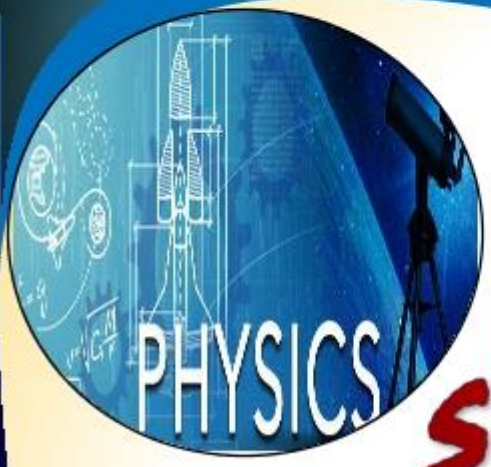
التميز

التميز



في شرح

الفيزياء

للثانوية العامة

3

سلسلة التميز

الوحدة الأولى (1)

الجاذبية والحركة الدائرية

الدرس الثالث

جهد الجاذبية

الفصل الدراسي الأول

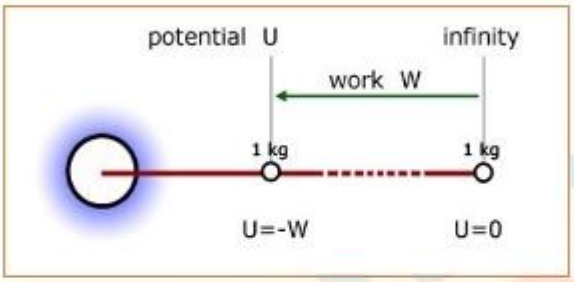
2022-2021

إعداد-أ/أشرف جودة

30198081

الدرس الثالث [1-3]

جهد الجاذبية Gravitational Potential

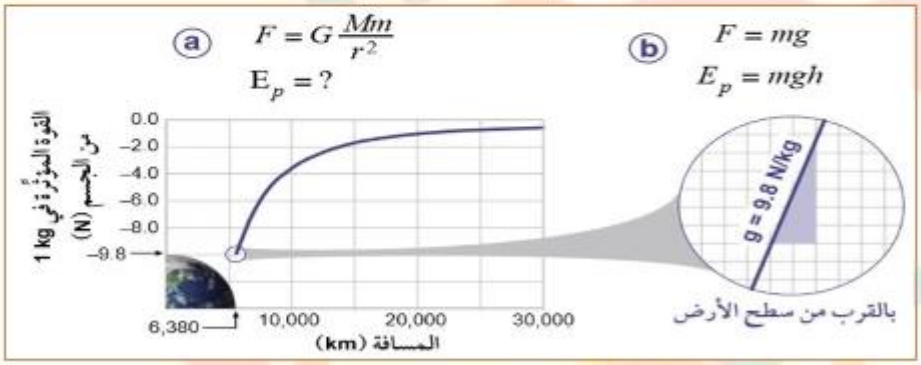


-اولا: طاقة الوضع التجاذبية [GPE] عند نقطة:

تعرف على انها:

الشغل المبذول لنقل جسم من ..... الى تلك النقطة.

بالنظر الى الشكل المقابل نجد ان طاقة الوضع التجاذبية يمكن حسابها حسب موضع الجسم:

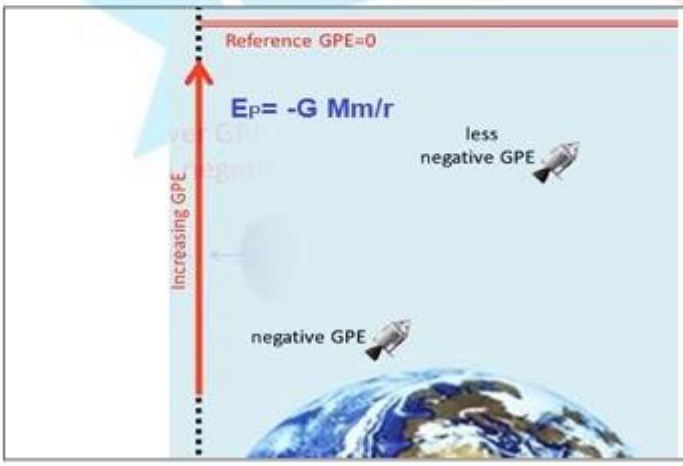


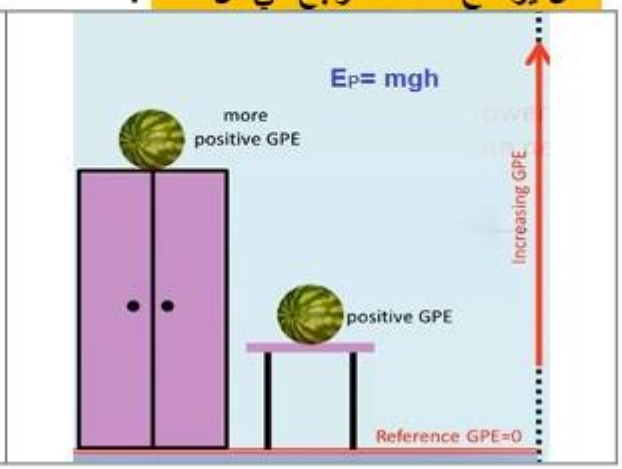
1-بالنسبة لجسم (m) يوجد بالقرب من سطح الأرض:	2- بالنسبة لجسم (m) يوجد على مسافات بعيدة من سطح الأرض (أيضا يصلح لجسم بالقرب من سطح الأرض):
يمكن حسابها مباشرة من العلاقة:	يمكن استنتاج طاقة الوضع التجاذبية من: (الشغل المبذول ضد قوة الجاذبية) هكذا:
$E_P = mgh$	$\Delta E_P = -W = -Fr \rightarrow E_P = -G\frac{M.m}{r^2}.r$
	$E_P = -G\frac{M.m}{r}$

ملحوظة:
هذه المعادلة هي معادلة تقريبية تنطبق فقط على الارتفاعات الصغيرة والتي تكون اقل بكثير من نصف قطر الأرض حيث تكون عجلة الجاذبية (g) ثابتة تقريبا.

حيث ان :	
E_P	طاقة الوضع التجاذبية لنظام من كتلتين بوحدة (J) جول
M	كتلة الجسم الأول المسبب للمجال (kg)
m	كتلة الجسم الثاني المتأثر بالمجال (kg)
r	المسافة بين مركزي كتلتي الجسمين بوحدة (m)
G	ثابت الجذب العام بوحدة ($N.m^2/kg^2$) 6.67×10^{-11}

شكل يوضح نقطة المرجع في كل حالة :





طاقة الوضع التجاذبية لجسم عند سطح الارض (E_p) يبعد مسافة (R) عن مركز الأرض	طاقة الوضع التجاذبية لجسم يوجد على ارتفاع من سطح الارض (E_p) ويبعد مسافة (r) عن مركز الأرض	
$E_p = -G\frac{M.m}{R}$	$E_p = -G\frac{M.m}{R+h}$	$E_p = -G\frac{M.m}{r}$

س1- بم تفسر: -

لا يمكن استخدام معادلة طاقة الوضع ($E_p = mgh$) على ارتفاعات كبيرة من سطح الأرض.

