# الفيزياء الفلكية

- إشعاعُ الكواكبِ يبدو أكثرَ ثباتاً من إشعاعِ النُّجوم.
- مواقعُ الكواكبِ متغيّرة أمّا النُّجوم فتبقى في تشكيلات تبدو ثابتة.
- تتحرّكُ الكواكبُ في مجالٍ مُعيَّن بالنّسبة لمُراقبٍ على الأرض أمّا النُّجومُ فهي تنتشرُ على امتدادِ القبةِ السّماويّة.
- باستخدامِ التّلسكوب تبدو الكواكبُ أكثرَ وضوحاً، أمّا النُّجومُ فتبقى نقاطاً مُضيئة.

**المجموعةُ الشّمسيّة:** كواكبَ المجموعةِ الشّمسيّةِ ثمانيةٌ، أربعةٌ منها غازيّةٌ وهي الأبعد عن الشمس (المشتري _ زحل _ أورانوس _ نبتون) والباقي صخريّةٌ وهي الأقرب إلى الشمس (عطارد _ الزهرة _ الأرض _ المريخ).

والشّمس كما النُّجوم الأخرى تحوي بشكلٍ رئيسيّ الهدروجين والهليوم، ومع مرور الزّمن تزدادُ كتّلة الهليوم وتقلُّ كتّلة الهدروجين، وتقل كتلة الشّمس مع مرور الزّمن.

وفي النُّجوم يندمجُ الهدروجين ليعطي الهليوم، ويتحوّلُ النّقصُ في الكتلةِ نتيجةَ ذلكَ إلى طاقةٍ وفقَ علاقةِ آينشتاين في النسبية الخاصة $\Delta E = \Delta m.\, c^2$.

**تطبيق:** يتلقّى كلُّ $1m^2$ من سطحِ الأرضِ وسطيّاً $6.3 \times 10^4 J$ في كلّ ثانيةٍ عندَ التّعرُّضِ لأشعّة الشّمس، باعتبارِ أنّ 47% من أشعّةِ الشّمس تصلُ إلى سطحِ الأرضِ والباقي يمتصُّه الغافُ الجويُّ أو يرتدُّ عنه إلى الفضاء والمطلوب: احسُبِ النّقصَ في كتلةِ الشّمسِ في كلّ ثانية، إذا علمتَ أنّ بُعدَها عن الأرضِ 150 مليون كيلومتر (يُهمَل بُعدُ الغلافِ الجويّ عن سطحِ الأرض).

الحل:

الطّاقةُ المُقدَّمةُ لكل $1m^2$ من الأرض:

$$E_1 = 6.3 \times 10^4 \times \frac{100}{47} \Rightarrow$$
$$E_1 = 13.4 \times 10^4 J$$

فتكونُ الطّاقةُ الكلّيّةُ الصّادرةُ عن الشّمسِ خلالَ ثانيةٍ هي:

$$\Delta E = 4\pi r^2 . E_1$$
$$\Delta E = 4\pi(150 \times 10^6 \times 10^3).(6.3 \times 10^4)$$
$$\Delta E \approx 38 \times 10^{27} J$$

هذه الطّاقةُ ناتجةٌ عن النّقص في كتلةِ الشّمس وفقَ علاقةِ آينشتاين $\Delta E = \Delta m c^2$.

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{38 \times 10^{27}}{(3 \times 10^8)^2} = 4.22 \times 10^{11} Kg$$

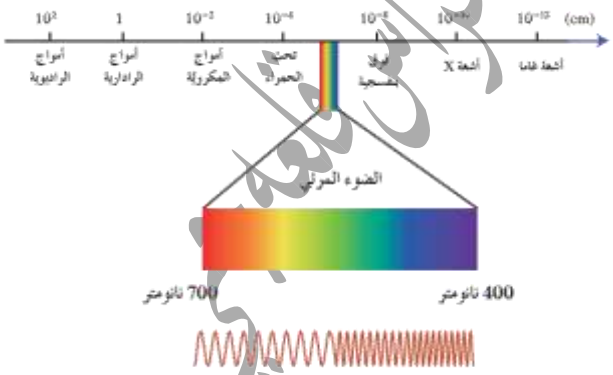
وهو مقدارُ النّقصِ في كتلة الشّمس في كلّ ثانيةٍ واحدة.

