الفيزيائي المحترف

برنامج يساعدك على فهم الفيزياء بسهولة والحصول على أعلى الدرجات

إعداد: أ. خليل بن صالح بن سليمان العزري

مشرف فيزياء سابق بمحافظة الداخلية

١-٣ الطاقة وجهد الجاذبية

الفيزيائي المحترف

الفيزياء معنا سهلة وممتعة

عندما يتحرك الجسم مع مجال الجاذبية فإنه يبذل بنفسه شغلا وبالتالي تقل طاقة وضعه

محلومة مهمة

اكتب قانون حساب طاقة الوضع للجسم الساقط الذي يظهر في الصورة المقابلة

$$E_p = m\,g\,h$$

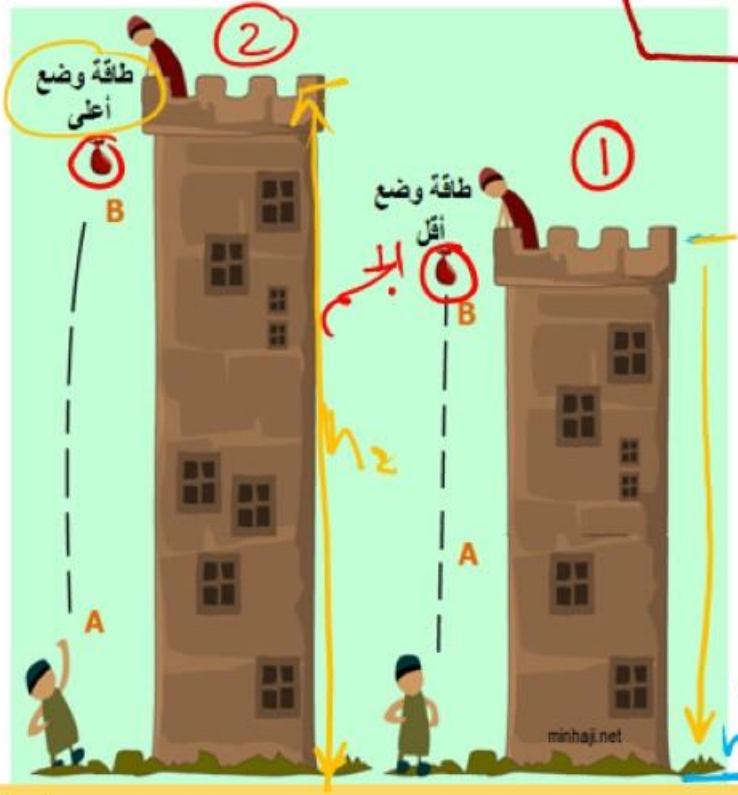
h تمثل الارتفاع عن سطح الأرض

س: ماذا يحدث لطاقة الوضع عند يقترب الجسم من سطح الأرض؟

تقل

س: عندما يسقط الجسم هل نبذل عليه شغل؟ أم بنفسه يبذل شغل؟

لا — نعم



ما هو المستوى المرجعي لحساب طاقة الوضع؟

الفيزيائي المحترف

الفيزياء معنا سهلة وممتعة

من خلال الصورة التالية كيف نستطيع تحديد المستوى المرجعي لحساب طاقة الوضع لجسم موجود بين كوكبي عطارد والزهرة؟

ما هو المستوى المرجعي لطاقة الوضع؟

هذه الطريقة كافية عندما نأخذ في الاعتبار الأجسام القريبة من سطح الأرض، ومع ذلك فنحن بحاجة إلى اتباع طريقة أعم لحساب طاقة الجاذبية وذلك لسببَين:

- إذا استخدمنا طاقة وضع الجاذبية $E_p = mg\Delta h$، فنحن نفترض أن طاقة وضع الجاذبية لجسم ما على سطح الأرض تساوي صفرًا باعتبارها المستوى المرجعي، وهذا جيد للعديد من الأغراض العملية ولكن ليس دائمًا، فعلى سبيل المثال إذا كنا نفكر في حركة الأجسام عبر الفضاء بعيدًا عن الأرض، فلا يوجد سبب يلزمنا باعتبار الأرض المستوى المرجعي دائمًا.
- إذا رفعنا جسمًا إلى ارتفاع كبير جدًا فإن (g) تقلّ وسنحتاج إلى أخذ ذلك بعين الاعتبار عند حساب طاقة وضع الجاذبية للجسم.

