

ஈர்ப்பியல் (Gravitation)

நியூட்டனின் ஈர்ப்பு விதி (Newton's law of gravitation)

இரு பொருள்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவில் ஈர்ப்பியல் விசை மாறக்கூடும் என்ற கருத்தை நியூட்டன் தெரிவித்தார். இந்தக் கவர்ச்சி விசையானது எந்த இரு பொருள்களுக்கும், அண்டத்தில் எங்கிருப்பினும் செயல் படக்கூடிய ஒரு பொதுக் (universal) கவர்ச்சி என்ற உண்மையை நியூட்டன் அறிந்து கொண்டு, பொது ஈர்ப்பியல் விதியை உருவாக்கினார்.

அண்டத்தில் உள்ள பருப்பொருளின் ஒவ்வொரு துகளும் மற்றொரு துகளை, அவற்றின் நிறைகளின் பெருக்கற் பலனுக்கு நேர்த்தகவிலும் அவற்றிற்கிடையேயான தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும் விசையுடன் கவருகின்றன. இக்கூற்று பொது ஈர்ப்பியல் விதி எனப்படும்.

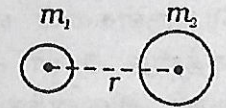
m_1 மற்றும் m_2 நிறைகளுடைய இரு பொருள்களின் மையங்கள் r தொலைவில் இருப்பதாகக் கருதுக. அவற்றிற்கிடையேயான ஈர்ப்பியல் விசை

$$F \propto m_1 m_2$$

$$F \propto 1/r^2$$

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

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



ஈர்ப்பியல் விசை

இங்கு G என்பது பொது ஈர்ப்பியல் மாறிலி ஆகும்.

$$m_1 = m_2 = 1\text{kg மற்றும் } r = 1\text{ m, எனில் } F = G.$$

அதாவது, ஒவ்வொன்றும் 1kg நிறையுடைய இரு பொருள்களுக்கிடையே 1 m தொலைவு இருக்கும் போது, அவற்றிற்கிடையேயான ஈர்ப்பியல் கவர்ச்சி விசை ஈர்ப்பியல் மாறிலி ' G ' என வரையறுக்கப்படுகிறது. G ன் மதிப்பு $6.67 \times 10^{-11}\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$. அதன் பரிமாண வாய்ப்பாடு $\text{M}^{-1}\text{L}^3\text{T}^{-2}$.

ஈர்ப்பியல் விதியின் சிறப்புத் தன்மைகள்

1. இரு பொருள்களுக்கிடையேயான ஈர்ப்பியல் விசையானது, ஒரு செயல் எதிர்ச்செயல் சோடியாகும்.
2. லேசான பொருள்களுக்கிடையே, ஈர்ப்பியல் விசை மிகக்குறைவாக இருக்கும் கனமான பொருள்களுக்கு விசை அதிகமாக இருக்கும். சூரியனுக்கும் புவிக்கும் இடையே உள்ள ஈர்ப்பியல் விசை மிக அதிகம்.

ஈர்ப்பின் முடுக்கம் (Acceleration due to gravity)

புவியின் ஈர்ப்பு காரணமான பொருளின் இயக்கத்தைப் பற்றிய முறையான ஆய்வினை முதன் முதலில் கலிலியோ மேற்கொண்டார். பைசா (Pisa) நகரத்துக் கோபுரத்தின் மீதிருந்து பல பொருள்களை விழச் செய்து, ஈர்ப்பின் காரணமான இயக்கத்தை அவர் ஆய்வு செய்தார். காற்று இல்லாத நிலையில், அனைத்துப் பொருள்களும் சம வேகத்தில் கீழே விழுகின்றன என்ற உண்மையைக் கண்டறிந்தார். ஈர்ப்புக் காரணமாக கீழே விழும் காகிதத்துண்டு அல்லது வான்குடை மிதவை (parachute) ஒன்றின் இயக்க வேகத்தைக் காற்றுத் தடை

குறைக்கிறது. காற்று இல்லாத இடத்தில் கனமான கல் ஒன்றையும் வான்குடை மிதவை ஒன்றையும் வான்குடை மிதவை ஒன்றையும் ஒரே நேரத்தில் விழச் செய்தால், இரண்டும் சம வேகத்திலேயே கீழே விழும்.