**تحوُّلُ الهدروجين إلى هليوم في النُّجوم (الشّمس مثلاً):**

يفسّرُ العلماء توليدَ النُّجوم للطّاقة من فكرة نشأتها وفقَ نظريّة السّديم التي تنصُّ: يبدأُ التّفاعُلُ النّووي داخلَ النّجم عندما تنهارُ سحابةٌ مُكوّنةٌ من الغاز والجُسيمات تحتَ تأثيرِ الضّغطِ النّاتجِ عن جاذبيّتها فيولّدُ هذا الانهيار كرةً كبيرةً من الضّوء ويبدأُ الاندماجُ بين الذّرّاتِ تحتَ تأثيرِ الضّغطِ والحرارةِ المُرتفعين، فيندمجُ الهدروجين الذي يشكّلُ النّسبةَ الأكبرَ من النّجم ليتحوّلَ إلى هيليوم، وتصدرُ الطّاقة نتيجةَ النّقصِ في الكتلة وفقَ علاقةِ آينشتاين.

**الإشعاعُ النَّجميّ:** يُمكِنُ تحديدُ كتلةِ النَّجم، وعمرِه، وتركيبِه الكيميائيِّ، وعدّةِ خصائصَ أخرى بملاحظةٍ ودراسةِ طيفِه وشِدّةِ إضاءتِه وحركتِه.

**الانزياحُ نحوَ الأحمرِ:** لاحظَ العالمُ هابل خلالَ رصدِه للمجرّاتِ البعيدةِ انزياحَ طيفِ المجرّاتِ نحوَ الأحمرِ كلّما كانت أبعد فما دلالةُ ذلك؟




الضّوءُ هو الطّيفُ المرئيُّ من الأمواجِ الكهرطيسيّة، تتدرّجُ ألوانُه من البنفسجيِّ إلى الأحمرِ وكلّما زادَ الطولُ الموجيُّ اقتربَ اللّونُ من الأحمر.

**تأثيرُ دوبلر:** بما أنّ الصّوتَ موجةٌ، فماذا يحدثُ عندما يبتعدُ المنبعُ المولّدُ للموجة (منبع الاهتزاز) عن المُراقب؟

عندما يكونُ المنبعُ ساكناً بالنسبة للمُراقب تشغلُ الموجة مسافة $\lambda$.

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

عندما يتحرّكُ المنبعُ مُبتعداً عن المُراقب بسرعةٍ $v'$ تشغلُ الموجةُ مسافةَ $\lambda'$:

$$\lambda' = \frac{v + v'}{f} = \frac{v + v'}{\frac{v}{\lambda}}$$

$$\lambda' = (1 + \frac{v'}{v})\lambda$$

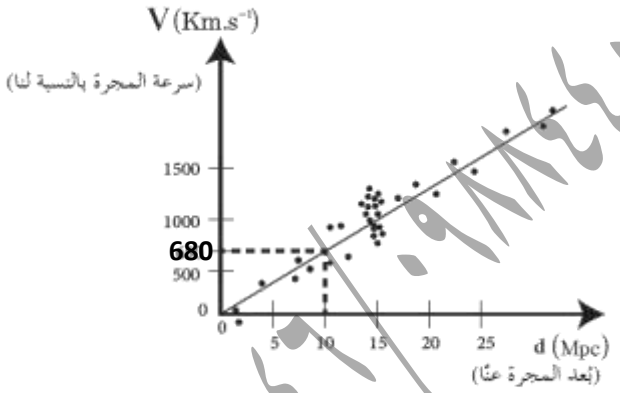
هذا يعني أنّ $\lambda'$ أكبر من $\lambda$.

أستنتج: عندما يبتعدُ منبعٌ موجيٌّ عن مُراقبٍ فإنّ الطولَ الموجيَّ يزدادُ، وبما أنّ الضّوءَ ذا الطّولِ الموجيِّ الأكبر هو الأحمرُ، فعندما يبتعدُ المنبعُ الضّوئيُّ عن المُراقبِ ينزاحُ الطّيفُ نحوَ الأحمر.

