

# الفصل الأول: مدخل إلى علم الفيزياء

## أهم التعريفات ونصوص القوانين

علم الفيزياء	علم يعنى بدراسة الطاقة والمادة والعلاقة بينهما
الطريقة العلمية	أسلوب أو طريقة للإجابة عن تساؤلات علمية بهدف تفسير ظاهرة طبيعية
الفرضية	تخمين علمي عن كيفية ارتباط المتغيرات مع بعضها البعض
القانون العلمي	قاعدة طبيعية تجمع مشاهدات مترابطة لوصف ظاهرة طبيعية متكررة
النظرية العلمية	الإطار الذي يجمع عناصر البناء العلمي في موضوع محدد ويفسر المشاهدات والملاحظات المدعومة بنتائج تجريبية
القياس	مقارنة كمية مجهولة بأخرى معيارية « وحدة القياس »
الكميات الأساسية	كميات حددت وحداتها بالقياس المباشر
الكميات المشتقة	كميات اشتقت وحداتها من وحدات الكميات الأساسية
دقة القياس	درجة الإتقان في القياس
الضبط	اتفاق نتائج القياس مع القيمة المقبولة في القياس
اختلاف زاوية النظر	التغير الظاهري في موضع الجسم عند النظر إليه من زوايا مختلفة

## تعليقات

يجب أن تُقرأ التدريجات بالنظر إليها عمودياً بعين واحدة لكي لا يحدث تغير ظاهري في الموضع فنحصل على قراءة غير مضبوطة

## أمثلة

على موضوعات الفيزياء	طبيعة حركة الإلكترونات والصواريخ ، الطاقة في الموجات الضوئية والصوتية وفي الدوائر الكهربائية ، تركيب المادة بدءاً من الإلكترون وانتهاء بالكون.
على النماذج العلمية	النماذج الذرية
على القوانين العلمية	قانون حفظ الطاقة ، قانون الانعكاس
على النظريات العلمية	سقوط الأجسام إلى أسفل سببه جاذبية الأرض ، يتعاقب الليل والنهار بسبب ميل محور دوران الأرض بزاوية



قياس ضغط الدم ، قياس الكتلة والأطوال

تحويل 1.34 Kg من الحديد إلى جرامات « g » ..

$$1.34 \text{ Kg} \left( \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} \right) = 1340 \text{ g}$$

لمختبر مدرج مقسم إلى تدريجات كل منها 1 mL فإن دقة القياس = 0.5 mL

على القياس

على تحليل الوحدات

على دقة القياس

## معلومات أخرى مهمة

الهدف من دراسة

الفيزياء

من مجالات دراسي

الفيزياء

استخدام الفيزياء في

الرياضيات

خطوات الطريقة

العلمية

الفرضيات

النماذج العلمية

مقارنة بين القانون

والنظرية

أهمية القياس

عناصر القياس

النظام الدولي للوحدات

نوعا الكميات الفيزيائية

فهم العالم الطبيعي من حولنا

• باحثين في الجامعات والكليات ولمصانع ومراكز البحث.

• في مجالات مرتبطة بالفيزياء مثل: الفلك والهندسة والتعليم.

• في مجالات الأعمال التجارية والمالية.

• استخدام الرموز الرياضية في القوانين.

• استخدام المعادلات لوضع نماذج للملاحظات وتوقعات لتفسير الظواهر.

(1) تحديد المشكلة. (3) وضع الفرضية. (5) تحليل البيانات.

(2) جمع المعلومات. (4) اختبار صحة الفرضية. (6) الاستنتاج.

• تختبر الفرضية بتصميم التجارب العلمية وتنفيذها وتسجيل النتائج وتحليلها.

• لا يوثق بالدليل العلمي إلا إذا كانت التجارب والنتائج قابلة للتكرار.

• عبارة فكرة أو معادلة أو تركيب أو نظام توضع لظاهرة نحاول تفسيرها.

• توضع نماذج جديدة إذا أجريت تجارب لاحقة نتجت عنها معلومات جديدة أو

اكتشفت معلومات لا تتفق مع النماذج القديمة.

القانون العلمي يصف الظاهرة لكنه لا يفسر سبب حدوثها، أم النظرية تفسر

سبب حدوث الظاهرة

يحول المشاهدات إلى مقادير كمية يمكن التعبير عنها بالأرقام

الكمية الفيزيائية ، أداة القياس ، وحدة القياس

• أوسع أنظمة الوحدات انتشاراً في جميع أنحاء العالم.

• يتميز بسهولة التحويل بين وحداته.

كميات أساسية ، كميات مشتقة



الكمية	الطول	الكتلة	الزمن	درجة الحرارة	كمية المادة	التيار الكهربائي	شدة الإضاءة
الوحدة	متر	كيلوجرام	ثانية	كلفن	مول	أمبير	قنديلة
رمزها	m	Kg	s	K	mol	A	cd

## الكميات الأساسية

$Kg \xrightarrow{\times 1000} g$	من كيلوجرام إلى جرام
$Km \xrightarrow{\times 1000} m$	من كيلومتر إلى متر
$h \xrightarrow{\times 3600} s$	من ساعة إلى ثانية

## بعض أهم التحويلات

**تنبيه:** نحول علامة الضرب إلى قسمة عندما نقوم بعكس اتجاه عملية التحويل.

- تعني درجة الإتقان في القياس.
- تساوي نصف قيمة أصغر تدريج في أداة القياس.
- الطريقة الشائعة لاختبار ضبط الأجهزة تسمى طريقة معايرة النقطتين، وتتم بمعايرة صفر الجهاز ثم معايرة الجهاز.
- من أكثر الأخطاء شيوعاً قراءة التدريج بشكل مائل فنحصل على قراءة غير مضبوطة.

