الفيزيائي المحترف

أسئلة الأنشطة والتجارب العملية

برنامج يساعدك على فهم الفيزياء بسهولة والحصول على أعلى الدرجات

إعداد: أ. خليل بن صالح بن سليمان العزري

مشرف فيزياء سابق بمحافظة الداخلية

نشاط ١-٣ الطاقة وجهد الجاذبية

يحدّد **جهد الجاذبية** عند نقطة ما من خلال الشغل المبذول لكل وحدة كتلة لنقلها من اللانهاية إلى تلك النقطة. يمكنك التفكير في الأمر على أنه طاقة وضع الجاذبية لكل وحدة كتلة، لكن تذكر أن قيمتها تساوي صفرًا عند اللانهاية وأقل من الصفر في أيّ مكان آخر. يتيح لك هذا النشاط فهم معادلة حساب جهد الجاذبية واستخدامها.

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.

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

١. جهد الجاذبية عند نقطة ما ولتكن P يساوي ($\phi = -60\ J\ kg^{-1}$).

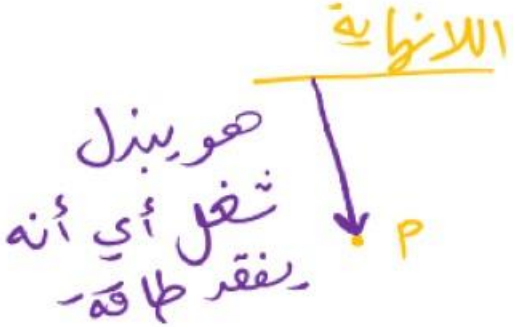
من خلال تعريف جهد الجاذبية (ϕ):

أ. ما مقدار طاقة وضع الجاذبية لجسم كتلته (1.0 kg) عند النقطة P؟

$\phi = \frac{E_P}{m} \Rightarrow E_P = \phi . m = -60 \times 1 = -60\ J$

ب. احسب طاقة وضع الجاذبية لجسم كتلته (50.0 kg) عند النقطة P.

$E_P = \phi . m = -60 \times 50 = -3000\ J$



ج. ما مقدار الشغل المبذول في تحريك جسم كتلته (50.0 kg) من اللانهاية إلى النقطة P؟

$\phi = \frac{W}{m} \Rightarrow W = \phi . m = -60 \times 50$

$= -3000\ J$

↑ هو بذل شغل

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

د. ما مقدار الشغل المبذول في تحريك جسم كتلته (50.0 kg) من النقطة P إلى اللانهاية؟

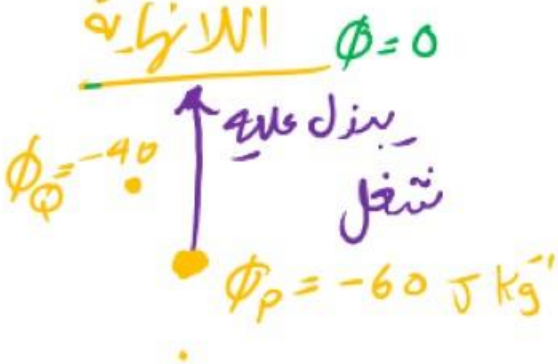
$W = \Delta\phi \cdot m = -(-60) \times 50 = 3000\ J$

الشغل المبذول عليه

هـ. جهد الجاذبية يساوي ($\phi = -40\ J\ kg^{-1}$) عند نقطة أخرى Q.

١. أيّ النقطتَين P أم Q لها الجهد الأعلى؟

النقطة Q



٢. احسب الشغل المبذول في تحريك جسم كتلته (50.0 kg) من النقطة P إلى النقطة Q.

سوف نبذل عليه شغل أي أنه قيمة الشغل تكون موجبة

$W = \Delta\phi \cdot m = (\phi_Q - \phi_P) \times m$

$= (-40 - (-60)) \times 5.0$

$= 20 \times 50 = 1000\ J$

الكوكب

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

٢. ستحتاج إلى هذه البيانات للإجابة عن السؤال الآتي:

ثابت الجاذبية: ($G = 6.67 \times 10^{-11}\ N\ m^2\ kg^{-2}$).