**ثابت هابل:** لاحظَ هابلُ انزياحَ طيفِ المجرّاتِ الأكثرِ بُعداً عنّا نحوَ الأحمرِ؛ أي ازدياد في الطّولِ الموجيِّ، وهذا يعني وفقَ دوبلر زيادةً في سرعةِ الابتعادِ عنّا، وتوصّلَ هابل إلى أنّ المجرّةَ كلّما كانت أبعدَ كانت سرعةُ ابتعادِها أكبرَ وفقَ العلاقة:

$v = H_0 d$ حيث $v$ سرعةُ المجرّةِ بالنسبةِ لنا، $H_0$ ثابت هابل، $d$ بعدُ المجرّةِ عنّا.

**تطبيق:**




1) أحسبُ ثابتَ هابل بدلالةِ الواحداتِ المُستخدَمةِ في التّمثيلِ البيانيِّ السّابق، ثمّ بدلالةِ الواحداتِ الدّوليّةِ علماً أنّ $PC$ هو الفرسخُ الفلكيُّ، ويُساوي 3.26 سنة ضوئية.

2) أحسبُ بُعدَ مجرّةٍ رُصِدَ خطُّ طيفِ الهيدروجين فيها فكانت نسبةُ انزياحِ طولِ الموجةِ إلى الطّولِ الأصليِّ 1/3.

3) كم سنةً يستغرقُ الضّوءُ للوصولِ إلينا من تلكَ المجرّة؟

الحل:


0947205146
0988440574

1) نأخذ البُعدَ بين الصّفر و $10Mpc$ لنجد أنّ السُّرعةَ المُقابلةَ هي بين الصّفر و $680\ Km.s^{-1}$.

$$H_0 = \frac{v}{d}$$

$$H_0 = \frac{680}{10} = 68Km.s^{-1}/Mpc$$

2) لنحسب السّنةَ الضّوئيّةَ وهي المسافةُ التي يقطعُها الضّوء في الخلاء خلال سنة:

$$\textbf{Light yeaer} = 3\times10^8\times60\times60\times24\times365.25$$
$$= 9.46728\times10^{15}m$$
$$pc = 3.26\times9.4678\times10^{15} \approx 3\times10^{16}m$$
$$H_0 = \frac{68\times10^3 m.s^{-1}}{10^6(3\times10^{16})m} = \frac{68}{3}\times10^{-19}s^{-1}$$

3) $$\lambda' = (1+\frac{v'}{c})\lambda = \lambda + \frac{v'}{c}\lambda$$

$$\lambda' - \lambda = \frac{v'}{c}\lambda \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v'}{c} \Rightarrow \frac{1}{30} = \frac{v'}{3\times10^8} \Rightarrow v' = 10^7 m.s^{-1}$$

ومن قانون هابل: $v' = H_0.d$

$$10^7 = \frac{68}{3}\times10^{-19}d \Rightarrow d = \frac{3}{68}\times10^{26}m$$

لكن: $c = \frac{d}{t}$

$$3\times10^8 = \frac{\frac{3}{68}\times10^{26}}{t} \Rightarrow t = \frac{1}{68}\times10^{18}S$$

فيكونُ هذا الزّمنُ مُقاساً بالسّنوات:

$$t = \frac{\frac{1}{68}\times10^{18}}{60\times60\times24\times365.25} = 0.466\times10^9 years$$

وهذا يعني أنّ ما نراهُ في تلكَ المجرّةِ اليومَ قد حدثَ منذُ 0.466 مليار سنة.

**أنواعُ النُّجوم:** يحوي نظامُنا الشّمسيّ نجماً واحداً مُفرَداً هو الشّمسُ لكنّ التّلسكوباتِ أظهرَت لنا أنّ الكثيرَ من النُّجومِ ثُنائيّة تدورُ حولَ بعضِها البعض.