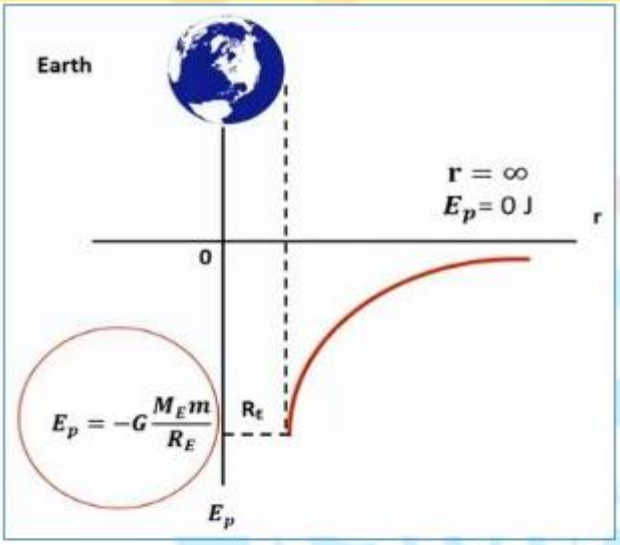
ج- لأن قيمة شدة المجال (g) (.....) بزيادة الارتفاع عن سطح الأرض بينما تظل قيمتها ثابتة بالقرب من سطح الارض وتساوي تقريبا 9.8 N/kg .

س2- بم تفسر: -

تكون اشارة طاقة الوضع التجاذبية (GPE) سالبة.

ج- لان الشغل المبذول على الجسم يكون ضد قوة الجاذبية التي تؤثر الى ..... باتجاه مركز الأرض.

مفاهيم وملاحظات هامة من العلاقة البيانية لطاقة الوضع التجاذبية (E_P)



من العلاقة البيانية نحصل على الملاحظات الهامة الاتية:

س-اختر مما بين القوسين لتحصل على العبارة بشكل صحيح:

1-قيم طاقة الوضع في مجال الجاذبية قيم (**سالبة أم موجبة**).

2-العلاقة بين طاقة الوضع والارتفاع عن سطح الأرض علاقة (**طردية أم عكسية**) (لوجود الإشارة السالبة بالقانون).

3- تزداد طاقة الوضع التجاذبية تدريجيا الى ان تصل اقصى قيمة لها في مالانهاية وتساوي عندها (**صفرا أم قيمة عظمى**)

4- طاقة الوضع التجاذبية تنتج فقط من التفاعل بين كتلتي جسمين على الأقل.

معنى ذلك: انه (**لا يمكن أم يمكن**) ان يكون للجسم المعزول طاقة وضع تجاذبيه.

أي انها ترتبط بنظام من الكتل وليس بكتلة واحدة.

5- طاقة الوضع التجاذبية لنظام مكون من جسمين تساوي (**صفرا أم قيمة عظمى**) عندما تكون المسافة بينهما لانهائية.

6- (**تقل أم تزداد**) طاقة الوضع التجاذبية لنظام كلما تقاربت الكتلتين حيث تصبح سالبة أكثر. (والعكس صحيح)

س3- بم تفسر: -

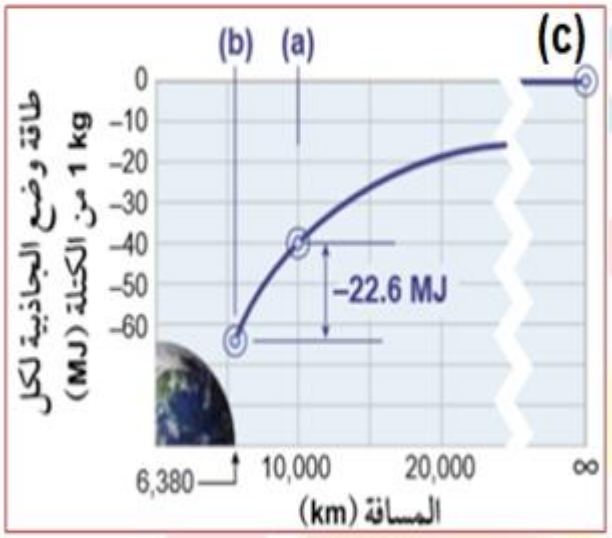
طاقة الوضع التجاذبية لنظام مكون من جسمين تساوي صفرا عندما تكون المسافة بينهما لانهائية.

ج- لأنه قوة الجاذبية بين الجسمين عند المسافة اللانهائية تساوي ..... وبالتالي تصبح طاقة الوضع صفرا.

تدريب: سؤال مقالي:

– من دراستك للشكل المقابل اجب عن ما يأتي:

(أ)- بافتراض وجود جسم كتلته (m) في اللانهاية عند النقطة (c) بالنسبة للأرض التي كتلتها (M) ، فكم طاقة الوضع التجاذبية لنظام (الجسم والأرض) ؟ ولماذا؟



ج أ – من الرسم المقابل نلاحظ ان طاقة الوضع التجاذبية للنظام تساوي ..... عند المسافة اللانهائية (∞) بين الجسمين.

والسبب هو ان:

عند المسافة اللانهائية بين الجسمين تكون قوى الجاذبية بينهما تساوي .....

(ب) – بافتراض سقوط جسم كتلته (1kg) من ارتفاع (10,000 km) كما بالشكل من النقطة (a) الى (b) فاحسب مقدار النقص في طاقة الوضع التجاذبية ؟

ثم فسر اين ذهب ذلك النقص وهل أثر على قانون بقاء الطاقة؟

ج (ب)- من الشكل نستطيع حساب التغير كما يلي:

$$\Delta E_P = E_f - E_i = -62.6 - (-40) = \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots MJ$$

وهذا المقدار(**-22.6 MJ**) يعبر عن النقص الحاصل في طاقة الوضع التجاذبية لنظام الأرض والجسم والذي يتحول الى طاقة ..... بسبب تسارع الجسم اثناء السقوط.

وهذا لا يؤثر على حفظ الطاقة الكلية للنظام فهي ثابتة حيث تتحقق هنا المعادلة بان:

النقص في طاقة ..... التجاذبية للنظام = الزيادة في الطاقة ..... له بالإضافة لطاقات أخرى مثل الطاقة الحرارية او الضوئية او خليط من كل هذه الاشكال.

تدريب: سؤال مقالي: (اشرح باختصار)

س- ما الذي يحدث لطاقة الوضع التجاذبية لجسم عندما يسقط باتجاه كوكب تحت تأثير قوة الجاذبية؟

ج- اثناء السقوط **يتسارع** الجسم **و** ..... طاقة الوضع التجاذبية للنظام **وتزداد** في المقابل الطاقة ..... وقد تزداد معها طاقات أخرى مثل الحرارية او الضوئية او خليط من كل هذه الاشكال بما يضمن بقاء الطاقة الكلية للنظام محفوظة.

مثال [11] : الكتاب المدرسي : ص33

مستخدما البيانات الموضحة على الشكل احسب طاقة الوضع التجاذبية لنظام الأرض والقمر.

الاجابة: ($E_P = 7.7 \times 10^{28}$ J)

المعطيات	خطوات الحل
كتلة الأرض $M = 5.98 \times 10^{24}$ kg.	
كتلة القمر $m = 7.35 \times 10^{22}$ kg.	
المسافة بين الأرض والقمر $r = 384{,}000$ km	
$G = 6.667 \times 10^{-11}$ Nm²/kg²	

تدريب [1] :-

-احسب طاقة الوضع التجاذبية لجسم كتلته (90 kg) على سطح الارض؟

إذا علمت ان:

(كتلة الأرض $M= 5.98 \times 10^{24}$ kg ونصف قطرها $R= 6.4 \times 10^{6}$ m وثابت الجذب العام $G= 6.667 \times 10^{-11}$) .

الاجابة:

المعطيات	خطوات الحل

$E_P = -5.6\ x\ 10^9$ J

تدريب [2] :-

- ما هي طاقة الوضع التجاذبية لجسم كتلته (60 kg) يرتفع (500 km) عن سطح الارض؟

إذا علمت ان:

(كتلة الأرض $M= 5.98 \times 10^{24}$ kg ونصف قطرها $R= 6.4 \times 10^{6}$ m وثابت الجذب العام $G= 6.667 \times 10^{-11}$) .

الاجابة:

المعطيات	خطوات الحل

$E_P = -3.5\ x\ 10^9$ J

تدريب [3] :-

-ما طاقة الوضع التجاذبية لجسم كتلته (90 kg) يوجد على ارتفاع يساوي مثلي نصف قطر الأرض .