الأرض: الكتلة = $6.0 \times 10^{24}\ kg$ ، نصف القطر = $6.4 \times 10^{6}\ m$

القمر: الكتلة = $7.4 \times 10^{22}\ kg$ ، متوسط نصف القطر = $1.74 \times 10^{6}\ m$

يُعطى جهد الجاذبية (ϕ) في مجال كتلة نقطية من خلال المعادلة: $\phi = -\frac{GM}{r}$.

أ. ما دلالة كل من الرموز (G) و (M) و (r)؟

G: ثابت الجذب الكوني ـــ M: كتلة الجسم المنشئ للجاذبية

r: المسافة من مركز الجسم المنشئ للجاذبية

ب. استخدم معادلة (ϕ) لحساب جهد الجاذبية على سطح الأرض.

$\phi = -G\frac{M}{r} = -6.67\times10^{-11} \times \frac{6.0\times10^{24}}{6.4\times10^{6}}$

$= -6.3\times10^{7}\ J\ kg^{-1}$

ج. احسب جهد الجاذبية (ϕ) على سطح القمر.

$\phi = -6.67\times10^{-11} \times \frac{7.4\times10^{22}}{1.74\times10^{6}} = -2.8\times10^{6}\ J\ kg^{-1}$

مهمّ

تذكّر أنه على الرغم من أن جهد الجاذبية بالقرب من كتلة ما يكون دائمًا سالبًا، إلّا أنه يزداد مع البعد عن الكتلة، أي يصبح أقل سالبية.

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

د. رائد فضاء كتلته (120 kg) يقف على سطح القمر. احسب طاقة وضع الجاذبية له (اعتبر أن طاقة الوضع عند نقطة على مسافة لانهائية من القمر تساوي صفرًا).

حل آخر: $E_p = -G\frac{Mm}{r}$

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

$= -2.8 \times 10^6 \times 120$

$= -3.4 \times 10^8$ J

هـ. يوجد رائد فضاء آخر في مركبة فضائية تدور فوق سطح القمر. أي رائد فضاء له أعلى جهد جاذبية؟

رائد الفضاء الموجود في المركبة الفضائية له أعلى جهد جاذبية لأن رائد الفضاء في المركبة الفضائية قد بذل عليه شغل للصعود إلى أعلى

أعلى جهد جاذبية x2 المركبة الفضائية

أقل جهد جاذبية x① القمر

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

٣. عند رفع جسم كتلته (m) إلى ارتفاع (h)، فإن الزيادة في طاقة وضع الجاذبية للجسم $= mgh$.

يجب أن تكون على دراية بهذه المعادلة، ولكن لاحظ أنها تنطبق فقط بالقرب من سطح الأرض حيث تكون (g) ثابتة المقدار تقريبًا. في هذا السؤال يمكنك التحقق من حصولك على الإجابة نفسها باستخدام هذه المعادلة وباستخدام المعادلة العامة $\phi = -\frac{GM}{r}$.

أ. وُضِع جسم كتلته (1.0 kg) على سطح الأرض وبالتحديد على مسافة (6.40×10^6 m) من مركز الأرض. احسب طاقة وضع الجاذبية للجسم مستعينًا بالبيانات المعطاة في السؤال رقم (٢). قرِّب إجابتك إلى أقرب ثمانية أرقام معنوية.

$E_p = m\phi = m \times -G\frac{M}{r} = -6.67 \times 10^{-11} \times \frac{6 \times 10^{24} \times 1}{6.4 \times 10^6}$

$= -62531250$ J

ب. رُفع الجسم مسافة (100 m) رأسيًا إلى الأعلى، وأصبحت المسافة بين مركز الجسم ومركز كتلة الأرض تساوي (6.400100×10^6 m). باستخدام المعادلة $\phi = -\frac{GM}{r}$، احسب القيمة الجديدة لطاقة وضع الجاذبية للجسم.