**نظريةُ الانفجارِ الأعظم:** تقولُ النظرية أنّ الكونَ نشأ قبلَ حوالي 13.8 مليار سنةٍ. حيث كانَ الكونُ عبارةً عن نقطةٍ مُنفردةٍ صغيرةٍ جداً، ذاتِ كثافةٍ عاليةٍ جداً من المادّة والحرارةِ التي تفوقُ الخيال. ثمّ حدثَ الانفجارُ العظيمُ. وبدأتَ المادّةُ تأخذُ أشكالَها، فتشكّلتْ في البدايةِ الجُسيماتُ الأوليّة، ثمّ الذّرّاتُ والجُزيئاتُ والغبارُ الكونيّ، فالنُّجومُ والمجرّاتُ، واستمرّ توسُّعُ الكونِ إلى يومِنا هذا.

**الأسُسُ الفيزيائيّةُ لنظريّةِ الانفجارِ الأعظم:**

- الانزياحُ نحوَ الأحمرِ لطيفِ المجرّات.
- وجودُ تشويشٍ ضعيفٍ لموجاتٍ راديويّةٍ قادمةٍ بشكلٍ مُنتظمٍ تماماً من جميعِ اتّجاهاتِ الكونِ، وبالشدّةِ نفسِها المُتوقّعة في وقتِنا الحاضرِ لإشعاعِ الانفجارِ الأعظم.
- وجودُ كمّياتٍ هائلةٍ من الهيدروجينِ والهليومِ في النّجوم، فكمّيّةُ الهليومِ التي تحويها شمسُنا أكبرُ بثلاثةِ أضعافٍ من الكمّيّةِ التي يُمكنُ أن تتولّدَ نتيجةَ اندماجِ الهيدروجينِ في قلبِ الشّمس، وهذا يستدعي وجودَ مصدرٍ هائلٍ آخرَ درجةَ حرارتِه أعلى بكثيرٍ من درجةِ حرارةِ الشّمسِ، إنّها الدّقائقُ الأولى من بدءِ الانفجارِ الأعظم.

**تطبيقٌ:** احسب عمرَ الكونِ التّقريبيّ اعتماداً على قانونِ هابل، باعتبارِ ثابتِ هابل تقريباً: $H_0 = \frac{68}{3} \times 10^{-19} s^{-1}$

الحل: $d$ هي بُعدُ مجرّةٍ ما عنّا، وهي المسافةُ التي قطعتْها المَجرّةُ منذُ حدوثِ الانفجارِ الأعظمِ و $t$ الزّمنَ الذي مضى على حدوثِ الانفجارِ الأعظم.

عمرُ الكونِ $v = \frac{d}{t}$ لكن: $v = H_0 . d$

$$\frac{d}{t} = H_0 . d$$

$$t = \frac{1}{H_0} = \frac{1}{\frac{68}{3} \times 10^{-19}} = \frac{3}{68} \times 10^{19}\ S$$

فيكونُ عمرُ الكونِ التّقريبي بالسّنوات:

$$t = \frac{\frac{1}{68} \times 10^{19}}{60 \times 60 \times 24 \times 365.25}$$
$$\approx 14 \times 10^9 years$$

## توزُّعُ المَجرّاتِ في الكونِ:

**المجرة:** هي نظامٌ كونيٌّ مُكوّنٌ مِن تجمُّعٍ هائلٍ مِن النُّجومِ والغبارِ والغازاتِ التي ترتبطُ معاً بقوى تجاذبٍ مُتبادَلة، وتدورُ حولَ مركزٍ مُشتركٍ وتسمّى مجرّتُنا دربَ التّبانة، ويوجدُ فيها أكثرُ من $2 \times 10^{11}$ نجمٍ ويقدّرُ العلماءُ أنّ هناك حوالي $10^{10}$ إلى $10^{12}$ مجرّةً تقريباً في الكونِ المنظور.