لهذه الأسباب نحتاج إلى إيجاد طرائق مختلفة للتفكير في طاقة وضع الجاذبية، فمثلًا نبدأ بتصوّر كتلة في اللانهاية، أي على مسافة لانهائية من جميع الكتل الأخرى، فنقول هنا إن هذه الكتلة ليس لها طاقة وضع، وهذه طريقة أفضل لتحديد قيمة الصفر لطاقة وضع الجاذبية بدلًا من استخدام سطح الأرض كمستوى مرجعي. والآن نتخيّل تحريك الكتلة إلى النقطة التي نريد أن نعرف طاقة وضع الجاذبية عندها، كما هي الحال مع رفع جسم ما عن الأرض فإننا نحدّد الشغل المبذول لتحريك الكتلة إلى النقطة، والذي يساوي الطاقة المنقولة إليها، وتسمّى طاقة وضع الجاذبية، وبهذه الطريقة نتمكن من تحديد طاقة وضع الجاذبية لكتلة معيّنة.

اللانهاية ($E_p = 0$) (المستوى المرجعي)

ثابتة

نيزك متحرك يمتلك طاقة حركة نتيجة فقد لطاقة الوضع

يتحرك الجسم مع اتجاه المجال فإنه يبذل شغلا وبالتالي تقل طاقة الوضع

① E_{p_1} كبيرة

② E_{p_2} تقل كثيرا

ما هي تحولات الطاقة في النيازك المتحركة في السماء؟

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

من خلال العلاقة التالية، استنتج العلاقة العامة لحساب طاقة الوضع العامة للأجسام البعيدة.

$$E_p = mgh$$

متغيرة لأن المسافة بعيدة جداً

المسافة من مركز الجسم المنشئ للمجال

ما هي العوامل التي تعتمد عليها طاقة الوضع؟

① M و m

② r : المسافة من مركز الجسم المنشئ للمجال.

$$E_p = -m \times G \frac{M}{r^2} \times r$$

$$E_p = -G \frac{Mm}{r}$$

المستوى المرجعي هو اللانهاية ($E_p = 0$)

لماذا طاقة الوضع للجاذبية سالبة؟

لأن الجسم يتحرك مع اتجاه مجال الجاذبية (يبذل شغلاً بنفسه)

تنبيه: لا ننسى إشارة السالبة.

الفيزيائي المحترف

الفيزياء معنا سهلة وممتعة

جهد الجاذبية

من خلال واقع الحياة، ماذا نقصد بأن شخصا قد بذل جهد ما؟

الجهد = الشغل المبذول / شيء ما

من خلال التعريف استنتج العلاقة لحساب جهد الجاذبية

جهد الجاذبية = الشغل المبذول / m

$$\phi = \frac{W}{m} = \frac{E_p\ (J)}{m\ (kg)}$$

$$\phi = -G\frac{Mm}{r^2} \Big/ m$$

$$\phi = -G\frac{M}{r^2}$$

ما هي العوامل التي يعتمد عليها جهد الجاذبية؟

① M: كتلة الجسم المنشئ للمجال.

② r: المسافة سم مركز الجسم المنشئ للمجال

تنبيه: لا ننسى إشارة السالب

عرف جهد الجاذبية

مصطلحات علمية

جهد الجاذبية

Gravitational potential:

جهد الجاذبية عند نقطة ما هو الشغل المبذول لكل وحدة كتلة لنقل كتلة نقطية من اللانهاية إلى تلك النقطة.

