

## 6. ஈர்ப்பியல்

=> இரு பொருள்களின் நிறைகளுக்கு இடைப்பட்ட இடைவினைச்செயலே 'ஈர்ப்பியல்' ஆகும்.

=> அண்டத்தில் உள்ள ஒவ்வொரு பொருளும் மற்றொரு பொருளை அவற்றின் நிறைகளின் பெருக்கல் பலனுக்கு நேர்த்தகவிலும், அவற்றிற்கு இடைப்பட்ட தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவிலும் அமைந்த விசையுடன் ஈர்க்கும். மேலும் ஈர்ப்பியல் விசையானது இரண்டு நிறைகளையும் இணைக்கும் கோட்டின் வழியே செயற்படும்.

$m_1$  மற்றும்  $m_2$  நிறையுடைய இரண்டு பொருட்கள்  $r$  தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டால், அவைகளுக்கு இடைப்பட்ட கவர்ச்சி விசை

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

=>  $G$  என்பது புவிஈர்ப்பு மாறிலி

=>  $G$  ன் மதிப்பு =  $6.7 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ Kg}^{-2}$

=>  $G$  ன் பரிமாண வாய்பாடு [ $M^{-1} L^3 T^{-2}$ ]

**கோள்களின் ஆயக்கம் பற்றிய கெப்ளரின் விதிகள் :**

முதல் விதி : நிலையாக உள்ள பொருளை குவியப்புள்ளியாகக் கொண்ட மற்றொரு பொருளானது நீள்வட்டப் பாதையில் சுற்றி வருகிறது. சூரியனை குவியப்புள்ளியாகக் கொண்டு புவி நீள்வட்டப் பாதையில் சுற்றி வருகிறது. எனவும் கூறலாம்.

இரண்டாம் விதி : சூரியனையும், கோளினையும் இணைக்கும் கோடு (ஆர் வெக்டர்) சம காலங்களில் சல பரப்பளவை ஏற்படுத்தும் பரப்பு சமம்

$$\frac{dA}{dt} = \text{மாறிலி}$$

மூன்றாம் விதி : சூரியனைச் சுற்றும் கோளின் சுற்று காலத்தின் இருமடி, சூரியனுக்கும் அக்கோளிற்கும் இடைப்பட்ட சராசரித்தொலைவின் மூம்மடிக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

$$\begin{aligned} \text{அதாவது } T^2 &\propto r^3 \\ \frac{T^2}{r^3} &= \text{மாறிலி} \end{aligned}$$

**ஈர்ப்பு (ம) ஈர்ப்பின் முடுக்கம் :**

புவிப்பரப்பின் மீதுள்ள (அ) புவிப்பரப்பிற்கு அருகில் உள்ள ஒரு பொருளின் மீது புவியின் மையத்தை நோக்கி செயற்படும் கவர்ச்சி விசை ஈர்ப்பு எனப்படும். அடிப்படையில் ஈர்ப்பு என்பது ஈர்ப்பியலின் சிறப்பு பண்பு ஆகும். மேலும் இது புவிஈர்ப்பு எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

புவி ஈர்ப்பின் காரணமாக ஒரு பொருள் முடுக்கமடைந்தால் அதனை புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் எனலாம். மேலும் இது 'g' என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படுகிறது.

$m$  நிறை கொண்ட ஒரு பொருளின் மீதான ஈர்ப்பியல் விசை  $F = mg$  — ①

நியூட்டனின் பொது ஈர்ப்பியல் விதியின்படி,

$$F = \frac{G M_e m}{R_e^2} \text{ — ②}$$

இங்கு  $M_e$  - புவியின் நிறை

$R_e$  - புவியின் ஆரம்

சமன்பாடு ①, ② விருந்து

$$mg = \frac{G M_e m}{R_e^2}$$

$$g = \frac{G M_e}{R_e^2}$$

ஈர்ப்பின் முடுக்கம் மாறுபடுதல் :

i) குத்துயரத்தை சார்ந்து 'g' மாறுபடல் :

m நிறை கொண்ட பொருள் புவியின் பரப்பில் இருந்து 'h' உயரத்தில் உள்ளபோது அதன் மீதான ஈர்ப்பின் முடுக்கம்

$$g^1 = \left(1 - \frac{2h}{Re}\right)g$$

ஈர்ப்பின் முடுக்கத்தில் ஏற்படும் குறைவு

$$g - g^1 = \frac{2h}{Re}g$$

ii) ஆழத்தை சார்ந்து 'g' மாறுபடல் :

'm' நிறை கொண்ட பொருளானது புவிய் பரப்பிலிருந்து h ஆழத்தில் உள்ளபோது

$$g^1 = \left(1 - \frac{h}{Re}\right)g$$

h ஆழத்தில் ஈர்ப்பின் முடுக்கத்தில் ஏற்படும் குறைவு

$$g - g^1 = \frac{hg}{Re}$$

iii) புவியின் வடிவத்தை சார்ந்து 'g' மாறுபடல்:

புவி என்பது முழுமையான கோளம் அல்ல. நடுவரைக்கோட்டு பகுதியில் உள்ள விட்டம் துருவப் பகுதியில் உள்ள விட்டத்தைவிட 21km அதிகம்.

$$g \propto \frac{1}{Re^2}$$

எனவே, துருவப்பகுதியில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் அதிகம். நடுவரைக்கோட்டு பகுதியில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் குறைவு.

iv) புவியின் சுழற்சியினை சார்ந்து 'g' மாறுபடல்:

புவி தன்னுடைய ஆச்சைப் பொறுத்து மேற்கிலிருந்து கிழக்குநோக்கி சுழல்கிறது. துருவப் பகுதியில் உள்ள பொருளைத் தவிர மற்ற அனைத்துப் பொருள்களும் புவியின் அச்சைப் பொறுத்து வட்ட இயக்கத்தை மேற்கொள்கிறது.

λ குறுக்குக்கோட்டில் புவிஈர்ப்பு முடுக்கத்தின் மதிப்பு  $g^1 = g - \omega^2 Re \cos^2 \lambda$

இங்கு ω என்பது கோம திசைவேகம்.

