كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الاولى**

المادة : فيزياء عامة ١

المحاضرة : الرابعة/نظري/دكتورة

{{ مكتبة A to Z }}

2024 2025

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنلوجيا المعلومات والاتصالات

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

# المحاضرة (4)

## • القوى الأساسية

يتطلب تطبيق قوانين الميكانيك تحديد دقيق للقوى التي تؤثر على الجملة، ليقين عدم نسيان قوة أو عدم اضافة قوة. لهذا الغرض، يجب تعريف الجملة بوضوح حتى نتمكن بعد ذلك من تحديد مختلف القوى التي يطبقها الوسط الخارجي على الجملة. يوجد نوعان من القوى:

- قوى التأثير عن بعد (( الأجسام في هذه الحالة ليست على تلامس )): أمثلة قوى الجاذبية، القوى الكهرومغناطيسية، قوى التماسك النووية.
- قوى تلامسية: أمثلة: قوى الاحتكاك والتوترات.

## • ثقل جسم - القوة الثقلية:

أعلن إسحاق نيوتن سنة 1686 أن قوة التجاذب الثقلية بين كتلتين $M$ و $m$ تتناسب طرداً مع جداء الكتلتين وعكسياً مع مربع البعد بينهما.

القوة $\vec{F}$ التي تطبق الكتلة $M$ (( النقطة O )) على الكتلة $m$ (( النقطة P ))

حيث $r = OP$ تعطى بالعبارة:

$$\vec{F} = -G \frac{mM}{r^2} \vec{u}_{OP}$$

$\vec{u}_{OP}$ شعاع وحدة محمول على $OP$ وموجه وفقه، و $G$ ثابت التجاذب الثقلي قيمته في النظام الدولي هي $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ وواحدة قياسه $N.m^2.kg^{-2}$

الشكل يمثل قوة التجاذب

بحسب قانون نيوتن الثالث (( مبدأ الفعل ورد الفعل ))، فإن الكتلة $m$ (( النقطة P )) تطبق القوة $\vec{F}'$ على الكتلة $M$ (( النقطة O )) حيث:

$$\vec{F}' = G\frac{mM}{r^2}\vec{u}_{op} = -\vec{F}$$

حقل الجاذبية الناتج عن الكتلة النقطية $M$ في نقطة $p$ من الفضاء هو المقدار $\vec{G}(p)$ والذي يعطى بالعبارة:

$$\vec{G}(p) = -G\frac{M}{r^2}\vec{u}_{op}$$

يتضح أنه بالنسبة لجسم صلب كروي، الذي له توزيع كتلي متناظر كروياً، فإن حقل الجاذبية الذي أوجده هذا الجسم في نقطة خارجه هو نفسه الذي سيتم انشاؤه بواسطة نقطة مادية كتلتها مساوية لكتلة الجسم الصلب وتقع في مركزه، هذا هو الحال بالنسبة لنجوم الكون وخاصة بالنسبة للأرض.

- حقل الجاذبية الأرضية:

إن حقل الجاذبية الأرضي هو نفسه حقل الجاذبية الناتج عن جسم نقطي له كتلة الأرض $M$ وموجود في مركز الأرض $O$، نستنتج من ذلك أن حقل الجاذبية الأرضي المتولد في نقطة $p$ في الفضاء:

$$\vec{G}(p) = -G\frac{M}{r^2}\vec{u}_{op} = -G\frac{M}{(R_T+z)^2}\vec{u}_{op}$$

$M$: كتلة الأرض $M = 5,98\times10^{24}\ kg$

$R_T$: نصف قطر الأرض $R_T = 6,37\times10^{6}\ m$

$r$: بعد النقطة $p$ عن مركز الأرض $O$.

$z$: بعد النقطة $p$ عن سطح الأرض.

