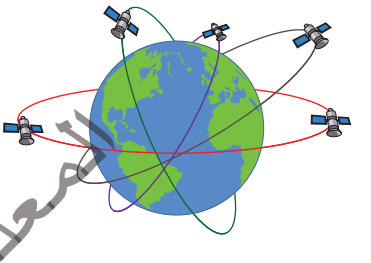
١١. نصف القطر المداري = نصف قطر الأرض + ارتفاع القمر الصناعي فوق سطح الأرض:

$$= 6.4 \times 10^6 + 2.0 \times 10^5 = 6.6 \times 10^6 \text{ m}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6.0 \times 10^{24}}{6.6 \times 10^6}}$$

$$= 7.8 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

١٢. يبيّن المخطط قمرًا صناعيًا وهو يدور لولبيًا نحو الأرض.



يحتاج القمر الصناعي إلى إطلاق صاروخ دفع صغير للإبقاء على سرعته ومداره.

١٣.
$$r^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2}$$

$$r^3 = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6.4 \times 10^{23} \times (24.6 \times 3600)^2}{4\pi^2}$$

$$= 8.48 \times 10^{21} \text{ m}^3$$

$$r = 2.0 \times 10^7 \text{ m}$$

١٤. المسافة المقطوعة للإشارة المرسلة إلى القمر الصناعي وعودتها:

$$= 2 \times (42300000 - 6400000) = 7.18 \times 10^7 \text{ m}$$

الزمن الإضافي الذي تستغرقه الإشارة التي تنتقل عبر القمر الصناعي (t):

$$\text{الزمن} = \frac{\text{المسافة}}{\text{السرعة}}$$

$$t = \frac{7.18 \times 10^7}{3.0 \times 10^8} = 0.24 \text{ s}$$

تنتقل الإشارات أبطأ في الكابلات ولكن المسافة تكون أقصر بكثير. لذا فإن التأخير الزمني (أو الفرق الزمني) الإجمالي أقل من التأخير بالنسبة إلى الأقمار الصناعية.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. ب (أ: أخطأ في تربيع r؛ ج و د: قلب المضاعفات)

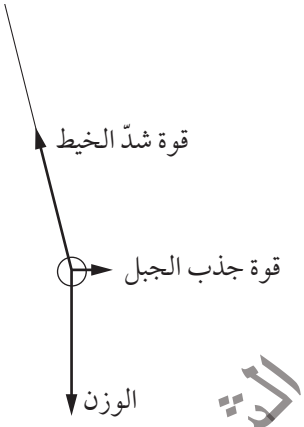
٢. ب (أ: القسمة على r^2 ؛ ج و د: جهد الجاذبية سالب وليس موجبًا).

٣.
$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$= 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{20 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^{-3}}{(5.00 \times 10^{-3})^2}$$

$$F = 1.07 \times 10^{-9} \text{ N}$$

٤. أ. سهم يميل رأسيًا إلى الأسفل بعنوان «الوزن» أو «قوة الجاذبية الأرضية»، وسهم إلى اليمين بعنوان «قوة جذب الجبل»، وسهم على طول الخيط بعنوان «قوة شدّ الخيط».



ب.
$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$= 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{3.8 \times 10^{12} \times 0.020}{1200^2}$$

$$F = 3.5 \times 10^{-6} \text{ N}$$

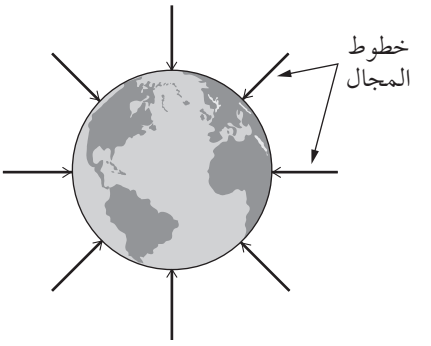
ج. قوة الجاذبية الأرضية:

$$F = mg = 0.020 \times 9.81 = 0.196 \text{ N}$$

وهذه القوة أكبر بمقدار 5.6×10^4 مرة من القوة المؤثرة على الكتلة نفسها بسبب الجبل.

المعلم الإلكتروني الشامل

٥. أ. أسهم نحو مركز الأرض.



ب. يمكن اعتبار مجال الجاذبية الأرضية حتى ارتفاع 10000 m منتظمًا، ولكن عندما يتحرك شيء ما بعيدًا عن الأرض، فإننا يجب أن ندرك أن هناك انخفاضًا كبيرًا في شدة المجال.

٦. أ. كتلة عطارد = الكثافة × الحجم

$$M_{\text{عطارد}} = \frac{4}{3}\pi r^3 \times \rho$$
$$= \frac{4}{3}\pi \times (2.44 \times 10^6)^3 \times 5.4 \times 10^3$$
$$= 3.29 \times 10^{23} \text{ kg}$$
$$g = \frac{GM}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 3.29 \times 10^{23}}{(2.44 \times 10^6)^2}$$
$$= 3.68 \text{ N kg}^{-1} \approx 3.7 \text{ N kg}^{-1}$$

ب. كتلة الشخص:

$$m = \frac{W}{g} = \frac{900}{9.81} = 91.74 \text{ kg}$$

الوزن على عطارد:

$$W = mg = 91.74 \times 3.68 = 337.1 \text{ N} \approx 340 \text{ N}$$

٧. المسافة عن مركز المريخ:

$$= 3.4 \times 10^6 + 20 \times 10^6 = 23.4 \times 10^6 \text{ m}$$

طاقة الوضع:

$$E_p = -\frac{GMm}{r}$$
$$E_p = -\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6.4 \times 10^{23} \times 250}{23.4 \times 10^6}$$
$$= -4.6 \times 10^8 \text{ J}$$

٨. أ.

$$r^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2}$$
$$= \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 1.48 \times 10^{23} \times (7.15 \times 24 \times 3600)^2}{4\pi^2}$$
$$= 95.4 \times 10^{21} \text{ m}^3$$
$$r = 4.57 \times 10^7 \text{ m}$$

ب. قرب كوكب المشتري الكبير جدًا من الممكن أن يؤدي إلى عدم استقرار المدار بسبب قوة جاذبيته الكبيرة.