## دقة القياس

## ضبط القياس



## الفصل الثاني: تمثيل الحركة

### أهم التعريفات ونصوص القوانين

ترتيب لمجموعة من الصور المتتابعة تظهر مواقع جسم متحرك في فترات زمنية متساوية	مخطط الحركة
نموذج الجسم النقطي يشبه مخطط الحركة باستثناء وضع مجموعة من النقاط المفردة المتتالية بدل الجسم	نموذج الجسم النقطي
طريقة لوصف حركة جسم بتحديد نقطة الأصل للمتغير الذي ندرسه والاتجاه الذي تزيد فيه قيمة المتغير	النظام الإحداثي
نقطة في النظام الإحداثي تكون عندها قيمة كل من المتغيرين صفراً	نقطة الأصل
كميات فيزيائية يكفي تعيينها تحديد مقدارها فقط	الكميات العددية
كميات فيزيائية يتطلب تعيينها تحديد مقدارها واتجاهها	الكميات المتجهة
الفرق بين الزمن النهائي والزمن الابتدائي	الفترة الزمنية
كمية فيزيائية متجهة تمثل مقدار التغير الذي يحدث لموقع الجسم في اتجاه معين	الإزاحة
طرق متكافئة لوصف الحركة تحوي المعلومات نفسها عن الحركة	التمثيلات المتكافئة
التغير في الموقع مقسوماً على مقدار الفترة الزمنية التي حدث خلالها هذا التغير	السرعة المتجهة المتوسطة
السرعة المتجهة في لحظة معينة	السرعة المتجهة اللحظية

### أهم المعادلات الرياضية

$\Delta t = t_f - t_i$	$\Delta d = d_f - d_i$	$\bar{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_f - d_i}{t_f - t_i}$
$\Delta t$ التغير في الزمن [s]	$\Delta d$ التغير في الموقع [m]	$\bar{v}$ السرعة المتجهة [m/s]
$t_f$ متجه الزمن النهائي [s]	$d_f$ متجه الموقع النهائي [m]	$\Delta d$ التغير في الموقع [m]
$t_i$ متجه الزمن الابتدائي [s]	$d_i$ متجه الموقع الابتدائي [m]	$\Delta t$ التغير في الزمن [s]
$d = \bar{v}t + d_i$		
$d_i$ متجه الموقع الابتدائي [m]	$t$ الزمن [s]	$\bar{v}$ السرعة المتجهة [m/s]
$d$ موقع الجسم المتحرك [m]		



التقاط عدة صور لعداء على فترات زمنية منتظمة ودمجها في صورة واحدة  
الكتلة ، الزمن ، المسافة ، درجة الحرارة  
الإزاحة ، السرعة ، التسارع ، القوة

على مخطط الحركة  
على الكميات العددية  
على الكميات المتجهة

## مقارنات

السرعة المتوسطة	السرعة المتجهة المتوسطة
كمية عددية لا اتجاه لها	كمية متجهة اتجاهها اتجاه إزاحة الجسم
تساوي القيمة المطلقة لمقدار ميل الخط البياني في منحنى (الموقع - الزمن)	تساوي مقدار ميل الخط البياني في منحنى (الموقع - الزمن)
رمزها $\bar{v}$	رمزها $\vec{v}$

## معلومات أخرى مهمة

<ul style="list-style-type: none"> <li>أنواعها: خط مستقيم ، دائرة ، منحنى ، على شكل اهتزاز.</li> <li>وصفها: توصف بتحديد مكان الجسم وزمانه.</li> </ul>	الحركة
الكتلة ، الزمن ، المسافة ، درجة الحرارة	أمثلة للكميات العددية
الإزاحة ، السرعة ، التسارع ، القوة	أمثلة للكميات المتجهة
تُمثل بسهم: ذيله يشير لموقع بداية الحركة ، رأسه يشير لموقع نهاية الحركة ، طوله يمثل مقدار المسافة المقطوعة	تمثيل الإزاحة
<ul style="list-style-type: none"> <li>عبارة عن بياني لمتغيري الموقع والزمن لجسم بحيث تكون إحداثيات الزمن على المحور الأفقي x بينما إحداثيات الموقع على المحور الرأسي y .</li> <li>فوائده: يمكن بواسطته تحديد موضع الجسم عند أي زمن ، وقيمة الزمن عند أي موضع.</li> </ul>	منحنى (الموقع - الزمن)
الكلمات ، الصور « التمثيل التصويري » ، مخططات الحركة ، جداول البيانات ، منحنيات (الموقع - الزمن)	التمثيلات المتكافئة
السرعة المتجهة المتوسطة تساوي ميل الخط البياني في منحنى (الموقع - الزمن)	السرعة المتجهة المتوسطة

أهمية منحنى الموقع

و الزمن

طرق وصف الحركة

نوعا السرعة المتجهة

يوضح البيانات والعلاقات ، نحسب منه قيمة الزمن عند أي موضع ، نحسب

موضع الجسم عند أي زمن

الكلمات والصور ، جداول البيانات ، مخطط الحركة ، منحنى الموقع والزمن

السرعة المتجهة المتوسطة ، السرعة المتجهة اللحظية



## الفصل الثالث: الحركة المتسارعة

### أهم التعريفات ونصوص القوانين

المعدل الزمني للتغير في السرعة	التسارع « العجلة »
معدل التغير المنتظم في سرعة الجسم	التسارع المنتظم
التغير في السرعة خلال فترة زمنية مقسوماً على هذه الفترة	التسارع المتوسط
التغير في السرعة عند لحظة زمنية محددة	التسارع اللحظي
حركة الأجسام تحت تأثير الجاذبية الأرضية فقط وإهمال تأثير مقاومة الهواء	السقوط الحر
تسارع جسم يسقط سقوطاً حراً نتيجة تأثير جاذبية الأرض عليه	التسارع في مجال الجاذبية الأرضية

### أهم المعادلات الرياضية

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

$\Delta t$ التغير في الزمن [s]	$\Delta v$ التغير في السرعة [m/s]	
$t_f$ الزمن النهائي [s]	$v_f$ متجه السرعة النهائي [m/s]	$\bar{a}$ التسارع المتوسط [m/s <sup>2</sup> ]
$t_i$ الزمن الابتدائي [s]	$v_i$ متجه السرعة الابتدائي [m/s]	

معادلات الحركة في مجال الجاذبية الأرضية ..

$$\begin{aligned} v_f &= v_i + g \Delta t \\ d_f &= d_i + v_i t_i + \frac{1}{2} g t_f^2 \\ v_f^2 &= v_i^2 + 2g(d_f - d_i) \end{aligned}$$

معادلات الحركة بتسارع منتظم ..

$$\begin{aligned} v_f &= v_i + \bar{a} \Delta t \\ d_f &= d_i + v_i t_i + \frac{1}{2} \bar{a} t_f^2 \\ v_f^2 &= v_i^2 + 2\bar{a}(d_f - d_i) \end{aligned}$$