وحدة جهد الجاذبية $J.kg^{-1}$

الفيزيائي المحترف

الفيزياء معنا سهلة وممتعة

الجهد الجاذبي ϕ

الجهد الجاذبي عند نقطة ما في مجال جاذبي هو الشغل المبذول لنقل وحدة الكتل من اللانهاية إلى تلك النقطة

$$\phi = \frac{W}{m}$$

الجهد الجاذبي عند اللانهاية $\phi = 0$

كلما اقترب الجسم من سطح الجسم المنشئ للمجال قلّ جهد الجاذبية يقل

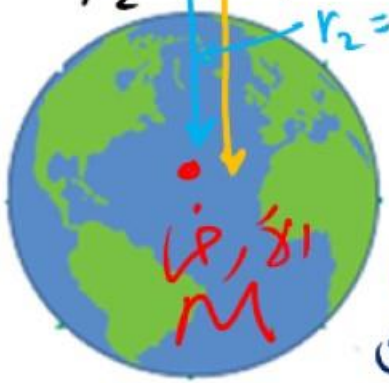
كلما صعدنا إلى أعلى فإن طاقة الوضع للجسم تزداد

كلما صعدنا فإن جهد الجاذبية يزداد

الجاذبية $E_p = 0$

عند الاقتراب من سطح الجسم المنشئ للمجال تقل طاقة الوضع

$E_{P_2} < E_{P_1}$



① نقطة أو موضع $r_1 = 40\ km$

② موضع $r_2 = 20\ km$

$\phi_2 < \phi_1$

أيهما نحتاج لبذل شغل أكبر للتخلص من جهد جاذبية ذلك الموضع؟ الموضع ②

$$\phi = -G\frac{M}{r}$$

$$\phi_1 = -6.67\times10^{-11} \times \frac{6\times10^{24}}{40\times10^{3}}$$

$$= -1\times10^{10}\ J\ Kg^{-1}$$

$$\phi_2 = -6.67\times10^{-11} \times \frac{6\times10^{24}}{20\times10^{3}}$$

$$\phi_2 = -2\times10^{10}\ J\ Kg^{-1}$$

عند الموضع ② نحتاج لبذل شغل مقداره $2\times10^{10}\ J$ لكل $1\ Kg$

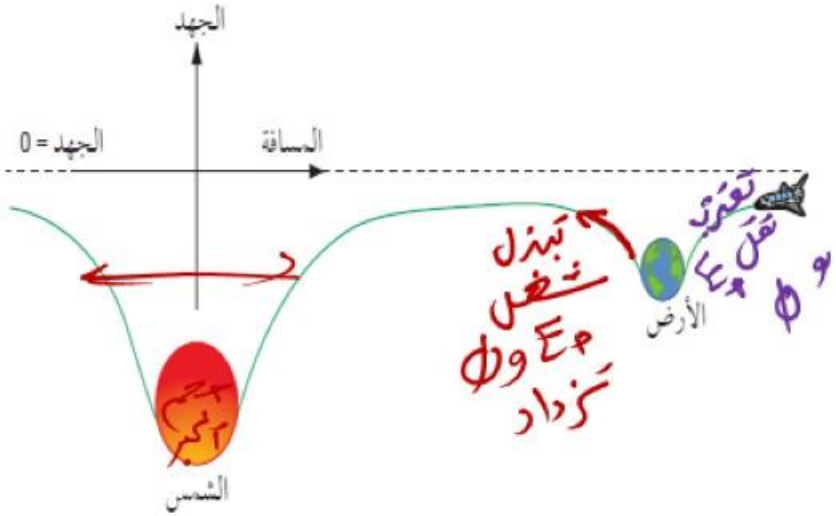
الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

تخيّل مركبة فضائية قادمة من نجم بعيد إلى النظام الشمسي. يظهر تغير جهد الجاذبية على طول مسارها في الشكل ١-٦. وسنركّز على ثلاثة أجزاء من رحلتها:

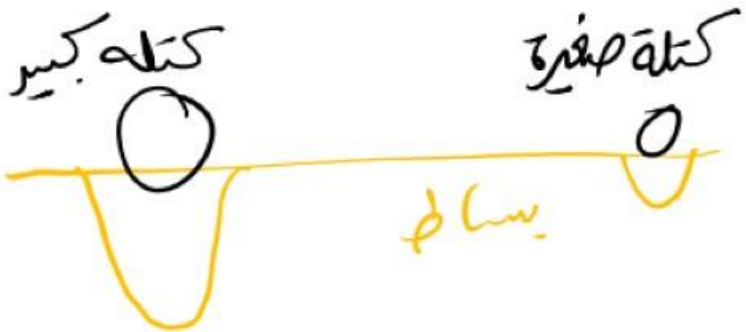
١. عندما تقترب المركبة الفضائية من الأرض، فإنها ستنجذب نحوها. وكلما اقتربت من الأرض، فإن طاقة وضع الجاذبية تقل، ويقل كذلك جهد الجاذبية لها.