$E_p = -G\frac{Mm}{r} = -6.67 \times 10^{-11} \times \frac{6 \times 10^{24} \times 1}{6.400100 \times 10^6} = -62530273$ J

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

ج. احسب الزيادة في طاقة وضع الجاذبية للجسم.

$\Delta E_p = -62530273 - (-62531250)$

$= 977$ J

د. احسب الكمية نفسها باستخدام المعادلة:

التغير في طاقة وضع الجاذبية = mgh.

هل حصلت على الإجابة نفسها كالتي حصلت عليها في الجزئية (ج)؟

$E_p = m g \Delta h = 1 \times 9.81 \times 100 = 981$

الإجابة تقريبا نفسها، أي الاختلاف لأننا لم نستخدم قيمة دقيقة جداً لنصف قطر الأرض.

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

نشاط ٤-١ المجال والجهد الناشئ عن كتلتَين

في هذا النشاط ستتعلم أن شدة مجال الجاذبية هي كمية متجهة، وأن جهد الجاذبية هو كمية عددية.

١. عند الانطلاق من الأرض إلى القمر، هناك نقطة واحدة P حيث تكون قوة جاذبية الأرض مساويةً لقوة جاذبية القمر بالمقدار، وتقع هذه النقطة على مسافة (3.41×10^8 m) من مركز الأرض، ومسافة (3.8×10^7 m) من مركز القمر.

إذا كانت كتلة الأرض = (6.0×10^{24} kg) وكتلة القمر = (7.3×10^{22} kg)، فاحسب:

أ. شدة مجال وجهد الجاذبية الأرضية عند النقطة P.

$g_E = 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{6 \times 10^{24}}{(3.41 \times 10^8)^2} = 3.5 \times 10^{-3}$ N kg^{-1} نحو الأرض

$\phi_E = -6.67 \times 10^{-11} \times \frac{6 \times 10^{24}}{3.41 \times 10^8} = -1.2 \times 10^6$ J kg^{-1}

ب. شدة مجال وجهد جاذبية القمر عند النقطة P.

$g_m = 3.4 \times 10^{-3}$ N kg^{-1}

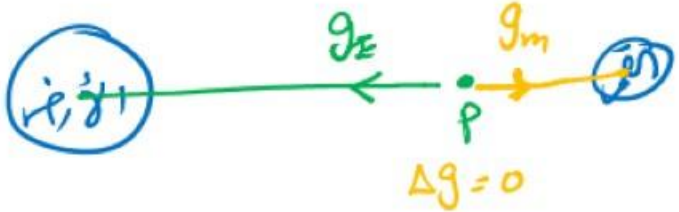
$\phi_m = -6.67 \times 10^{-11} \times \frac{7.3 \times 10^{22}}{3.8 \times 10^7} = -1.3 \times 10^5$ J kg^{-1}

ج. محصلة شدة مجال جاذبية الأرض والقمر عند النقطة P.

$\Delta g = g_E - g_m = 0$

د. مجموع جهد جاذبية الأرض والقمر عند النقطة P.

$\Sigma \phi = \phi_E + \phi_m = -1.2 \times 10^6 + (-1.3 \times 10^5) = 1.3 \times 10^6$ J kg^{-1}

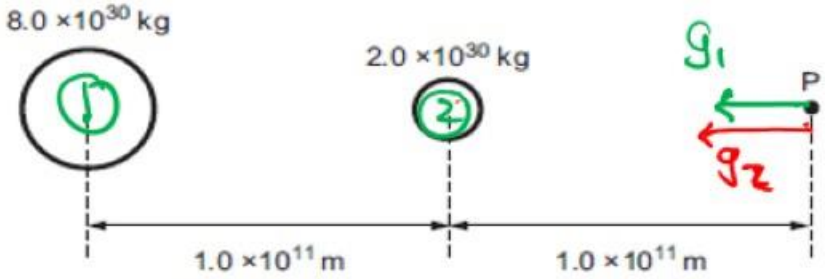


$g = G\frac{M}{r^2}$ (كمية متجهة)

$\phi = -G\frac{M}{r}$ (كمية عددية)

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

٢. يُظهر الشكل ١–٥ نظامًا نجميًا ثنائيًا يدور فيه نجمان أحدهما حول الآخر، كما يُظهر كتلتَي النجمَين وبُعدهما عن نقطة ما P:



الشكل ١–٥: للسؤال ٢. نظام نجمي ثنائي ونقطة P.