ஈர்ப்பின் முடுக்கம் மாறுபடுதல்

(Variation of acceleration due to gravity)

(i) குத்துயரத்தைச் சார்ந்து g மாறுபடுதல்

புவிப்பரப்பின் மீது P என்ற புள்ளியையும், h குத்துயரத்தில் Q என்ற புள்ளியையும் கருதுக. புவியின் நிறை M எனவும், அதன் ஆரம் R எனவும் கருதுக. புவியை கோள வடிவப் பொருளாகக் கருதுவோம். புவிப்பரப்பில் P யில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம்.

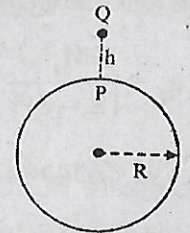
$$g = \frac{GM}{R^2} \quad - (1)$$

புவிப்பரப்பிலிருந்து h உயரத்தில் Q என்ற புள்ளியில் பொருள் இருப்பின் Q யில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம்.

$$g_h = \frac{GM}{(R + h)^2} \quad - (2)$$

சமன்பாடு (2)ஐ 1ஆல் வகுக்க

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



குத்துயரத்தைச் சார்ந்து g மாறுபடுதல்

இச்சமன்பாட்டைச் சுருக்கி, ஈருறுப்புக் கோவையாக விரிவுபடுத்திய பிறகு,

$$g_h = g \left[1 - \frac{2h}{R} \right]$$

புவிப்பரப்பிற்கு மேல், உயரம் அதிகரிக்கும் போது ஈர்ப்பின் முடுக்கம் குறைகிறது.

(ii) ஆழத்தைச் சார்ந்து g மாறுபடுதல்

R ஆரமும் M நிறையும் சீரான அடர்த்தியும் உடைய கோளமாகப் புவிக்கக் கருதுக.

புவிப்பரப்பின் மீது P என்ற புள்ளியையும், d ஆழத்தில் Q என்ற புள்ளியையும் கருதுக.

புவிப்பரப்பின் மீது, P யில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் $g = GM/R^2$

புவியின் அடர்த்தி ρ எனில், புவியின் நிறை $M = 4/3 \pi R^3 \rho$

$$g = 4/3 G\pi R\rho \quad - (1)$$

புவிப்பரப்பிலிருந்து d ஆழத்தில் Q யில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம்

$$g_d = \frac{GM_d^2}{(R-d)^2}$$

$(R-d)$ ஆரமுடைய உட்கோளப் புவியின் நிறை

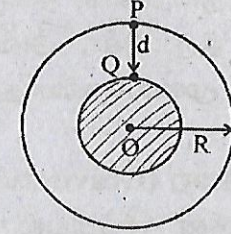
$$M_d = 4/3 \pi (R-d)^3 \rho$$

$$g_d = 4/3 G\pi (R-d)\rho \quad - (2)$$

சமன்பாடு (2)ஐ - (1)ஆல் வகுக்க.

$$\frac{g_d}{g} = \frac{R-d}{R}$$

$$g_d = g \left[1 - \frac{d}{R} \right]$$



ஆழத்தைச் சார்ந்து g மாறுபடுதல்

ஆழம் அதிகரித்தால் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் குறையும்.

நிலைம நிறை (Inertial mass)

நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்க விதிப்படி ($F = ma$) மாறாத விசையினால், பொருளில் ஏற்படும் முடுக்கத்தைக் கணக்கிடுவதன் மூலம் அதன் நிறையைக் கணக்கிட முடியும். அதாவது $m = F/a$. புறவிசையினால் பொருளில் ஏற்படும் முடுக்கத்தை எதிர்க்கக்கூடிய திறமையை (ability) அளவிடுவது, பொருளின் நிலைம நிறை ஆகும்.