=> நடுவரைக்கோட்டில் λ = 0

$$g^1 = g - \omega^2 Re$$

=> துருவப்பகுதியில் λ = 90°

$$g^1 = g$$

v) மற்ற காரணியைச் சார்ந்து 'g' மாறுபடல் :

நமது புவியின் மேற்பரப்பு ஒரே மாதிரியான தோற்றம் கொண்டதல்ல. மலைகள், கணவாய்கள் (ம) பள்ளத்தாக்குகள் ஆகியவற்றின் நிலையைச் சார்ந்து 'g' மாறுபடும். மேலும் புவியானது சீரான அடர்த்தி கொண்டதல்ல. அதன் ஓட்டுப் பகுதியை விட உட்புறப்பகுதி அடர்த்தியானது. புவியின் மேற்பரப்பில் இடத்திற்கு இடம் அடர்த்தி மாறுபடுவதால், இடத்திற்கு இடம் 'g' மதிப்பும் மாறுபடுகிறது.

**ஈர்ப்பு புலம் (M) ஈர்ப்பு அழுத்தம்:**

- => ஒரு புள்ளியில் வைக்கப்பட்ட தூகள் (அ) பொருள் அதனைச் சுற்றி ஏற்படுத்திக் கொள்ளும் இடத்தை ஈர்ப்புப்புலம் என்கிறோம்.
- => ஒரு புள்ளியில் வைக்கப்பட்ட ஓரலகு நிறையின் மீது செயற்படும் விசை, அப்புள்ளியில் ஈர்ப்புப்புலச் செறிவு (அ) ஈர்ப்பு புல வலிமை என வரையறுக்கப்படுகிறது.

அது ஒரு வெக்டர் அளவு

அதன் அலகு  $Nkg^{-1}$

$$E = \frac{F}{m} = \frac{GM}{r^2} \Rightarrow \vec{E} = \frac{GM}{r^3} \hat{r}$$

- => ஈர்ப்பு புலத்திற்கு எதிராக ஒரு புள்ளியிலிருந்து ஈறில்லாத் தொலைவிற்கு, ஓரலகு நிறையை நகர்த்தும் போது செய்யப்படும் வேலையின் அளவு அப்புள்ளியில் ஈர்ப்பு அழுத்தம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. ஒரு புள்ளியில் ஈர்ப்பு அழுத்தத்திற்கான கோவை

$$V = \frac{-GM}{r}$$

- => ஒரு புள்ளியில் ஈர்ப்பு அழுத்த ஆற்றல் என்பது 'm' நிறையுடைய பொருளை அப்புள்ளியிலிருந்து ஈறில்லாத தொலைவிற்கு நகர்த்தும்போது செய்யப்படும் மொத்த வேலை ஆகும்.

$$U = \frac{-GMm}{r}$$

**துணைக்கோளின் இயக்கம் - சுற்றியக்க திசைவேகம் :**

- => கோள் ஒன்றை, ஒரு குறிப்பிட்ட சுற்றுப்பாதையில் சுற்றிவரும் பொருளை துணைக்கோள் எனலாம்.
- => புவியின் ஈர்ப்பியல் கவர்ச்சி விசையின் காரணமாக புவியை மையமாகக்கொண்டு நிலையான வட்டப் பாதையில் துணைக்கோளானது சுற்றிவருகிறது.

நிலையான சுற்றியக்கத்திற்கு,

$$\frac{mVo^2}{R+h} = \frac{GMm}{(R+h)^2}$$

$$Vo = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

$$Vo = R \sqrt{\frac{g}{R+h}}$$

புவிக்கு அருகில் துணைக்கோள் சுற்றி வரும்போது,  $R \gg h$  எனில்  $Vo = \sqrt{gR}$  8 km / sec

புவியைப் பொருத்து துணைக்கோளின் சுற்றுக்காலம்

$$T = \frac{2\pi r}{Vo} = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM}} = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^3}{gR^2}}$$

$R \gg h$  எனில்

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} = 84 \text{ நிமிடங்கள்}$$

**புவிநிலைத்துணைக்கோள்கள் :**

துணைக்கோளானது, புவிக்கு மேலே ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் நிலையாக இருப்பதுபோல் தோன்ற வேண்டுமெனில், கோளின் சுற்றுக்காலமும், புவியின் தன்னிச்சைப் பற்றிய சுழற்சி காலமும் சமமாக இருக்க வேண்டும். இப்பாதை துணைக்கோளை நிறுத்தும் பாதை எனப்படும். தொலைத் தொடர்புக்கு பயன்படும் இந்த துணைக்கோள்கள் ஒத்திருக்கும் துணைக்கோள்கள் (அ) புவி நிலைத் துணைக்கோள்கள் எனப்படுகின்றன.

**சுற்றும் துணைக்கோளின் ஆற்றல்:**

துணைக்கோளின் இயக்க ஆற்றல்  $E_k = \frac{1}{2} mV_o^2$

$$E_k = \frac{GMm}{2r} \quad (\text{அ}) \quad \frac{GMm}{2(R+h)}$$

துணைக்கோளின் ஈர்ப்பு அழுத்த ஆற்றல்  $E_p = \frac{-GMm}{r}$

$$E_p = \frac{-GMm}{R+h}$$

துணைக்கோளின் மொத்த ஆற்றல்:  $E = E_p + E_k$

$$E = \frac{-GMm}{2r} \quad (\text{அ}) \quad \frac{-GMm}{2(R+h)}$$

**விடுபடுவேகம் :**

கோளின் ஈர்ப்பியல் புலத்திலிருந்து விடுபட்டு தப்பிச்செல்லுமாறு, பொருள் எறியப்பட வேண்டிய சிறும வேகம் விடுபடு வேகம் எனப்படும்.

$$m_i = \frac{F}{a}$$

புவிப்பரப்பிற்கு அருகே, துணைக்கோளின் சுற்றியக்கத்திசைவேகம்  $V_e = \sqrt{gR}$

$$V_e = \sqrt{2} V_o$$

புவியின் விடுபடுவேகம்  $V_e = 11.2 \text{ km/S}$

**எடையின்மை :**

எந்த ஒரு பொருளின் தொகுபயன் எடை சுழி மதிப்பை பெறுகிறதோ, அதுவே அப்பொருளின் எடையின்மை நிலை எனப்படும்.