أ. احسب محصلة شدة مجال الجاذبية عند النقطة P.

$g_T = g_1 + g_2 = 6.6\times10^{-11}\times\frac{8\times10^{30}}{(2\times10^{11})^2} + 6.67\times10^{-11}\times\frac{2\times10^{30}}{(1\times10^{11})^2}$

$= 0.027\ N\,kg^{-1}$ نحو اليسار

ب. احسب جهد الجاذبية الكلّي عند النقطة P.

$\phi_T = \phi_1 + \phi_2 = -6.67\times10^{-11}\times\frac{8\times10^{30}}{2\times10^{11}} - \frac{6.67\times10^{-11}\times2\times10^{30}}{1\times10^{11}}$

$= -4\times10^{9}\ J\,kg^{-1}$

الفيزيائي المحترف

أسئلة الدرس (كتاب الطالب)

برنامج يساعدك على فهم الفيزياء بسهولة والحصول على أعلى الدرجات

إعداد: أ. خليل بن صالح بن سليمان العزري

مشرف فيزياء سابق بمحافظة الداخلية

الفيزيائي المحترف

الفيزياء معنا سهلة وممتعة

سؤال

(٩) مستعينًا بالبيانات الواردة في الجدول ١–٢ أجب عما يأتي:

ثابت الجاذبية: $G = 6.67 \times 10^{-11}\ N\ m^2\ kg^{-2}$

الجسم	الكتلة (kg)	نصف القطر (km)
الأرض	6.0×10^{24}	6400
القمر	7.3×10^{22}	1740

الجدول ١–٢

أ. احسب جهد الجاذبية عند سطح الأرض.

ب. احسب جهد الجاذبية عند سطح القمر.

ج. أي «بئر جهد» أقل عمقًا: الأرض أم القمر؟ ارسم مخططًا مشابهًا للشكل ١–٦ لمقارنة «بئرَي الجهد» للأرض والقمر.

د. استخدم مخططًا لشرح سبب وجود حاجة إلى صاروخ كبير لرفع مركبة فضائية من سطح الأرض، في حين يمكن أن يستخدم صاروخ أصغر بكثير للانطلاق من سطح القمر.

(أ) $\phi_E = -G\frac{M}{r} = -6.67\times10^{-11}\times\frac{6.0\times10^{24}}{6400\times10^{3}}$

$= -62531250\ J\ kg^{-1}$

$= -6.3\times10^{7}\ J\ kg^{-1}$

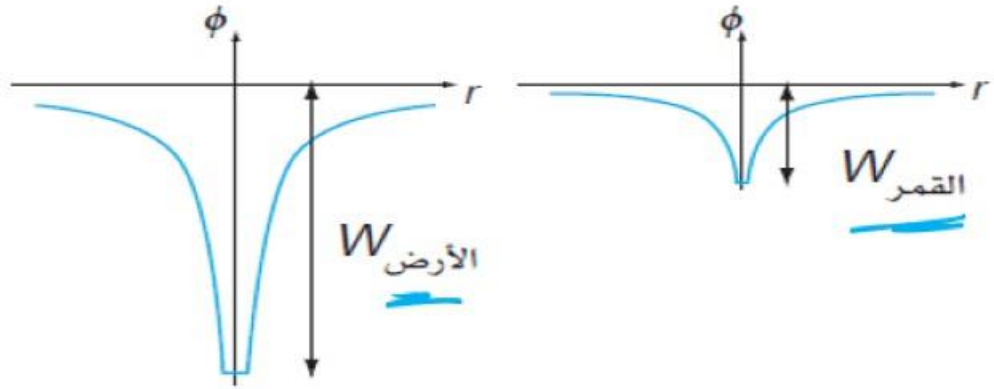
(ب) $\phi_M = -6.67\times10^{-11}\times\frac{7.3\times10^{22}}{1740\times10^{3}} = -2.8\times10^{6}\ J\ kg^{-1}$

