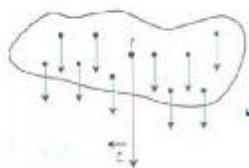


مركز الثقل

تتكون الأجسام الصلبة من مجموعة من النقاط المادية وبالتالي فإن ثقل الجسم يتكون من مجموع أثقال نقاطه المادية .



❖ **مركز الثقل (م) :**

هو نقطة تأثير محصلة أثقال نقاط الجسم المادية .

فمن الشكل المقابل نلاحظ أن لهذه الأثقال الصغيرة محصلة هي (ح) ونقطة تأثيرها (م) أي أن كتلة الجسم مجتمعة في النقطة (م) .

أول من وصف مركز الثقل هو أرشميدس فقال :

“إن مركز الثقل للجسم هو نقطة خاصة في داخله، بحيث أن الجسم إذا وضع (علق) في هذه النقطة، فإنه يبقى في حالة السكون ويحافظ على وضعه الأصلي، وذلك لأن جميع المستويات التي تمر بهذه النقطة تقسم الجسم إلى أجزاء تتوازن فيما بينها .
فعند مركز الثقل يمكننا وضع الجسم أو تعليقه متزاناً .



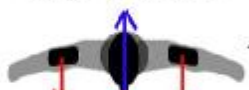
فمن الشكل نلاحظ أن هذا

الطائر يرتكز على منقاره

فما الذي يمنع هذا الطائر من

السقوط ؟

إنه من تصميم هذه اللعبة حيث تم تصميمها بحيث يكون مركز ثقل هذا الطائر عند منقاره .



كون الطائر في حالة متزنة تنشأ ثلاث قوى رئيسية عليه

قوتين (الحمراء) للجاذبية في الثقليين اللذين في الجناحين

وقوة للأعلى (الزرقاء) عند المنقار وهي بسبب ردة فعل مجموع وزن الطائر في نقطه واحده نجد أن مجموع القوتين الحمراء (قوى الوزن) يساوي القوة الزرقاء (ردة الفعل) .

وهذا تفسير من أستاذنا **المتفيزق** لهذه اللعبة :

" بالنسبة للطائر ... جميل أن نفسر الفكرة بأنها نوع من الاتزان ولكنها في الواقع ليست من تصميم الطائر يعني ليس بالضرورة أن يكون منقار الطائر هو بالضبط نقطة مركز الثقل ... للتأكد من ذلك حك منقار الطائر في الحائط لكي يقصر قليلا ... هل تعتقد أن الطائر سيقع ؟ لا... مركز الكتلة قد يقع بالضبط في المنقار وهذا يجعل الصناعة دقيقة وصعبة وسوف يتزن النظام طبعاً إذا اتزن المنقار على أي نقطة .

لكن لنفترض أن مركز الكتلة كان للأسفل ... في هذه الحالة سيحاول الطائر أن يقع ولكنه سوف يصطدم بالنبرة ولن يستطيع أن يخترقها فيقف مركز الكتلة وبالتالي يقف النظام كله ... يعني يتزن النظام... كمثال على ذلك ... عندما تضع جوالك على طرف المكتب فإنه لن يقع ... حركه حتى يكون على وشك الدوران والوقوع ... في هذه الحالة سوف يكون مركز الكتلة مع نقطة التلامس يشكلان خطأ متعامداً

على السطح... لكن مركز الكتلة ليس هو نقطة التلامس ...
ومع ذلك هناك اتزان .

ماذا لو كان مركز الكتلة إلى الأمام قليلا ؟ والله إن
كان الحامل بحيث يتحرك فسوف يتحرك ويقع الطائر... أما
إن كان هناك فجوة صغيرة تكفي لعمل نوع من المقاومة
للانزلاق وكانت القاعدة أعرض بحيث لا يحصل دوران
فسوف يحاول الطائر أن يقع للأمام ولكن القاعدة تمسكه فلا
يقع ويؤثر الاتزان ساكنا ... وهذا يشبه إلى حد كبير وضع
قلم الحبر في مكانه المائل على المكتب حيث يركز القلم على
القاعدة من الأمام وليس من مركز كتلة القلم ...
وأعطيكُم مثالا أجمل...