$d_f$ متجه الموقع النهائي [m]	$\Delta t$ التغير في الزمن [s]	$v_f$ متجه السرعة النهائي [m/s]
$d_i$ متجه الموقع الابتدائي [m]	$t_f$ الزمن النهائي [s]	$v_i$ متجه السرعة الابتدائي [m/s]
$g$ تسارع الجاذبية [m/s <sup>2</sup> ]	$t_i$ الزمن الابتدائي [s]	$\bar{a}$ التسارع المتوسط [m/s <sup>2</sup> ]

### تعليقات

عندما يكون الجسم المقذوف لأعلى عند أقصى ارتفاع فإن تسارعه لا يساوي الصفر لأن تسارعه لو كان يساوي الصفر لما عاد مرة أخرى إلى أسفل



- مؤشرات تدل على وجود التسارع: التغير في أطوال المسافات بين نقاط النموذج الجسيمي النقطي ، وجود فرق بين أطوال متجهات السرعة.
- مقدار التسارع: التسارع يساوي ميل الخط البياني في منحني (السرعة المتجهة - الزمن).
- تنبيه: عندما يكون التسارع منتظماً فإن التسارع المتوسط يكون هو التسارع اللحظي.
- إشارة التسارع:

التسارع

- |   |   |
|---|---|
| + | اتجاه متجه التسارع في الاتجاه الموجب للحركة « سرعة الجسم تزداد »  |
| - | اتجاه متجه التسارع في الاتجاه السالب للحركة « سرعة الجسم تتباطأ » |

- إذا بدأ الجسم حركته من السكون فإن  $v_i = 0$ .
- إذا توقف الجسم في نهاية الحركة فإن  $v_f = 0$ .

تنبيهات على  
معادلات الحركة

- |   |  |
|---|--|
| + | عندما يسقط الجسم باتجاه الأرض « السرعة تزداد » |
| - | عندما يقذف الجسم لأعلى « السرعة تتناقص »       |

إشارة التسارع في  
مجال الجاذبية الأرضية  
g

- في حالة السقوط الحر: السرعة الابتدائية للجسم  $v_i = 0$ .
- في حالة جسم يُقذف لأعلى: سرعة الجسم عند أقصى ارتفاع  $v_f = 0$ .

تنبيهات على  
السقوط الحر



## الفصل الرابع: القوى في بعد واحد

### أهم التعريفات ونصوص القوانين

القوة	كمية متجهة تؤثر في الأجسام فتكسبها تسارعاً
قوى التلامس	قوة تتولد عندما يلامس جسم من المحيط الخارجي النظام ويؤثر فيه
قوى المجال	قوة تؤثر في الأجسام بغض النظر عن وجود تلامس أم لا
مخطط الجسم الحر	نموذج فيزيائي يمثل القوى المؤثرة في جسم ما واتجاهها
النيوتن	القوة التي إذا أثرت في جسم كتلته 1 Kg أكسبته تسارعاً مقداره $1 \text{ m/s}^2$
القوة المحصلة	قوة تعمل عمل مجموعة من القوى مقداراً واتجهاً
قانون نيوتن الثاني	تسارع الجسم يساوي محصلة القوى المؤثرة عليه مقسوماً على كتلة الجسم
قانون نيوتن الأول	يبقى الجسم على حالته من حيث السكون أو الحركة المنتظمة على خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة محصلة تغير من حالته
القصور الذاتي لجسم	ممانعة الجسم لأي تغيير في حالته من حيث السكون أو الحركة
الاتزان	حالة الجسم عندما تكون محصلة القوى المؤثرة عليه مساوية للصفر
الوزن	قوة جذب الأرض للجسم
الوزن الحقيقي	قراءة الميزان عندما تكون القوة الوحيدة المؤثرة على الجسم ناتجة عن نابض الميزان ، واتجاهها إلى أعلى
الوزن الظاهري	قراءة الميزان عند وجود قوى أخرى تؤثر على الجسم
القوة المعيقة	قوة الممانعة التي يؤثر بها مائع على جسم يتحرك خلاله
السرعة الحدية	السرعة المنتظمة النهائية التي يسقط بها جسم في مائع عندما تتساوى القوة المعيقة مع قوة الجاذبية
زوج التأثير المتبادل	قوتان متساويتا المقدار و متعاكستا الاتجاه
قانون نيوتن الثالث	القوة التي يؤثر بها A على B تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة التي يؤثر بها B على A
قوة الشد في الحبل	القوة التي يؤثر بها خيط أو حبل على جسم متصل به
القوة العمودية	قوة تلامس يؤثر بها سطح على جسم آخر



## أهم المعادلات الرياضية

العلاقة بين القوة والتسارع ..	$F = ma$	F محصلة القوة [N] m الكتلة [Kg] a التسارع [m/s <sup>2</sup> ]
قانون نيوتن الثاني ..	$a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$	F <sub>المحصلة</sub> القوة المحصلة [N] m الكتلة [Kg] a التسارع [m/s <sup>2</sup> ]
وزن الجسم ..	$F_g = mg$	F <sub>g</sub> قوة الوزن [N] m الكتلة [Kg] g تسارع الجاذبية [m/s <sup>2</sup> ]
قانون نيوتن الثالث ..	$F_{A \text{ على } B} = -F_{B \text{ على } A}$	F <sub>A على B</sub> القوة التي يؤثر بها A على B F <sub>B على A</sub> القوة التي يؤثر بها B على A

## تعليقات

تتغير أوزان الأجسام بتغير المكان بسبب تغير تسارع الجاذبية  
في زوج التأثير المتبادل لا يحدث اتزان بين القوتين « لا تلغي إحداها الأخرى » لأن القوتين تؤثران على  
جسمين مختلفين

## معلومات أخرى مهمة

- من أمثلتها: قوة الدفع ، قوة السحب.
- عندما تؤثر قوة على جسم فإن الجسم يسمى النظام ، أما القوة وجميع ما يحيط بالنظام فيسمى المحيط الخارجي.
- أنواع القوى: قوى تلامس مثل يد تحمل كتاباً ، وقوى مجال مثل القوة المغناطيسية وقوة الجاذبية.
- القوة المحصلة تساوي ناتج جمع متجهات جميع القوى المؤثرة على الجسم.
- عندما تؤثر قوة F على جسم كتلته m وتسبب تغير موقعه فإنه يكتسب تسارعاً a يزداد بزيادة القوة « علاقة طردية »