٢. عندما تتحرك المركبة الفضائية بعيدًا عن الأرض، فإنها تبذل شغلًا عكس جاذبية الأرض، وعندها فإن طاقة وضع الجاذبية لها تزداد وبالتالي يمكننا القول إن جهد الجاذبية يزداد كذلك. يُنشئ مجال الجاذبية الأرضية «بئر جهد عملاقًا» في الفضاء، ونحن نعيش في قاع هذا البئر.

٣. عندما تقترب المركبة الفضائية من الشمس، فإنها تنجذب في بئر جهد أعمق بكثير؛ لأن كتلة الشمس أكبر بكثير من الأرض لذلك فإن جذبها سيكون أقوى بكثير من الأرض وجهد الجاذبية على سطح الشمس سيكون أكثر سالبية ممّا هو على سطح الأرض (على سطح الشمس $\phi = -1.9 \times 10^{11}\ J\ kg^{-1}$، وعلى سطح الأرض $\phi = -6.3 \times 10^{7}\ J\ kg^{-1}$).



الشكل ١-٦ جهد الجاذبية يساوي صفرًا عند اللانهاية (بعيدًا عن أي كتلة)، ويقل مع الاقتراب من كتلة ما.

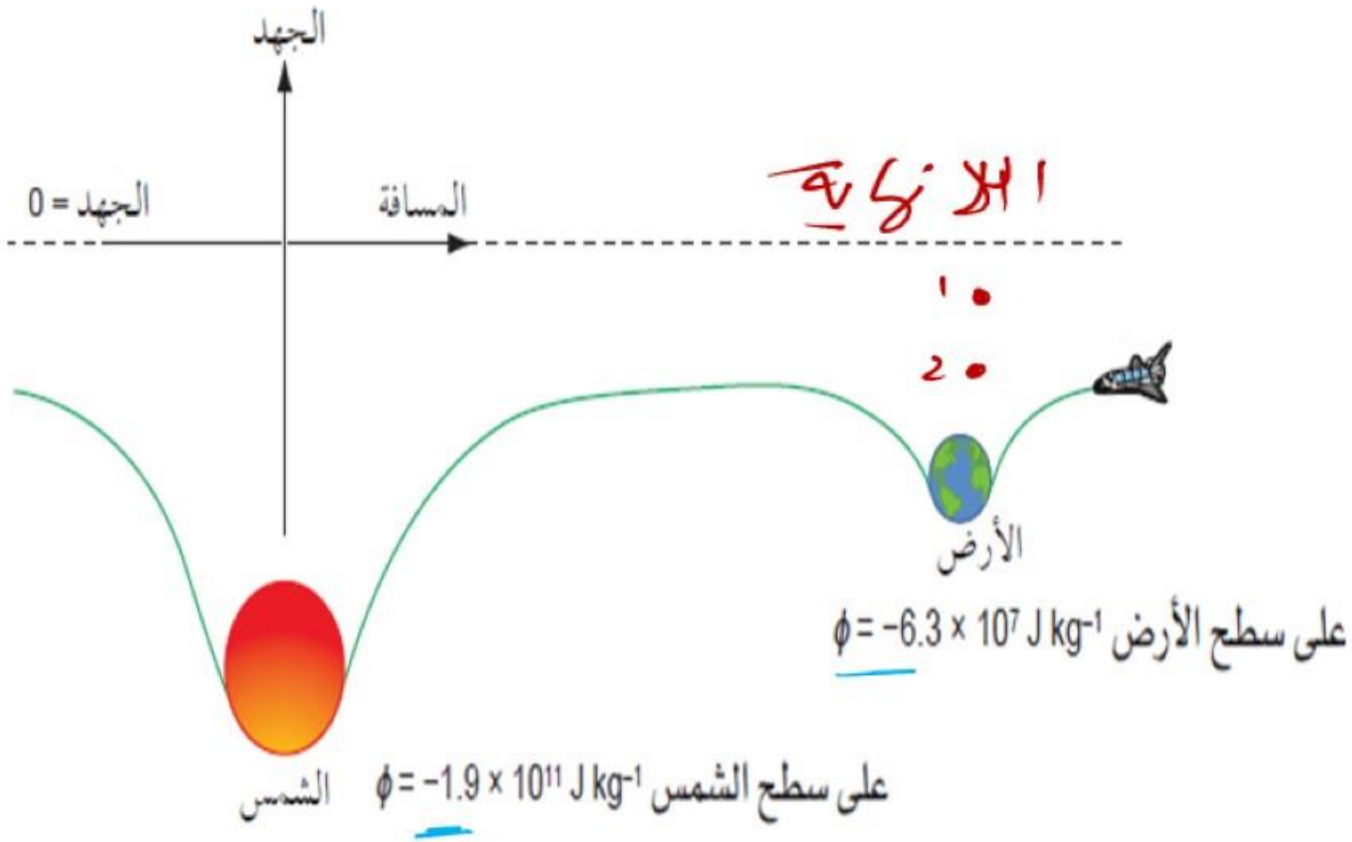


الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

تنبيه مهم

عند الأرض

$\phi_2 < \phi_1$



