PHYSICS
TEST – 6

11th physics	அலகு-6	ஈர்ப்பியல்
	அலகு-7	பருப்பொருளின் பண்புகள்
	அலகு-8	வெப்பமும் வெப்ப இயக்கவியலும்
	அலகு-10	அலைவுகள்
	அலகு-11	அலைகள்

11TH இயற்பியல்
தொகுதி–II
அலகு 6 - ஈர்ப்பியல்

அறிமுகம்

ஒளிரும் வானத்தைப் பார்த்து நாம் எப்பொழுதும் வியக்கின்றோம். கிழக்கே சூரியன் சூரியன் உதிப்பதுஏன்? மேற்கே மறைவதுஏன்? வால்மீன் விண்ணில் விரைந்துசெல்வதுஎப்படி? விண்மீன்கள் இரவில் கண்சிமிட்டுவதுஏன்? இது போன்ற கேள்விகள் பலநமக்குள் எழுந்துகொண்டே இருக்கின்றன. பண்டையகாலந்தொட்டே விண்வெளியானது நம் ஆர்வத்தை தூண்டும் களமாகவே இருந்துவருகிறது. நிலவு,கோள்கள் மற்றும் விண்மீன்கள் விண்ணில் எவ்வாறு இயங்கிவருகின்றன? அவை இயங்குவதற்கானகாரணம் யாது? எனவியப்படைகிறோம். விண்ணில் இயங்குவதற்கான காரணம் யாது? எனவியப்படைகிறோம். விண்ணில் வான்பொருள்களின் இயக்கத்தையும் அதன் காரணத்தையும் புரிந்துகொள்ளமிகச் சிறந்தசிந்தனையாளர்களான அரிஸ்டாட்டில் முதல் ஸ்டீபன் ஹாகிங் வரைமுயன்றனர்.

17 ஆம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் நியூட்டன் உருவாக்கியஈர்ப்பியல் கொள்கையானது, வான் மற்றும் புவியிலுள்ள பொருள்களின் இயக்கம் பற்றியும் அதுகுறித்து எழுந்த பல கேள்விகளுக்கும் விடைகளைத் தந்தது. கடந்த மூன்று நூற்றாண்டுகளாகத் தொடர்ந்துவானியல் ஆய்வுகள் பலநடைபெற்றுள்ளபோதும், இன்றளவும் ஈர்ப்பியல் துறையானது இயற்பியலில் ஆய்வுகள் மிக அதிகமாகநிகழும் களமாகவேஉள்ளது. 2017 ஆம் ஆண்டில் இயற்பியலுக்கான நோபல் பரிசு,'ஈர்ப்பியல் அலைகள்'(Gravitational Waves) கண்டுபிடிப்புக்கு வழங்கப்பட்டது. இந்தஈர்ப்பியல் அலைகள் குறித்துகருத்தளவில் 1915 ஆம் ஆண்டிலேயே ஐன்ஸ்டீன் முன்னறிவிப்புசெய்திருந்தார். கோள்களின் இயக்கம் குறித்தபுரிதல், விண்மீன்கள் மற்றும் விண்மீன் கூட்டங்கள் உருவாகும் விதம்,கருந்துளைகள் மற்றும் அவற்றின் வாழ்க்கைச் சுழற்சிஆகியவை தொடர்பான பல ஆய்வுகள் கடந்தசில நூற்றாண்டுகளாகமேற்கொள்ளப்பட்டுவருகின்றன.

புவிமையக் கொள்கை–தாலமி:

இரண்டாம் நூற்றாண்டைச் சேர்ந்தகிரேக்கரோமானியவானியல் அறிஞர் கிளாடியஸ் தாலமிவான் பொருள்களான சூரியன்,நிலா,செவ்வாய்,வியாழன் போன்றவற்றின் இயக்கத்தைவிளக்குவதற்காகஒருகொள்கையைஉருவாக்கினார். இம்மாதிரியேபுவிமையக் கொள்கைஎனஅழைக்கப்பட்டது.