٩. أ. محيط المدار:

$$= 2\pi r = 2\pi \times 1.5 \times 10^{11} = 9.42 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$\text{السرعة المدارية} = \frac{\text{المحيط}}{\text{الزمن}}$$
$$v = \frac{9.42 \times 10^{11}}{365 \times 24 \times 3600}$$
$$v = 3.0 \times 10^4 \text{ m s}^{-1}$$

ب. التسارع المركزي:

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{(3.0 \times 10^4)^2}{1.50 \times 10^{11}} = 6.0 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-2}$$

ج. 6.0×10^{-3} N kg^{-1} ؛ يوفر مجال الجاذبية للشمس قوة مركزية للأرض.

١٠. أ. ١.

$$g = \frac{GM}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6.4 \times 10^{23}}{(3.395 \times 10^6)^2}$$
$$= 3.7 \text{ m s}^{-2}$$

٢.

$$\phi = -\frac{GM}{r} = -\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6.4 \times 10^{23}}{3.395 \times 10^6}$$
$$= -1.257 \times 10^7 \approx -1.3 \times 10^7 \text{ J kg}^{-1}$$

ب. 1.3×10^7 J kg^{-1}

ج. $\frac{1}{2}mv^2 = m\phi$

لذلك فإن،

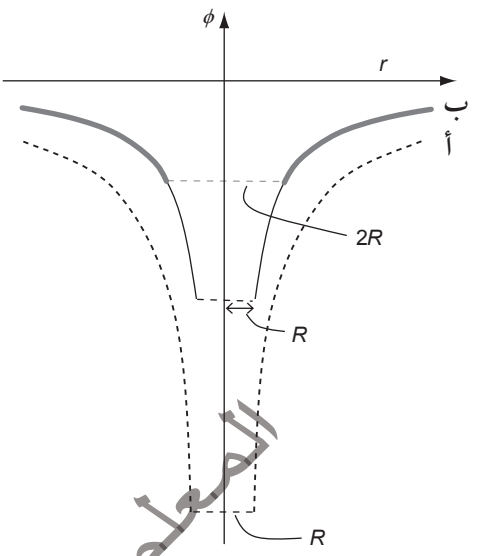
$$v = \sqrt{2\phi} = \sqrt{2 \times 1.257 \times 10^7} = 5014 \text{ m s}^{-1}$$

د. لأن الشغل المبذول في رفع كتلة المركبة من الأرض إلى المريخ سيكون كبيرًا جدًا. لذلك يتطلب صاروخًا قويًا جدًا لتنفيذ كل ذلك دفعة واحدة.

المعلم الإلكتروني الشامل

١١. **أ.** الشغل المبذول لكل وحدة كتلة لنقل كتلة من اللانهاية إلى تلك النقطة.

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.

ج. الخط ب (٢)، لأن البئر الأقل عمقًا أسهل تسلقًا.

د. استخدم المعادلة $\phi = -\frac{GM}{r}$ مرة، واستخدم $\phi = -\frac{GM}{r}$ مرة ثانية، أو استخدم

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

$$= 6.67 \times 10^{-11} \times 4.87 \times 10^{24}\left[\frac{1}{6.05 \times 10^6} - \frac{1}{6.95 \times 10^6}\right]$$

$$= 6.95 \times 10^6 \text{ J Kg}^{-1}$$

١٢. **أ.** قوة الجاذبية لكل وحدة كتلة عند النقطة.

ب. ١. $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$

$$= 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{1.27 \times 10^{22} \times 1.50 \times 10^{21}}{(1.96 \times 10^7)^2}$$

$$= 3.31 \times 10^{18} \text{ N}$$

٢. $F = \frac{mv^2}{r}$ وبالتعويض عن قيمة v من المعادلة $v = \frac{2\pi r}{T}$

نحصل على:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{rm}{F}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{1.7530 \times 10^7 \times 1.5 \times 10^{21}}{3.31 \times 10^{18}}}$$

$$= 5.6 \times 10^5 \text{ s}$$

(يساوي 6.5 يوم)

٣. لكي لا يفقدا الاستقرار في مدارَيهما (أو بكلمات بهذا المعنى).

١٣. **أ.** 0.80 N kg^{-1} (±0.1 مدى مقبول).

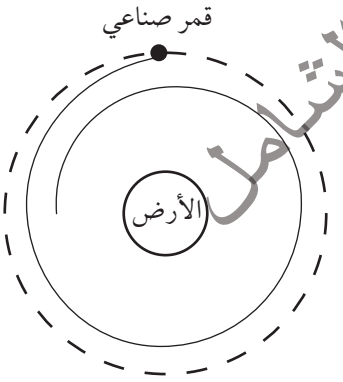
ب. 0.80 m s^{-2} (يجب أن يكون مساويًا عدديًا للجزئية أ).

ج. $r = R + 2R = 3R = 19.2 \times 10^6$

$a = \frac{v^2}{r}$، ومنها v:

$$= \sqrt{ar} = \sqrt{0.80 \times 19.2 \times 10^6} = 3.9 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

د. ١. مسار لولبي إلى المركز.



٢. يتسبّب الشغل المبذول بواسطة قوة الاحتكاك في الغلاف الجوي إلى تسخين «احتراق» القمر الصناعي.

المعلم الإلكتروني الشامل