الشكل ١-٦ جهد الجاذبية يساوي صفرًا عند اللانهاية (بعيدًا عن أي كتلة)، ويقل مع الاقتراب من كتلة ما.

المقارنة بين الشغل المبذول للتخلص من جاذبية كل من الشمس والأرض

$W_E < W_S$

لأن جهد جاذبية الشمس أكبر سالبية.

الفيزيائي المحترف

الفيزياء معنا سهلة وممتعة

مثال

٢. كوكب قطره (6800 km) وكتلته (4.9×10^{23} kg).
وعلى مسافة بعيدة من الكوكب يوجد صخرة كتلتها (200 kg). في البداية كانت في حالة سكون ومن ثم تسارعت باتجاهه وارتطمت بسطحه. احسب التغيّر في طاقة وضع الجاذبية للصخرة وسرعتها عندما ارتطمت بسطح الكوكب.

علل: لا تعتمد السرعة النهائية على كتلة الصخرة.

$E_K : E_P$

$\frac{1}{2}mv^2 = G\frac{Mm}{r}$

$r = \frac{6800}{2} = 3400\ km$

$M = 4.9 \times 10^{23}\ kg$

$m = 200\ kg$

الحل

$\Delta E_P = E_{P_2} - E_{P_1}$

$\Delta E_P = E_{P_2} - 0$

نوجد E_{P_2} (عند سطح الكوكب)

$E_{P_2} = -G\frac{Mm}{r}$

$E_{P_2} = -6.67 \times 10^{-11} \times \frac{4.9 \times 10^{23} \times 200}{3400 \times 10^3}$