தாலமியின் புவிமையக் கொள்கைப்படிபுவியேபிரபஞ்சத்தின் மையம். சூரியன்,நிலாஉட்படபிரபஞ்சத்தில் உள்ளஅனைத்துவான் பொருள்களும் புவியைமையமாகக் கொண்டுசுற்றிவருகின்றன.

புவிமையக் கொள்கையானதுவெறும் கண்களால் வானைஉற்றுநோக்கிடும் போதுநாம் உணரும் பலநிகழ்வுகளுடன் நன்குபொருந்துகின்றது. சூரியன் மற்றும் நிலாவின் இயக்கத்தைஓரளவுசரியாகதாலமியின் கொள்கைவிளக்கியபோதும்,செவ்வாய்,வியாழன் போன்றகோள்களின் பின்னோக்கு இயக்கத்தை(Retrograde motion) விளக்க இயலவில்லை.

15-ம் நூற்றாண்டில் போலந்துநாட்டுவானியல் அறிஞர் நிக்கோலஸ் கோப்பர்னிக்கஸ் (1473 – 1543) சூரிய மையக் கொள்கையினை(Heliocentremodel) முன் மொழிந்தார். இக்கொள்கைப்படி சூரிய குடும்பத்தின் மையமாக சூரியன் உள்ளது. சூரியனை மையமாகக் கொண்டுபுவிஉட்படஅனைத்துகோள்களும் வட்டப்பாதையில் சுற்றிவருகின்றன. அனைத்துவானியல் பொருள்களின் இயக்கங்களையும் இக்கொள்கைவெற்றிகரமாகவிளக்கியது.

அதேகாலகட்டத்தில் புகழ் பெற்ற இத்தாலிய இயற்பியல் அறிஞர் கலிலியோ(Galileo)புவிக்குஅருகில் மேலிருந்துகீழ் விழும் பொருள்கள் அனைத்தும் புவியினைநோக்கிசமவீதத்தில் முடுக்கமடைகின்றனஎனகண்டறிந்தார்.

இதற்கிடையில் டைகோபிராஹே (1546 – 1601) தன் வாழ்நாள் முழுவதையும் விண்மீன்கள் மற்றும் கோள்கள் ஆகியவற்றின் நிலைமற்றும் இயக்கம் குறித்துவெறும் கண்களால் கண்டறிந்துபதிவுகள் செய்வதில் செலவழித்தார். பிராஹே சேகரித்தவானியல் தரவுகளைஅவரதுஉதவியாளர் ஜோகன் கெப்ளர் (1571 – 1630) பகுத்தாய்வுசெய்துகோள்களின் இயக்கம் பற்றியவிதிகளைகண்டறிந்தார்.

இவ்விதிகள் கோள்களின் இயக்கத்திற்கானகெப்ளர் விதிகள் எனஅழைக்கப்பட்டன.

கோள்களின் இயக்கத்திற்கானகெப்ளர் விதிகள்:

கெப்ளரின் விதிகளைகீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம்

1. **சுற்றுப் பாதைகளுக்கானவிதி:**

   சூரியனை ஒருகுவியப் புள்ளியில் கொண்டுஒவ்வொருகோளும் சூரியனை நீள்வட்டப்பாதையில் சுற்றிவருகிறது.

கோள் நீள்வட்டப்பாதையில் சூரியனை சுற்றிவருதல்

சூரியனுக்குமிகஅருகில் கோள் உள்ளநிலை(P) அண்மைநிலை(Perihelion) எனப்படும். சூரியனுக்குபெருமத் தொலைவில் கோள் உள்ளநிலை(A)சேய்மைநிலை(Aphelion) என்க. நீள்வட்டத்தின் அரைநெட்டச்சு'a'மற்றும் அரைகுற்றச்சு'b'எனப்படுகின்றன. கோபர்னிக்கசும் தாலமியும் கோள்கள் வட்டப்பாதையில் இயங்குகின்றனஎனக் கருதினர். ஆனால் கோள்கள் நீள்வட்டப்பாதையில் இயங்குகின்றனஎன்பதைகெப்ளர் கண்டறிந்தார்.