**எடையின்மை நிலையில் உள்ள பொருட்களுக்கு உதாரணம் :**

- புவியின் மையத்தில் பொருள் உள்ளபோது
- தானாக கீழேவரும் உயர்த்தியில் பொருள் உள்ளபோது
- புவியை மையமாக கொண்ட சுற்றிவரும் துணைக்கோள் (அ) விண்கலத்தின் உள்ளே உள்ளபோது

**நிலைமை நிறை :**

நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்க விதிப்படி, புறவிசையினால் பொருளில் ஏற்படும் முடுக்கத்தை எதிர்க்கக்கூடிய திறமையை அளவிடுவது, பொருளின் நிலைமை நிறை ஆகும்.

$$m_i = \frac{F}{a}$$

**ஈர்ப்பியல் நிறை :**

நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதிப்படி, பொருளுக்கும் புவிக்கும் இடையிலான விசையின் எண் மதிப்பினை அளவிடக்கூடிய அப்பொருளின் நிறை ஈர்ப்பியல் நிறை எனப்படும்.

$$m_G = \frac{F}{(GM/R_2)}$$

- => ஒரு பொருளின் ஈர்ப்பியல் நிறை அருகே உள்ள மற்றொரு பொருளின் நிலையைச் சார்ந்தது. ஆனால் ஒரு பொருளின் நிலைமையை நிறை அதன் அருகே உள்ள மற்றொரு பொருளைச் சார்ந்து பாதிக்கப்படாது.
- => ஈர்ப்பியல் நிறையை சட்டத்தராசு கொண்டு கணக்கிடலாம், நிலைமை நிறையை நிலைமத்தராசு கொண்டும் கணக்கிடலாம்.

**தேர்வுக்கான குறிப்புகள்****பொது ஈர்ப்பியல் விதி:**

=>  $M_1$  (M)  $M_2$  என்ற இரண்டு நிறைகள் r தொலைவில் உள்ளபோது ஈர்ப்பியல் விசை  $F = \frac{-GM_1M_2}{r^2}$

G என்பது ஈர்ப்பியல் மாறிலி  
 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$

இங்கு எதிர்குறியானது கவர்ச்சி விசையைக் குறிக்கிறது.

- => G ன் பரிமாண வாய்பாடு  $[M^{-1}L^3T^{-2}]$
- => இரு துகள்களை இணைக்கும் கோட்டின் வழியே செயல்படும் ஈர்ப்பியல் விசையானது மைய விசையாகும்.
- => விசை செய்யும் வேலை, பொருள் மேற்கொள்ளும் பாதையை சார்ந்திருக்காது என்பதால் இவ்விசையை மாற்றமடையாத விசை எனலாம். இயற்கையில் இவ்விசை கவர்ச்சிவிசை ஆகும்.
- => இயற்கையில் இது வலிமை குன்றிய விசை. இது அணுக்கரு விசையைவிட  $10^{38}$  மடங்கு வலிமை குறைவானது. மின்புல விசையைவிட  $10^{36}$  மடங்கு வலிமை குறைவானது.  
ஒரு பொருளின் மீதான ஈர்ப்பு விசை என்பது அதனை சுற்றியுள்ள மற்ற பொருளை சார்ந்தது அல்ல.
- => புவியின் இழுவியையே ஈர்ப்பியல் விசை எனப்படுகிறது.
- => இரு பொருள்களுக்கு இடையேயான ஈர்ப்பியல் விசையானது செயல் எதிர்செயல் சோடியாகும். பொது ஈர்ப்பியல் விதியானது பொருளின் அளவு, வடிவம் (M) நிலை ஆகியவற்றை சார்ந்திராமல் அனைத்து பொருட்களுக்கும் பொதுவானது.
- => ஈர்ப்பியல் விசையானது பொருட்களின் நிலை, இடையே உள்ள ஊடகத்தின் தன்மை, வெப்பநிலை மற்றும் பொருட்களின் இயற்பியல் பண்புகள் ஆகியவற்றை சார்ந்ததல்ல.
- => புவி சூரியனை சுற்றிவரும் போதும், நிலவு புவியைச் சுற்றி வரும்போதும் அவைகளுக்கிடையேயான ஈர்ப்பியல் விசை தேவையான மையநோக்கு விசையை தருகிறது.

**புவி ஈர்ப்பு முடுக்கம் :**

- => நடுவரைக்கோட்டு பகுதியில் இருந்து துவர்ப்பு பகுதியை நோக்கி செல்லும்போது 'g' ன் மதிப்பு அதிகரிக்கும்.
- => நிலவில் g மதிப்பு புவியின் மதிப்பில்  $1/6$  பங்கு உள்ளது.
- => சூரியனில் g மதிப்பு புவியில் உள்ளதைப் போல் 27 மடங்கு உள்ளது.
- => புதன் கோளில் g ன் மதிப்பு மிகக்குறைவு
- => புவியின் மேற்பரப்பில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம்  $g = \frac{GM}{R^2}$
- => புவியின் மேற்பரப்பில் இருந்து h உயரத்தில் g ன் மதிப்பு  $g^w = \frac{GM}{(R+h)^2} \approx g \left(1 - \frac{2h}{R}\right)$



=> புவிப்பரப்பில் இருந்து 'd' ஆழத்தில் g ன் மதிப்பு

$$a) g' = g \left[ 1 - \frac{d}{R} \right] \quad b) g' = \frac{GM}{R^3} (R - d)$$

=>  $\lambda$  குறுக்குக்கோட்டில் 'g' ன் மதிப்பு

$$g' = g - \omega^2 R_e \cos^2 \lambda$$

a) நடுவரைக்கோட்டில்  $\lambda = 0 \Rightarrow g' = g - \omega^2 R_e$

b) துருவப்பகுதியில்  $\lambda = \pi/2 \Rightarrow g' = g$

=> புவி தனது அச்சைப் பற்றிய சுழல்வதால் குறுக்குக்கோட்டைப் பொருத்து g மதிப்பு குறைகிறது. பகுதி g மதிப்பு அச்சைப் பற்றி சுழல்வதற்கான மையநோக்கு முடுக்கத்தை தருகிறது.

=> சூரியனை மையமாகக் கொண்ட புவி சுழல்வதால் 'g' ன் மதிப்பு பாதிப்படைவதில்லை.

=> துருவப் பகுதியில் இருந்து நடுவரைக்கோட்டு பகுதிக்கு செல்வதால் g ன் மதிப்பு 0.35% குறையும்.