மாறாத விசை ஒன்று m_A மற்றும் m_B என்ற நிறைகளுடைய இரண்டு பொருள்களில் செயல்பட்டு, முறையே a_A மற்றும் a_B என்ற முடுக்கங்களை ஏற்படுத்துகிறது எனில்,

$$F = m_A a_A = m_B a_B$$

$$m_A/m_B = a_B/a_A$$

இரு நிறைகளின் தகவு, மாறாத விசையைச் சார்ந்ததல்ல. இரு வேறு பொருள்களின் மீது சம அளவு விசைகளைச் செயல்படுத்தும் போது, முடுக்கம் குறைவாக ஏற்படும் பொருளிற்கு நிலைம நிறை அதிகமாகும்.

இரண்டு நிறைகளில் ஒன்று கிலோகிராம் என்ற படித்தரமாக (standard) இருப்பின், அவற்றின் ஈர்ப்பியல் விசைகளை ஒப்பிடுவதன் மூலம் தெரியாத நிறையைக் கணக்கிட முடியும்.

ஈர்ப்பியல் நிறை (Gravitational mass)

நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதிப்படி, பொருளின் மீதான ஈர்ப்பியல் விசை, அப்பொருளின் நிறைக்கு நேர்த்தகவாகும். பொருளொழற்றின் மீது புவி போன்ற கனமான பொருள் ஏற்படுத்தும் ஈர்ப்பியல் விசையை அளந்தறிவதன் மூலம், அப்பொருளின் நிறையைக் கணக்கிடலாம். பொருளுக்கும் புவிக்கும் இடையிலான ஈர்ப்பியல் விசையின் எண் மதிப்பினை அளவிடக்கூடிய அப்பொருளின் நிறை ஈர்ப்பியல் நிறை எனப்படும். இதனை சட்டத் தராசு கொண்டு கணக்கிடலாம்.

புவியின் காரணமாக m_A மற்றும் m_B நிறைகள் உடைய இரு பொருள்களின் மீது செயல்படும் ஈர்ப்பியல் கவர்ச்சி விசைகள் F_A மற்றும் F_B எனில்,

$$F_A = \frac{Gm_A M}{R^2} \text{ மற்றும் } F_B = \frac{Gm_B M}{R^2}$$

இவற்றில் M என்பது புவியின் நிறை, R என்பது புவியின் ஆரம் மற்றும் G என்பது ஈர்ப்பியல் மாறிலி.

$$m_A/m_B = F_A/F_B$$

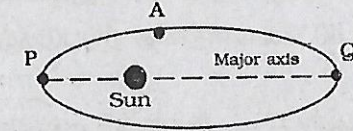
இரண்டு நிறைகளில் ஒன்று கிலோகிராம் என்ற படித்தரமாக (standard) இருப்பின், அவற்றின் ஈர்ப்பியல் விசைகளை ஒப்பிடுவதன் மூலம் தெரியாத நிறையைக் கணக்கிட முடியும்.

கோள்களின் இயக்கத்திற்கான கெப்ளரின் விதிகள் (Kepler's laws of planetary motion)

i. சுற்றுப்பாதைகளுக்கான விதி

சூரியனை ஒரு குவியமாகக் கொண்டு ஒவ்வொரு கோளும் அதனை நீள்வட்டப் பாதையில் சுற்றி வருகிறது.

A என்பது சூரியனைச் சுற்றி வரும் கோளாகும். சூரியனுக்கு மிக நெருக்கத்தில் கோள் இருக்கும் நிலை (P) அண்மை நிலை (perigee) எனவும், சூரியனுக்கு மிக அதிகமான சொலைவில் கோள் இருக்கும் நிலை (Q) சேய்மைநிலை (apogee) எனவும் கூறப்படும்.