**الثقوبُ السّوداء:** تزدادُ قوّةُ جذبِ الثقبِ الأسود بزيادةِ كتلةِ الجسمِ، كما تزدادُ بنقصانِ البُعدِ عن الجسمِ.

- قوّةُ التّجاذبِ الكُتليّ بين جسمين تتناسبُ طرداً مع كتلتيهما، وعكساً مع مربّعِ البُعدِ بينهما، فتُصبحُ القوةُ لانهائيّةً عندما يتناهى البُعدُ بين الكتلتين إلى الصّفر.
- إذا افترضنا أنّ مراقب على سطحِ الأرض، وأراد إلقاءَ جسمٍ للأعلى حتّى يفلتَ من جذبِ الأرض وينطلقَ في الفضاء، فيجبُ إعطاؤه طاقةً حركيّةً أكبرَ من طاقةِ الجذبِ الكامنةِ له:

$$E_K = E_P$$
$$\frac{1}{2}mv^2 = F_c r \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = G\frac{mM}{r^2}r$$
$$v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

حيث: $v$ سرعةُ الإفلاتِ من الأرضِ (السّرعةُ الكونيّةُ الثّانية).

$G$ ثابتُ التّجاذبِ العالميّ.

$M$ كتلةُ الأرض (الجسم الجاذب).

$r$ نصفُ قطرِ الأرض.

- السّرعةُ الكونيّةُ الأولى هي السّرعةُ المداريّةُ التي تجعلُ الجسمَ يدورُ ضمنَ مدارٍ حولَ الجسمِ الجاذب.

**تطبيقٌ:** احسب السّرعةَ الكونيّةَ الثّانيةَ لأرضٍ، علماً أنّ نصفَ قطرِ الأرضِ يُعتبرُ $6400Km$ وتسارعَ الجاذبيّةِ الأرضيّةِ على سطحِ الأرض

الحل: بما أنّ ثقلَ الجسمِ هو قوّةُ جذبِ الأرضِ للجسم فإنّ:

$$F_c = W$$
$$G\frac{mM}{r^2} = m.g$$
$$g = G\frac{M}{r^2} \Rightarrow r.g = G\frac{M}{r}$$

فتكون سرعة الإفلات (السّرعة الكونيّة الثّانية):

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{r}} = \sqrt{2gr}$$

$$v = \sqrt{2gr} = \sqrt{2 \times 10 \times 6400 \times 1000}$$

$$v = 8\sqrt{2} \times 10^6 m.s^{-1}$$

- كلّما نقص نصف قطر الجسم الجاذب وزادت كثافته سوف تزداد سرعة الإفلات اللازمة للتّحرّر من سطحه.
- بما أنّه لا يمكن لأيّ جسم أن تتجاوز سرعته سرعة الضّوء في الخلاء، فيكفي أن يكون نصف قطر الجسم الجاذب يعطى بالعلاقة:

$$c = \sqrt{\frac{2GM}{r}} \Rightarrow r = \frac{2GM}{c^2}$$

وهي علاقة نصف قطر شفارتزشيلد.

الثّقب الأسود: حيّز كثافته هائلة بحيث لا يمكن لشيء الإفلات من جاذبيّته حتّى الضّوء وله قوّة جاذبيّة جبّارة يستحيل على أيّ شيء الإفلات من جاذبيّته بما في ذلك أشعّة الضّوء. لذا تبدو هذه المنطقة غير مرئيّة في الفضاء.

رصدُ الثّقوب السّوداء: كيف يمكن رصد الثّقوب السّوداء على الرّغم من أنّه لا يمكن رؤيتها فهي تبتلع الضّوء؟

1) سلوك الأجسام المجاورة للثّقوب السّوداء: إذا توقّعت وجود شخص في غرفة مظلمة تماماً ولا تمتلك أيّ أداة للرّؤيا اللّيليّة فكيف يمكن أن تتأكّد من وجوده وتحدّد مكانه؟ إنّ سلوك الأشياء المحيطة يمكن أن تدلّك كحركة الباب وصوته أو أيّ حركة غير اعتياديّة في الغرفة.

هذا ما اعتمده العلماء في رصد الثّقوب السّوداء من خلال دراسة الحركات غير المتوقّعة للنّجوم أو الغبار أو الغازات المحيطة بالأماكن غير المرئيّة.

2) الانبعاث الإشعاعي: تدور النّجوم المجاورة والأجسام الأخرى حول الثّقب الأسود، وترتفع درجة حرارة هذه الأجسام لملايين الدّرجات المئويّة وتنبعث منها أشعّة سينية. ويمكن رصد هذه الأشعّة بوساطة مراصد الأشعّة السّينيّة.