إذا علمت ان:

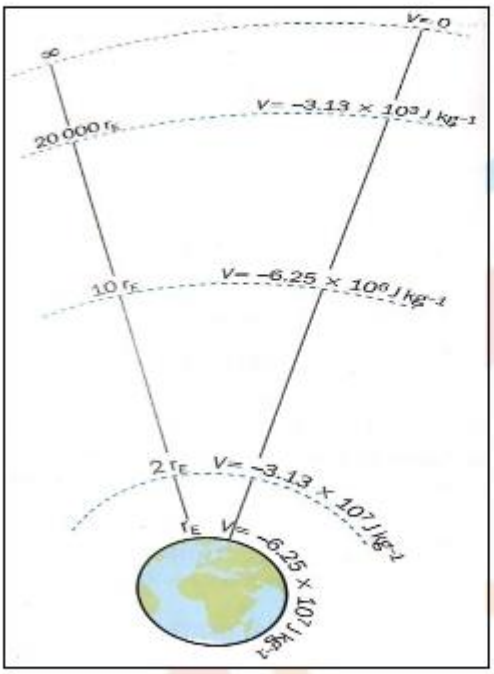
(كتلة الأرض $M= 6.0 \times 10^{24}$ kg ونصف قطرها $R= 6.4 \times 10^{6}$ m وثابت الجذب العام $G= 6.67 \times 10^{-11}$)

الاجابة:

المعطيات	خطوات الحل

$E_P = -2.8\ x\ 10^9$ J

تعريف جهد الجاذبية - Gravitational Potential



-**اعلم أن**: أي كتلة (M) مثل الارض تنشأ حولها **مجال جاذبية** وان هذا المجال ينشئ جهدا يسمى **جهد الجاذبية** وتكتسب أي كتلة (m) توضع في هذا المجال طاقة تسمى **طاقة وضع تجاذبيه** .وعليه يمكن تعريف جهد الجاذبية كالاتي :

- تعريف جهد الجاذبية عند أي نقطة في المجال (V_G)

(هي طاقة الوضع التي تكتسبها وحدة الكتل (1kg) عند نقطة معينة في المجال)

ويقاس بوحدة J/kg

او (الشغل المبذول لنقل وحدة الكتل من اللانهاية الى تلك النقطة) وهي كمية قياسية أي لها مقدار فقط.

س1 – استنتج قانون حساب جهد الجاذبية عند أي نقطة في مجال الجاذبية:

$$V_G = \frac{E_P}{m} = -G\frac{M}{r}$$

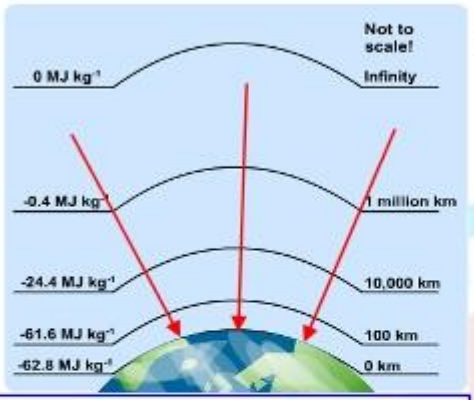
حيث ان :	
V_G	جهد الجاذبية بوحدة (J/kg)
M	كتلة الجسم المنتجة لمجال الجاذبية (kg)
r	البعد بين مركز الجسم صاحب المجال والنقطة المراد حساب الجهد عندها بوحدة (m)
G	ثابت الجذب العام بوحدة 6.67×10^{-11} ($N.m^2/kg^2$)

تدريب: سؤال مقالي:

-ما وجه الاختلاف والشبه بين جهد الجاذبية وطاقة الوضع التجاذبية؟

	جهد الجاذبية V_G	طاقة الوضع التجاذبية E_P
نوع الكمية	كمية	كمية قياسية
وحدة القياس	تقاس بوحدة ...../.....	تقاس بوحدة الـ ... ...
التعريف	الطاقة المكتسبة لوحدة ..... من الجسم عند وجوده في مجال الجاذبية	الطاقة المكتسبة من الجسم ..... عند وجوده في مجال جاذبية جسم اخر.
العوامل	**لا يعتمد** على ..... (m) بل يعتمد فقط على كتلة الجسم المنتج للمجال (M)	**يعتمد** على كتلة ..... (m) و(M) او يعتمد على كتلة الجسم (m) وجهد الجاذبية(V)

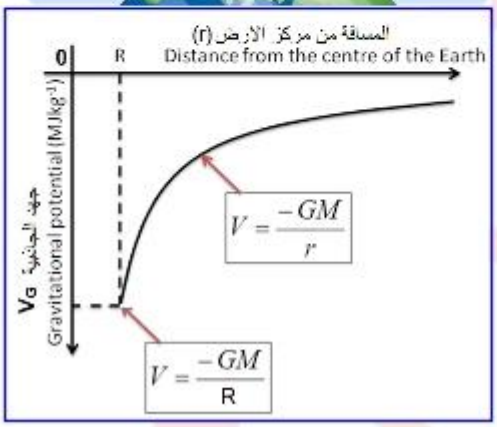
• معلومات هامة جدا حول مفهوم جهد الجاذبية



1-**جهد الجاذبية أكبر ما يكون في اللانهاية و= ..... $(V_\infty = 0)$**
يشابه في ذلك طاقة الوضع بسبب الإشارة السالبة له.

2-**<u>خطوط تساوي جهد الجاذبية</u>**: (الخطوط المقوسة بالشكل) هي خطوط وهمية تربط جميع النقاط المتساوية بالجهد حيث تكون على ارتفاع واحد من سطح الأرض وتأخذ شكل دوائر متحدة المركز عمودية على خطوط المجال (باللون الأحمر).

ونتيجة لذلك:
يكون **<u>التغير في طاقة الوضع التجاذبية</u>** لجسم يتحرك بين نقطتين على خط جهد واحد = ...



3-**جهد الجاذبية يعتمد فقط على كتلة الجسم المسبب للمجال (M)**
ولا يعتمد على ..... (m) الذي يؤثر فيه .

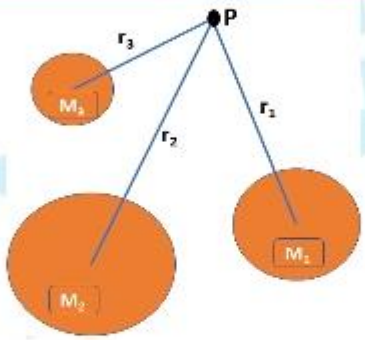
4-**يمكن حساب جهد الجاذبية على سطح الارض او أي سطح كوكب اخر من نفس العلاقة:-**

$$V_G = -G\frac{M}{R}$$

حيث ان: نصف قطر الأرض او الكوكب $= R$

5-**<u>جهد الجاذبية عند أي نقطة في الفضاء تقع في مجال عدة كتل في نظام</u>** = ... جهود الجاذبية لجميع الكتل الموجودة في هذا النظام.

لحساب الجهد الكلي عند نقطة (P) في مجال لنظام مكون من عدة كتل



بالجمع القياسي الجبري لجميع الجهود:

$$V_{GT} = V_{G1} + V_{G2} + V_{G3}$$

$$V_{GT} = -\left(\frac{GM_1}{r_1} + \frac{GM_2}{r_2} + \frac{GM_3}{r_3}\right)$$

- **ولحساب صافي طاقة الوضع التجاذبية لجسم يوجد عند النقطة (P) بدلالة جهد الجاذبية الكلي من العلاقة :**

$$E_P = m.V_{GT}$$

حيث ان :	
E_P	طاقة الوضع التجاذبية الكلية بوحدة (J) جول
V_{GT}	جهد الجاذبية الكلي بوحدة (J/kg)
m	كتلة الجسم الموجود عند النقطة بـ(kg)

سؤال مقالي:

استنتج علاقة تربط بين شدة مجال الجاذبية على سطح الارض (g_E) وجهد الجاذبية (V_G)؟

1-عند سطح الأرض:

$$V_G = -g_E \cdot R$$

الاجابة:

.....
.....
.....
.....