### أساسيات عن القوى

### العلاقة بين القوة والتسارع



- القوة المحصلة تساوي ناتج جمع متجهات جميع القوى المؤثرة على الجسم.
- حساب القوة المحصلة في بعض الحالات:

وصف حالة القوى	قيمة المحصلة
قوتان متساويتان وفي اتجاهين متعاكسين	صفر
قوتان متساويتان وفي نفس الاتجاه	مجموع القوتين
قوتان غير متساويتين و في اتجاهين متعاكسين	الفرق بين القوتين

$$N/kg = \frac{N}{kg} = \frac{\text{وحدة قياس القوة}}{\text{وحدة قياس الكتلة}} = \text{وحدة قياس التسارع}$$

إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة على الجسم تساوي صفراً

الجسم ساكناً يميل إلى البقاء ساكناً، والجسم المتحرك بسرعة متجهة ثابتة يميل إلى البقاء متحركاً بسرعة نفسها وفي الاتجاه نفسه

- إذا كان الجسم ساكناً.
- إذا كان الجسم متحركاً بسرعة منتظمة.

- قوة الاحتكاك  $F_f$  : قوة تلامس موازية للسطح ومعاكسة لاتجاه الحركة الانزلاقية.

- القوة العمودية  $F_N$  : قوة تلامس يؤثر بها سطح على جسم ما باتجاه عمودي على السطح والجسم.

- قوة النابض  $F_{sp}$  : قوة استرداد يؤثر بها نابض على جسم ما، واتجاهها عكس اتجاه إزاحة الجسم.

- قوة الشد  $F_T$  : قوة يؤثر بها خيط أو حبل على جسم متصل به، واتجاهها مواز للخيط أو الحبل مبتعدة عن الجسم.

- قوة الدفع  $F_{Thrust}$  : القوى التي تحرك أجساماً مثل الصاروخ والطائرة والسيارة باتجاه تسارع الجسم عند إهمال المقاومة.

- الوزن  $F_g$  : قوة مجال تنتج عن الجاذبية الأرضية، واتجاهها نحو الأسفل باتجاه مركز الأرض.

القوة المحصلة

فائدة من قانون نيوتن الثاني

متى يُطبق قانون نيوتن الأول؟

القصور الذاتي

متى يكون الجسم متزنًا؟

بعض أنواع القوى



## الوزن

- العوامل المؤثرة على الوزن: كتلة الجسم ، تسارع الجاذبية.
- أداة قياسه: الميزان ذو النابض.

## علاقة الوزن الحقيقي بالوزن الظاهري

الوزن الظاهري يساوي الوزن الحقيقي	إذا كان الجسم ساكناً أو متحركاً بسرعة منتظمة
الوزن الظاهري أكبر من الوزن الحقيقي	إذا كان الجسم يتسارع لأعلى
الوزن الظاهري أقل من الوزن الحقيقي	إذا كان الجسم يتسارع لأسفل

## العوامل المؤثرة في القوة المعيقة

## العوامل المؤثرة في السرعة الحدية

## خصائص زوج قوى التأثير المتبادل

## جسم معلق في حبل

## علاقة القوة العمودية

## بوزن الجسم

سرعة الجسم ، خصائص الجسم: مثل كتلته وحجمه ، خصائص المائع: مثل لزوجته ودرجة حرارته

- مساحة سطح الجسم.
- القوة المعيقة للجسم.

- لا تظهر إحداها دون الأخرى.
- لا تلغي إحداها الأخرى.

- وزن الجسم لأسفل = قوة الشد في الحبل لأعلى.
- قوة الشد أسفل أي نقطة في الحبل = قوة الشد أعلى هذه النقطة.

القوة العمودية تساوي وزن الجسم

القوة العمودية أقل من وزن الجسم	عندما تؤثر على الجسم بقوة شد لأعلى
القوة العمودية أكبر من وزن الجسم	عندما تضغط على الجسم لأسفل



## الفصل الخامس: القوى في بُعدين

### أهم التعريفات ونصوص القوانين

كميات فيزيائية يتطلب تعيينها تحديد مقدارها واتجاهها	الكميات المتجهة
إذا كانت الزاوية بين متجهين A و B قائمة فإن مجموع مربعي مقداري المتجهين يساوي مربع مقدار المتجه المحصل R	نظرية فيثاغورس
مربع مقدار المتجه المحصل لمتجهين يساوي مجموع مربعي مقداري المتجهين مطروحاً منه ضعف حاصل ضرب مقداريهما مضروباً في جيب تمام الزاوية التي بينهما	قانون جيب التمام
مقدار محصلة متجهين مقسوماً على جيب الزاوية بينهما يساوي مقدار أحد المتجهين مقسوماً على جيب الزاوية التي تقابله	قانون الجيب
يشبه وضع شبكة مرسومة على شريحة شفافة فوق الرسم التخطيطي للمسألة عبارة عن متجهين يُسقطان على المحاور	النظام الإحداثي
عملية تجزئة المتجه إلى مركباته في اتجاه محور x ومحور y	مركبتا المتجه
الزاوية التي يصنعها المتجه مع محور x مقيسة في اتجاه عكس عقارب الساعة	تحليل المتجه
الظل العكسي لخارج قسمة المركبة y على المركبة x للمتجه المحصل	اتجاه المتجه
قوة تمنع حركة الأجسام أو تجعلها تتوقف عن الحركة	زاوية المتجه المحصل
قوة تؤثر في السطح بواسطة سطح آخر عندما لا تكون هناك حركة بينهما	الاحتكاك
قوة تؤثر في السطح عندما يتحرك ملامساً لسطح آخر	احتكاك سكوني
يتزن جسم عندما تكون محصلة القوى المؤثرة فيه صفراً	احتكاك حركي
القوة التي تجعل الجسم متزنًا	الاتزان
	القوة الموازنة

### أهم المعادلات الرياضية

قانون الجيب	قانون جيب التمام	نظرية فيثاغورس
$\frac{R}{\sin \theta} = \frac{A}{\sin a} = \frac{B}{\sin b}$	$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cos \theta$	$R^2 = A^2 + B^2$



## زاوية المتجه المحصل

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{R_y}{R_x} \right)$$

## مركبتا المتجه

$$A_x = A \cos \theta$$

$$A_y = A \sin \theta$$

$f_k$  قوة الاحتكاك الحركي [N]

