg

كتلة الإلكترون : $m_e = 9.11 . 10^{-31}$ kg

نصف قطر ذرة الهيدروجين : $r_0 = 0.53 . 10^{-10}$ m

شحنة الإلكترون : $q_{(e)} = - 1.6 . 10^{-19}$ C .

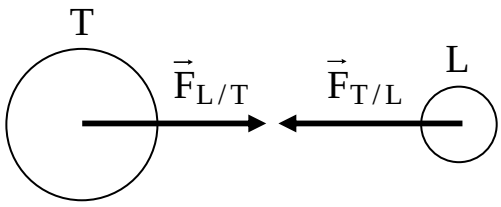
شحنة البروتون : $q_{(p)} = + 1.6 . 10^{-19}$ C .

الحل :

1- قوة التجاذب بين القمر و الأرض :

$$F_{T/L} = F_{L/T} = G \frac{M_T . M_L}{d^2}$$

$$F_{T/L} = F_{L/T} = 6.67 . 10^{-11} \frac{5.97 . 10^{24} . 7.36 . 10^{22}}{(3.84 . 10^8)^2} = 2.0 . 10^{20} \text{ N}$$



2- المقارنة بين قوة الجذب العام و شدة القوة الكهربائية بين الإلكترون و بروتون ذرة الهيدروجين :

● قوة الجذب العام :

$$F_{P/e} = F_{e/P} = G\frac{m_P.m_e}{d^2}$$

نصف قطر ذرة الهيدروجين هو نفسه البعد بين الإلكترون و مركز النواة أي : d = R .

$$F_{P/e} = F_{e/P} = 6.67.10^{-11}\frac{1.67.10^{-27}.\ 9.11.10^{-31}}{(0.53.10^{-10})^2} = 3.61.10^{-47}\ N$$

● القوة الكهربائية :

$$F'_{P/e} = F'_{e/P} = K\frac{|q_P|\ .\ |q_e|}{d^2}$$

$$F'_{P/e} = F'_{e/P} = 9.10^{9}\frac{1.6.10^{-19}.\ 1.6.10^{-19}}{(0.53.10^{-10})^2} = 8.20\ .\ 10^{-8}\ N$$

● المقارنة :

$$\frac{F'}{F} = \frac{8.20.10^{-8}}{3.61\ .\ 10^{-47}} = 2.27.10^{39}\ \rightarrow\ F' = 2.27.10^{39}\ F$$

هذا يعني أن القوة الكهربائية أكبر بكثير من قوة الجذب العام و عليه يمكن إهمال قوة الجذب العام أمام القوة الكهربائية في ذرة الهيدروجين .

3- شدة قوة التنافر بين البروتونين :

$$F'' = K\frac{|q_P|\ .\ |q_P|}{d^2}$$

$$F'' = 9.10^{9}\frac{|1.6.10^{-19}|\ .\ |1.6.10^{-19}|}{(4.10^{-15})^2} = 14.4\ N$$

4- تفسير تماسك النواة :

النواة تحتوي على نترونات (معدومة الشحنة) و برتونات (موجبة الشحنة) و لا توجد شحنة سالبة ، هذا يدل على وجود قوى تنافر بين البروتونات ، لكن رغم ذلك النواة متماسكة ، يفسر ذلك بوجود قوى أخرى منعت التنافر و أدت إلى تماسك النواة .

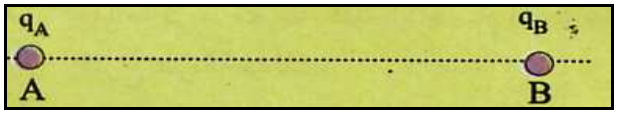
التمرين (2) :

في نقطتين A و B تفصلهما مسافة $d_1 = 20cm$ ، نثبت شحنتين q_A و q_B على الترتيب $q_A = 10\ \mu C$ و $q_B = -5\ \mu C$ ، علما أن : $K = 9 . 10^9\ U\ (SI)$.

1- أحسب شدة القوة الكهربائية التي تتأثر بها الشحنة q_B .

2- استنتج شدة القوة الكهربائية التي تتأثر بها الشحنة q_A .

3- نقرب من q_B شحنة ثالثة $q_C = +20\ \mu C$ بحيث تكون q_A ، q_B ، q_C على استقامة واحدة و بهذا الترتيب ، تبعد q_C عن q_B مسافة $d_2 = 40\ cm$.