تخيل انك تربط وعاءين من الماء بحبلين في عصا خفيفة ...
ضع العصا على أصبعك ووازنها لتتزن عند المنتصف ...والآن
من قال إن نقطة الاتزان هي نقطة مركز الكتلة ؟؟؟؟ إن
مركز الكتلة في المنتصف بين الوعاءين لكن إلى الأسفل لأن
الوعاءين متدليان لأسفل ... إذن الاتزان حصل لأن العصا
كانت مشدودة للأسفل بفعل الوعاءين لكنها لم تستطع أن
تتحرك بسبب وجود يدك فتوقف الجميع ...

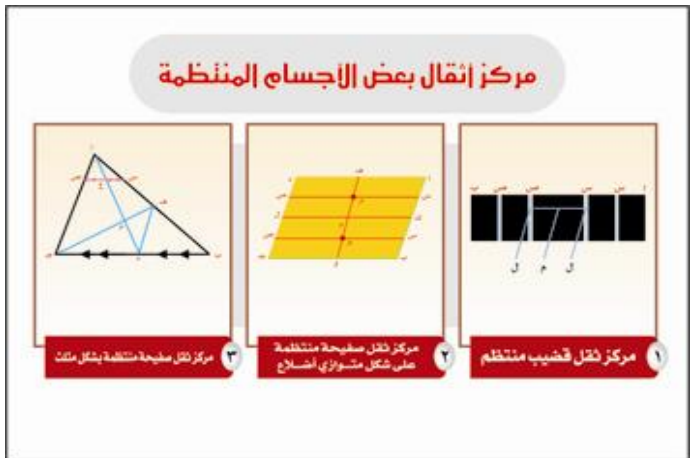
بالمناسبة ولتوضيح الفكرة ... أنا عملت طائرا بيدي يعني ليس

بهذا الفن والضبط ... ببساطة خشبة طويلة وخشبتان
 ممتدتان للأمام لأصنع شكل Y ودققت مسمارا عند التقاء
 الخشب ووضعتة على نبرة ... فاتزن ببساطة ... طبعاً
 كلما كان الذراعان أثقل كلما كان الاتزان أفضل...
 هذا ما أردت أن أنبه له في موضوع الطائر... يعني القصة
 هي مجرد ثقل يتيح للجناحين أن يكونا ثقلين زيادة فيكون
 مركز الكتلة بين الجناحين تقريبا وليس عند المنقار فيسقط
 الطائر للأمام لتلتقفه القاعدة وتمنعه من السقوط " المتفيزق

❖ تعيين مركز الثقل :

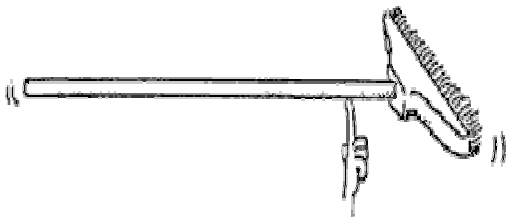
١- للأجسام منتظمة الشكل والكثافة :

مركز الثقل لهذه الأجسام يكون في مراكزها الهندسية .
 مثل قضيب معدني يكون مركز الثقل في منتصفه أو صفيحة
 مستطيلة يكون في نقطة تقاطع القطرين وغيرها .



٢- للأجسام غير منتظمة الشكل والكثافة :

مركز الثقل يكون عند النقطة التي يمكننا رفع الجسم و تعليقه بحيث يبقى الجسم متزاناً كما في الشكل التالي :



❖ مركز الثقل في بُعد واحد :

حيث

$$F_m = (C \times F) / C_q$$

ق : القوة (نيوتن) ، ف : البُعد (متر) ، ف_م : بُعد مركز الثقل

ويمكن استنتاج العلاقة السابقة بدلالة الكتلة كما يلي :

$$F_m = (C \times F) / C_q \quad A \quad C = J \times K$$

$$B \quad F_m = (C \times J \times K) / (F \times K) = J \times C$$

(نأخذ جـ عامل مشترك)

$$F_m = J \times C / (F \times K) \quad K$$

$$F_m = (C \times K) / (F \times K) \quad \text{وبالتالي :}$$

حيث : ك : الكتلة (كجم)

❖ مركز الثقل في بُعدين :

في هذه الحالة نطبق القانون مرتين بالنسبة لمحور السينات

وكذلك لمحور الصادات لعدد من القوى كما يلي :