- عبارة قيمة حقل الجاذبية الأرضية على سطح الأرض ($z=0$) نعطى بالعبارة:

$$G_0 = -G\frac{M}{R_T^2} = 9,81\ m.s^{-2} = g_0$$

$$\vec{G}_0 = -G\frac{M}{R_T^2}\vec{u}_{op} = \vec{g}_0$$

يمكن أن نعتبر أن $G_0$ توافق $g_0$.

على ارتفاع $Z$ من سطح الأرض يعطى بالعبارة:

$$G(Z) = G\frac{M}{(R_T+Z)^2} = G\frac{M}{R_T^2}\left(\frac{1}{(1+\frac{Z}{R_T})^2}\right)$$

$$= G\frac{M}{R_T^2}\left(1+\frac{Z}{R_T}\right)^{-2} = G_0\left(1+\frac{Z}{R_T}\right)^{-2}$$

من أجل ارتفاعات صغيرة جداً بالنسبة لنصف قطر الأرض نجد أن شدة حقل الجاذبية الأرضية:

$$G(Z) = G_0\left(1-\frac{2Z}{R_T}\right) = g$$

- حقل الجاذبية وثقل الجسم:

الثقل $\vec{P}$ لجسم كتلته $m$ هو عبارة عن قوة جذب الأرض لهذا الجسم ونكتب:

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

$\vec{g}$ شعاع موجه وفق شاقول النقطة نحو مركز الأرض، ونعتبر فيها لها منطقة محدودة من الفضاء.

- ميزات الثقل:

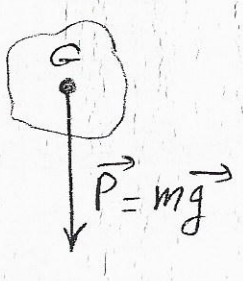
الجهة: من الأعلى نحو الأسفل ((نحو مركز الأرض))

المنحى: دائماً شاقولي

الحجم: كل جسم لديه منحى ثابت على سطح الأرض.

العلاقة بين الثقل والكتلة $P = mg$

حيث $g = 9.81\ N.S^2$




الشكل يمثل قوة الثقل

• قوى التلامس أو قوى الترابط:

1- رد فعل حامل:

جسم في حالة توازن فوق طاولة:

$\vec{F}$ هي محصلة كل تجاذبات جزيئات الجسم الملامسة لسطح الطاولة والمطبقة عليه

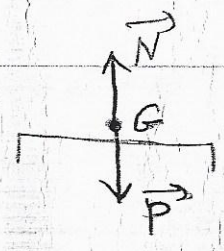
وتمثل ثقل الجسم $\vec{P}$

$\vec{F'}$ هي محصلة كل تجاذبات جزيئات سطح الطاولة الملامسة لسطح الجسم والمطبقة عليه وتمثل رد فعل السطح $\vec{N}$، وتكون عمودية السطح.

الجسم في حالة توازن فوق الطاولة وفق:

$$\sum \vec{F} = \vec{F} + \vec{F'} = \vec{P} + \vec{N} = \vec{0}$$

تمثل القوتان بقوى التلامس أو قوى الترابط.




2- قوى الاحتكاك:

كل ما كان هناك تلامس بين سطحين غير أملسين كجسمين صلبين إلا وكانت هناك مقاومة لكل ما كان هناك تلامس بين سطحين غير أملسين كجسمين صلبين إلا وكانت هناك مقاومة لتحرك الكرة السفلية للجسمين، أو عندما يتحرك جسم حاد في وسط ما فإن جزيئات هذا الوسط تعاكس الحركة السفلية للجسمين، أو عندما يتحرك جسم حاد في وسط ما فإن جزيئات هذا الوسط تعاكس الحركة تصطدم بسطح هذا الجسم فينتج عن ذلك قوة مانعة للحركة، هناك عدة أنواع من الاحتكاك:

• الاحتكاكات بين الأجسام الصلبة التي يمكن أن تكون سكونية أو حركية.