=> g ன் மாறுபாட்டைப் பொறுத்து பொருளின் எடை மாறுபடுகிறது. ( $W = mg$ )

**ஈர்ப்பு புலம் (ம) ஈர்ப்பு அழுத்தம் :**

=> ஒரு புள்ளியில் வைக்கப்பட்ட ஓரலகு நிறையின் மீது செயல்படும் விசை. அப்புள்ளியில் ஈர்ப்பு புலச் செறிவு என

$$\text{வரையறுக்கப்படுகிறது. } E_g = \frac{F}{m} = \frac{GM}{r^2}$$

=> புவிப்பரப்பில் இருந்து h உயரத்தில் வைக்கப்பட்ட m நிறையின் மீதான ஈர்ப்பு அழுத்த ஆற்றல்

$$U = \frac{-GMm}{(R + h)}$$

R அதிகரிக்கும்போது ஈர்ப்பு அழுத்த ஆற்றலின் மதிப்பு குறைந்து, முடிவிலாத தொலைவில் அதன் மதிப்பு சுழியாகும்.

m நிறையுடைய பொருள் புவிப்பரப்பில் இருந்து h உயரத்திற்கு நகர்த்தப்படும்போது ஈர்ப்பு அழுத்த ஆற்றலில் ஏற்படும் மாற்றம் mgh.

=> புவிப்பரப்பில் இருந்து h உயரத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் ஈர்ப்பு அழுத்தம் =  $\frac{-GM}{(R + h)}$

$$\text{இதன் அலகு } \frac{\text{joule}}{\text{Kg}}$$

=> பொது ஈர்ப்பியலின் படி,

$$\text{ஈர்ப்பியல் நிறை } M_g = \frac{Fg}{g} = \frac{W}{g} = \frac{\text{பொருளின் எடை}}{\text{புவி ஈர்ப்புமுடுக்கம்}}$$

**துணைக்கோள்கள் :**

=> துணைக்கோளின் கோணதிசைவேகம்  $\omega_o = \left[ \frac{GM}{(R + h)^3} \right]^{1/2} = R \left[ \frac{g}{(R + h)^3} \right]^{1/2}$

=> துணைக்கோளின் சுற்றுக்காலம்  $T = \frac{2\pi}{\omega_o}$

=> துணைக்கோளின் சுற்றியக்கத் திசைவேகம்  $V_o = \left[ \frac{GM}{R + h} \right]^{1/2} = R \left[ \frac{g}{R + h} \right]^{1/2}$

புவிய்பரப்பிற்கு மிக அருகில் [h = 0]

$$i) \omega_0 = \left[ \frac{GM}{R^3} \right]^{1/2} = \left[ \frac{g}{R} \right]^{1/2} \quad ii) V_0 = \left[ \frac{GM}{R} \right]^{1/2} = [gR]^{1/2}$$

$$iii) T = 2\pi \left[ \frac{R}{g} \right]^{1/2} = 5078 \text{ வினாடிகள்} = 1 \text{ மணி } 24.6 \text{ நிமிடங்கள்}$$

$$\Rightarrow \text{புவிய்பரப்பிற்கு மேல் துணைக்கோளின் உயரம் } h = \left[ \frac{T^2 R^2 g}{4\pi^2} \right]^{1/2} - R$$

$$\Rightarrow \text{கோண உந்தம் } L = mv(R+h) = [m^2 GM(R+h)]^{1/2}$$

\(\Rightarrow\) புவிய்பரப்பிற்கு மேல், g மதிப்பு புவியின் மையத்திலிருந்து தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவில் உள்ளது.

$$g' = \frac{g R^2}{(R+h)^2}$$

$$\Rightarrow m \text{ நிறை கொண்ட துணைக்கோளின் ஈர்ப்பு அழுத்த ஆற்றல் } U = \frac{GMm}{r}$$

$$\Rightarrow \text{துணைக்கோளின் இயக்க ஆற்றல் } K = \frac{1}{2} m V_0^2 = \frac{GMm}{2r}$$

$$\Rightarrow \text{துணைக்கோளின் மொத்த ஆற்றல் } E = -\frac{GMm}{2r}$$

\(\Rightarrow\) புவியின் ஆரத்திற்கு சமமான உயரத்தில் துணைக்கோளின் மொத்த ஆற்றல்

$$E = \frac{-GMm}{2(R+R)} = \frac{-GMm}{4R} = -\frac{1}{4} mgR$$

\(\Rightarrow\) கோளின் நிறை மாறாதபோது, கோளின் ஆரம் n% குறைந்தால் அதன் பரப்பில் g ன் மதிப்பு 2n% அதிகரிக்கும்.

$$\frac{\Delta g}{g} = -\frac{2\Delta R}{R}$$

\(\Rightarrow\) கோளின் ஆரம் மாறாதபோது, கோளின் நிறை m% அதிகரித்தால் அதன் பரப்பில் g ன் மதிப்பு m% அதிகரிக்கும்.

$$\left[ \frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta M}{M} \right]$$

\(\Rightarrow\) கோளின் ஆரம் மாறாதபோது, கோளின் அடர்த்தி q% குறைந்தால் g மதிப்பு p% குறையும்.

\(\Rightarrow\) கோளின் அடர்த்தி மாறாதபோது, கோளின் ஆரம் q% குறைந்தால், g மதிப்பு q% குறையும்.

\(\Rightarrow\) கோளின் சுற்றியக்க திசைவேகத்திற்கும், விடுபடு வேகத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு  $V_e = \sqrt{2} V_0$

\(\Rightarrow\) நிலவின் விடுபடுவேகம் குறைவாக உள்ளதால் நிலவில் வளிமண்டலம் இல்லை.

\(\Rightarrow\) சூரியனை சுற்றிவரும் புவியின் வட்டப்பாதையின் ஆரம் நான்கில் ஒரு பங்காக குறைந்தால், ஒரு வருடத்திற்கான காலம் எட்டில் ஒரு பங்காக குறையும்.

**துணைக்கோளின் வட்டப்பாதையின் வடிவம் :**

துணைக்கோளின் வட்டப்பாதையின் வடிவம் புவியிலிருந்து துணைக்கோளுக்கு அளிக்கப்படும் தொடக்க

எறிதிசைவேகத்தை சார்ந்தது.