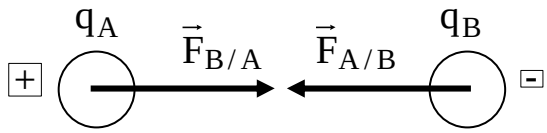
أ- ما هي القوة الإجمالية التي تخضع لها الشحنة q_B ؟

ب- هل تتأثر q_C بقوة ؟ إذا كان الجواب بنعم أحسبها ثم مثلها على الرسم .

جـ- أين يجب ووضع الشحنة q_C كي يصبح التأثير الإجمالي على q_B معدوما ؟

الحل :

1- القوة الكهربائية التي تتأثر بها الشحنة q_B :



$$F_{A/B} = K\frac{|q_A| \cdot |q_B|}{d^2}$$

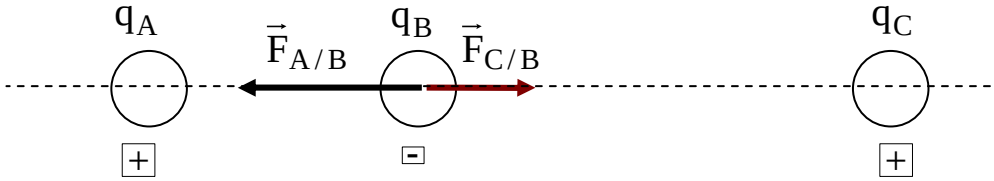
$$F_{A/B} = 9.10^9\ \frac{|10.10^{-6}| \cdot |-5.10^{-6}|}{(0.2)^2} = 11.25\ N$$

2- القوة الكهربائية التي تتأثر بها q_A :

حسب قانون كولوم يكون :

$$F_{B/A} = F_{A/B} = 11\ .25\ N$$

3- أ- القوة الإجمالية التي تخضع لها q_B :



نحسب أولا $F_{C/B}$:

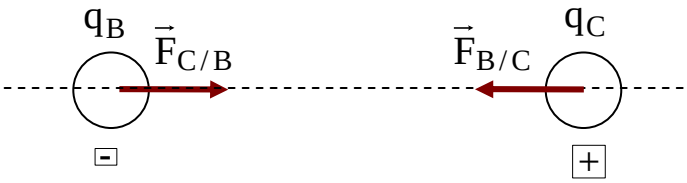
$$F_{C/B} = K\frac{|q_C| \cdot |q_B|}{d^2}$$

$$F_{C/B} = 9.10^{9}\ \frac{\left|20.10^{-6}\right| . \left|5.10^{-6}\right|}{(0.4)^2} = 5.62\ N$$

وجدنا سابقا $F_{A/B}$ و كون أن القوتين $\vec{F}_{A/B}$ ، $\vec{F}_{C/B}$ لهما نفس الحامل و متعاكسين في الاتجاه تكون القوة الإجمالية :

$F = | F_{A/B} - F_{C/B} |$
$F = | 11.25 - 5.62 | = 5.63\ N$

ب- تأثر q_C بقوة :
نعم تتأثر كذلك الشحنة q_C بقوة ناتجة عن تأثير الشحنة q_B عليها (الشكل) .



و شدتها :

$F_{B/C} = F_{C/B} = 5.62\ N$

4- وضع q_C حتى يصبح التأثير الإجمالي معدوم :
كي يكون التأثير الإجمالي معدوم يجب أن يكون $\vec{F}_{A/B}$ ، $\vec{F}_{C/B}$ متعاكسين في الاتجاه و متساويين في الشدة أي : $F_{A/B} = F_{C/B}$
ومنه :

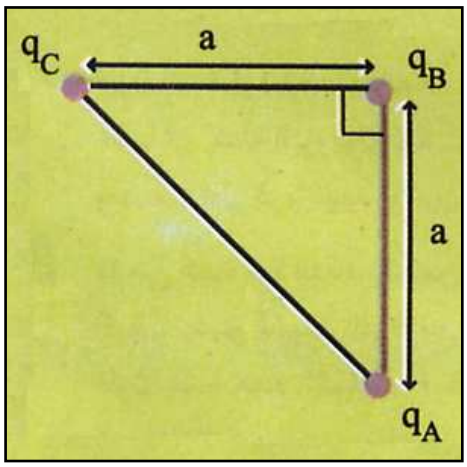
$$K\frac{|q_A| . |q_B|}{d_1^{\,2}} = K\frac{|q_C| . |q_B|}{d_2^{\,2}} \rightarrow \frac{|q_A|}{d_1^{\,2}} = \frac{|q_C|}{d_2^{\,2}} \rightarrow d_2 = \sqrt{\frac{|q_C| . d_1^{\,2}}{|q_A|}}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{20.10^{-6} . (0.2)^2}{\left|10.10^{-6}\right|}} = 0.28\,m = 28\,cm$$

أي : لكي ينعدم التأثير على الشحنة q_B يجب أن تبعد الشحنة q_C على الشحنة q_B بمقدار $d_2 = 28\ cm$ تقريبا .