• الاحتكاكات في الموائع:

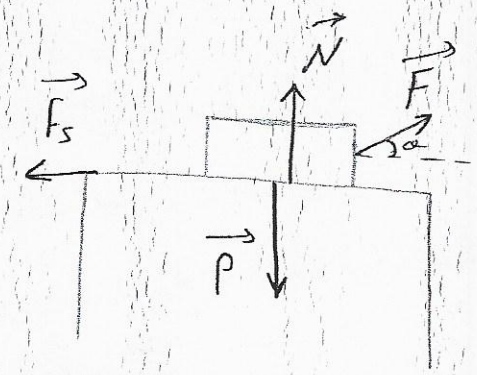
1• قوى الاحتكاك الصلب:

قوة الاحتكاك السكوني: هي القوة التي تبقي الجسم في حالة سكون حتى في وجود قوى خارجية تميل إلى تحريكه. في هذه الحالة، تكون محصلة قوى الاحتكاك السكوني هي قوة تعاكس محصلة هذه القوى الخارجية ويبقى الجسم ساكناً.

مثال: حالة جسم موضوع على مستوى أفقي:

يخضع جسم كما في الشكل أدناه لأربعة قوى:

- ثقل الجسم $\vec{P}$
- رد فعل المستوى $\vec{N}$
- قوة الاحتكاك السكوني $\vec{F_s}$ التي تمنع حركة الجسم
- القوة $\vec{F}$ وهي القوة المطبقة لكي يتحرك الجسم الموضوع فوق المستوى الأفقي.



الشكل يمثل قوة الاحتكاك

الجسم ساكن وفق حسب قانون نيوتن الثاني:

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \vec{P} + \vec{F} + \vec{N} + \vec{F_s} = \vec{0}$$

بإسقاط العبارة الشعاعية على المحورين الشاقولي والأفقي نجد:

$$N - P + F\sin\theta = 0$$

$$F\cos\theta - F_s = 0 \Rightarrow F\cos\theta = F_s$$

قوة الاحتكاك السكوني تناسب مع شدة القوة الناظمية $N$، وذلك حسب العلاقة:

$$f_s = \mu_s N \quad (*)$$

حيث $\mu_s$: ثابت موجب يدعى معامل الاحتكاك السكوني.

2- قوة الاحتكاك الحركي:

إذا ما بدأ الجسم السابق بالحركة على المستوى الخشن أصبحت قوة الاحتكار السكوني قوة احتكار حركي والعلاقة $(*)$ تصبح كالتالي:

$$\boxed{f_c = \mu_c \cdot N}$$

حيث $f_c$: قوة الاحتكاك الحركي وتكون دوماً في اتجاه معاكس للحركة.

$\mu_c$: ثابت موجب يدعى معامل الاحتكاك الحركي.

ملاحظة: معامل الاحتكاك السكوني أكبر دوماً من معامل الاحتكاك الحركي $\mu_s > \mu_c$.

من أجل هذا السبب يصعب تحريك سيارة ساكنة بالدفع، ولكن عندما نبدأ فعلاً بالحركة تنطلب قوة دفع أقل للمحافظة على حركتها.

• الاحتكاك في الموائع : (( قوة الزوجة (قانون ستوكس)))

عندما تتحرك جسم مادي في مائع (غاز أو سائل) فإن جزيئات هذا المائع تصطدم بسطح هذا الجسم فينتج عن ذلك قوة احتكاك مماثلة للحركة. لا يوجد قانون بسيط يعبّر عن هذه القوة، بل توجد قوانين تجريبية صالحة ضمن شروط محددة تتعلق هذه الشروط بحركة الجسم داخل المائع، أي بحركة المائع حول هذا الجسم.

• حين تتحرك الجسم المادي في مائع بسرعة صغيرة نسبياً، قوة الاحتكاك تخضع للقانون الآتي

$$\vec{F_f} = -K\vec{v}$$

حيث: $v$ : سرعة الجسم داخل المائع.