3) تأثير عدسة الجاذبيّة: وفق النّظريّة النّسبيّة العامّة تحدث الجاذبيّة انحناءً في الفضاء، فضوء النّجوم أو المجرّات الذي يمرّ بجوار ثقب أسود ينحني فتبدو تلك النّجوم أو المجرّات في غير أماكنها بالنّسبة للتّلسكوبات الأرضيّة تعرف هذه الظّاهرة باسم عدسة الجاذبيّة.

اختبر نفسي:

أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة:

1) خلال فترة حياة نجم تتغيّر نسبة الهيدروجين فيه، فعند ولادته كانت 70%، ثمّ انتهت حياته بحدث فلكي يعرف بالمستعر الأعظم حيث كانت نسبة الهيدروجين فيه:

a) 70%. b) أكثر من 70%.

c) أقل من 70% d) قد تكون أكثر أو أقل من 70%.

الإجابة الصحيحة: c)

2) نجحت الجمعية الفلكية السّورية في إطلاق اسم تدمر على الكوكب الذي يدور حول نجم الرّاعي. إذا علمت أنّ كوكب تدمر يبتعد عن نجم الرّاعي مسافة تعادل تقريباً 2 وحدة فلكية أي ضعف المسافة بين الأرض والشّمس،

وأنّ السّرعة الخطّية المداريّة لكوكب تدمر ثُلثَا السُّرعة الخطّية المداريّة لأرض، فالسّنة على كوكب تدمر تُساوي:

a) 4 سنة أرضية. b) 2 سنة أرضية.

c) 3 سنة أرضية. d) سنة أرضية واحدة.

**الإجابة الصحيحة: c)**

$t=\frac{2\pi r}{v}$ زمن دورة كاملة للأرض = سنة أرضية.

$t'=\frac{2\pi r'}{v'}$ زمن دورة كاملة لكوكب تدمر حول نجم الراعي.

نسب العلاقتين: $\frac{t'}{t}=\frac{\frac{2\pi r'}{v'}}{\frac{2\pi r}{v}}$ بالتالي: $\frac{t'}{t}=\frac{v.r'}{v'.r}$

$\frac{t'}{t}=\frac{v.2r}{\frac{2}{3}v.r}$ بالتالي: $\frac{t'}{t}=3 \Leftarrow$

$t'=3t=3x1=3$ سنة ضوئية

3) إذا علمت أنّ مجرّة المرأة المُتسلسلة الأقربُ إلى مجرّتنا درب التّبانة تقتربُ من مَجرّتنا مُخالفةً بذلك أغلبَ المَجرّات الأخرى، فالطّيفُ الآتي من مجرّة المرأة المُتسلسلة هو بالنّسبة لنا:

a) ينزاحُ نحوَ الأحمر. b) ينزاحُ نحوَ الأزرق.

c) لا يتغيّرُ. d) يزدادُ طولُ مَوجَته.

**الإجابة الصحيحة: b)**

4) إنّ ثابت هابل هو:

a) مُعدّل تغيُّر سرعة تمدُّد الكون مع الزّمن.

b) مُعدّل تغيُّر سرعة تمدُّد الكون مع المسافة.

c) مُعدّل تغيُّر المسافة بين المجرّات مع الزّمن.

d) مُعدّل تغيُّر تسارُع تمدُّد الكون مع المسافة.

**الإجابة الصحيحة: b)**

5) تبتعدُ مجرّةٌ $a$ عنّا عشرةَ أمثال بُعد مجرّة $b$ فنسبةُ سرعةِ المجرّة $b$ إلى سرعةِ المجرّة $a$:

a) 10 b) 1 c) 0.1 d) 0.01

نسب العلاقتين: $v_a=H_a.d_a$ و $v_b=H_b.d_b$

بالتالي: $\frac{v_a}{v_b}=\frac{d_b}{d_a}$ بالتالي: $\frac{v_a}{v_b}=\frac{d_b}{10d_b}$

$\frac{v_a}{v_b}=\frac{1}{10}=0.1$

**الإجابة الصحيحة: c)**

6) الثّقوبُ السّوداء هي بالضّرورة:

a) ذات كتلة هائلة. b) ذاتُ كثافةٍ هائلة.

c) ذاتُ حجمٍ هائل. d) ذاتُ نصفِ قطرٍ هائل.