بُعد مركز الثقل عن محور الصادات :

$$س = \frac{ق١ \times س١ + ق٢ \times س٢ + \dots}{ق١ + ق٢ + \dots}$$

بُعد مركز الثقل عن محور السينات :

$$ص = \frac{ق١ \times ص١ + ق٢ \times ص٢ + \dots}{ق١ + ق٢ + \dots}$$

❖ ملاحظات عند حل مسائل مركز الثقل :

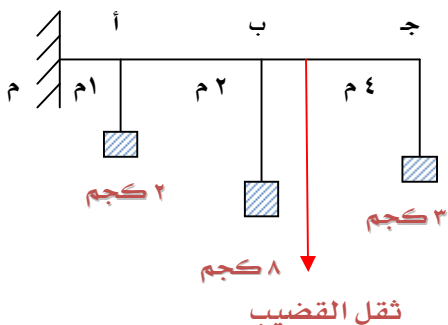
١- عندما يكون في المسألة قوى وكتل فإننا نحول الكتلة إلى قوة أو نحول القوة إلى كتلة حسب الأكثر وذلك من القانون

حيث : ج : تسارع الجاذبية

$$ق = ج \times ك$$

٢- إذا كان ثقل الجسم معلوم في المسألة فإنه يكون في المنتصف واتجاهه لأسفل .

❖ مثال :



ثُبت قضيب معدني

طوله ٧ متر وثقله

٢٠ نيوتن في جدار ثم

عُلقت عليه الكتل

التالية : ٢ كجم ، ٨ كجم ، ٣ كجم في النقاط أ ، ب ، ج

اوجد بُعد مركز الثقل للمجموعة بالنسبة للنقطة م ؟

❖ الحل :

طول القضيب = ٧ متر ، ثقله = ٢٠ نيوتن ، ك أ = ٢ كجم

ك ب = ٨ كجم ، ك ج = ٣ كجم ، ف م = ٩٩

في هذا المثال لدينا ثلاث كتل وقوة واحدة هي (ثقل الجسم)

لذلك نستخدم القانون : $\boxed{ف م = (ك \times ف) / ك}$

نأخذها بالترتيب :

ك أ = ٢ كجم وتبعد عن النقطة م : ف أ = ١ متر

ك ب = ٨ كجم وتبعد عن النقطة م : ف ب = ٢ + ١ = ٣ متر

ثقل الجسم يقع في المنتصف أي يبعد عن النقطة م :

ف ث = ٣,٥ متر ، ولكن لابد من تحويل الثقل إلى قوة :

ق = ج × ك $G \times ٢٠ = ٩,٨ \times ك$ $G \times ك = ٩,٨ \div ٢٠$

ك = ٢,٠١٤ كجم ويبعد عن النقطة م : ف ث = ٣,٥ متر

ك ج = ٣ كجم وتبعد عن النقطة م : ف ج = ١ + ٢ + ٤ = ٧ م

والآن نعوض في القانون : $ف م = (ك \times ف) / ك$

$ف م = (٢ \times ١ + ٨ \times ٣ + ٢,٠١٤ \times ٣,٥ + ٣ \times ٧) / (٢ + ٨ + ٣)$

$(٣ + ٢,٠١٤$

$ف م = (٢ + ٢٤ + ٧,٠٤٩ + ٢١) / (١٥,٠١٤)$

$ف م = (٥٤,٠٤٩) / (١٥,٠١٤) G$ ف م = ٣,٥٩٩٩ متر .

توازن القوى

❖ الاتزان :

الجسم المتزن هو الجسم الذي يخضع لتأثير مجموعة من القوى محصلتها تساوي صفر .

لذلك يتزن الجسم الصلب تحت تأثير عدة قوى مستوية أو متلاقية في نقطة واحدة أو متوازية عندما تكون محصلتها مساوية للصفر ويكون الجسم في وضع الاتزان عندما يكون ساكناً أو متحركاً بسرعة ثابتة وفي خط مستقيم .

ومن الأمثلة على اتزان الأجسام المتحركة : عندما تتحرك السيارة على الطريق بسرعة منتظمة فمحرك السيارة يؤثر بقوة تساوي مجموع القوى المعاكسة لحركتها وهي قوة

الاحتكاك مع الطريق ، ومقاومة الهواء . وكذلك حركة

الكرة الساقطة في سائل لزج عندما تصل إلى سرعتها الحدية

حيث يتزن وزن الكرة لأسفل مع مجموع القوى للأعلى (قوة

الاحتكاك مع السائل – قوة دفع السائل للكرة) .