- $V < V_0$  எனில், துணைக்கோள் சுருள் பாதையிலிருந்து விலகி புவியில் விழுந்து விடும்.
- $V = V_0$  எனில் புவியை மையமாக கொண்டு துணைக்கோள் வட்டப்பாதையில் சுழலும்.
- $V > V_0$  எனில், மேலும்  $V < V_e$  எனில் அதாவது  $V_0 < V < V_e$  எனில் புவியை மையமாகக்கொண்ட துணைக்கோள் நீள்வட்டப்பாதையில் சுழலும்.
- $V = V_e$  எனில், துணைக்கோள் பரவளையப் பாதையில் இருந்து தப்பி சென்றுவிடும்.
- $V > V_e$  எனில், துணைக்கோள் அதிபரவளையப் பாதையில் இருந்து தப்பி சென்று விடும்.

**புவிநிலைத்துணைக்கோள்கள் :**

- சுற்றுக்காலம் = 24 மணி இது புவியுடன் ஒத்து காணப்படும்.
- துணைக்கோளின் கோண திசைவேகத்தின் திசை புவியின் திசையுடன் ஒத்து காணப்படும். அது புவியை பொருத்து மேற்கிலிருந்து கிழக்காக சுழலும். புவியைப் பொருத்து இதன் ஒப்புமை கோணதிசைவேகத்தின் மதிப்பு சுழி.
- துணைக்கோள் சுற்றுப்பாதை வட்ட வடிவம்.
- இதன் சுற்றுப்பாதை புவியின் நடுவரைக்கோட்டில் உள்ள தளத்தில் அமைந்துள்ளது.
- துணைக்கோள் புவியின் பரப்பிலிருந்து 36000 km உயரத்தில் உள்ளது. மேலும் புவியின் மையத்திலிருந்து (3600 + 6400) 42400 km உயரத்தில் உள்ளது.
- துணைக்கோள் நிலையான சுற்றுப்பாதையில் சுற்று வெளிமூலத்தில் இருந்து எந்தவித ஆற்றலும் தேவை இல்லை. துணைக்கோள் சுற்றுப்பாதையை நிறைவு செய்வதால் செய்யப்படும் வேலையின் மதிப்பு சுழி.
- g ன் மதிப்பு துணைக்கோளுக்கு தேவையான மையநோக்கு முடுக்கத்தை தருகிறது. மேலும் துணைக்கோளின் உள்ளே g - ன் மதிப்பு சுழி.
- புவி நிலைத்துணைக்கோளின்,  
சுற்றியக்க திசைவேகம் = 3.1 km/s

$$\text{கோண திசைவேகம்} = \frac{2\pi}{24} \text{ ரேடியன் / மணி}$$

=> துணைக்கோளானது புவிக்கு அருகில் சுற்றிவரும்போது,

- சுற்றுக்காலம் = 84 நிமிடங்கள்
- சுற்றியக்க திசைவேகம் = 8 km / s
- கோண வேகம்  $w = \frac{2\pi}{84} \text{ ரேடியன் / நிமிடம்}$   
 $w = 0.00125 \text{ ரேடியன் / வினாடி}$



**பயிற்சி வினாக்கள்**

1. சூரியனிலிருந்து புவியின் அதிகபட்ச (ம) குறைந்தபட்ச தொலைவு முறையே  $r_1$  (ம)  $r_2$  என்க. சுற்றுப்பாதையின் நெட்டச்சுக்கு குத்தாக புவி உள்ளபோது, சூரியனிலிருந்து புவியின் தொலைவு என்ன?
 

a)  $\frac{r_1 + r_2}{4}$       b)  $\frac{r_1 + r_2}{r_1 - r_2}$       c)  $\frac{2r_1 \times r_2}{r_1 + r_2}$       d)  $\frac{r_1 + r_2}{3}$
2. A என்ற கோளின் ஈர்ப்பின் முடுக்கத்தின் மதிப்பு B என்ற கோளின் ஈர்ப்பின் முடுக்கத்தைப் போல் 9 மடங்கு என்க. A -ன் பரப்பில் ஒருவர் 2m உயரத்திற்கு தாவி குதிக்க முடிகிறது எனில் அதே நபர் நன் பரப்பில் எவ்வளவு உயரம் தாவ முடியும்?
 

a)  $\frac{2}{4}$       b) 18m      c) 6m      d)  $\frac{2}{3}$
3. புவியின் ஆரத்திற்கு சமமான உயரம் செல்ல, புவியின் செல்ல, புவியின் புரப்பிலிருந்து பொருள் எறியப்பட வேண்டிய திசைவேகம் என்ன?
 

a)  $\left(\frac{GM}{R}\right)^{1/2}$       b)  $\left(\frac{8GM}{R}\right)^{1/2}$       c)  $\left(\frac{2GM}{R}\right)^{1/2}$       d)  $\left(\frac{4GM}{R}\right)^{1/2}$
4. 72N எடைகொண்ட ஒரு பொருள் புவியின் பரப்பிலிருந்து புவியின் ஆரத்தில் பாதி உயரத்திற்கு நகர்த்தும்போது அதன் மீதான ஈர்ப்பியல் விசையின் மதிப்பு
 

a) 36 N      b) 32 N      c) 144 N      d) 50 N
5. புவியின் பரப்பில் ஒரு பொருளின் விடுபடுவேகம் 11.2 km/s புவியின் நிறை இருமடங்காக அதிகரித்து, அதன் ஆரம் பாதியாகக் குறைந்தால் விடுபடுவேகத்தின் மதிப்பு
 

a) 22.4 km/s      b) 44.8 km/s      c) 5.6 km/s      d) 11.2 km/s
6. புவியின் பரப்பில் இருந்து 120km உயரத்தில் சுழன்று கொண்டிருக்கும் விண்வெளி கலத்திலிருந்து ஒரு பந்து கீழே விழும்போது நடப்பது என்ன?
 

a) சீரான வேகத்தில் புவியின் மீது விழும்      b) வெளிக்கு அப்பால் சென்று விடும்  
c) விண்வெளி கலத்தின் வட்டப்பாதையில் தொடர்ந்து அதே வேகத்தில் சுழலும்  
d) விண்வெளி கலத்தின் தொடுகோட்டுத்திசையில் அதே வேகத்தில் இயங்கும்
7. பரிமாற்று ஈர்ப்பில் கவர்ச்சி விசையின் காரணமாக சம நிறைபுடைய இரண்டு துகள்கள் R ஆரமுடைய வட்டப்பாதையில் சுற்றி வருகிறது எனில் ஒவ்வொரு துகளின் வேகம் என்ன?
 