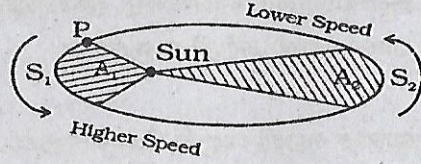
சுற்றுப்பாதைக்கான விதி

ii. பரப்புகளின் விதி

சூரியனையும், கோளினையும் இணைக்கும் கோடு (ஆர வெக்டர்) சமகால இடைவெளிகளில் சம பரப்புகளை ஏற்படுத்தும்.

சூரியனைச் சுற்றும் கோள் ஒன்றின் சுற்றுப்பாதை படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆரவெக்டர் சமகாலங்களில் A_1 மற்றும் A_2 என்ற பரப்புகளை ஏற்படுத்துகிறது. கோளானது S_1 மற்றும் S_2 சமமற்ற பரப்புகளை, சம காலத்தில் கடக்கிறது. கோளின் வேகம் மாறுவதே இதற்குக் காரணமாகும். கோள், சூரியனுக்கு மிக அருகில் உள்ள போது, குறிப்பிட்ட காலத்தில் அதிக தொலைவைக் கடக்கிறது. எனவே, அண்மை நிலையில், கோளின் வேகம் பெருமம் ஆகும். கோள், சூரியனிடமிருந்து மிக நீண்ட

தொலைவில் உள்ள போது, அதே குறிப்பிட்ட காலத்தில் குறைந்தத் தொலைவைக் கடக்கிறது. எனவே, சேய்மை நிலையில், கோளின் வேகம் சிறுமம் ஆகும்.



பரப்புகளின் விதி

பரப்புகளின் விதியை மெய்ப்பித்தல்

கோள் ஒன்று Aயிலிருந்து Bக்கு இயங்குவதாகக் கருதுவோம். dt என்ற சிறிய கால இடைவெளியில் ஆரவெக்டர் OA மையத்தில் $d\theta$ கோணத்தை ஏற்படுத்துகிறது.

படத்திலிருந்து $AB = r d\theta$ ஆரம் ஏற்படுத்தும் சிறிய பரப்பு.

$$dA = \frac{1}{2} \times r \times r d\theta$$

இருபுறமும், dtஆல் வகுக்க

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} \times r^2 \times \frac{d\theta}{dt}$$

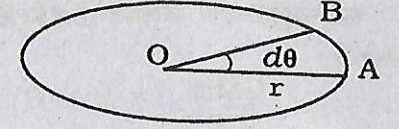
$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} r^2 \omega$$

ω என்பது கோணத்திசைவேகம்.

கோண உந்தம் $L = mr^2\omega$

$$r^2\omega = \frac{L}{m}$$

எனவே, $\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} \frac{L}{m}$



பரப்புகளின் விதியை மெய்ப்பித்தல்

ஈர்ப்பியல் விசை செயல்படும் கோடு, அச்சின் வழியே செல்வதால், புறத்திறப்பு விசை சுழியாகும். எனவே கோண உந்தம் மாறாது.

$$dA/dt = \text{மாறிலி}$$

அதாவது, ஓரலகு காலத்தில் ஆரவெக்டர் ஏற்படுத்தும் பரப்பு சமம்.

iii. சுற்றுக்காலங்களின் விதி

சூரியனைச் சுற்றும் கோளின் சுற்றுக்காலத்தின் இருமடி, சூரியனுக்கும் அக்கோளிற்கும் இடையே உள்ள சராசரித் தொலைவின் மூம்மடிக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

$$\text{அதாவது } T^2 \propto r^3$$

$$T^2/r^3 = \text{மாறிலி}$$

சுற்றுக்காலங்களின் விதியை மெய்ப்பித்தல்

m நிறையுடைய கோள் ஒன்று v திசைவேகத்தில், M நிறையுடைய சூரியனை r ஆரமுள்ள வட்டப்பாதையில் சுற்றி வருவதாகக் கருதுவோம்.