$\mu_k$  معامل الاحتكاك الحركي

$F_N$  القوة العمودية [N]

قوة الاحتكاك الحركي ..

$$f_k = \mu_k F_N$$

$f_s$  قوة الاحتكاك السكوني [N]

$\mu_s$  معامل الاحتكاك السكوني

$F_N$  القوة العمودية [N]

قوة الاحتكاك السكوني ..

$$f_s \leq \mu_s F_N$$

$\mu_s F_N$  قوة الاحتكاك السكوني القصوى [N]

$F_{gx}$  مركبة الوزن الموازية للسطح [N]

$F_{gy}$  مركبة الوزن العمودية على السطح [N]

$F_g$  وزن الجسم [N]

مركبتا الوزن لجسم على مستوى مائل ..

$$F_{gx} = F_g \sin \theta$$

$$F_{gy} = F_g \cos \theta$$

$a_y$  مركبة التسارع في اتجاه محور y [m/s<sup>2</sup>]

$a_x$  مركبة التسارع في اتجاه محور x [m/s<sup>2</sup>]

$g$  تسارع الجاذبية [m/s<sup>2</sup>]

$\mu_k$  معامل الاحتكاك الحركي

مركبتا التسارع لجسم على مستوى مائل ..

$$a_y = 0$$

$$a_x = g(\sin \theta - \mu_k \cos \theta)$$

## تعليلات

عند نقل متجه فإنه لا يتغير لأن طول المتجه واتجاهه لم يتغيرا

معادلة الاحتكاك الحركي ومعادلة الاحتكاك السكوني تحوي مقادير القوى فقط لأن الزاوية بين القوتين  $F_N$  و  $f$  قائمة

## معلومات أخرى مهمة

- (١) نضع ذيل أحد المتجهين على رأس المتجه الآخر.
- (٢) نرسم المتجه المحصل بتوصيل ذيل المتجه الأول مع رأس المتجه الثاني.
- (٣) نقيس مقدار المتجه المحصل بالمسطرة؛ ونحدد اتجاهه بالمنقلة.

خطوات جمع  
المتجهات في بُعدين



<ul style="list-style-type: none"> <li>• محور <math>x</math> الموجب: يُمثل بسهم يمر بنقطة الأصل ويشير إلى الاتجاه الموجب.</li> <li>• محور <math>y</math> الموجب: يُمثل بسهم يصنع زاوية <math>90^\circ</math> في عكس اتجاه عقارب الساعة من محور <math>x</math>.</li> <li>• يتقاطع محور <math>x</math> مع محور <math>y</math> في نقطة الأصل.</li> </ul>	المحاور في النظام الإحداثي
<ul style="list-style-type: none"> <li>• تعتمد إشارة مركبة المتجه على الربع الذي تقع فيه.</li> <li>• إذا كانت الزاوية التي يصنعها المتجه مع محور <math>x</math> الموجب أكبر من <math>90^\circ</math> فإن إشارة إحدى المركبتين أو كليهما تكون سالبة.</li> </ul>	إشارة مركبة المتجه
<ol style="list-style-type: none"> <li>(١) نحلل كل متجه إلى مركبتيه على محوري <math>x</math> ، <math>y</math>.</li> <li>(٢) نجمع المركبات الأفقية ؛ لإيجاد المركبة الأفقية للمحصلة <math>R_x</math>.</li> <li>(٣) نجمع المركبات الرأسية ؛ لإيجاد المركبة الرأسية للمحصلة <math>R_y</math>.</li> <li>(٤) نحسب مقدار المتجه المحصل <math>R</math> باستعمال نظرية فيثاغورس.</li> </ol>	خطوات جمع المتجهات جبرياً
<p>نحتاج إليه عند بدء حركة السيارة أو الدراجة وعند وقوفنا عندما تصبح القوة المؤثرة على جسم أكبر من قيمته القصوى يتحرك الجسم ويبدأ الاحتكاك الحركي في التأثير بدلاً من الاحتكاك السكوني</p> <p>قوة الاحتكاك الحركي تتناسب طردياً مع القوة العمودية « تزيد قوة الاحتكاك الحركي بزيادة القوة العمودية »</p>	<p>من فوائده الاحتكاك الاحتكاك السكوني له قيمة قصوى علاقة قوة الاحتكاك مع القوة العمودية</p>
<p>ميل الخط المستقيم الممثل للعلاقة البيانية بين قوة الاحتكاك الحركي والقوة العمودية</p> <p>تعتمد - بشكل أساسي - على المواد التي تتكون منها السطوح</p>	<p>معامل الاحتكاك الحركي قوة الاحتكاك</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• جسم ساكن.</li> <li>• جسم متحرك بسرعة ثابتة في خط مستقيم.</li> </ul> <p>القوة الموازنة تساوي القوة المحصلة في المقدار وتعاكسها في الاتجاه</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(١) قوة الجاذبية الأرضية: تؤثر نحو الأسفل في اتجاه مركز الأرض.</li> <li>(٢) القوة العمودية: تؤثر في اتجاه عمودي على السطح في اتجاه محور <math>+y</math>.</li> <li>(٣) قوة الاحتكاك: تؤثر في عكس اتجاه حركة الجسم.</li> </ol> <p>له مركبة وزن « أصغر من وزنه » في اتجاه يوازي السطح تجعل الجسم يتسارع في اتجاه أسفل السطح</p>	<p>حالات الاتزان إيجاد القوة الموازنة القوى المؤثرة في حركة جسم على مستوى مائل الجسم الموجود على سطح مائل</p>



## الفصل السادس: الحركة في بُعدين

### أهم التعريفات ونصوص القوانين

المقذوف	الجسم الذي يطلق في الهواء
المسار	حركة الجسم المقذوف في الهواء
المدى الأفقي	المسافة الأفقية التي يقطعها المقذوف
زمن التحليق	الزمن الذي يقضيه المقذوف في الهواء
الحركة الدائرية	حركة جسم أو جسيم بسرعة ثابتة المقدار حول دائرة نصف قطرها ثابت
متجه الموقع	متجه إزاحة ذيله عند نقطة الأصل
التسارع المركزي	تسارع جسم يتحرك حركة دائرية بسرعة ثابتة المقدار ويكون في اتجاه مركز الدائرة التي يتحرك فيها الجسم
الزمن الدوري للحركة الدائرية	الزمن اللازم للجسم لإكمال دورة كاملة
القوة المركزية	محصلة القوى التي تؤثر نحو مركز الدائرة والتي تسبب التسارع المركزي للجسم
القوة الطاردة المركزية	قوة وهمية يبدو أنها تسحب الجسم المتحرك بسرعة دائرية ثابتة
السرعة النسبية	سرعة الجسم $a$ بالنسبة للجسم $c$ هي حاصل الجمع الاتجاهي لسرعة الجسم $a$ بالنسبة للجسم $b$ ثم سرعة الجسم $b$ بالنسبة للجسم $c$