a)  $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{Gm}{R}}$       b)  $\sqrt{\frac{4Gm}{R}}$       c)  $\frac{1}{2R} \sqrt{\frac{1}{Gm}}$       d)  $\sqrt{\frac{Gm}{R}}$
8. புவியின் ஆரம் 6400km, செவ்வாய் கோளின் ஆரம் 3200km என்க. புவியின் நிறை செவ்வாய் கோளின் நிறையைப் போன்று 10 மடங்கு எனில் புவியின் பரப்பில் ஒரு பொருளின் எடை 200 N எனும் போது செவ்வாய் கோளின் பரப்பில் அதன் எடை என்ன?
 

a) 20 N      b) 8 N      c) 80 N      d) 40 N
9. சூரியனிலிருந்து இரண்டு கோள்களின் தொலைவு முறையே  $10^{13}$ m (ம)  $10^{12}$  m எனில் கோள்களின் சுற்று காலங்களின் தகவு
 

a)  $\sqrt{10}$       b)  $10\sqrt{10}$       c) 10      d)  $\frac{1}{\sqrt{10}}$
10. சூரியனை மையமாகக்கொண்டு நீள்வட்டப்பாதையில் சுற்றிவரும் கோளின் இயக்க ஆற்றல், ஈர்ப்பு அழுத்த ஆற்றல், மொத்த ஆற்றல் மற்றும் கோண உந்தத்தின் எண்மதிப்பு ஆகியவை முறையே T, V, E, மற்றும் L குறிக்கப்பட்டால் கீழ்க்கண்டவற்றுள் எது சரியானது?
 

a) T மாறாது      b) V எப்பொழுதும் நேர்க்குறி மதிப்பு  
c) E எப்பொழுதும் எதிர்க்குறி மதிப்பு      d) L மாறாது, ஆனால் L வெக்டாரின் திசை தொடர்ந்து மாறும்.
11. புவியின் சராசரி ஆரம் R, அதன் அச்சைப் பொருத்து கோண வேகம்  $\omega$ , புவிஈர்ப்பு முடுக்கம்  $g$  எனில் புவிநிலைத்துணைக்கோளின் சுற்றுப்பாதையின் ஆரம்?
 

a)  $\left(\frac{R^2 g}{\omega^2}\right)^{1/3}$       b)  $\left(\frac{Rg}{\omega^2}\right)^{1/3}$       c)  $\left(\frac{R^2 \omega^2}{g}\right)^{1/3}$       d)  $\left(\frac{R^2 g}{\omega}\right)^{1/3}$

12. விண்மீனைப் பொருத்து கோளின் சுற்றுப் பாதையின் வடிவம்  
 a) நீள்வட்டம் b) வட்டம் c) பரவளையம் d) அதிபரவளையம்
13.  $V_e$  என்பது புவியின் விடுபடுவேகம் எனவும்,  $V_p$  என்பது புவியின் ஆரத்தைப்போல் இருமடங்கு ஆரமும், புவியின் அடர்த்திக்கு சம அடர்த்தியும் கொண்ட கோளின் விடுபடுவேகம் எனவும் கருதினால்.  
 a)  $V_e = \frac{V_p}{2}$  b)  $V_e = V_p$  c)  $V_e = 2V_p$  d)  $V_e = \frac{V_p}{4}$
14.  $x$  அச்சின் திசையில் நிறைச்சார்பை பொருத்து ஈர்ப்பியல் புலம்  $E = \frac{k}{x^3}$  க முடிவிலாத் தொலைவில் ஈர்ப்பியல் அழுத்தத்தின் மதிப்பு சுழி என கருதினால்  $x$  தொலைவில் அதன் மதிப்பு என்ன?  
 a)  $\frac{k}{x}$  b)  $\frac{k}{x^2}$  c)  $\frac{k}{2x^2}$  d)  $\frac{k}{3}$
15. A (ம) B என்ற இரண்டு வடிவொத்த துணைக்கோள்கள் புவியை மையமாகக் கொண்டு R (ம)  $2R$  உயரத்தில் சுழல்கிறது எனில் ஆற்றல்களின் தகவு  
 a)  $\frac{2}{3}$  b)  $\frac{3}{2}$  c)  $\frac{3}{5}$  d)  $\frac{5}{3}$
16. புவியின் மையத்திலிருந்து எவ்வளவு தொலைவில், புவிப்பரப்பில் உள்ள  $g$  மதிப்பில் பாதிபாக குறையும்?  
 a)  $2R$  b)  $R$  c)  $1.414 R$  d)  $0.414 R$
17. A (ம) B என்ற இரண்டு கோள்களின் ஆரங்களின் தகவு  $K_1$  (ம) புவி ஈர்ப்பு முடுக்கங்களின் தகவு  $K_2$  எனவும் கொண்டால் இரண்டு கோள்களின் விடுபடுவேகங்களின் தகவு  
 a)  $K_1 K_2$  b)  $\sqrt{K_1 K_2}$  c)  $\sqrt{\frac{K_1}{K_2}}$  d)  $\sqrt{\frac{K_2}{K_1}}$
18. சூரியனிலிருந்து இரண்டு கோள்களின் சராசரி தொலைவு  $d_1$  (ம)  $d_2$  எனவும், அவற்றின் அதிர்வெண்கள் முறையே  $n_1$  (ம)  $n_2$  எனவும் கொண்டால் கீழ்க்கண்டவற்றுள் சரியான தொடர்பு  
 a)  $n_1^2 d_1^2 = n_2^2 d_2^2$  b)  $n_1^2 d_1^3 = n_2^2 d_2^3$  c)  $n_1 d_1^2 = n_2 d_2^2$  d)  $n_1^2 d_1 = n_2^2 d_2$
19. புவியின் பரப்பிலிருந்து  $m$  நிறை கொண்ட பொருளை முடிவிலா தொலைவிற்கு எறிய தேவையான இயக்க ஆற்றல்  
 a)  $\frac{mgR}{2}$  b)  $2mgR$  c)  $mgR$  d)  $\frac{mgR}{4}$
20.  $M_0$  நிறையும்,  $D_0$  விட்டமும் கொண்ட கோளவடிவ கோள் ஒன்று வெளிக்கு அப்பால் உள்ளது.  $m$  நிறை கொண்ட துகள் கோளின் பரப்பிற்கு அருகில் தானாக விழும்போது அது உணரும் ஈர்ப்பு  
 a)  $\frac{GM_0}{D_0^2}$  b)  $\frac{4mGM_0}{D_0^2}$  c)  $\frac{4GM_0}{D_0^2}$  d)  $\frac{GmM_0}{D_0^2}$
21.  $R$  ஈரம் கொண்ட புவி நின்ற இடத்தில்  $W$  என்ற கோண திசைவேகத்தில் சுழல்கிறது. புவியின்  $45^\circ$  குறுக்குகோட்டில்  $m$  நிறை கொண்ட துகளின் எடையின் மீதான விளைவு?  
 a) மாறாமல் இருக்கும் b)  $R\omega^2$  அளவு குறையும் c)  $R\omega^2$  அளவு அதிகரிக்கும் d)  $\frac{R\omega^2}{2}$  அளவு அதிகரிக்கும்
22.  $R$  ஈரம் கொண்ட கோளின் மையமாகக் கொண்டு சுழன்று வரும் துணைக்கோளின் விடுபடுவேகம்  $V_e$ , சுற்றியக்க திசைவேகம்  $V_0$  க்கும் உள்ள தொடர்பு  
 a)  $V_e = \sqrt{2} V_0$  b)  $V_e = \sqrt{2} V_0$  c)  $2 V_e = V_0$  d)  $\sqrt{2} V_e = V_0$
23. புவியின் பரப்பிலிருந்து  $h$  உயரத்தில்  $g$  ல் ஏற்படும் மாறுபாடு, பரப்பிலிருந்து  $x$  ஆழத்தில்  $g$  -ல் ஏற்படும் மாறுபாட்டிற்கு சமம் எனில்  $x$  (ம)  $h$  க்கு இடையேயான தொடர்பு  
 a)  $x = 2h$  b)  $x = h$  c)  $x = \frac{h}{2}$  d)  $x = h^2$