عندما تؤثر مجموعة من القوى على الجسم ويتزن فهناك

ثلاث حالات :

١- توازن الأجسام بفعل القوى التي على استقامة

واحدة .



فمن الشكل المقابل :

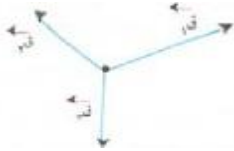
متى يتزن هذا الجسم ؟

فالجسم هنا يتزن عندما يتحقق الشرط التالي :

$$\overleftarrow{Q_1} = \overrightarrow{Q_2}$$

B شرط الاتزان هو : $\overleftarrow{Q} = \overrightarrow{Q}$ صفر .

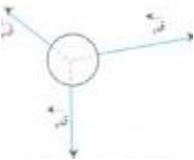
٢- توازن الأجسام بفعل القوى المتلاقية :



القوى المتلاقية : هي القوى التي

تلتقي في نقطة مشتركة أو تلتقي

امتداداتها .



فمتى يتزن الجسم الواقع تحت

تأثير عدة قوى متلاقية ؟

في هذه الحالة سيكون متزنًا

على المحور السيني

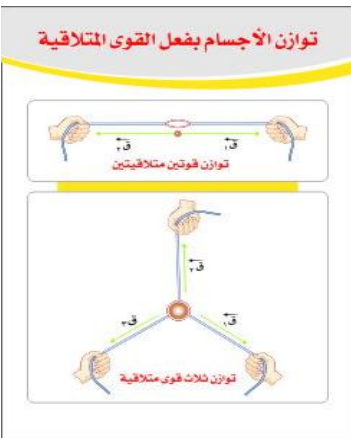
والمحور الصادي معاً أي أن

هناك شرطين للاتزان هما :

١- المجموع الجبري

للمركبات السينية لهذه القوى

يساوي صفر : $\sum Q_s = 0$ صفر .



مخبر الفيزياء

جميع الحقوق محفوظة لشبكة الفيديوهات العربية

٢- المجموع الجبري للمركبات الصادية لهذه القوى

يساوي صفر : $\sum Q_v = 0$.

س / كيف نطبق شرطي الاتزان ؟

١- نرسم المحاور في نقطة التقاء القوى ثم نرسم القوى

بزواياها بحيث نجعل القوى خارجة من نقطة الالتقاء .

٢- نحلل القوى إلى مركباتها السينية والصادية في جدول

مع ملاحظة الإشارات .

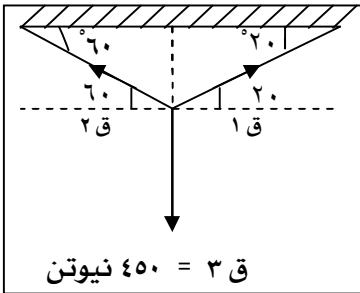
٣- نطبق شرطي الاتزان وهما :

أ- $\sum Q_v = 0$. ب- $\sum Q_h = 0$.

٤- لتسهيل حل مسائل الاتزان نجعل إحدى القوى تنطبق

على المحور السيني أو المحور الصادي .

❖ مثال :



في الشكل المقابل احسب كلاً

من ق ١ و ق ٢ إذا علمت

أن ق ٣ = ٤٥٠ نيوتن ؟

❖ الحل :

ق ١ = ٩٩ ، ق ٢ = ٩٩ ، ق ٣ = ٤٥٠ نيوتن .

١- رسم المحاور وتحديد الزوايا .

٢- نحلل القوى إلى مركباتها السينية والصادية في جدول .