2-عند نقطة تبعد مسافة (r) عن مركز الأرض.

$$V_G = -g_p \cdot r = \frac{g\,R^2}{r}$$

الاجابة:

.....
.....
.....
.....
.....

مثال [12]: الكتاب المدرسي : ص36

اجب عن الأسئلة الاتية باستخدام كتلة الأرض 6.0×10^{24} kg ونصف قطرها $R = 6.4 \times 10^{6}$ m

a -ما **جهد الجاذبية** الأرضية الذي يؤثر في جسم كتلته 60 kg على سطح الأرض ؟

b – ما **جهد الجاذبية** التي تؤثر به الأرض في الجسم نفسه على ارتفاع 36,000 km عن سطح الأرض؟

الاجابة:

المعطيات	خطوات الحل
كتلة الأرض $M = 6.0 \times 10^{24}$ kg نصف قطر الأرض $R = 6.4 \times 10^{6}$ m كتلة الجسم $m = 60$ kg المسافة بين سطح الأرض والجسم $h = 36{,}000$ km	a- b-

$V_G = -9.4\ x\ 10^{6}$ J/kg ، $V_G = -6.3\ x\ 10^{7}$ J/kg

تدريب [1]:-

باستخدام كتلة الأرض 6.0×10^{24} kg ونصف قطرها $R = 6.4 \times 10^{6}$ m احسب:

a -**جهد الجاذبية** الأرضية الذي يؤثر في جسم كتلته 3000 kg على سطح الأرض ؟

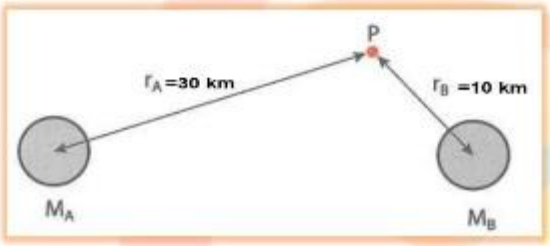
b – **جهد الجاذبية** التي تؤثر به الأرض في الجسم نفسه على ارتفاع 50,000 km عن سطح الأرض؟

الاجابة:

المعطيات	خطوات الحل
	a- b-

$V_G = -6.3 \times 10^{7}$ J/kg ، $V_G = -7.1 \times 10^{6}$ J/kg

تدريب [2]:-



افترض انه هناك جسمان بالفضاء (A ، B) كتلتاهما متماثلتان وتساوي (1000 kg) -ما طاقة الوضع التجاذبية لجسم كتلته (1 kg) اذا وضع عند النقطة (P)؟

الاجابة:

المعطيات	خطوات الحل

$E_P = -8.9 \times 10^{-12}$ J

تدريب [3]:-

جهد الجاذبية على سطح كوكب نصف قطره (R) يبلغ (-6.4×10^{7} J/kg) ، ما جهد الجاذبية عند ارتفاع يساوي (R) من سطح الكوكب؟

الاجابة:

المعطيات	خطوات الحل

$V_G = -3.2 \times 10^{7}$ J/kg

تدريب [4] [هام] التغير في طاقة الوضع

احسب التغير الكلي في طاقة الوضع التجاذبية لصاروخ كتلته (m= 50,000 kg) عندما يقلع من سطح الأرض الى ارتفاع (h= 3.5 x 10^6 m) فوق سطح الأرض .اذا علمت ان:
(كتلة الأرض M= 6.0 x 10^{24} kg ونصف قطرها R= 6.4 x 10^6 m وثابت الجذب العام G= 6.67 x 10^{-11}) .

الاجابة:

خطوات الحل

طريقة [1]

بم ان الجسم تحرك من سطح الأرض الى ارتفاع معين اذن لابد من حساب: طاقة الوضع التجاذبية الابتدائية والنهائية ثم حساب الفرق بينهما:

$$\Delta E_P = E_f - E_i$$

$E_f =$

$= -2.02 \times 10^{12}\ J$

$E_i =$

$= -3.13 \times 10^{12}\ J$

$\Delta E_P =$

الحل النهائي: $\Delta E_P = +1.11 \times 10^{12} J$

(ملحوظة)

يمكن التعويض مباشرة في طاقة الوضع التجاذبية

$$\Delta E_P = -GMm\left(\frac{1}{r_f} - \frac{1}{r_i}\right)$$

طريقة [2]

او بحساب جهد الجاذبية عند السطح وعند الارتفاع الجديد ثم حساب فرق جهد الجاذبية وضرب الناتج في كتلة الصاروخ بالقانون التالي:

$$\Delta V_G = V_f - V_i$$
$$\Delta E_P = m \cdot \Delta V_G$$

$V_i =$

$= -6.25 \times 10^7\ J/kg$

$V_f =$

$= -4.04 \times 10^7\ J/kg$

$\Delta V_G =$

$\Delta E_P =$

الحل النهائي: $\Delta E_P = +1.11 \times 10^{12} J$

ملحوظة

اذا علمت جهد الجاذبية لنقطتين فيمكن ايجاد فرق جهد الجاذبية اولا:

$$\Delta V_G = V_f - V_i$$

ثم حساب التغير في طاقة الوضع الجاذبية:

$$\Delta E_P = m \cdot \Delta V_G$$

تدريب [5]

احسب التغير الكلي في طاقة الوضع التجاذبية لصاروخ كتلته (m=75,000 kg) عندما يقلع من سطح الأرض الى ارتفاع (3R) فوق سطح الأرض إذا علمت ان:
(كتلة الأرض = 6.0×10^{24} kg ونصف قطرها = 6.4×10^{6} m وثابت الجذب العام = 6.67×10^{-11}) .

الاجابة: $3/4\frac{GMm}{R}$

المعطيات	خطوات الحل

$\Delta E_P = +3.52\ x\ 10^{12} J$

شرح مثال - جهد جاذبية الشمس بالكتاب [ص35]

تبلغ كتلة الشمس 2.0×10^{30} kg ونصف قطرها 7.0×10^{8} m. تخيّل نموذجًا بسيطًا للشمس تتساوى فيه جسيمات غاز وغبار مع كتلة الشمس وتسقط من اللانهاية إلى داخل نصف قطر الشمس.

a. احسب جهد الجاذبية على سطح الشمس.
b. احسب الطاقة المفقودة من الكتلة الساقطة
c. تشعّ الشمس قدرة 3.8×10^{26} W. ما الزمن الذي ستستغرقه الشمس لتشع الطاقة المحسوبة في الجزء b؟

الحل :

لفهم المثال: تخيل الشكل الموضح:

الدائرة المقطعة هي الجسيمات الموجودة في اللانهاية والتي تسقط لداخل نصف قطر الشمس لتكون الشمس بنصف قطر (r).

أولا : حساب جهد الجاذبية على سطح الشمس :

$V_G = -1.9\ x\ 10^{11} J/kg$

.....
.....
.....

ثانيا : حساب الطاقة المفقودة من الكتلة الساقطة من اللانهاية الى نصف قطر الشمس:

وهنا كتلة الشمس هي نفسها بمثابة كتلة الجسيمات التي كونتها بسقوطها من اللانهاية الى نصف قطر الشمس كما بالشكل المقابل.

.....
.....
.....