$E_{P_2} = -1.9 \times 10^9\ J$

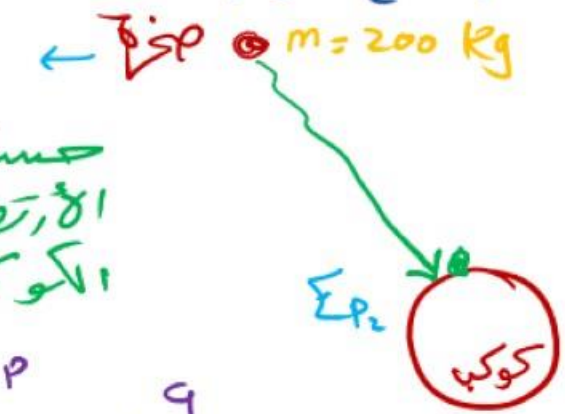
نعوض

$\Delta E_P = E_{P_2} - E_{P_1}$

$= -1.9 \times 10^9 - 0$

$= -1.9 \times 10^9\ J$

الابتدائية $E_{P_1} = 0$



حسابا بسرعة الارتطام بسطح الكوكب

$E_K = E_P$

$\frac{1}{2}mv^2 = 1.92 \times 10^9$

$v = \sqrt{\frac{2 \times 1.92 \times 10^9}{200}} = 4385\ ms^{-1}$

$\simeq 4.4 \times 10^3\ ms^{-1}$

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

فرق جهد الجاذبية

في كثير من الأحيان يكون من المفيد معرفة مقدار الطاقة اللازمة لرفع قمر صناعي من سطح كوكب أو سطح قمر ذي نصف قطر (r_1) إلى مدار ما ذي نصف قطر (r_2)، ولإيجاد التغير في جهد الجاذبية نحتاج إلى تطبيق معادلة جهد الجاذبية وهي $\phi = -\frac{GM}{r}$ على خطوتين:

$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$$

$$= -G\frac{M}{r_2} - \left(-\frac{GM}{r_1}\right)$$

$$= GM\left(\frac{-1}{r_2} + \frac{1}{r_1}\right)$$

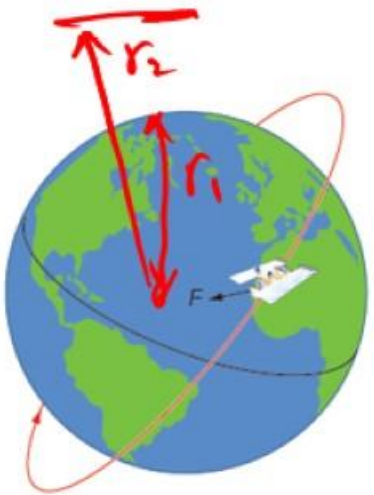
الأولى لإيجاد جهد الجاذبية على السطح.

والثانية لإيجاد جهد الجاذبية على الارتفاع المداري المطلوب.

ثم إيجاد الفرق بينهما، أو من الأسهل دمج الخطوتَين في خطوة واحدة باستخدام المعادلة الآتية:

$$= GM\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$\Delta\phi = GM\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$



وبمجرد تحديد التغير في جهد الجاذبية ($\Delta\phi$)، يمكن حساب التغير في طاقة وضع الجاذبية (ΔE_p) عبر ضرب التغير في جهد الجاذبية بكتلة القمر الصناعي (أو أي جسم آخر).

$$\phi = \frac{E_p}{m} \Rightarrow E_p = m\phi$$

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

ملخص الدرس

① يمكن حساب طاقة وضع الجسم قريبا من سطح الأرض بالعلاقة ($E_p = mgh$) لأن g ثابتة عند سطح الأرض

② طاقة الوضع ($E_p = -\frac{GMm}{r}$) تكون صفرا عند اللانهاية وتقل كلما اقترب الجسم من سطح الكوكب المنشئ للمجال.

③ طاقة الوضع كمية عدد.

④ جهد الجاذبية يمكن حسابه بالعلاقة $\phi = -\frac{GM}{r}$ أو $\phi = \frac{E_p}{m}$

⑤ تعريف جهد الجاذبية:

⑥ جهد الجاذبية صفر عند اللانهاية ويقل كلما اقترب الجسم من سطح الكوكب المنشئ للمجال.

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

ملخص الدرس

(٧) كلما كان جهد الجاذبية للكوكب أكبر سالبية عند السطح فإن بئر الجهد يكون عميقا ويحتاج إلى طاقة (شغل) أكبر للإفلات.

(٨) جهد الجاذبية كمية عددية.

أهداف التعلّم

١-٧ يعرّف جهد الجاذبية عند نقطة معيّنة على أنه الشغل المبذول لوحدة الكتل لنقل كتلة نقطية (كتلة اختبارية) صغيرة من اللانهاية إلى تلك النقطة.

١-٨ يستخدم المعادلة: $\phi = -\frac{GM}{r}$ لجهد الجاذبية في مجال كتلة نقطية.

١-٩ يصف كيف أن مفهوم جهد الجاذبية مرتبط بطاقة وضع الجاذبية لكتلتَين نقطيتَين ويستخدم المعادلة: $E_p = -\frac{GMm}{r}$.

برنامج يساعدك على فهم الفيزياء بسهولة والحصول على أعلى الدرجات

انتهت مادة هذه الحلقة

نلتقي بإذن الله في الحلقة القادمة

proof.physicist40@gmail.com