القوة	المركبة السينية	المركبة الصادية
ق ١	ق ١ جتا ٢٠	ق ١ جا ٢٠
ق ٢	ق ٢ جتا ٦٠ -	ق ٢ جا ٦٠
ق ٣ = ٤٥٠ نيوتن	صفر	٤٥٠ -

نطبق الشرط الأول : $\sum C = \text{صفر}$

$$\sum C = \text{ق ١ جتا ٢٠} + (- \text{ق ٢ جتا ٦٠}) + \text{صفر} = \text{صفر}$$

$$\sum C = \text{ق ١} \times ٠,٩٤ - \text{ق ٢} \times ٠,٥ = \text{صفر} \text{ ————— (١)}$$

نطبق الشرط الثاني : $\sum V = \text{صفر}$

$$\sum V = \text{ق ١ جا ٢٠} + \text{ق ٢ جا ٦٠} + (- ٤٥٠) = \text{صفر}$$

$$\sum V = \text{ق ١} \times ٠,٣٤٢ + \text{ق ٢} \times ٠,٨٦٦ - ٤٥٠ = \text{صفر} \text{ ————— (٢)}$$

بحل المعادلتين جبرياً :

$$٠,٩٤ \times \text{ق ١} - ٠,٥ \times \text{ق ٢} = \text{صفر}$$

$$٠,٣٤٢ \times \text{ق ١} + ٠,٨٦٦ \times \text{ق ٢} - ٤٥٠ = \text{صفر}$$



$$٠,٨١٤ \times \text{ق ١} - ٠,٤٣٣ \times \text{ق ٢} = \text{صفر}$$

$$٠,١٧١ \times \text{ق ١} + ٠,٤٣٣ \times \text{ق ٢} - ٢٢٥ = \text{صفر}$$

$$٠,٩٨٥ \times \text{ق ١} - ٢٢٥ = \text{صفر} \quad G \quad ٠,٩٨٥ \times \text{ق ١} = ٢٢٥$$

$$\text{ق ١} = ٢٢٥ \div ٠,٩٨٥ \quad G \quad \boxed{\text{ق ١} = ٢٢٨,٤٣ \text{ نيوتن}}$$

نوجد ق ٢ وذلك بالتعويض عن ق ١ في المعادلة (١) :

$$٠,٩٤ \times \text{ق ١} - ٠,٥ \times \text{ق ٢} = \text{صفر}$$

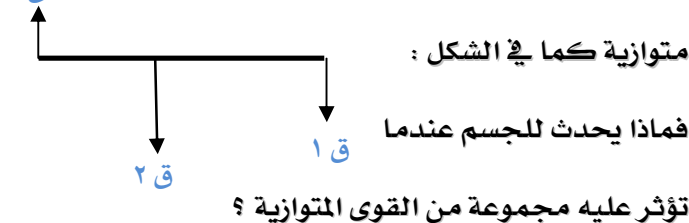
$$(٠,٩٤ \times ٢٢٨,٤٣) - ٠,٥ \times \text{ق ٢} = \text{صفر}$$

$$214,724 - 0.5 \text{ ق} = \text{صفر} \quad G = 214,724 = 0.5 \text{ ق} \quad 2$$

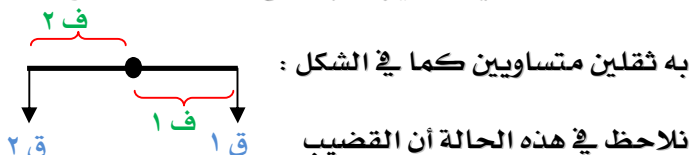
$$214,724 = 0.5 \div G \quad \boxed{2 \text{ ق} = 429.45 \text{ نيوتن}} \quad 2$$

٣- توازن الأجسام بفعل القوى المتوازية :

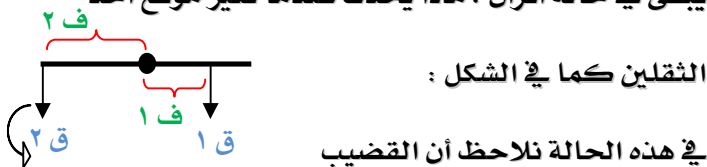
القوى المتوازية : هي القوى التي تؤثر على الجسم بصورة



فمثلاً إذا كان لدينا قضيب مثبت من المنتصف تماماً وعلقنا



يبقى في حالة اتزان . ماذا يحدث عندما نغير موقع أحد



يبدأ في الدوران ، وأي قوة لها مقدرة على إحداث دوران حول

محور تُسمى (**العزم**) .