### أهم المعادلات الرياضية

السرعة المتجهة المتوسطة في الحركة الدائرية ..	$\bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t}$
التسارع المتوسط في الحركة الدائرية ..	$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
القوة المركزية ..	$F_{محصلة} = ma_c$
$\bar{v}$ السرعة المتجهة المتوسطة [m/s]	
$\Delta r$ متجه الإزاحة [m]	
$\Delta t$ التغير في الزمن [s]	
$\bar{a}$ تسارع الجسم [m/s <sup>2</sup> ]	
$\Delta v$ متجه السرعة المتوسطة [m/s]	
$\Delta t$ التغير في الزمن [s]	
$m$ كتلة الجسم [kg]	
$a_c$ التسارع المركزي [m/s <sup>2</sup> ]	



التسارع المركزي ..

$a_c$  التسارع المركزي  $[m/s^2]$

$v$  مقدار السرعة  $[m/s]$

$r$  نصف قطر دائرة الحركة  $[m]$

$T$  الزمن الدوري  $[s]$

$$a_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$
$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

السرعة النسبية ..

$v_{a/c}$  سرعة الجسم  $a$  بالنسبة للجسم  $c$   $[m/s]$

$v_{a/b}$  سرعة الجسم  $a$  بالنسبة للجسم  $b$   $[m/s]$

$v_{b/c}$  سرعة الجسم  $b$  بالنسبة للجسم  $c$   $[m/s]$

$$v_{a/c} = v_{a/b} + v_{b/c}$$

## تعليقات

في حركة المقذوفات تظل السرعة الأفقية ثابتة لعدم وجود قوى تؤثر عليه في هذا الاتجاه

في حركة المقذوفات تتغير السرعة الرأسية بانتظام بسبب قوة الجاذبية الأرضية

إذا أهملنا مقاومة الهواء فلن يكون للمركبة الأفقية لحركة المقذوفات تسارع لأن سرعتها ثابتة لا تتغير

عند أقصى ارتفاع يصل إليه المقذوف تكون له سرعة أفقية فقط لأن سرعته الرأسية تساوي صفراً

يتسارع الجسم الذي يتحرك بسرعة ثابتة المقدار في مسار دائري لأن اتجاه السرعة يتغير

التسارع المركزي يسمى بهذا الاسم لأن اتجاهه دائماً يشير دائماً إلى مركز الدائرة

عندما تنعطف سيارة فجأة نحو اليسار فإن الراكب سيندفع نحو باب السيارة الأيمن لأن الراكب سيستمر في

الحركة ولا ينعطف حيث لم تؤثر فيه قوة

## معلومات أخرى مهمة

شكل حركة المقذوف

مكونات حركة المقذوف

مركبتا التسارع لحركة

المقذوف

السرعة المتجهة الكلية

للمقذوف

الزمن في المقذوفات

يتحرك المقذوف في مسار منحنٍ أو على شكل قطع مكافئ

حركة أفقية ، حركة رأسية

(١) الحركة الأفقية للمقذوف تسارعها صفراً إذا أهملنا مقاومة الهواء.

(٢) الحركة الرأسية للمقذوف لها تسارع ثابت هو تسارع الجاذبية الأرضية  $g$ .

إذا جمعنا السرعة الأفقية والرأسية للمقذوف فإنهما تشكلان السرعة المتجهة الكلية

الزمن منذ انطلاق المقذوف حتى اصطدامه بالهدف هو نفسه للحركتين الأفقية

والرأسية



مركبتا سرعتها	مركبة أفقية ، مركبة رأسية
المقذوفات التي تُطلق بزاوية	<ul style="list-style-type: none"> <li>المرحلة الأولى: يرتفع الجسم المقذوف بسرعة تتناقص حتى يصل إلى أقصى ارتفاع له.</li> <li>المرحلة الثانية: يأخذ الجسم المقذوف في السقوط بسرعة متزايدة.</li> </ul>
عند كل نقطة في الاتجاه الرأسي	مقدار السرعة أثناء الصعود = مقدار السرعة أثناء النزول

(١) نحسب السرعة الابتدائية على المحور y باستعمال العلاقة ..

$$v_{yi} = v_i \sin \theta$$

(٢) نحسب زمن الصعود لأقصى ارتفاع باستعمال العلاقة ..

$$t = \frac{v_{yi}}{g}$$

(٣) نحسب أقصى ارتفاع باستعمال المعادلة ..

$$y_{\max} = v_{yi} t + \frac{1}{2} g t^2$$

(١) نحسب مركبتي السرعة على المحورين x و y ..

$$v_x = v_i \cos \theta \quad v_{yi} = v_i \sin \theta$$

(٢) نحسب زمن الصعود لأقصى ارتفاع باستعمال العلاقة ..

$$t = \frac{v_{yi}}{g}$$

(٣) نحسب المدى الأفقي باستعمال العلاقة ..

$$R = 2v_x t$$

التواءات على سطح كرة الجولف تقلل مقاومة الهواء فيزيد المدى الأفقي  
اتجاه التغير في السرعة يكون في اتجاه مركز الدائرة؛ لذا فإن اتجاه التسارع يشير نحو  
مركز الدائرة

القوة المسببة لدوران الأرض حول الشمس

خطوات حساب أقصى ارتفاع في المقذوفات

خطوات حساب المدى الأفقي في المقذوفات

تطبيق في كرة الجولف

اتجاه التسارع المركزي

من أمثلة القوة المركزية



(١) عند حل مسائل الحركة الدائرية نختار محورين ، أحدهما: في اتجاه التسارع  
« في اتجاه مركز الدائرة » ويسمى المحور c أي مركزي ، والآخر: في اتجاه  
السرعة المماسية للدائرة ويسمى tang أي مماسي.