$K$ : ثابت احتكاك الجسم بالمائع. يثبت التجربة أن هذه الثابت تناسب مع معامل لزوجة المائع $\eta$ من جهة وتتعلق بالشكل الهندسي للجسم من جهة أخرى ويعبّر عنه بالعلاقة:

$$K = C\eta$$

حيث $C$ : ثابت يُحدد بالشكل الهندسي للجسم، عبارته بالنسبة لجسم كروي نصف قطره $R$ هي:

$$C = 6\pi R$$

وعليه فإن عبارة قوة الاحتكاك والتي تُعرف بقانون ستوكس تكتب:

$$\vec{F_f} = -6\pi R\eta\vec{v}$$

$\eta$ (إيتا "eta"): يعبر عن الاحتكاكات الداخلية للمائع والتي تسمى اللزوجة تنخفض في السوائل بارتفاع درجة الحرارة بينما تزداد بزيادة درجة الحرارة في الغازات تُعبر عنها بوحدة ($Pa.S$) وغالباً ما تستعمل الوحدة (Poise): حيث: $1P = 10^{-1}Pa.S$

• قوة المرونة: (قانون هوك):

نابض مرن الكتلة، طوله $L_0$ وثابت مرونته $K$، نُطبق على نقطة مادية قوة ارجاع $\vec{T}$ تناسب مع استطالته $(\Delta L)$، تسمى هذه القوة إلى إعادة إلى وضعه الأصلي قبل التشوه تسميا بالقوة المرنة «قوة المرونة» كما يلي:

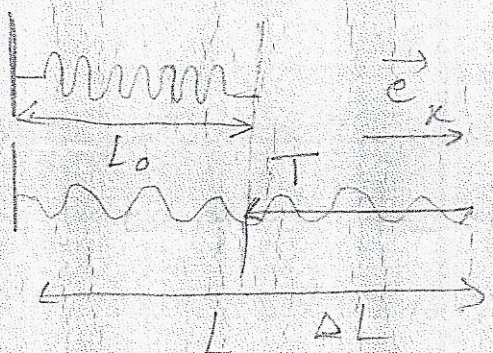
$$\vec{T} = -K(L - L_0)\vec{e}_x = -K\Delta L\,\vec{e}_x$$

حيث $\Delta L = L - L_0$

$T$: قوة الارجاع $(N)$، $L_0$: طول النابض في وضع الراحة $(m)$

$K$: ثابت مرونة النابض $(N.m^{-1})$، $L$: طول النابض في وضع الحركة $(m)$

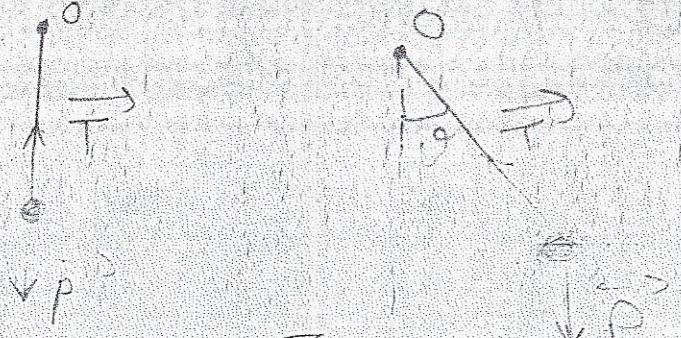
$\Delta L$: استطالة النابض «m» وهو مقدار جبري يكون سالب في حالة الانضغاط وموجب في حالة الاستطالة.