கூரியனுக்கும் கோளிற்கும் இடையேயான ஈர்ப்பியல் கவர்ச்சி விசை

$$F = \frac{GMm}{r^2}$$

மையநோக்கு விசை, $F = \frac{mv^2}{r}$

இரு விசைகளையும் சமப்படுத்த,

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$$

$$v^2 = \frac{Gm}{r} \quad - (1)$$

கூரியனைச் சுற்றி வரும் கோளின் சுற்றுக்காலம் T எனில்,

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad - (2)$$

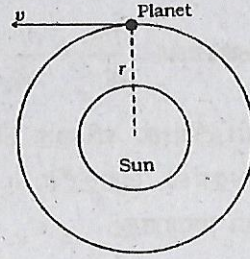
சமன்பாடு (2) ில் பிரதியிட

$$\frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = \frac{GM}{r}$$

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$$

எந்த ஒரு கோளிற்கும் GM மாறிலியாகும்.

$$T^2 \propto r^3$$



சுற்றுக்காலங்களில் விதியை மெய்ப்பித்தல்

கெப்ளரின் விதியிலிருந்து நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதியைத் தருவித்தல்

(Newton's Formula of Universal Gravitation is Just Kepler's Third Law)

பொது ஈர்ப்பியல் விதியானது நியூட்டனால் தருவிக்கப்பட்டது என நம்பப்படுகிறது. ஆனால் புவியில் எப்பகுதியில் இவ்விதி செயல்படும் என அவர் கூறவில்லை. எனவே கெப்ளரின் விதியிலிருந்து நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதியை தருவித்து அதை தெரிந்து கொள்ளலாம்.

தருவித்தல்

கெப்ளரின் மூன்றாம் விதியின்படி,

$$R^3/T^2 = K \quad - (1)$$

இங்கு R - சராசரி வட்டப்பாதையின் ஆரம்.

T - சுற்றுக்காலம்

ஆனால் $T = 2\pi R/v$

$$V^2 R = 4\pi^2 K \quad - (2)$$

இதில் LHS முழுவதும் மாறிகளாகவும், RHS முழுவதும் மாறிலிகளாகவும் உள்ளது.

நியூட்டனின் மையநோக்கு முடுக்க சமன்பாடு $V^2/R = a$

சமன்பாடு (2) ில் R^2 ஆல் வகுக்க,

$$\frac{V^2}{R} = \frac{4\pi^2 K}{R^2} \quad - (3)$$

நியூட்டனின் கருத்துப்படி விதை $F = ma$.

சமன்பாடு (3)ஐ m ஆல் பெருக்க

$$m \cdot \frac{V^2}{R} = \frac{4\pi^2 K \cdot m}{R^2} \quad - (4)$$

சமன்பாடு (4)ல் உள்ள " $4\pi^2 K$ "ஐ நியூட்டன் மிக நீளமானதாக உணர்ந்தார். எனவே அதை அலகு கொண்ட மாறிலியாக, அதாவது ஈர்ப்பியல் மாறிலி G என அறிமுகம் செய்தால்.

$$MG = 4\pi^2 K,$$

இங்கு M - பொருளின் நிறை இதை முதல் பிரதியிட

$$m \cdot \frac{V^2}{R} = G \frac{M \cdot m}{R^2} \quad - (5)$$

$$F = ma = m \cdot \frac{V^2}{R} = \frac{GM \cdot m}{R^2}$$

மேற்கண்ட சமன்பாடு (5) பொது ஈர்ப்பியல் சமன்பாடாக கருதப்படுகிறது. மேலும் " $4\pi^2 K$ " என்பது மொத்த சூரிய ஆற்றலையும், மாறிலியையும் பெருக்க கிடைப்பதாகும்.

$$NG = 4\pi^2 K.$$

இம்மதிப்பை (4)ல் பிரதியிட

$$m \cdot \frac{V^2}{R} = G \frac{N \cdot m}{R^2}$$

$$F = ma = m \cdot \frac{V^2}{R} = \frac{N \cdot m}{R^2} \quad - (6)$$

இவ்வாறாக கெப்ளர் விதியிலிருந்து நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதியை தருவிக்கலாம்.