24. சம அடர்த்தி கொண்ட இரண்டு கோள்களின் ஆரங்கள் முறையே  $R_1$  (ம)  $R_2$  எனவும், புவியர்ப்பு முடுக்கங்கள்  $g_1$  (ம)  $g_2$  எனவும் கொண்டால் அவைகளுக்கிடையேயான தொடர்பு
- a)  $\frac{g_1}{g_2} = \frac{R_1}{R_2}$       b)  $\frac{g_1}{g_2} = \frac{R_2}{R_1}$       c)  $\frac{g_1}{g_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$       d)  $\frac{g_1}{g_2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$
25. புந்து முனை பேனாவின் செயல்பாடு எதன் அடிப்படையாலானது?
- a) பாகியல்விசை      b) பரப்பு இழுவிசை      c) நுண்புழையேற்றம்      d) ஈர்ப்பியல் விசை
26. கோளின் நிறை விட்டம் புவியின் நிறை (ம) விட்டத்தைப்போல் இருமடங்கு எனில் கோளின் பரப்பில்  $g$  ன் மதிப்பு
- a)  $9.8 \text{ m/s}^2$       b)  $19.6 \text{ m/s}^2$       c)  $980 \text{ m/s}^2$       d)  $4.9 \text{ m/s}^2$
27. புவி சுழல்வது நின்றுவிட்டால் அதன் நடுவரைக்கோட்டில்  $g$ -ன் மதிப்பு
- a) மாறாது      b) பாதிக்க குறையும்      c) நான்கில் ஒருபங்காக குறையும்      d) அதிகரிக்கும்
28. புவியின் மையத்தில் ஒரு பொருளின் எடை
- a) மேற்பரப்பில் உள்ள எடைக்க்குச் சமம்      b) மேற்பரப்பில் உள்ள எடையில் பாதி  
c) முடிவிலி      d) சுழி
29. புவியின் ஈர்ப்பு புலத்தில் இருந்து விடுபட்ட செல்ல துணைக்கோளுக்கு தேவையான இயக்க ஆற்றலுக்கும் புவிக்கு சற்று மேலே வட்டப்பாதையில் சுற்றிவர துணைக்கோளுக்கு தேவையான இயக்க ஆற்றலுக்கும் உள்ள தகவு
- a) 2:3      b) 3:2      c) 3:5      d) 2:1
30. புவிப்பரப்பிற்கு சற்று மேலே வட்டப்பாதையில் சுற்றிவரும் செயற்கை துணைக்கோளுக்கு அளிக்கப்படும் சுற்றியக்க திசைவேகம்  $V_0$  எனில், புவியின் ஆரத்தில் பாதிக்கு சமமான உயரத்தில் துணைக்கோளின் சுற்றியக்க திசைவேகம்
- a)  $\frac{3}{2} V_0$       b)  $\sqrt{\frac{2}{3}} V_0$       c)  $\sqrt{\frac{3}{2}} V_0$       d)  $\frac{2}{3} V_0$
31. புவிநிலைத் துணைக்கோளின் சுற்று காலம்
- a) 12 மணி      b) 18 மணி      c) 24 மணி      d) ஒரு வருடம்
32. புவி துணைக்கோள் 'S' ன் வட்டப்பாதையின் ஆரம் தகவல் தொடர்பு துணைக்கோள் சுற்றுப்பாதையின் ஆரத்தைப்போல் 4 மடங்கு எனில் S ன் சுற்று காலம்
- a) 2 நாட்கள்      b) 4 நாட்கள்      c) 8 நாட்கள்      d) 16 நாட்கள்
33. சுற்றுப்பாதையில் துணைக்கோளின் எந்த மதிப்பு மாறிலியாக உள்ளது?
- a) கோண உந்தம்      b) கோண முடுக்கம்      c) கோண திசைவேகம்      d) இயக்க ஆற்றல்
34. புவியின் கோண திசைவேகம் இருமடங்கானால், அதன் வட்டமுனையில்  $g$  ன் மதிப்பு
- a) மாறாது      b) இருமடங்காகும்      c) பாதிக்க குறையும்      d) சுழி ஆகும்
35. M என்ற நிறை m (ம) M-m என்ற இரண்டு பகுதிகளாக உடைந்து குறிப்பிட்ட தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்படும்போது அவைகளுக்கு இடையேயான ஈர்ப்பு விசை பெருமமாக உள்ளபோது விகிதம்  $\frac{m}{M}$  க்கு சமமான மதிப்பு
- a)  $\frac{1}{4}$       b)  $\frac{1}{3}$       c)  $\frac{1}{2}$       d)  $\frac{1}{1}$
36. புவியானது சூரியனை ஒரு வருடத்தில் சுற்றி வருகிறது. அவைகளுக்கு இடையேயான தொலைவு இருமடங்கானால் புதிய சுற்றுகாலத்தின் மதிப்பு
- a) 8 வருடம்      b) 4 வருடம்      c)  $2\sqrt{2}$  வருடம்      d) 2 வருடம்
37. R ஆரம் கொண்ட இரு வடிவவாத்த கோளங்கள் ஒன்றையொன்று தொட்டுகொண்டுள்ளது. இரு கோளங்களுக்கு இடைப்பட்ட ஈர்ப்பியல் விசை எதற்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது.
- a)  $R^3$       b)  $R^4$       c)  $R^5$       d)  $R^6$
38. ஓர் ஏவுகணை விடுபடுவேகத்தைவிட குறைவான வேகத்தில் ஏவப்படுகிறது எனில் இயக்க ஆற்றல் (ம) ஈர்ப்பு அழுத்த ஆற்றலின் கூட்டுத்தொகை
- a) நேக்குறி      b) எதிர்குறி      c) சுழி      d) முடிவிலி