**الإجابة الصحيحة: b)**

**ثانياً: أجب عن الأسئلة التالية:**

1) يُمكن أن ترسل رحلاتٍ علميّة غير مأهولة لتحطّ على سطح أحد أقمار المُشتري، لكن لا يُمكن لها أن تحطّ على المُشتري نفسه، لماذا برأيك؟

الحل: لأنه كوكب غازي أما أقماره فهي صخرية.

2) عندما يكون المنبعُ الموجيّ ساكناً بالنّسبة للمُراقب فإنّ $\lambda=\frac{v}{f}$، وعندما يقتربُ المنبعُ الموجيّ من المُراقب بسرعة $v'$ تشغل الموجة المسافة $\lambda'$، أوجد العلاقة بين $\lambda'$ و $\lambda$ ولماذا تُسمّى هذه الظّاهرة في الطّيف المرئيّ: الانزياح نحوَ الأزرق؟.

الحل: $\lambda'=\frac{v-v'}{f}=\frac{v-v'}{v}=(1-\frac{v'}{v})\lambda$

أي أنّ $\lambda'$ أصغر من $\lambda$ لذلك تسمّى هذه الظاهرة الانزياح نحو الأزرق.

3) اذا علمتَ أنّ السّرعةَ الكونيّةَ الأولى هي السّرعة المداريّة التي تجعلُ قوّةَ العطالة النّابذة للجسم تساوي قوّةَ جذبِ الأرض له، وأنّ السُّرعة الكونيّة الثانية هي السُّرعة التي تجعلُ الطّاقةَ الحركيّة للجسم المُبتعِد عن الأرض تساوي طاقةَ الجذبِ الكامِنة، فاستنتج العلاقةَ بين السُّرعة الكونيّة الثانية والسُّرعة الكونيّة الأولى.

الحل: استنتاج علاقة السرعة الكونية الأولى: وهي السرعة المدارية التي تجعل الجسم يدور ضمن مدار حول الجسم الجاذب

$$ma_c = G\frac{mM}{r^2}$$
$$m\,v_1^2 = G\frac{mM}{r^2}$$
$$v_1 = \sqrt{G\frac{M}{r}}$$

استنتاج علاقة السرعة الكونية الثانية:

$$E_k = E_p$$
$$\frac{1}{2}mv_2^2 = F_c r$$
$$\frac{1}{2}mv_2^2 = G\frac{mM}{r^2}r$$
$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

العلاقة بين السرعتين الكونيتين الأولى والثانية:

$$v_2 = \sqrt{2}v_1$$

**ثالثاً: حُلَّ المسائل التّالية:**

المسألة الأولى: أفترضُ أنّ الأرضَ انكمشَت حتّى أصبحَت ثقباً أسودَ، كم يجبُ أن يكونَ نصفُ قطرها؟ علماً أنّ نصفَ قطرِ الأرضِ الحالي يُساوي $6400\ Km$

هل ستبتلعُ الأرضُ عندئذٍ القمرَ اذا تجمّعَت كتلةُ الأرض حول مركزِها؟ لماذا برأيك؟.

الحل: نصف قطر شفارتزشيلد: $r = \frac{2GM}{c^2}$

لكن: $g = \frac{GM}{r^2} \Rightarrow GM = gr^2$

ومنه: $r = \frac{2gR^2}{c^2}$

$$r = \frac{2 \times 10 \times (6400 \times 10^{+3})^2}{(3 \times 10^8)^2}$$
$$r \approx 9 \times 10^{-3} m$$

لن تبتلع الأرض القمر عندئذ لأنّ جاذبيتها للقمر لن تتغير فكتلة الأرض لم تتغير والبعد بينهما لم يتغير (لاعتبارهما نقطيتان قياسا بالبعد بينهما).