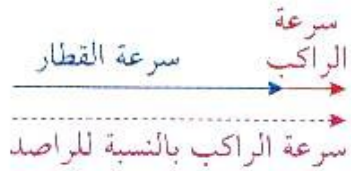
(٢) تُعدّ هذه الحركة في بُعدين لذا تُطبق قانون نيوتن الثاني.

(١) راصد ساكن يرصد قطاراً يتحرك بسرعة 20 m/s فيه راكب ساكن ..

• سرعة الراكب بالنسبة للراصد = سرعة القطار = 20 m/s .

• سرعة الراكب بالنسبة للقطار = صفر.

(٢) راصد ساكن يرصد قطاراً يتحرك بسرعة 20 m/s فيه راكب يتحرك نحو مقدمة القطار  
بسرعة 1 m/s ..



سرعة الراكب بالنسبة للراصد = سرعة الراكب + سرعة القطار = 21 m/s

(٣) راصد ساكن يرصد قطاراً يتحرك بسرعة 20 m/s فيه راكب يتحرك نحو مؤخرة القطار  
بسرعة 1 m/s ..



سرعة الراكب بالنسبة للراصد = سرعة القطار - سرعة الراكب = 19 m/s

للوصول إلى هدفهم يأخذ الملاحون الجويون بعين الاعتبار سرعتهم بالنسبة للهواء  
واتجاهها وكذلك سرعة الرياح واتجاهها لذلك يُطبق مبدأ جمع السرعات النسبية  
في بعدين

تنبيهات حل مسائل  
الحركة الدائرية

أمثلة توضيحية للسرعة  
النسبية

تطبيق على السرعة  
النسبية



## الفصل السابع: الجاذبية

### أهم التعريفات ونصوص القوانين

الكواكب تتحرك في مدارات إهليلجية وتكون الشمس في إحدى البؤرتين  
الخط الوهمي من الشمس إلى الكواكب يمسح مساحات متساوية في فترات زمنية  
متساوية

مربع نسبة الزمن الدوري لأي كوكبين يساوي مكعب النسبة بين متوسط  
بُعديهما عن الشمس

الأجسام تجذب أجساماً أخرى بقوة تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتلتها  
وعكسياً مع مربع المسافة بين مراكزها

الزمن اللازم لدوران الكوكب دورة كاملة حول الشمس

معدل زيادة سرعة الأجسام عندما تسقط سقوطاً حراً نحو الأرض

قوة جذب الأرض للجسم

حالة يكون فيها الوزن الظاهري للجسم صفراً وتدعى « zero-g »

التأثير المحيط بجسم له كتلة، ويساوي ثابت الجذب الكوني مضروباً في كتلة  
الجسم ومقسوماً على مربع البعد عن مركز الجسم

ميل المنحنى في الرسم البياني للقوة - التسارع

نسبة مقدار القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما إلى مقدار تسارعه

تُحدد مقدار قوة الجاذبية بين جسمين

فرضية لنيوتن يوضح فيها أن كتلة القصور وكتلة الجاذبية متساويتان في المقدار

القانون الأول لكبلر

القانون الثاني لكبلر

القانون الثالث لكبلر

قانون الجذب الكوني

الزمن الدوري لكوكب

تسارع الأجسام الناشئ

عن الجاذبية الأرضية

الوزن

انعدام الوزن

مجال الجاذبية

الكتلة

كتلة القصور

كتلة الجاذبية

مبدأ التكافؤ

### أهم المعادلات الرياضية

$T_A$  الزمن الدوري للجسم A [يوم]

$T_B$  الزمن الدوري للجسم B [يوم]

$r_A$  بعد الكوكب A عن الشمس [وحدة فلكية]

$r_B$  بعد الكوكب B عن الشمس [وحدة فلكية]

القانون الثالث لكبلر ..

$$\left(\frac{r_A}{r_B}\right)^3 = \left(\frac{T_A}{T_B}\right)^2$$



F قوة الجاذبية [N]

G ثابت الجذب الكوني [N.m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>]

m<sub>1</sub> كتلة الجسم الأول [kg]

m<sub>2</sub> كتلة الجسم الثاني [kg]

r المسافة بين مركزي الجسمين [m]

T الزمن الدوري لكوكب يدور حول الشمس [s]

r نصف قطر مدار الكوكب [m]

G ثابت الجذب الكوني [N.m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>]

m<sub>s</sub> كتلة الشمس [kg]

m<sub>E</sub> كتلة الأرض [kg]

g تسارع الجاذبية [m/s<sup>2</sup>]

r<sub>E</sub> نصف قطر الأرض [m]

G ثابت الجذب الكوني [N.m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>]

v سرعة القمر [m/s]

G ثابت الجذب الكوني [N.m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>]

m<sub>E</sub> كتلة الأرض [kg]

r نصف قطر المدار [m]

T الزمن الدوري للقمر الاصطناعي [m/s]

G ثابت الجذب الكوني [N.m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>]

m<sub>E</sub> كتلة الأرض [kg]

r نصف قطر المدار [m]

r نصف قطر المدار [m]

h ارتفاع القمر عن سطح الأرض [m]

r<sub>E</sub> نصف قطر الأرض [m]

قانون الجذب الكوني ..

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

الزمن الدوري لكوكب ..

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{Gm_s}}$$

$$m_E = \frac{gr_E^2}{G}$$

$$g = \frac{Gm_E}{r_E^2}$$

سرعة القمر الاصطناعي ..

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

الزمن الدوري ..

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{Gm_E}}$$

قانون مساعد ..

$$r = h + r_E$$



**a** تسارع الجسم الناشئ عن الجاذبية الأرضية  $[m/s^2]$

**g** تسارع الجاذبية الأرضية  $[m/s^2]$

$r_E$  نصف قطر الأرض  $[m]$

$r$  بُعد الجسم عن مركز الأرض  $[m]$

**g** مجال الجاذبية  $[m/s^2]$

**G** ثابت الجذب الكوني  $[N \cdot m^2/kg^2]$

**M** كتلة الجسم المسبب للمجال  $[kg]$

$r$  البعد عن مركز الجسم  $[m]$

**g** مجال الجاذبية  $[N/kg]$

**F** القوة المؤثرة على جسم في مجال الجاذبية  $[N]$

$m$  كتلة الجسم الموضوع في المجال  $[kg]$

$m$  كتلة القصور  $[kg]$

**F** القوة المحصلة  $[N]$

**a** التسارع  $[m/s^2]$

$m_{\text{الجاذبية}}$  كتلة الجاذبية لجسم  $[kg]$

$m$  كتلة الجسم الثاني  $[kg]$

$r$  المسافة بين الجسمين  $[m]$

**F** قوة الجاذبية بين الجسمين  $[N]$

**G** ثابت الجذب الكوني  $[N \cdot m^2/kg^2]$

تسارع الأجسام الناشئ عن الجاذبية الأرضية ..

$$a = g \left( \frac{r_E}{r} \right)^2$$

مجال الجاذبية ..