G ன் வரையறை

$m_1 = m_2 = 1$ கி.கி. மற்றும் $r = 1$ மீ எனவும் கொண்டால் $F = G$. இதிலிருந்து ஈர்ப்பு மாறிலியை வரையறுக்கலாம். ஓரலகு நிறை கொண்ட துகள்கட்கிடையே உள்ள தூரம் ஓரலகு இருக்கும் போது அவற்றிற்கிடையே செயற்படும் விசை பொது ஈர்ப்பு மாறிலியாகும்.

G கணக்கீடல்

$$G = \frac{Fr^2}{m_1 m_2}$$

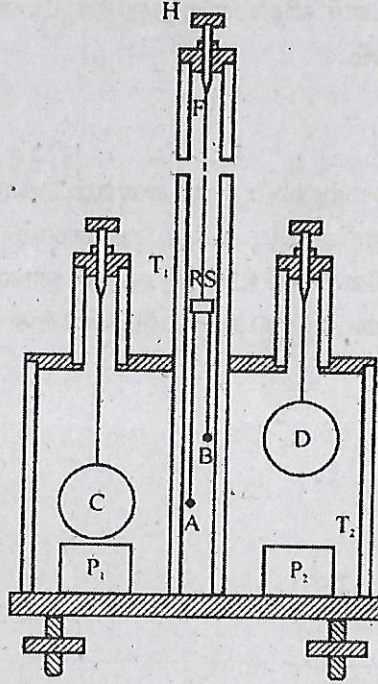
$$[G] = \frac{MLT^{-2} \times L^2}{M^2} = M^{-1}L^3T^{-2}$$

$$G \text{ மதிப்பு} = 6.670 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$$

ஈர்ப்பு மாறிலி G காணல் (பாய்ஸ் முறை) (Determination of G-Boy's Experiment)

ஈர்ப்பு மாறிலி காண்பதற்காக கேவண்டிஸ் முறையில் சோதனைக் கருவிகள் பெரிய அறையில் வைக்கப்பட்டிருந்தது. ஒவ்வொரு பாகமும் வெவ்வேறு வெப்பநிலைப் பகுதிகளில் அமைந்திருந்தமையால், அளவீடுகள் துல்லியமாக அளவிட முடியவில்லை. 1895ல் பாய்ஸ் என்பவர் அமைத்த

உபகரணத்தில் கேவண்டிஸ் முறையிலுள்ள குறைபாடுகள் நீக்கப்பட்டது.



பாய்ஸ் சோதனை அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. 2 - 3 செ.மீ. நீளம் கொண்ட CD என்ற கண்ணாடித் துண்டு குவார்ட்ஸ் இழை கொண்டு தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. இதன் இரு முனைகளிலும் 0.5 மி.மீ. விட்டம் கொண்ட தங்கத்தினாலான ஒரே மாதிரியான a, b எனும் கோளங்கள் மாறுபட்ட உயரங்களில் தங்க இழையால் கட்டித்தொங்க விடப்பட்டுள்ளன. இரு கோளங்கட்கிடையே உள்ள உயர வேறுபாடு 15 செ.மீ. அளவாக இருக்க வேண்டும். இவ்வமைப்பு முழுவதும் பித்தளைக்

குழாயினுள் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனால் இங்கு அமைப்பு வெளி இடர்பாடுகளால் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