பரப்புவிதி(Law of Area)

சூரியனையும் ஒருகோளையும் இணைக்கும் ஆர வெக்டரானதுசமகால இடைவெளியில் சமபரப்புக்களைஏற்படுத்தும்.

கோள் ஒன்று சூரியனை சற்றிவரும் போதுΔtஎன்றசிறிய நேர அளவில் ஆரவெக்டர் ஏற்படுத்தியபரப்புΔA,வெண்ணிறமாககாட்டப்பட்டுள்ளது. நீள்வட்டத்தின் மையத்தில் சூரியன் இல்லை. எனவேகோள் சூரியனுக்குஅருகேசெல்லும்போதுமிகஅதிகவேகத்திலும், சூரியனிடமிருந்து நீண்டதொலைவில் செல்லும் போதுகுறைந்ததிசைவேகத்திலும் செல்லும். இதன் மூலம் சமகாலஅளவில் சமஅளவுபரப்புகளைகடந்துசெல்கிறது. கோள்களின் வேகம் மாறுபடுவதைதரவுகள் மூலம் அறிந்தகெப்ளர் அதன் அடிப்படையில் பரப்புவிதியைகண்டறிந்தார்.

சுற்றுகாலங்களின் விதி:

நீள்வட்டபாதையில் சூரியனை சுற்றும் கோளின் சுற்றுக்காலத்தின் இருமடி,அந்தநீள்வட்டத்தின் அரைநெட்டச்சின் மும்மடிக்குநேர்தகவில் இருக்கும். கீழ்கண்டவாறுஎழுதலாம்.

$$T^2 \propto a^3$$

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{மாறிலி}$$

இங்குTஎன்பதுசுற்றுக்காலம்,aஎன்பதுஅரைநெட்டச்சின் நீளம் ஆகும். இச்சமன்பாட்டிலிருந்து,நாம் அறிந்துகொள்வது சூரியனிலிருந்து உள்ளதொலைவுஅதிகரிக்கும்போது,சுற்றுகாலமும் அதிகரிக்கும். ஆனால் அதிகரிப்புவீதம் மாறுபடும் எனஅறியலாம்.

சூரியனைச் சுற்றிவரும் கோள்களின் சுற்றுகாலங்களும்,அவைசுற்றும் நீள்வட்டப்பாதையின் அரைநெட்டச்சுமதிப்புகளும் தரப்பட்டுள்ளன. அட்டவணையிலிருந்து $\frac{T^2}{a^3}$ ஏறத்தாழமாறிலியாக இருப்பதைகாணலாம். இதுகெப்ளர் மூன்றாம் விதியைஉறுதிப்படுத்துகிறது.

சூரியனைச் சுற்றும் கோள்களின் சுற்றுகாலங்களும் (T)அவற்றின் அடைநெட்டச்சு(a)அளவுகளும்

கோள்	a (10^{10} m)	T (ஆண்டுகள்)	$\frac{T^2}{a^3}$
புதன்	5.79	0.24	2.95
வெள்ளி	10.8	0.615	3.00
புவி	15.0	1	2.96
செவ்வாய்	22.8	1.88	2.98
வியாழன்	77.8	11.9	3.01
சனி	143	29.5	2.98
யுரேனேஸ்	287	84	2.98
நெப்டியூன்	450	165	2.99

பொதுஈர்ப்பியல் விதி:

கோள்களின் இயக்கம் பற்றிகெப்ளர் விதிகள் விளக்கி கூறியபோதும்,அக்கோள்களின் இயக்கத்திற்குகாரணமானவிசைகளைபற்றிவிளக்கமுடியவில்லை. கெப்ளர் விதிகளையும் கலிலியோவின் ஆய்வுகளைபகுப்பாய்வுசெய்தநியூட்டன் அவற்றின் அடிப்படையில் ஈர்ப்பியல் விதியைதருவித்தார்.