التمرين (3) :

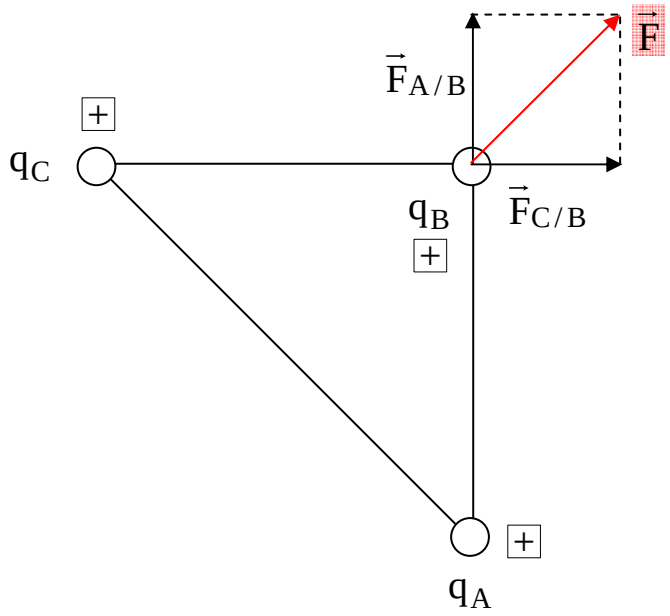
نثبت 3 شحن على رؤوس مثلث قائم متساوي الساقين .



▪ أحسب ومثل القوة الكهربائية التي تتأثر بها q_B علما أن : $a = 10\ cm$ ، $q_A = q_B = q_C = +6\ \mu C$.

الحل :

- تمثيل القوة الكهربائية التي تتأثر بها B و حساب شدتها :

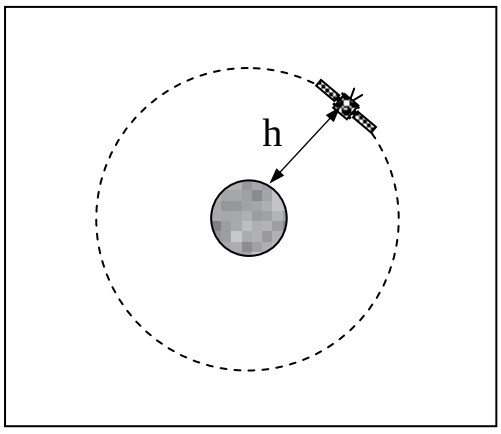


$$F = \sqrt{(F_{A/B})^2 + (F_{C/B})^2}$$

- $F_{A/B} = K\dfrac{|q_A| \cdot |q_B|}{a^2} = 9.10^9 \dfrac{6.10^{-6}.6.10^{-6}}{(0.1)^2} = 32.4\,C$
- $F_{C/B} = K\dfrac{|q_C| \cdot |q_B|}{a^2} = 9.10^9 \dfrac{6.10^{-6}.6.10^{-6}}{(0.1)^2} = 32.4\,C$

$$F = \sqrt{(32.4)^2 + (32.4)^2} = 45.82\ N$$

التمرين (4) : (امتحان الثلاثي الثالث 2012/2011)



ينتمي القمر الاصطناعي جيوف أ (Giove – A) إلى برنامج غاليليو الأوروبي لتحديد الموقع المكمل للبرنامج الأمريكي GPS . نعتبر القمر الإصطناعي جيوف أ (Giove – A) ذي الكتلة $m_A = 700\ kg$ نقطيا ونفترض أنه يخضع إلى قوة جذب الأرض فقط .

يدور القمر جيوف أ (Giove – A) بسرعة ثابتة في مدار دائري مركزه (o) على ارتفاع $h = 23.6 . 10^6\ m$ من سطح الأرض .