39. துணைக்கோளின் சுழற்சிக்காலம் எனில், துணைக்கோளின் இயக்க ஆற்றல் எதற்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது  
 a)  $T^{-1}$                       b)  $T^{-2/3}$                       c)  $T^{-2}$                       d)  $T^{-1/3}$
40. புவியின் பரப்பிலிருந்து எவ்வளவு செங்குத்து உயரத்தில் புவிப்பரப்பில் உள்ளதைப்போல்  $g$  ன்  $1\%$  இருக்கும் புவியின் ஆரம்  
 a)  $8R$                       b)  $9R$                       c)  $10R$                       d)  $20R$
41. ஒரு துணைக்கோள்  $E_K$  என்ற இயக்க ஆற்றலுடன் புவியை வட்டப்பாதையில் சுற்றி வருகிறது. துணைக்கோள் வெளிக்கு அப்பால் விடுபட்டு செல்ல தேவையான கூடுதல் இயக்க ஆற்றலின் மதிப்பு  
 a)  $E_K$                       b)  $2E_K$                       c)  $\frac{E_K}{2}$                       d)  $2E_K$
42. புவிப்பரப்பிற்கு மேலே புவியின் ஆரத்திற்கு சமமான உயரத்தில் சுற்றிவரும் துணைக்கோளின் சுற்று காலம்  
 a)  $2\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$                       b)  $4\sqrt{2}\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$                       c)  $2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$                       d)  $8\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$
43. புவியின் மேற்பரப்பில் 'W' N எடைகொண்ட ஒரு பொருளானது பரப்பிற்கு மேல் புவியின் ஆரத்திற்கு பாதிக்கு சமமான உயரத்தில் உள்ளபோது அதன் எடை  
 a)  $\frac{W}{2}$                       b)  $\frac{2W}{3}$                       c)  $\frac{4W}{9}$                       d)  $\frac{8W}{27}$
44. புவியின் ஆரத்தைப்போல் மும்மடங்கு ஆரமும், புவியின் நிறையைப்போல் இருமடங்கு நிறையும் கொண்ட ஒரு கோளின் விடுபடுவேகம் என்ன?  
 a)  $\sqrt{\frac{2}{3}} Ve$                       b)  $\sqrt{\frac{3}{2}} Ve$                       c)  $\frac{\sqrt{2}}{3} Ve$                       d)  $\frac{2}{\sqrt{3}} Ve$
45. புவியை சுற்றிவரும் துணைக்கோளின் வட்டப்பாதையின் R ஆரம் எனில், அதன் இயக்க ஆற்றல் எதற்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது?  
 a)  $\frac{1}{R}$                       b)  $\frac{1}{\sqrt{R}}$                       c) R                      d)  $\frac{1}{R^{3/2}}$
46. புவிப்பரப்பில் இருந்து 'h' உயரத்திற்கு செல்லும்போது m நிறைகொண்ட பொருளின் எடை  $1\%$  குறைந்தால் அதே ஆழத்தில் பொருளின் எடை  
 a)  $2\%$  குறையும்                      b)  $0.5\%$  குறையும்                      c)  $1\%$  குறையும்                      d)  $0.5\%$  அதிகரிக்கும்
47. R ஆரம் கொண்ட புவியில் எவ்வளவு ஆழத்தில் ஈர்ப்பின் முடுக்க மதிப்பு  $\frac{g}{4}$  ஆக இருக்கும்?  
 a) R                      b)  $\frac{3R}{4}$                       c)  $R/2$                       d)  $R/4$
48. ஒரு புவிநிலைத்துணைக்கோள் புவிப்பரப்பிலிருந்து  $6R$  உயரத்தில் புவியை சுற்றி வருகிறது எனில் புவிப்பரப்பிலிருந்து  $2.5R$  உயரத்தில் சுற்றிவரும் மற்றொரு துணைக்கோளின் சுற்றுக்காலம்?  
 a)  $6\sqrt{2}$  மணி                      b) 10மணி                      c)  $\frac{5\sqrt{5}}{\sqrt{3}}$  மணி                      d)  $5\sqrt{5}$  மணி
49. புவிப்பரப்பிலிருந்து எவ்வளவு உயரத்தில் ஒரு பொருளின் எடை பரப்பில் உள்ளதைப்போல்  $\frac{1}{16}$  மடங்காக இருக்கும்?  
 a)  $5R$                       b)  $15R$                       c)  $3R$                       d)  $4R$
50. புவிப்பரப்பில் ஒரு மனிதனின் எடை 90 N எனில் புவிப்பரப்பில் இருந்து எவ்வளவு உயரத்தில் மனிதனின் எடை 30 N ஆக இருக்கும்?  
 a)  $0.73R$                       b)  $\frac{R}{\sqrt{3}}$                       c)  $\frac{R}{3}$                       d)  $\sqrt{3}R$