الشكل يمثل قوة توتر نابض واستطالته

• قوة توتر خيط:

نكتفي نقطة $M$ مادية كتلتها $m$ معلقة بواسطة خيط مهمل وعديم الاستطاط ونهايته الأخرى مثبتة في نقطة $O$، تخضع النقطة المادية في هذه الحالة إلى قوتين: قوة الثقل $(\vec{P})$ قوة بعدية)، وقوة توتر الخيط $(\vec{T})$ قوة تلامسية)، هذه الأخيرة نقطة تطبيقها نقطة اتصال الخيط بالنقطة المادية وحامل الخيط واتجاهها نحو نقطة تثبيت الخيط،



يمثل الشكل القوى المؤثرة في نقطة مادية معلقة بواسطة خيط، وضع التوازن موضع تحقيق.

• نظرية العزم الحركي:

تقتصد الحركة المنحنية للكتلة بالإضافة إلى القوة المطبقة على (a) نصف قطر الانحناء. هذه القوة يكون تأثيرها أعظم إذا تم تطبيقها عمودياً على نصف قطر الانحناء، نعدل مقداراً حركياً جديداً يأخذ بعين الاعتبار هذه المعلومات والذي نسميه (( العزم الحركي )) فهي تسمح بإيجاد معادلة الحركة، خاصة في حالة نقطة مادية تتحرك حول محور ما.

- العزم الحركي:

لتكن M نقطة مادية كتلتها m تتحرك في حلقة غالبيلية R مبدؤها O، نعرف العزم الحركي لهذه النقطة المادية M بالنسبة لـ O بأنه المقدار الشعاعي التالي:

$$\overrightarrow{L_O}(M) = \overrightarrow{OM} \wedge \overrightarrow{P} = \overrightarrow{OM} \wedge m\overrightarrow{V}$$

حيث $\overrightarrow{P} = m\overrightarrow{V}$ شعاع كمية الحركة للنقطة المادية، و $\overrightarrow{V}$ سرعة هذه النقطة المادية بالنسبة لـ R. يقدر العزم الحركي بـ $(Kg.m^2.s^{-1})$.

العزم الحركي: هو عبارة عن إجداء الشعاعي لشعاع الموضع وشعاع كمية الحركة وبالتالي فهو شعاع عمودي على كل من شعاع الموضع وشعاع السرعة.

- عزم قوة:

لتكن M نقطة مادية كتلتها m، تتحرك في حلقة غالبيلية R مبدؤها O، ولتكن $\overrightarrow{F}$ قوة مؤثرة في M. نعرف عزم القوة $\overrightarrow{F}$ بالنسبة للنقطة O بالمقدار الشعاعي التالي:

$$\overrightarrow{M_O}(\overrightarrow{F}) = \overrightarrow{OM} \wedge \overrightarrow{F}$$

في جملة الوحدات الدولية تقدر عزم قوة بـ ((N.m)).

تمرين: لتكن القوة $\vec{F}$ المطبقة بالنقطة $M(7,3,1)$ وحدتها $\vec{F} = -3\vec{i} + \vec{j} + 5\vec{k}$ بالنيوتن إذا علمت أن إحداثيات نقطة تأثيرها معبر عنها بالمتر فاحسب:

a - عزم $\vec{F}$ بالنسبة لمبدأ الإحداثيات $O(0,0,0)$

b - عزم $\vec{F}$ بالنسبة للنقطة $A(0,1,0)$

الحل:

a - العزم لـ «O»:

$$\vec{M}_O = \vec{OM} \wedge \vec{F}$$

$$\vec{OM} = 7\vec{i} + 3\vec{j} + 1\vec{k}$$

$$\vec{M}_O = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 7 & 3 & 1 \\ -3 & 1 & 5 \end{vmatrix} = 14\vec{i} - 38\vec{j} + 16\vec{k}$$

b - العزم في $A(0,1,0)$

$$\vec{M}_A = \vec{AM} \wedge \vec{F}$$

$$\vec{AM} = 7\vec{i} - 7\vec{j} + 1\vec{k}$$

$$\vec{MA} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 7 & -7 & 1 \\ -3 & 1 & 5 \end{vmatrix} = -36\vec{i} - 38\vec{j} - 14\vec{k}$$