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

شدة مجال الجاذبية ..

$$g = \frac{F}{m}$$

كتلة القصور ..

$$m_{\text{القصور}} = \frac{F_{\text{حملة}}}{a}$$

كتلة الجاذبية ..

$$m_{\text{الجاذبية}} = \frac{r^2 F_{\text{الجاذبية}}}{Gm}$$

## تعليلات

إذا زادت إحدى كتلي جسمين إلى الضعف فإن قوة التجاذب بينهما تزيد إلى الضعف لأن قوة التجاذب تتناسب طردياً مع الكتلة

إذا زادت المسافة بين مركزي الجسمين إلى الضعف نقصت قوة التجاذب بينهما إلى الربع لأن قوة التجاذب تتناسب عكسياً مع مربع المسافة

تجربة كافندش تسمى تجربة إيجاد وزن الأرض لأنها ساعدت على حساب كتلة الأرض  
لا تظهر قوة التجاذب بين الأجسام التي نشاهدها في حياتنا اليومية لصغر كتلتها



لاحظ العلماء أن مدار كوكب أورانوس الذي تم حسابه بواسطة قانون الجاذبية لا يتفق مع المدار الفعلي لهذا الكوكب بسبب وجود كوكب نبتون الذي يجذب أورانوس بالإضافة إلى جذب الشمس له القمر الاصطناعي يبدو لمراقب على سطح الأرض كأنه فوق بقعة معينة لا يتحرك لأن السرعة المدارية للقمر الاصطناعي تتفق مع معدل دوران الأرض

رواد الفضاء في المركبات الفضائية يبدون عديمي الوزن رغم أنهم يتعرضون للجاذبية الأرضية لأنهم يتسارعون بنفس تسارع حركة المكوك مما يجعل وزنهم الظاهري يساوي صفراً فيشعرون بانعدام وزنهم تُعدّ كتلة القصور مقياساً لممانعة أو مقاومة الجسم لأي نوع من أنواع القوى المؤثرة فيه لأنه كلما كانت كتلة الجسم أكبر كان الجسم أقل تأثراً بأي قوة وكان تسارعه أصغر

## معلومات أخرى مهمة

قديماً	كان يُعتقد أن الشمس والقمر والكواكب والنجوم تدور كلها حول الأرض
العالم كوبرنيكس	بيّن أن حركة الكواكب يمكن فهمها بصورة أفضل إذا افترضنا أن الأرض وغيرها من الكواكب تدور حول الشمس

### حركة الكواكب

- المجموعة الأولى: زمنها الدوري أكبر من 200 سنة مثل المذنب هال - بوب الذي زمنه الدوري 2400 سنة.
- المجموعة الثانية: زمنها الدوري أقل من 200 سنة مثل: المذنب هالي الذي زمنه الدوري 76 سنة.

### أقسام المذنبات حسب زمنها الدوري

تتحرك الكواكب بسرعة أكبر عندما تكون قريبة من الشمس بينما تتحرك بسرعة أبطأ عندما تكون بعيدة عنها

### سرعة الكواكب

- مقارنة أبعاد الكواكب عن الشمس بأزمانها الدورية.
- مقارنة الأبعاد والأزمان الدورية للقمر وللأقمار الاصطناعية حول الأرض.
- القانونان الأول والثاني لكبلر يطبقان على كل كوكب على حده؛ أما القانون الثالث فيربط حركة أكثر من كوكب حول الجسم نفسه

### استعمال القانون الثالث لكبلر

### الفرق بين قوانين كبلر الثلاثة

- مربع الزمن الدوري يتناسب مع مكعب المسافة الفاصلة بين مراكز الأجسام.
- ينطبق قانون الزمن الدوري لكوكب على المدارات دائرية الشكل والمدارات الإهليلجية.

### الزمن الدوري لكوكب



صيغة نيوتن للقانون

الثالث لكبلر

استخدام تجربة

كافندش

العوامل المؤثرة على

تسارع الجاذبية

وصف حركة القمر

الاصطناعي

كتلة القمر

الاصطناعي

تسارع الجاذبية

المجال الجاذبي

للأرض

نوعا الكتلة

ميزان القصور

الميزان ذو الكفتين

علاقة الزمن الدوري لكوكب تسمى صيغة نيوتن للقانون الثالث لكبلر حيث تم

استنتاجها بالربط بين قانون الجذب الكوني وقانون كبلر الثالث

• قياس قوة الجاذبية بين جسمين.

• تحديد قيمة تجريبية لثابت الجذب الكوني  $G$ .

تسارع الجاذبية يتناسب طردياً مع كتلة الأرض وعكسياً مع مربع نصف قطرها

يدور القمر الاصطناعي على ارتفاع ثابت عن الأرض حركة دائرية منتظمة

• كلما زادت كتلة القمر الاصطناعي تطلب ذلك صاروخاً أقوى لإيصاله إلى مداره.

• سرعة القمر الاصطناعي في مداره لا تعتمد على كتلته.

كلما ابتعدنا عن الأرض فإن التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية ينقص

قيمته شدة المجال الجاذبي عند سطح الأرض تساوي  $9.8 \text{ N/kg}$

تمثيله مجموعة من المتجهات تحيط بالأرض وتشير إلى مركزها

العوامل • شدة المجال الجاذبي تتناسب عكسياً مع مربع البعد عن مركز

المؤثرة الأرض.

فيه • شدة المجال الجاذبي تعتمد على كتلة الأرض وليس على كتلة الجسم.

كتلة القصور ، كتلة الجاذبية

يستخدم في حساب كتلة القصور لجسم

يُستخدم في قياس كتلة الجاذبية لجسم ما عن طريق قياس القوة المؤثرة فيها بسبب

جاذبية الأرض