(ج) أقل عمقا القمر

(د) صاروخ كبير ← بذل طاقة أو تشغل أكبر

الأرض تحتاج إلى بذل شغل 6.3×10^{7} J لكل 1 kg بينما بذل شغل للقمر 2.8×10^{6} J لكل 1 kg

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة



بئر جهد القمر　　بئر جهد الأرض

بئر جهد القمر أقل عمقًا.

ج) يتضح من المخطط في الجزئية (ج) أن جهد الجاذبية للأرض أكبر من القمر أي أننا نحتاج إلى صاروخ أكبر لبذل شغل أكبر للتخلص من جاذبية الأرض بينما نحتاج إلى صاروخ أصغر لبذل شغل أقل (لكل 1kg) للتخلص من جاذبية القمر.

الفيزيائي المحترف

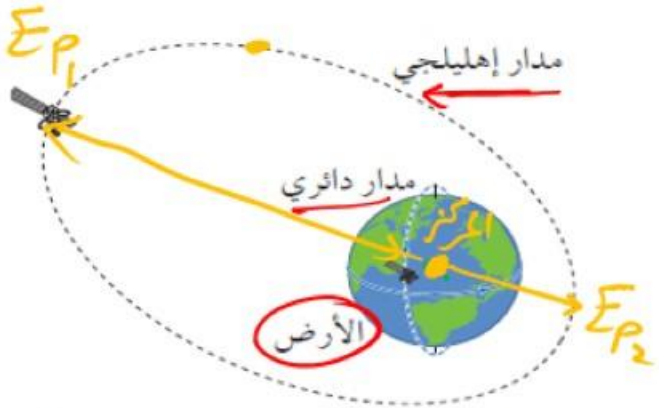
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

سؤال

(١٠) أثناء عمليات هبوط المركبات المأهولة على سطح القمر في الستينيات دارت مركبة القيادة للقمر الصناعي حول القمر في مدار إهليلجي بارتفاع أقصاه (310 km) فوق سطح القمر، في حين هبطت المركبة القمرية على سطح القمر.

أ. لماذا كانت طاقة وضع الجاذبية لمركبة القيادة تتغيّر في مدارها؟ اشرح إجابتك.

ب. احسب أكبر فرق لجهد الجاذبية بين سطح القمر وموقع مركبة القيادة.



الشكل ١-٨ قمران صناعيان يدوران حول الأرض.

(أ) خلال المدار الاهليلجي يختلف نصف القطر. فكلما اقتربت المركبة من القمر كانت في موضع أعمق في بئر الجهد وكان جهدها أصغر وبالتالي فإن طاقة وضع الجاذبية متغيرة.

تعبير آخر

المدار الاهليلجي متغير في نصف القطر ومن خلال العلاقة $E_p = -G\frac{Mm}{r}$ فكلما اقتربت المركبة من القمر قلت طاقة وضعها.

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

$= 6.67\times10^{-11}\times7.3\times10^{22}\left(\frac{1}{1740\times10^3} - \frac{1}{2050\times10^3}\right)$

$= 9.2\times10^5\ J\,kg^{-1}$

$r_1 = 1740\times10^3\ m$

$r_2 = 1740 + 310$

$= 2050\ km$

$= 2050\times10^3\ m$

الفيزيائي المحترف

أسئلة نهاية الوحدة

برنامج يساعدك على فهم الفيزياء بسهولة والحصول على أعلى الدرجات

إعداد: أ. خليل بن صالح بن سليمان العزري

مشرف فيزياء سابق بمحافظة الداخلية

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

٢ يمكن اعتبار الكوكب القزم بلوتو كرة نصف قطرها (1.2×10^6 m) وكتلتها (1.27×10^{22} kg). ما جهد الجاذبية على سطح بلوتو؟