المسألة الثّانية: احسبْ نسبةَ انزياح الطّول الموجيّ إلى الطّول الأصليّ لمجرّة تبعدُ عنّا $932 \times 10^6$ سنة ضوئيّة، إذا كان طولُ الموجة الأصليّ $500nm$، ثم احسب طولَ الموجة بعد الانزياح، علماً أنّ ثابت هابل $H_0 = 68Km.s^{-1}$ والفرسخ الفلكي $pc = 3.26\ Light\ year$

الحل:

$$\lambda' = \left(1 + \frac{v'}{v}\right)\lambda = \lambda + \frac{v'}{c}\lambda$$
$$\lambda' - \lambda = \frac{v'}{c}\lambda$$

نسبة انزياح الطول الموجي إلى الطول الأصلي:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v'}{c} \ldots (1)$$

حساب $v'$ من قانون هابل: $v' = H_0.d$

$$\textbf{Light yeaer} = 3 \times 10^8 \times 3600 \times 24 \times 365.25$$
$$\textbf{Light yeaer} = 9.46728 \times 10^{15} m$$
$$H_0 = \frac{68}{3} \times 10^{-19} s^{-1}$$

سرعة ابتعاد المجرة عنا:

$$v' = \frac{68}{3} \times 10^{-19} \times 923 \times 10^6 (9.46728 \times 10^{15})$$

$$v' = 2 \times 10^7 m.s^{-1}$$

نسبة انزياح الطول الموجي إلى الطول الأصلي :

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{2\times10^7}{3\times10^8} = \frac{1}{15}$$

حساب طول موجة الطيف بعد الازاحة:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda'-\lambda}{\lambda} = \frac{1}{15} = \frac{\lambda'-500\times10^{-9}}{500\times10^{-9}}$$

$$\lambda' = 533 \times 10^{-9} m$$

المسألة الثالثة: بعد المريخ عن الشمس وسطيا $1.25AU$ وتصل سطحه تقريبا $100\%$ من أشعة الشمس المتجهة إليه، فإذا علمت أن النقص في كتلة الشمس $4.22 \times 10^{11} Kg.s^{-1}$ فاحسب الطاقة التي يتلقاها $1(Km)^2$ من سطح المريخ خلال دقيقة واحدة.

(الوحدة الفلكية AU هي المسافة بين الأرض والشمس وسطيا وتعتبر 150 مليون كيلومتر) .

الحل: الطاقة الصادرة عن الشمس خلال ثانية:

$$\Delta E = \Delta m.c^2 = 4.22 \times 10^{11} \times 9 \times 10^{16}$$
$$\Delta E = 37.98 \times 10^{27} J$$

الطاقة الصادرة عن الشمس خلال دقيقة:

$$\Delta E = 60 \times 37.98 \times 10^{27} = 2278.8 \times 10^{27} J$$

لنحسب الطاقة المُقدمة لكل $1Km^2$ :

$$R = 1.52AU = 1.52 \times 150 \times 10^6$$
$$R = 76 \times 10^6 Km$$

خلال دقيقة هي :

$$E = \frac{\Delta E}{4\pi R^2} = \frac{2278.8 \times 10^{27}}{4\pi \times 76 \times 10^6} = \frac{2278.8 \times 10^{27}}{12.5 \times 76 \times 10^6}$$
$$= \frac{2278.8 \times 10^{27}}{190 \times 10^6} \approx 12 \times 10^{21} J.Km^2$$

وهي الطاقة التي يتلقاها $1Km^2$ من سطح المريخ خلال دقيقة .

**التفكير الناقد:** إذا راقبت القبّة السّماويّة في ليلة واحدة لعدّة ساعات أجد أن جميع الأجرام المنيرة قد غيرت مكانها وتحركت في مسار دائري، إلاّ نجم القطب يبدو ثابتاً، ما تفسير ذلك؟

الجواب: لأن محور دوران الأرض حول نفسها يمر من نجم القطب فتبدو جميع الأجرام السماوية تدور إلّا نجم القطب.

انتهى البحث

ندعوكم للانضمام إلى قناتنا على التيلغرام:
قناة فراس قلعه جي للفيزياء والكيمياء
فراس قلعه جي ٠٩٨٤٤٠٥٧٤/ ٠٩٤٧٢٠٥١٤٦