$E_P = -3.8\ x\ 10^{41} J$

ثالثا: حساب الزمن اللازم لتشع الشمس الطاقة السابقة: من قانون القدرة المعروف لديك أيها الطالب:

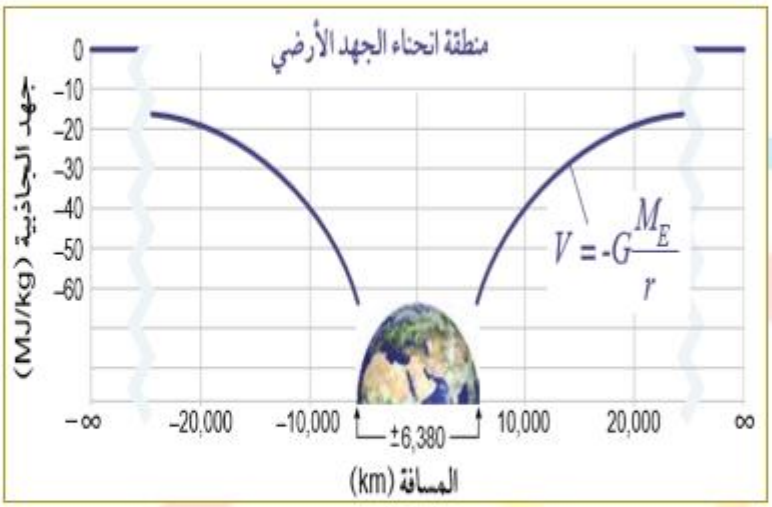
.....

$P = \frac{E}{t} \rightarrow$

$t = 10^{15}\ s$

منطقة انحناء جهد الجاذبية للأرض (يسمى بئر الجاذبية gravity well)

يعتقد علماء الفيزياء والفلك ان أي كتلة تنشىء ما يشبه بئرا لجهد الجاذبية حيث تسقط فيها الاجسام بفعل الجاذبية :



معلومة هامة عن منطقة انحناء الجهد او بئر الجاذبية: (للفهم فقط)

يعرف بأنه:

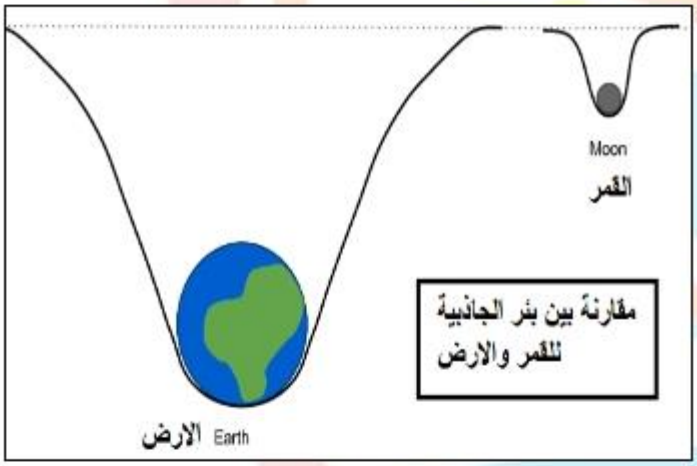
قوة سحب الجاذبية التي يمارسها جسم كبير في الفضاء.

فكلما كان الجسم أكبر كتلة زادت جاذبيته وكان البئر أعمق.

فمثلا:

للشمس جاذبية كبيرة (بئرا عميقة) بينما الكويكبات والأقمار الصغيرة تحتوي على آبار جاذبية ضحلة كما بالشكل.

وعليه نفهم من ذلك ان أي جسم على سطح كوكب أو قمر يعتبر في قاع بئر الجاذبية له كما **بالشكل**.

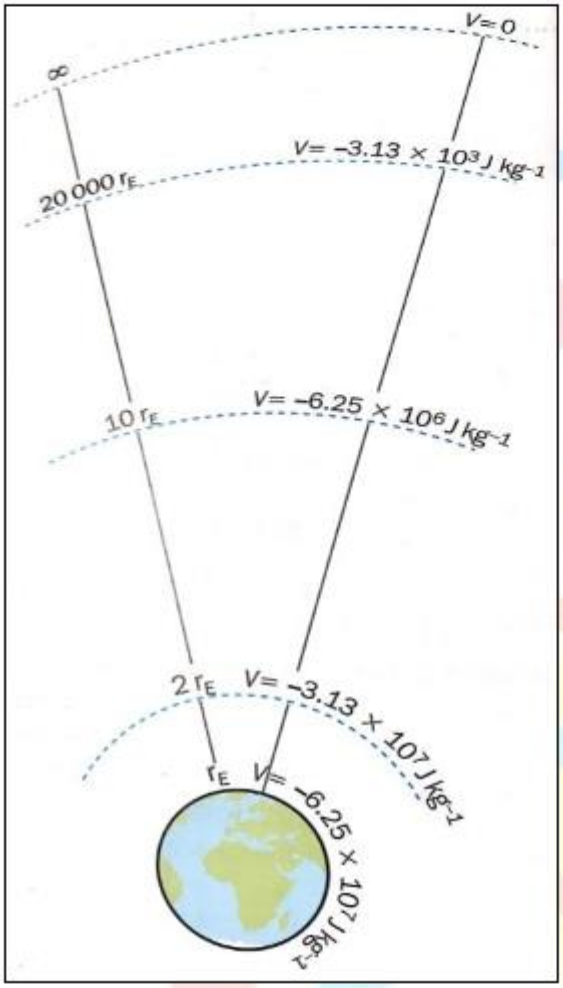


وبذلك يعد هذا المفهوم جيدا لفهم كل الاجسام الساقطة على الأرض وتأثيرات النيازك والمذنبات وتفسير سقوطها نحو الارض.

س -صف ماذا يحدث للجسم حين يسقط في (بئر الجاذبية) او منطقة انحناء الجهد؟

ج – حين تسقط الاجسام في بئر الجاذبية تكتسب اشكالا من الطاقة كالطاقة ..... الناتجة من فقدان طاقة ..... التجاذبية للنظام.

سرعة الإفلات من الجاذبية - Escape Velocity



مقدمة:

بالنظر الى جهد الجاذبية عند سطح الأرض وبالتعويض بالقانون سنجده يساوي هذا المقدار:

(-6.25×10^7 J/kg) او (- 63 MJ/kg)

سؤال مقالي:

س: ما معنى ان جهد الجاذبية على سطح الأرض يساوي هذا المقدار العددي -6.25×10^7 J/kg ؟

ج – يعنى انه عند سقوط جسما كتلته (kg .....) من الفضاء الخارجي الى سطح الأرض يكتسب هذا القدر من الطاقة الحركية.

او بمعنى اخر:

يعني ان الحد الأدنى من الطاقة الحركية اللازمة لكل ..... للإفلات من الجاذبية يساوي هذا المقدار (6.25×10^7 J)

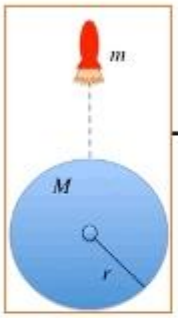
سؤال مقالي:

بم تفسر: يفضل علماء الفضاء عند إطلاق المركبات الفضائية سطح القمر عن سطح الأرض.

ج-لان جاذبية القمر ..... من جاذبية الأرض.

ونتيجة لذلك فان الطاقة اللازمة لكل كيلوجرام للإفلات من سطح القمر تكون ..... بكثير من الطاقة اللازمة لكل كيلوجرام للإفلات من سطح الأرض .

استنتاج قانون سرعة الإفلات Escape Velocity-



س1 - ما تعريف سرعة الإفلات من الجاذبية؟

ج- هي ..... سرعة لازمة لجسم كي يفلت من الجاذبية الأرضية بشكل ..... من سطح الأرض.