أ. $-0.59\ \text{J kg}^{-1}$

ب. $-7.1 \times 10^5\ \text{J kg}^{-1}$

ج. $0.59\ \text{J kg}^{-1}$

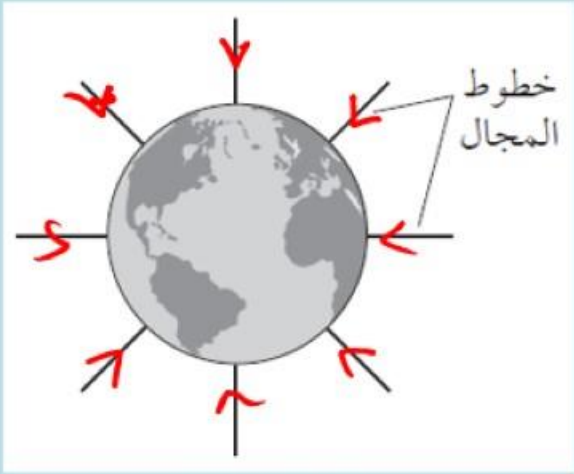
د. $7.1 \times 10^5\ \text{J kg}^{-1}$

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

$$= -6.67\times10^{-11} \times \frac{1.27\times10^{22}}{1.2\times10^{6}} = -7.1\times10^{5}\ \text{J kg}^{-1}$$

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

٥ يوضح الشكل ١-١١ خطوط مجال الجاذبية الأرضية.



الشكل ١-١١

أ. انسخ الشكل وأضف أسهمًا لتبيّن اتجاه المجال.

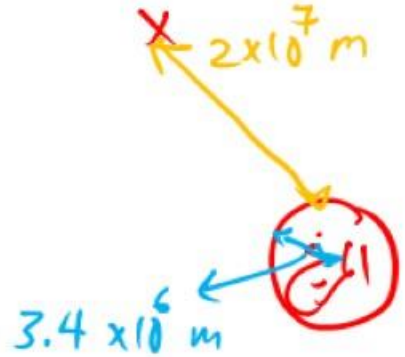
ب. اشرح سبب استخدام صيغة طاقة الوضع المكتسبة ($mg\Delta h$) لإيجاد الزيادة في طاقة الوضع عند صعود طائرة إلى ارتفاع (10000 m)، ولا يمكن استخدامها لحساب الزيادة في طاقة الوضع عندما تنتقل مركبة فضائية من سطح الأرض إلى ارتفاع (10000 km).

ب) يمكن اعتبار مجال الجاذبية ثابتا الى ارتفاع (10 Km = 10000m) مجال منتظما أي ثابت الشدة تقريبا. بينما إذا ارتفعنا فإن شدة المجال سوف تتغير وبالتالي لا يمكن استخدام العلاقة $E_p = mg\Delta h$

الفيزيائي المحترف

الفيزياء معنا سهلة وممتعة

٧ احسب طاقة وضع الجاذبية لمركبة فضائية كتلتها (250 kg) عندما تكون على بُعد (20000 km) من كوكب المريخ (كتلة المريخ = 6.4×10^{23} kg، نصف قطر المريخ = 3.4×10^{6} m).



r = نصف قطر المريخ + بعد المركبة عن كوكب المريخ

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

$$= -6.67 \times 10^{-11} \times \frac{6.4 \times 10^{23} \times 250}{3.4 \times 10^{6} + 2 \times 10^{7}}$$

$$= -4.6 \times 10^{8} \text{ J}$$

الفيزيائي المحترف

الفيزياء معنا سهلة وممتعة

١٠ تبلغ كتلة كوكب المريخ (6.4×10^{23} kg)، وقطره (6790 km).

أ. ١. احسب التسارع بسبب الجاذبية على سطح الكوكب.

٢. احسب جهد الجاذبية على سطح الكوكب.