1- مثل قوة الجذب العام المؤثرة على القمر الإصطناعي .

2- عبر عن هذه القوة (قوة الجذب العام) بدلالة : ثابت الجذب العام G ، كتلة القمر الإصطناعي m_A ، كتلة الأرض M_T ، نصف قطر الأرض R ، ارتفاع القمر الإصطناعي h عن سطح الأرض . ثم أحسب شدتها .

3- إذا علمت أن قوة الجذب العام المؤثرة على القمر الإصطناعي مساوي لشدة ثقله $P = m_S\ g$ حيث g هي شدة الجاذبية الأرض في الإرتفاع الذي يوجد عليه القمر الإصطناعي ، عبر بدلالة M_T ، R ، h عن الجاذبية في نقطة تبعد بمقدار h عن سطح الأرض ثم أثبت أن :

$$g = g_0 \frac{h^2}{(R+h)^2}$$

حيث g_0 هي الجاذبية على سطح الأرض .

4- إذا علمت أن شدة الجاذبية على سطح الأرض هي $g_0 = 9.8\ N.m^2$ أحسب شدة الجاذبية في نقطة من مسار القمر الإصطناعي جيوف أ (Giove – A) .

يعطى :

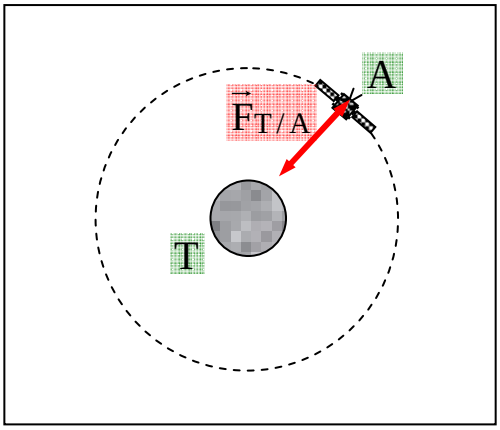
ثابت الجذب العام : $G = 6.67 . 10^{-11}\ N.m^2/Kg^2$

كتلة الأرض : $M_T = 5.98 . 10^{24}\ kg$

نصف قطر الأرض : $R = 6.38 . 10^6\ m$.

الحل :

1- تمثيل قوة الجذب العام :



2- عبارة قوة الجذب العام بدلالة G ، m_S ، M_T ، R ، h :

حسب قانون الجذب العام لدينا :

$$\vec{F}_{T/A} = G \frac{M_T . m_A}{d^2} = G . \frac{M_T . m_A}{r^2}$$

حيث r هو نصف قطر القمر الإصطناعي و الذي يمثل البعد بين مركز القمر الإصطناعي و مركز الأرض لذلك يكون $r = R + h$ و منه يصبح :

$$F_{T/A} = G . \frac{M_T . m_A}{(R+h)^2}$$

تطبيق عددي :

$$F_{T/A} = 6.67 . 10^{-11} . \frac{5.98 . 10^{24} . 700}{(6.38 . 10^6 + 23.6 . 10^6)^2} = 310.6\ N$$

3- عبارة عبارة g بدلالة G ، M_T ، R ، h :

من جهة :

$$P = m_A . g$$

و من جهة أخرى :

$$P = F_{T/A} = G.\frac{M_T.m_A}{(R+h)^2}$$

بالمطابقة يكون :

$$m_A\, g = G.\frac{M_T.m_A}{(R+h)^2}$$

$$g = G.\frac{M_T}{(R+h)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

و على سطح الأرض أين يكون $g = g_0$ ، $h = 0$ يمكن كتابة :

$$g_0 = G.\frac{M_T}{R^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

بقسمة طرفي (1) على (2) نجد :

$$\frac{g}{g_0} = \frac{G.\dfrac{M_T}{(R+h)^2}}{G\dfrac{M_T}{R^2}} = \frac{\dfrac{1}{(R+h)^2}}{\dfrac{1}{R^2}} = \frac{R^2}{(R+h)^2} \quad \rightarrow \quad g = g_0\,\frac{R^2}{(R+h)^2}$$

4- شدة الجاذبية في نقطة من مسار القمر الإصطناعي جيوف أ (Giove – A) :

بتطبيق العلاقة السابقة :

$$g = 9.8\ \frac{(6.38.10^6)^2}{(6.38.10^6\ +\ 23.6.10^6)^2} = 0.44\ \text{N/m}$$