س2 - ما اهم شرط لإفلات الجسم من الجاذبية الأرضية؟

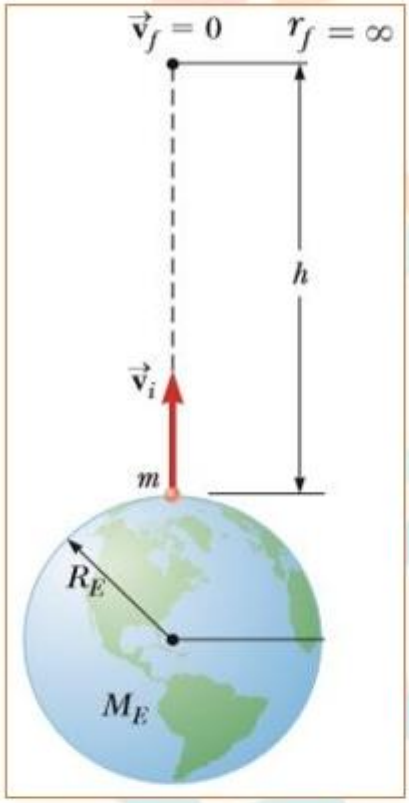
ج- ان يمتلك الجسم طاقة ..... اثناء الاطلاق مساوية لطاقة الوضع التجاذبية له على سطح الأرض.

او ان يكون مجموع طاقتي ..... و ..... للجسم عند نقطة الاطلاق على سطح الأرض = ...

سؤال مقالي:

س -استنتج قانون حساب سرعة الافلات من الجاذبية الأرضية؟

ج- نفترض ان لدينا جسم كتلته (m) وبتطبيق قانون حفظ الطاقة على سطح الأرض بجعل مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع التجاذبية = صفرا عند سطح الأرض وذلك كالتالي: القانون العام هو:



$$E_{Pi} + E_{Ki} = E_{Pf} + E_{Kf}$$

$$-G\frac{M.m}{r_i} + \frac{1}{2}mv_i^2 = -G\frac{M.m}{r_f} + \frac{1}{2}mv_f^2$$

بالتعويض عن:

$$v_f = 0 \quad , r_f = \infty \quad , v_i = v_{esc} \quad , r_i = R_E$$

لان السرعة في اللانهاية =صفرا

وبالتالي يصبح الطرف الأيمن من المعادلة = صفرا

$$-G\frac{M.m}{R_E} + \frac{1}{2}mv_{esc}^2 = 0$$

$$\frac{1}{2}mv_{esc}^2 = G\frac{M.m}{R_E}$$

$$v_{esc.} = \sqrt{\frac{2GM}{R_E}}$$

وللتعميم:

يمكن استخدام هذا القانون لحساب سرعة الهروب من سطح اي كوكب.

$$v_{esc.} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

حيث ان :	
v_{esc}	سرعة الهروب من الجاذبية بوحدة (m/s)
M	كتلة الكوكب (kg)
R	نصف قطر الكوكب (m)
G	ثابت الجذب العام بوحدة ($N.m^2/kg^2$) 6.67×10^{-11}

سؤال مقالي:

1-استنتج علاقة لحساب سرعة الإفلات بدلالة تسارع الجاذبية (g) على سطح الكوكب.

الاجابة:

$$v_{esc.} = \sqrt{2gR}$$

2- استنتج علاقة لحساب سرعة الإفلات بدلالة جهد الجاذبية (V_G) على سطح الكوكب.

الاجابة:

$$v_{esc.} = \sqrt{2\,(V_G)} = \sqrt{\frac{2E_P}{m}}$$

تدريب [1] : لحساب سرعة الافلات من سطح الارض :

احسب سرعة الإفلات من جاذبية الأرض إذا علمت ان:
(كتلة الأرض $M= 6.0 \times 10^{24}\ kg$ ونصف قطرها $R= 6.4 \times 10^{6}\ m$ وثابت الجذب العام $G= 6.67 \times 10^{-11}$) .

الحل:

$v_{esc.} = 11.2\ km/s$ $v_{esc} = 11,183\ m/s$

تدريب [2] :

صاروخ كتلته 200 kg ساكن على سطح كوكب يبلغ جهد الجاذبية على سطحه (-50 MJ/kg). احسب سرعة افلات الصاروخ.

الحل:

$v_{esc} = 10000\ m/s$

تدريب [3]:

س-احسب سرعة الإفلات من سطح كوكب المريخ اذا كانت كتلته (6.39×10^{23} kg) ونصف قطره (3389.5 km)؟

الحل:

.....

.....

.....

.....

$v_{esc} = 5014.9\ m/s$

تدريب [4]: سؤال مقالي:

س1-ما سرعة الإفلات من سطح الأرض لجسم كتلته 8 kg ؟

ج – سرعة الإفلات .....

س2- ماذا سيحدث لسرعة الإفلات إذا تضاعفت كتلة الجسم الذي يطلق؟

.....

.....

س3- على ما تعتمد سرعة الإفلات؟

ج- تعتمد على كل من:

1- ..... (M) 2- ..... (R)

تدريب [5]: س- بم تفسر:

يشكل الوقود غالبا معظم كتلة الصواريخ.

ج – كي يمد الصاروخ بالطاقة اللازمة للتغلب على قوة .....

ملحوظة هامة جدا

يجب ان تعلم ان سرعة الافلات قيمة ثابتة وتختلف باختلاف الكوكب وتساوي (11.2 km/s) لكوكب الارض ولا تعتمد على كتلة الجسم الذي يفلت من الجاذبية

الواجب

تدريبات عامة على طاقة الوضع التجاذبية وجهد الجاذبية وسرعة الافلات

تمرين (1) :-

-جهد الجاذبية على سطح كوكب نصف قطره (R) يبلغ (-6.4×10^7 J/kg) ، ما هو جهد الجاذبية عند ارتفاع (h = R) عن سطح الكوكب ؟

A. -1.4×10^7 J/kg

B. -3.2×10^7 J/kg

C. -6.4×10^7 J/kg

D. -12.8×10^7 J/kg

تمرين (2) : -أي من الوحدات الاتية يمثل وحدة قياس جهد الجاذبية (Gravitational Potential)؟

A. Kg/J

B. J/kg^2

C. $J.kg^{-2}$

D. $J.kg^{-1}$

تمرين (3) : -

-تعد مؤسسة علمية فلكية بأحد الدول صاروخان سيتم اطلاقهما الى الفضاء من سطح الأرض حيث كانت كتلة الصاروخ الأول ضعف كتلة الثاني تقريبا، فأي العبارات الاتية صحيحة بالنسبة لسرعة الإفلات من الجاذبية؟

A. -الصاروخ الأول يحتاج الى سرعة افلات ضعف سرعة الثاني.

B. -الصاروخ الأول يحتاج الى سرعة افلات نصف سرعة الثاني.

C. -الصاروخ الأول والثاني لهم نفس سرعة الإفلات ولكن يختلفان في طاقة الحركة.

D. -الصاروخ الأول والثاني لهم نفس طاقة الحركة وبالتالي لهم نفس سرعة الافلات.

تمرين (4) : -

-أي من العوامل الاتية تعتمد عليه سرعة افلات صاروخ من الجاذبية الأرضية؟

A. -نصف قطر الأرض

B. -كتلة الأرض

C. -كتلة الصاروخ

D. -الفقرة A و B

تمرين (5) : -

-اي من العبارات الاتية أكثر دقة لتصلح شرطا لإفلات جسم من الجاذبية الأرضية دون طاقة إضافية؟

A. يجب ان يمتلك الجسم طاقة حركية اثناء الاطلاق اقل من طاقة الوضع التجاذبية له على سطح الأرض.

B. يجب ان يمتلك الجسم طاقة حركية اثناء الاطلاق مساوية لطاقة الوضع التجاذبية له على سطح الأرض.

C. يجب ان يمتلك الجسم طاقة حركية اثناء الاطلاق أكبر من طاقة الوضع التجاذبية له على سطح الأرض.

D. يجب ان يكون مجموع طاقة الحركة وطاقة الوضع التجاذبية على سطح الأرض يساوي مقدارا ثابتا.

تمرين (6) : -

- أي الأنظمة الاتية لا يمكن ان تنشأ فيه طاقة الوضع التجاذبية؟

A. -نظام مكون من كتلتين فقط

B. -نظام مكون من ثلاث كتل.

C. -نظام مكون من أربعة كتل.

D. -نظام معزول مكون من كتلة واحدة.

تمرين (7) : -

-كيف تتغير طاقة الوضع التجاذبية لنظام من الكتل عندما تكون هذه الكتل متباعدة بعدا لا نهائيا؟