115 மி.மீ. விட்டமுள்ள அலுமினியத்தாலான ஒரே மாதிரியான A, B எனும் கோளங்கள் புறக் குழாயில் a, b ஆகியவற்றிற்கு அருகில் அமையுமாறு கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. இந்தப் பெரிய கோளங்கள், அடுத்தடுத்து சட்டத்தின் இரு பக்கங்களிலும் அமைக்க வேண்டும். எனவே சட்டம் முதலில் ஓர் திசையிலும், அடுத்து எதிர் திசையிலும் விலகலடைகிறது. இதற்காக A, B என்ற கோளங்கள் வெளிப் பித்தளைக் குழாயிலுள்ள மூடியிலிருந்து கட்டித்தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. இந்த மூடியை மைய அச்சினைப் பற்றி சுழற்றலாம். A, aன் மீது செயற்படுத்தும் விளைவும், B, bன் மீது செயற்படுத்தும் விளைவும் குறைவாக அமைய, கோளங்கள் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு தொங்க விடப்பட்டுள்ளது. பெரிய கோளங்கள் தவறி விழுந்து விட்டால் சேதமடையாமல் இருக்க வெளிக் குழாயின் அடிப்பகுதிகள் R_1 , R_2 என்ற இரு ரப்பர் திண்டுகள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆடியில் ஏற்படும் சுழற்சியை ஓர் தொலைநோக்கி அளவுகோள் அமைப்பு கொண்டு அளவிடலாம்.

மூடியைச் சரி செய்து, நான்கு கோளங்களின் மையங்களும் ஒரே செங்குத்துத் தளத்தில் அமையுமாறு செய்ய வேண்டும். இந்த நிலையில்கோள இரட்டைகட்கிடையே செயற்படும் ஈர்ப்பு விசை இரண்டும் செங்குத்துத் தளத்தில் அமைவதால், கிடைமட்டத் திருப்புத்திறன் சுழியாகும். எனவே தொங்க இழையில் எவ்வித முறுக்கும் இருக்காது.

இப்போது மூடியை, சிறிது சுழற்றும் போது, பெரிய கோளங்களின் மையங்கள் வழியாகச் செல்லும் செங்குத்துத்தளம், சிறிய கோளங்களின் மையங்கள் வழியாகச்

செல்லும் செங்குத்துத் தளத்துடன் ஓர் குறிப்பிட்ட கோணத்தை அமைக்கிறது. இப்போது கோளங்கட்கிடையே செயற்படும் விசைகள் ஒரே தளத்தில் அமையாது. எனவே ஆடி CD விலகலடைகிறது. ஆடி விலகலடைவதால், தொங்கு இழை முறுக்கடைய, இதில் மீட்சி இரட்டை தோன்றுகிறது. முறுக்கடைய கோணம் அதிகமாகும் போது, மீட்சி இரட்டையும் அதிகமாகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் விலக்கு இரட்டையும், மீட்சி இரட்டையும் சமமாக இருக்கும். இப்போது சமநிலையை அடைகிறது. மூடியைச் சரி செய்து, விலகல் பெருமமாக இருக்குமாறு செய்ய வேண்டும். இந்த நிலையில் அளவீடு குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். கோணத்தின் மதிப்பு 65° ஆக இருக்கும் போது, திருப்புத்திறன் பெருமமாக இருக்கும் என பாய்ஸ் நிரூபித்தார்.

மீண்டும் மூடியை சுழற்றி, பெரிய கோளங்கள், மேற்சூறிய நிலைக்கு எதிரான நிலையில் அமையுமாறு செய்ய வேண்டும். மீண்டும் பெரும விலகலுக்கு அளவீடு குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். இங்கு அளவீடுகளிலிருந்து கோண விலக்கம் θ கணக்கிட வேண்டும்.