ب. يعيد الصاروخ عيّنات لبعض المواد من المريخ إلى الأرض. اكتب مقدار الطاقة الذي يجب أن تُعطى لكل كيلوغرام من المادة للإفلات تمامًا من مجال جاذبية المريخ (الإفلات من مجال الجاذبية يحتاج إلى طاقة إذ يصل الجسم إلى نقطة حيث جهد الجاذبية $0\ J\ kg^{-1}$).

ج. استخدم إجابتك عن الجزئية (ب) لتوضح أن الحد الأدنى للسرعة التي يجب أن يصلها الصاروخ للإفلات من مجال جاذبية المريخ هو ($5000\ m\ s^{-1}$).

د. من أجل مهمة ناجحة إلى المريخ يجب تجميع المركبة التي تنقل رواد الفضاء إلى المريخ في محطة فضائية في مدار حول الأرض لتُطلق من هناك وليس من سطح الأرض. ما سبب ذلك؟

$r = \frac{6790}{2} = 3395$ Km

(أ) (١) $g = G\frac{M}{r^2}$

$= 6.67\times10^{-11} \times \frac{6.4\times10^{23}}{(3395\times10^3)^2}$

$= 3.7\ m/s^2$

(٢) $\phi = -G\frac{M}{r}$

$= -6.67\times10^{-11} \times \frac{6.4\times10^{23}}{3395\times10^3}$

$= -1.3\times10^7\ J\ kg^{-1}$

(ب) $\phi = \frac{W}{m}$

$E_p = W = \phi m = 1.3\times10^7 \times 1$

$= 1.3\times10^7\ J$

الشغل المبذول يكون موجب

يكتسب الجسم على شكل طاقة وضع

المريخ $\phi = -1.3\times10^7\ J\ kg^{-1}$

(ج) طاقة الحركة = طاقة الوضع

$E_K = E_P = \phi m$ ← الصاروخ

$\frac{1}{2}mv^2 = \phi m$

$v = \sqrt{2\phi}$

$= \sqrt{2\times1.25\times10^7}$

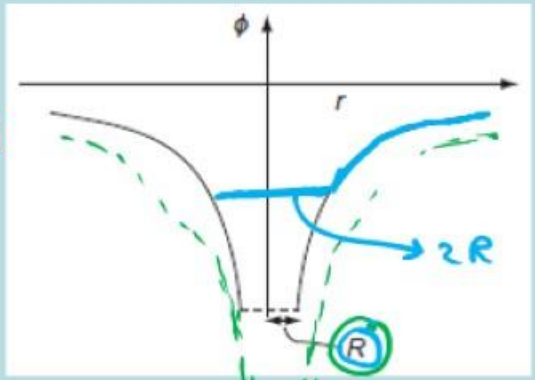
$= 5014\ m/s$

(د) جهد الجاذبية أقل عند التجميع على سطح الأرض

لأنه الشغل المبذول لرفع كتلة المركبة من نقطة أعلى من سطح الأرض سيكون أقل من رفعه من سطح الأرض

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

١١ يبيّن الشكل ١-١٢ جهد الجاذبية بالقرب من كوكب كتلته (M) ونصف قطره (R).



الشكل ١-١٢

أ. اشرح المقصود بجهد الجاذبية عند نقطة ما.

ب. انسخ الشكل وارسم عليه منحنيات مشابهة:

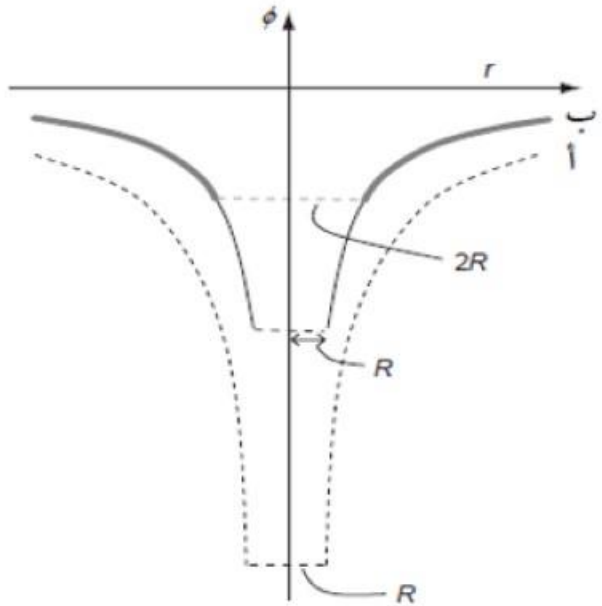
١. لكوكب له نصف القطر نفسه ولكن كتلته ($2M$) سمِّ هذا المنحنى (أ).

٢. لكوكب له الكتلة نفسها ولكن نصف قطره ($2R$) سمِّ هذا المنحنى (ب).

ج. أيّ من هذه الكواكب الثلاثة يتطلب أقل قدر من الطاقة للإفلات من سطحه؟ استخدم المخططات لشرح إجابتك.

د. يبلغ قطر كوكب الزهرة (12100 km) وكتلته (4.87×10^{24} kg). احسب الطاقة اللازمة لرفع كيلوغرام واحد من سطح كوكب الزهرة إلى محطة فضائية في مدار يبعد (900 km) عن سطحه.

ب.

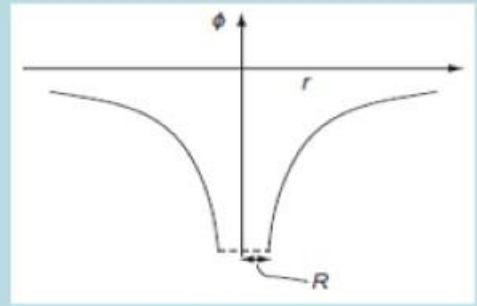


١. الخط المتقطع في المخطط: له نصف القطر نفسه ولكن عمقه ضعف عمق بئر الجهد الأصلي ويقع خارجه.

٢. الخط السميك على المخطط: يسير على طول خطوط البئر الحالية، ولكنه يتوقف عند ضعف نصف القطر.

الفيزيائي المحترف
الفيزياء معنا سهلة وممتعة

١١ يبيّن الشكل ١-١٢ جهد الجاذبية بالقرب من كوكب كتلته (M) ونصف قطره (R).



الشكل ١-١٢

أ. اشرح المقصود بجهد الجاذبية عند نقطة ما.

ب. انسخ الشكل وارسم عليه منحنيات مشابهة:

١. لكوكب له نصف القطر نفسه ولكن كتلته ($2M$) سمِّ هذا المنحنى (أ).

٢. لكوكب له الكتلة نفسها ولكن نصف قطره ($2R$) سمِّ هذا المنحنى (ب).

ج. أيّ من هذه الكواكب الثلاثة يتطلب أقل قدر من الطاقة للإفلات من سطحه؟ استخدم المخططات لشرح إجابتك.

د. يبلغ قطر كوكب الزهرة (12100 km) وكتلته (4.87×10^{24} kg). احسب الطاقة اللازمة لرفع كيلوغرام واحد من سطح كوكب الزهرة إلى محطة فضائية في مدار يبعد (900 km) عن سطحه.

$r_1 = \frac{12100}{2} = 6050$ Km

r_2 = نصف القطر + المسافة عن السطح

$r_2 = 6050 + 900 = 6950$ Km

الحل

$W = \Delta\phi . m = \Delta\phi \times 1 = \Delta\phi$

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

$= 6.67\times10^{-11} \times 4.87\times10^{24} \times \left(\frac{1}{6050\times10^3} - \frac{1}{6950\times10^3}\right)$

$= 6.95\times10^{6}$ J → بالكيلو ١

برنامج يساعدك على فهم الفيزياء بسهولة والحصول على أعلى الدرجات

انتهت مادة هذه الحلقة

نلتقي بإذن الله في الحلقة القادمة

proof.physicist40@gmail.com