A. تصبح أكثر سالبية وتساوي أكبر قيمة لها.

B. تصبح أكثر إيجابية وتساوي أصغر قيمة لها.

C. تصبح أكثر سالبية وتساوي أصغر قيمة لها.

D. تصبح صفرا وتساوي أكبر قيمة لها.

تمرين (8) : -

- باستخدام كتلة الأرض 6.0×10^{24} kg ونصف قطرها $R = 6.4 \times 10^{6}$ m

-ما جهد الجاذبية الأرضية الذي يؤثر في جسم كتلته 60 kg على سطح الأرض؟

A. -1.4×10^{7} J/kg

B. -3.2×10^{7} J/kg

C. -6.3×10^{7} J/kg

D. -12.8×10^{7} J/kg

تمرين (9) : -

-ما جهد الجاذبية التي تؤثر به الأرض في جسم كتلته 1000 kg على ارتفاع 36,000 km عن سطح الأرض؟

A. -2.4×10^{6} J/kg

B. -9.4×10^{6} J/kg

C. -6.3×10^{6} J/kg

D. -10.8×10^{6} J/kg

تمرين (10) : -

بفرض ان جهد الجاذبية على سطح كوكب نصف قطره (R) يبلغ (V_G) ، فكم يصبح جهد الجاذبية عند ارتفاع (3R) عن سطح الكوكب ؟

A. $3V_G$

B. $\frac{1}{2}V_G$

C. $\frac{1}{3}V_G$

D. $\frac{1}{4}V_G$

تمرين (11) : -

احسب التغير الكلي في طاقة الوضع التجاذبية لصاروخ كتلته (m= 50,000 kg) عندما يقلع من سطح الأرض الى ارتفاع (h= 3.5 x 10^6 m) فوق سطح الأرض .اذا علمت ان:
(كتلة الأرض M= 6.0 x 10^{24} kg ونصف قطرها R= 6.4 x 10^6 m وثابت الجذب العام G= 6.67 x 10^{-11}) .

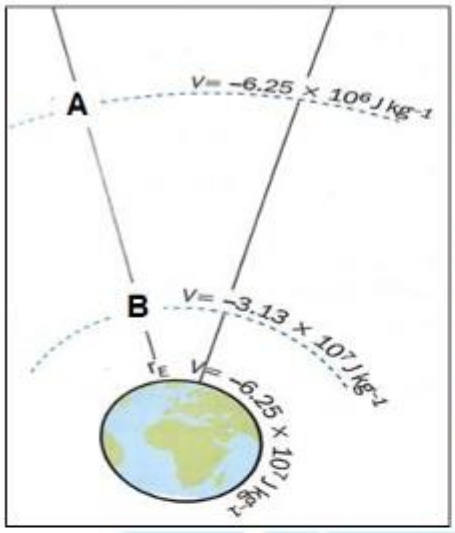
A. +1.11 x 10^{12} J
B. - 9.61 x 10^{11} J
C. - 1.11 x 10^{12} J
D. +7.31 x 10^{11} J

تمرين (12) : -

احسب التغير الكلي في طاقة الوضع التجاذبية لصاروخ كتلته (m= 75,000 kg) عندما يقلع من سطح الأرض الى ارتفاع (3R) فوق سطح الأرض .اذا علمت ان:
(كتلة الأرض M= 6.0 x 10^{24} kg ونصف قطرها R= 6.4 x 10^6 m وثابت الجذب العام G= 6.67 x 10^{-11}) .

A. +6.12 x 10^{12} J
B. - 8.61 x 10^{12} J
C. + 3.52 x 10^{12} J
D. - 2.11 x 10^{12} J

تمرين (13) :



الشكل المقابل: يوضح جهد الجاذبية الارضية على ارتفاعات مختلفة من سطح الأرض.
احسب التغير في طاقة الوضع التجاذبية لجسم كتلته (50 kg) عندما ينقل من النقطة (A) الى النقطة (B).
اذا كانت (V_A= -6.25 x 10^6 J/kg) , (V_B= -3.13 x 10^7 J/kg)

A. +3.12 x 10^9 J
B. + 1.25 x 10^9 J
C. + 1.52 x 10^9 J
D. - 1.25 x 10^9 J

تمرين (14) :

يمتلك جسم طاقة (550 kJ) عند نقطة في مجال جهد الجاذبية عندها (50 kJ/kg) . كم تبلغ كتلة الجسم؟

A. 11 kg
B. 110 kg
C. 1100 kg
D. 101 kg

تمارين واسئلة متنوعة:

تمرين (15) :

- حاول ان تستنتج العلاقة $v_{esc.} = \sqrt{2gR}$ لسرعة الإفلات باستخدام علاقة شدة مجال الجاذبية (g) :

.....

.....

.....

.....

تمرين (16) :

س : ما معنى ان جهد الجاذبية على سطح الأرض يساوي هذا المقدار العددي -6.25×10^7 J/kg ؟

ج –

.....

.....

تمرين (17) :

استخدم البيانات الاتية لحساب جهد الجاذبية (V_M) على سطح القمر.

-كتلة الأرض = 81 مرة كتلة القمر.

-نصف قطر الأرض = 3.7 مرة نصف قطر القمر

-جهد الجاذبية (V_E) على سطح الأرض = -63 MJ/kg

الإجابة:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$V_M = -2.88$ MJ/kg

تمرين (18) :

اذا كان جهد الجاذبية على سطح الأرض يساوي (-6.25×10^7 J/kg) فاحسب على أي ارتفاع من سطح الأرض تصبح هذه قيمة جهد الجاذبية (-6.25×10^6 J/kg) . وضح اجابتك بدلالة (R_E) مرة وعدديا مرة اخرى .

حيث ان: ($R_E = 6.4 \times 10^6$ m).

.....

.....

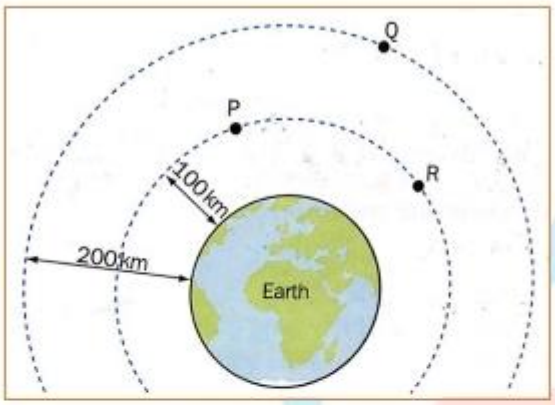
.....

.....

$h = 9\ R_E = 5.76 \times 10^7$ m

تمرين (19) :

الشكل يوضح سطحي جهد حول الأرض على ارتفاعين مختلفين:



A) – احسب جهد الجاذبية عند النقاط (Q , P) في الشكل؟

(Ans. V_P= -6.16 x10^7 J/kg , V_Q= -6.06 x10^7 J/kg)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$V_Q = -6.06 \times 10^7\ J/kg$) ($Vp = -6.16 \times 10^7\ J/kg$)

B) – احسب الطاقة اللازمة لتحريك صاروخ كتلته (33000 kg) من النقطة P الى النقطة Q ؟

.....

.....

.....

.....

$\Delta E_p = +3.3 \times 10^{10}\ J$ .....

C) – اشرح لماذا لا يبذل شغلا عند حركة الصاروخ من النقطة P الى النقطة R ؟

ج- لان التغير في طاقة الوضع التجاذبية بين النقطتين = ... ويرجع ذلك لتساوي النقطتان في جهد الجاذبية حيث يقعان على ارتفاع واحد من سطح الأرض (او لأنهم على خط جهد واحد).

تمرين (20) :

- يمتلك القمر كتلة قدرها (7.35 x 10^{22} kg) ونصف قطر قدره (1740 km) .