தங்க கோளத்தின் நிறை = m

அலுமினியக் கோளத்தின் நிறை = M

அடுத்தடுத்த கோளங்களின் மையங்கட்கிடையே உள்ள தூரம் = d

ஒவ்வொரு பெரிய கோளமும் அதற்கு அருகில் அமைந்துள்ள சிறிய கோளத்தை ஈர்க்கிறது. இந்த கோள இரட்டைகட்கிடையே செயற்படும் விசைகள் சமமாகவும், எதிர் திசையிலும் அமையும். செயற்படும் விசை GMm/d^2 ஆகும். இந்த இரு சமமான, எதிர் விசைகள் கண்ணாடி துண்டின் இரு முனைகளிலும்

இரட்டையாகத் திருப்புத்திறன் தோற்றுவிக்கிறது. CDன் நீளம் l எனின்,

$$\text{இரட்டைத் திருப்புத்திறன்} = \frac{GMm/l}{d^2} = l$$

ஓரலகு முறுக்கு இரட்டை C எனின், மீட்சி இரட்டையால் ஏற்படும் திருப்புத்திறன் = $C\theta$ சமநிலையில் இரு திருப்புத்திறன்களும் சமமாகும்.

$$\frac{GMm/l}{d^2} = C\theta$$

$$G = \frac{C\theta d^2}{Mm/l}$$

C ன் மதிப்பினைக் கணக்கிட, ஆடி CDஐ அலைவுறச் செய்து அலைவு நேரம் T காண வேண்டும். இந்த அமைப்பின் நிலைமத் திருப்புத்திறன் I எனின்

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{C}}$$

அல்லது

$$C = \frac{4\pi^2}{T^2} I$$

இதிலிருந்து C ன் மதிப்பினைக் கணக்கிடலாம். இதனை சமன்பாடு (1)ல் பயன்படுத்தி, G ன் மதிப்பினைக் கணக்கிடலாம். இம்முறையில் பாய்ஸ் பெற்ற G ன் மதிப்பு $6.6576 \times 10^{-11} \text{Nm}^2\text{Kg}^{-2}$.

பாய்ஸ் முறையின் சிறப்புகள் (Advantages)

1. இவ்வமைப்பு மிகச் சிறியதாகும். எனவே இதனை ஓர் குழாயினுள் அமைக்கலாம். இதனால் காற்று ஓட்டத்தினால் ஏற்படும் இடர்பாடு தவிர்க்கப்படுகிறது.
2. சமதள ஆடி எடை குறைவானது. எனவே இதனைத் தொடங்க விடுவதற்கு மெல்லிய இழை பயன்படுத்தினால் போதுமானது. எனவே C குறைய 0 அதிகரிக்கிறது.
3. குவார்ட்ஸ் இழை பயன்படுவதால், உணர்வு நுட்பம் அதிகமாகும்.
4. எடைகள் மாறுபட்ட மட்டங்களில் அமைந்திருப்பதால், இரு கோளங்கட்கிடையே உள்ள விசை பிற கோளங்கட்கிடையே உள்ள விசையைப் பாதிப்பதில்லை.

பல்கலைக்கழக வினாக்கள்

2 மதிப்பெண் வினாக்கள்

1. நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதியை கூறு.
2. ஈர்ப்பியல் மாறிலி வரையறு.
3. பாய்ஸ் ஆய்வின் பயன்கள் யாவை?
4. ஈர்ப்பியல் விதியில் சிறப்பியல்புகள் யாவை?
5. ஈர்ப்பியல் நிறை என்றால் என்ன?
6. நிலைம நிறை என்றால் என்ன?
7. கெப்ளரின் சுற்றுகாலங்களின் விதியை கூறுக.

5 மதிப்பெண் வினாக்கள்

1. நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதியை விளக்குக.
2. குத்துயரத்தை சார்ந்து 'g' மாறுதலை விவரி.
3. கெப்ளரின் பரப்புகளின் விதியை கூறி நிறுவுக.

10 மதிப்பெண் வினாக்கள்

1. ஈர்ப்பியல் மாறிலி காணும் பாய்ஸ் சோதனையை விவரி.
2. கெப்ளரின் விதியிலிருந்து நியூட்டனின் விதியை தருவி.