والسؤال هنا : لماذا لم يحدث عزم (دوران) في الحالة الأولى ؟

والجواب : أن هناك عزم لكن مقدار العزمين متساويين

ومتعاكسين في الاتجاه لأن القوتين متساويتين وكذلك

ف ١ = ف ٢ ، وبالتالي يبقى القضيب في حالة اتزان بينما في

الحالة الثانية تولد عزمين مُختلفين في المقدار والاتجاه لأن

ف ١ ≠ ف ٢ وبالتالي نستنتج أن :

القضيب يكون في حالة اتزان عندما يكون مقدار العزم متساوي

أي أن شرط الاتزان في هذه الحالة : $\overleftarrow{K} \text{ عز} = \text{صفر}$

وكذلك إذا كان مقدار القوتين مختلف فهل يحدث اتزان ؟

في هذه الحالة يتغير مقدار العزم وبالتالي لا يتزن القضيب

ولذلك حتى يتزن القضيب لا بد أن يتحقق شرط آخر وهو :

$\overleftarrow{K} \text{ ق} = \text{صفر}$.

B لكي يتزن الجسم الواقع تحت تأثير قوى متوازية فلا بد

من تحقق شرطي الاتزان وهما :

$$٢ - \overleftarrow{K} \text{ ق} = \text{صفر} .$$

$$١ - \overleftarrow{K} \text{ عز} = \text{صفر}$$

- من الأمثلة على هذا النوع من الاتزان : الميزان ذو الكفتين .

❖ ملاحظات عند حل المسائل :

أ- عندما يذكر في المسألة أن الجسم يتركز في نقطة فإن

القوة في هذه النقطة تكون باتجاه الأعلى .

ب - عند تطبيق شرط الاتزان الأول نأخذ العزم حول إحدى

القوى المجهولة .

❖ مثال : يرتكز طرفا جسر طوله ٣٠ متر على دعامتين أ و ب

فإذا كان ثقل الجسر ٢٥٠٠٠ نيوتن وتوقفت سيارة على بُعد

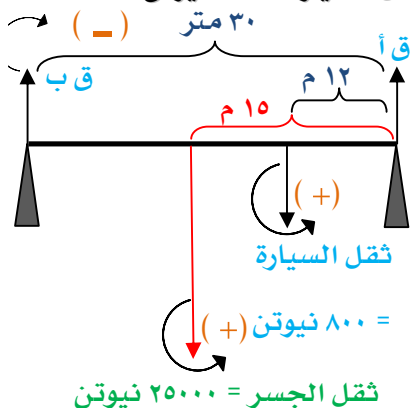
١٢ متر من الدعامة (أ) وأن ثقلها ٨٠٠ نيوتن فما هي القوة

التي تتحملها كل دعامة ؟

❖ الحل :

طول الجسر = ٣٠ م ، ثقل الجسر = ٢٥٠٠٠ نيوتن

بعد السيارة عن أ = ١٢ م ، ثقل السيارة = ٨٠٠ نيوتن



ق أ = ٩٩ ، ق ب = ٩٩

بالنسبة للرسم :

عند نقطة الارتكاز فإن

اتجاه القوة لأعلى

و ثقل الجسم يكون اتجاهه

لأسفل وفي منتصف الجسم .

نطبق الشرط الأول للاتزان : $\sum \text{عز} = \text{صفر}$

نأخذ العزم حول إحدى القوى المجهولة وهنا نأخذه حول ق أ

١- $\sum \text{عز} = \text{صفر}$

ق أ × صفر + ٨٠٠ × ١٢ + ٢٥٠٠٠ × ١٥ - ق ب × ٣٠ = صفر

٩٦٠٠ + ٣٧٥٠٠٠ - ٣٠ ق ب = صفر

$$384600 - 30 \text{ ق ب} = \text{صفر}$$

$$384600 = 30 \text{ ق ب} \quad G \text{ ق ب} = 384600 \div 30$$

$$\boxed{\text{ق ب} = 12820 \text{ نيوتن}}$$

نطبق الشرط الثاني ونوجد ق أ :

وهنا نأخذ القوى التي اتجاهها لأعلى بالموجب والقوى التي

اتجاهها لأسفل بالسالب .

$$-2 \quad \overleftarrow{\text{ق}} = \text{صفر}$$

$$\text{ق أ} + \text{ق ب} - 800 - 25000 = \text{صفر}$$

$$\text{ق أ} + 12820 - 800 - 25000 = \text{صفر}$$

$$\text{ق أ} + 12820 - 25800 = \text{صفر}$$

$$\text{ق أ} - 12980 = \text{صفر}$$

$$\boxed{\text{ق أ} = 12980 \text{ نيوتن}}$$