A) – احسب جهد الجاذبية على سطح القمر؟

.....

.....

.....

V_{moon}= -2.818 x10^6 J/kg

B) – مستكشف (مسبار) فضائي كتلته (100 kg) تم اسقاطه من ارتفاع 1 km على سطح القمر . احسب التغير في طاقة وضعه التجاذبية؟

.....

.....

ΔE_p= - 2 x 10^5 J .....

C) – اذا علمت ان جميع طاقة وضع المسبار المفقودة تحولت الى طاقة حركة , احسب السرعة التي ضرب بها هذا المسبار سطح القمر؟

.....

.....

v = 63.25 m/s

تمرين (21) أسئلة كتاب المدرسة ص39 (من س1 الى س9)

اعتبر الثوابت الاتية في المسائل التالية

(كتلة الأرض $M= 6.0 \times 10^{24}\ kg$ ونصف قطرها $R= 6.4 \times 10^{6}\ m$ وثابت الجذب العام $G= 6.67 \times 10^{-11}$) .

س1- اشرح الفرق بين جهد الجاذبية وطاقة الوضع التجاذبية ؟

ج1- الإجابة

جهد الجاذبية V_G	طاقة الوضع التجاذبية E_P

س2- ما هي طاقة الوضع التجاذبية لجسم كتلته (60 kg) يرتفع (500 km) عن سطح الارض؟

ج -الإجابة:

.....

.....

.....

.....

$E_P = -3.48\ x\ 10^9\ J$

س3- (a) -احسب طاقة الوضع التجاذبية لجسم كتلته (90 kg) على سطح الارض؟

.....

.....

.....

$E_P = -5.63\ x\ 10^9\ J$

(b)- ما طاقة الوضع التجاذبية للجسم الذي كتلته (90 kg) عندما يدور في الفضاء على ارتفاع من سطح الارض يساوي ضعف نصف قطر الأرض.

.....

.....

.....

$E_P = -1.88\ x\ 10^9\ J$

س4-احسب سرعة الإفلات للمريخ اذا كانت كتلته ($6.39 \times 10^{23}\ kg$) ونصف قطره (3389.5 km)؟

ج-

.....

.....

.....

.....

$v_{esc} = 5014.88\ m/s$

س5-ما سرعة الإفلات من الأرض لجسم كتلته 8 kg ؟

ج – سرعة الإفلات من الأرض .....وتساوي .....لانها تعتمد على .....و.....ولا تعتمد على .....الجسم .

س6- ماذا سيحدث لسرعة الإفلات إذا تضاعفت كتلة الجسم الذي يطلق؟

ج- .....

س7-كتلة الشمس (1.99×10^{30} kg) وكتلة الأرض (5.98×10^{24} kg) ، اذا كانت المسافة بين الأرض والشمس (150×10^{6} km) احسب جهد الجاذبية للأرض بالنسبة الى الشمس.

ج-

.....

.....

.....

.....

$V_G = -8.85 \times 10^8 \, J/kg$

س8-صاروخ كتلته 200 kg ساكن على سطح كوكب يبلغ جهد الجاذبية على سطحه (-50 MJ/kg).

a)- احسب طاقة الوضع التجاذبية للصاروخ على سطح الكوكب .

.....

.....

$E_P = -10 \times 10^9 \, J = 10 \, GJ$ .....

b)- احسب سرعة افلات الصاروخ .

.....

$v_{esc} = 10^4 \, m/s$ .....

س9- اذا علمت أن: (كتلة الشمس = 2.0×10^{30} kg) (نصف قطر الشمس= 7.0×10^8 m).

A) – ما هي سرعة الإفلات من الشمس .

.....

.....

.....

$v_{esc} = 6.17 \times 10^5 \, m/s$ .....

B) – استخدم معادلة سرعة الإفلات ، كي تحسب الكتلة المطلوبة للشمس حتى تصبح ثقبا اسودا شرط ألا يتغير نصف قطرها. (اذا علمت ان سرعة الضوء 3×10^8 m/s)

ج – .....

.....

$M_{SUN} = 4.72 \times 10^{35} \, kg$ .....

أسئلة كتاب المدرسة ص56 (من س26 الى س30)

الدرس (1-3) جهد الجاذبية

س26 – يمتلك جسم (240 J) من الطاقة عند نقطة في مجال يبلغ جهد جاذبيته (60 J/kg) .
كم تبلغ كتلة الجسم؟

ج- .....

.....

.....

.....

M= 4 kg

س27- كم تبلغ المسافة (r) عن الأرض عندما يكون جهد الجاذبية :

a). - 10,000,000 J/kg
b). - 20,000,000 J/kg
c). - 30,000,000 J/kg

.....

.....

.....

.....

.....

$r_a = 4\ x\ 10^7\ m$ | $r_b = 2\ x\ 10^7\ m$ | $r_c = 1.33\ x\ 10^7\ m$

س28-احسب الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لإطلاق جسم (قمر صناعي) كتلته (1 kg) في مدار يبعد (42000 km) عن سطح الأرض.

مساعدة: (ادنى طاقة هي فرق الطاقة الكلية بين سطح الأرض والطاقة في المدار)

(كتلة الأرض $M= 6.0 \times 10^{24}$ kg ونصف قطرها $R= 6.4 \times 10^6$ m وثابت الجذب العام $G= 6.67 \times 10^{-11}$) .

$$(E_t)_{Surface} + W = (E_t)_{orbit}$$

$$(E_{Pi} + E_{Ki})_{Surface} + W = (E_{Pf} + E_{Kf})_{orbit}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

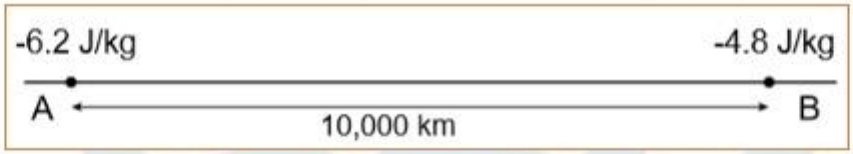
.....

.....

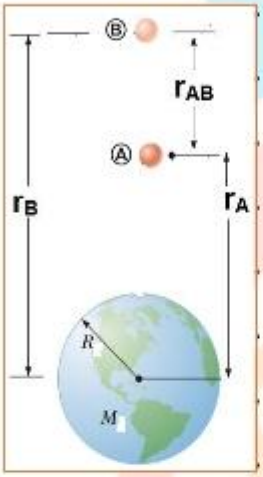
$E = 58.3 \times 10^6$ J

ملحوظة: هذا السؤال يفضل الإجابة عليه بعد دراسة السرعة المدارية والطاقة في المدار

س29 -تقع النقطتان (A و B) في مجال الجاذبية لكويكب كبير . يقيس مسبار فضائي جهد الجاذبية عند النقطتين (A وB) ويجدهما -6.2 J/kg و -4.8 J/kg . وتفصل بين النقطتين (A و B) مسافة مقدارها (10000 km) = (1×10^7 m). احسب كتلة الكويكب من البيانات السابقة .



الإجابة : مساعدة (الرسم للتوضيح)



$M = 3.16 \times 10^{18}$ kg

س30 – جهد الجاذبية الأرضية عند النقطة (A) يبلغ -7 kJ/kg وعند النقطة (B) يبلغ -3 kJ/kg .
احسب التغير في طاقة الوضع التجاذبية لجسم كتلته (4 kg) عندما ينقل من النقطة (A) الى النقطة (B).
(الإجابة: $\Delta E_P = -16\ kJ$)

$\Delta E_P = -16\ kJ$

متميزون دائما وموفقون الى اعلى الدرجات

_____

_____

_____

_____

قناة التيليجرام

https://t.me/joinchat/AAAAAEv_pS5lB1NNBJuTtA

قناة اليوتيوب

https://www.youtube.com/channel/UCMNPrJdTlX3Lmb1CYRB9vBw?disable_polymer=true

_____

_____

_____

_____