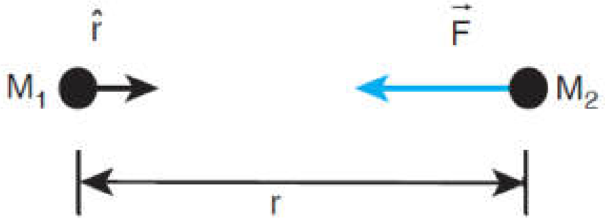
Mநிறைஉடையதுகள்,அண்டத்தில் உள்ளஅனைத்துதுகள்களையும் குறிப்பிட்டவிசையுடன் ஈர்க்கிறது. அந்தஈர்ப்புவிசையின் வலிமையானது,அவற்றின் நிறைகளின் பெருக்கற்பலனுக்குநேர்த்தகவிலும்,அவற்றுக்கு இடையேயானதொலைவின் இருமடிக்குஎதிர்த்தகவிலும் இருக்கும் என்பதேநியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதியாகும்.

கணிதவியல் வடிவில் ஈர்ப்பியல் விசையினைகீழ்கண்டவாறுஎழுதலாம்.

$$\vec{F} = -\frac{GM_1M_2}{r^2}\hat{r}$$

இங்குM_1லிருந்துM_2நோக்கிசெல்லும் அலகுவெக்டர் $\hat{r}$ ஆகும்.

Gஈர்ப்பியல் மாறி: G ன் மதிப்பு6.67 × 10^{-11} Nm^2kg^{-2}. r-என்பதுநிறைகள் M_1மற்றும் M_2இடையேஉள்ளதெலைவு. நிறைM_1ஆனதுநிறM_2 ஆல் உணரும் ஈர்ப்பியல் விசையை $\vec{F}$ வெக்டர் குறிக்கிறது. எதிர்குறியானதுஈர்ப்பியல் விசைஎப்பொழுதும் ஈர்க்கும் தன்மைஉடையதுஎன்பதைகுறிக்கிறது. ஈர்ப்பியல் விசையானதுஎப்போதும் இரு நிறைகளையும் இணைக்கும் நேர்க்கோட்டின் வழியேசெயல்படும்.

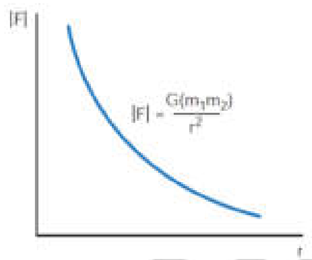


இருநிறைகள் ஒன்றைஒன்றுஈர்த்தல்:

கார்டீசியன் ஆய அச்சுகளில் 'r'என்றதொலைவின் இருமடி$r^2 = (x^2 + y^2 + z^2)$எனகுறிக்கப்படும்

ஈர்ப்பியல் விசையின் முக்கியபண்புகள்:

ஈர்ப்பியல் விசையானதுr^2க்குஎதிர்த் தகவில் உள்ளதால் இரு நிறைகளுக்கு இடையேயானதொலைவுஅதிகரிக்கும் போது,ஈர்ப்பியல் விசையின் வலிமைகுறைகிறது. ஆகவேதான் சூரியனிடமிருந்துபுவியைவிடஅதிகதொலைவில் உள்ளயுரேனஸ் புவியினைவிடகுறைந்தஅளவுஈர்ப்பியல் விசையினைஉணர்கிறது.



தொலைவைப் பொருத்துஈரப்பியல் விசைமாறுபடுதல்

- இருதுகள்களுக்கு இடையேசெயல்படும் ஈர்ப்பியல் விசைஎப்பொழுதும் செயல் எதிர்ச்செயல் (action – reaction) இணையாகவேஅமையும். புவிமீது சூரியன் ஏற்படுத்தும் ஈர்ப்பியல் விசை சூரியனை நோக்கிசெயல்படும். அதேபோல் சூரியன் மீதுபுவிஏற்படுத்தும் ஈர்ப்பியல் விசைபுவியைநோக்கிசெயல்படும். இதுஎதிர்ச்செயல் விசை(Reaction force) ஆகும். இருவிசைகளும் வெவ்வேறுபொருள்களின் மீதுசெயல்படுகின்றன.

- சூரியன் ஈர்ப்புவிசையினால் பூமியின் மீதுஏற்படும் திருப்புவிசையானதுகீழேதரப்பட்டுள்ளது.

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = \vec{r} \times \left(-\frac{GM_sM_E}{r^2}\hat{r} \right) = 0$$

ஏனென்றால் $\vec{r} = r\hat{r} = 0$

$\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt} = 0$ எனவே இதிலிருந்துஅறிவதுஎன்னவென்றால் பூமியின் கோணஉந்தம் $\vec{L}$சூரியனைப் பொறுத்துஒருமாறாவெக்டராகும் இது அனைத்துக் கோள்களுக்கும் பொருந்தும்.இன்னும் சொல்வதென்றால் இந்தகோணஉந்தமாறாத் தன்மைதான் கெப்ளரின் இரண்டாம் விதியைஏற்படுத்துகிறது.

- m_1மற்றும் m_2நிறைகள் புள்ளிநிறைகள் என்றஅனுமானத்தின் அடிப்படையிலேயே $\vec{F} = \frac{Gm_1m_2}{r_2}\hat{r}$ சமன்பாடுபயன்படுத்தப்படுகிறது. சூரியனின் ஈர்ப்புவிசையின் காரணமாகபுவியானது சூரியனைச் சுற்றிவருகிறதுஎனும்போதுநாம் சூரியனையும் புவியையும் புள்ளிநிறைகளாககருதுகிறோம். சூரியனுக்கும் புவிக்கும் இடையேஉள்ளதொலைவினைஅவற்றின் விட்டத்துடன் ஒப்பிடும் போதுஅவற்றைபுள்ளிநிறைகளாககருதுவதில் தவறில்லை. ஒழுங்கற்றமற்றும்

நீட்டிக்கப்பட்டுள்ளஒப்பிடும் போதுஅவற்றைபுள்ளிநிறைகளாககருதுவதில் தவறில்லை. ஒழுங்கற்றமற்றும் நீட்டிக்கப்பட்டுள்ளபரப்புடைய(Irregular and extended) பொருள்களுக்குபயன்படுத்த இயலாது.அப்படிப்பட்டபொருள்களுக்கு இடையேஉள்ளஈர்ப்புவிசையின் கணக்கீட்டுமுறைகளைஉயர் வகுப்புகளில் கற்போம்.

- ஒரேஒருசிறப்புநேர்வில் மட்டும் இரு பொருள்கள் மிகஅருகில் இருந்தாலும்,புள்ளிநிறைஎன்றஅனுமானத்தைபயன்படுத்தலாம்ட.

சீரானஅடர்த்தியும் நிறைM மும் உடையஉள்ளீடற்றகோளத்திற்கும்,அக்கோளத்திற்குவெளியேஉள்ளபுள்ளிநிறைmக்கும் இடையேஉள்ளஈர்ப்பியல் விசையைகணக்கிடும் போது, இவை இரண்டும் குறைந்ததொலைவில் உள்ளபோதும் கோளத்தைபுள்ளிநிறைஎனகருதிஈர்ப்பியல் விசைசமன்பாட்டைபயன்படுத்தலாம். உள்ளீடற்றகோளத்திற்குபதிலாகநிறைMஉடையபுள்ளிநிறையானதுஅக்கோளத்தின் மையப்புள்ளியில் உள்ளதாகக் கருதுவோம். பின்பு இவ்விருபுள்ளிநிறைகளுக்கும் இடையேஉள்ளஈர்ப்பியல் விசையைகணக்கிடலாம். இந்தமதிப்புஉள்ளீடற்றகோளத்திற்கும் புள்ளிநிறைக்கும் இடையேயானஈர்ப்பியல் விசைக்குசமம் ஆகும். உள்ளீடற்றகோளத்தின் மொத்தநிறையும் அதன் மையப்புள்ளியில் இருப்பதுபோலதோன்றும்.

நம்மைகவரக்கூடியமற்றொருமுடிவும் உள்ளது. நிறைMஉடையஉள்ளீடற்றகோளம் ஒன்றைகருதுவோம். உள்ளீடற்றகோளத்தின் உட்புறம் நிறைm ஐ வைப்போம். நிறைmஉணரும்.ஈர்ப்பியல் விசைசுழிஆகும். இதற்கானவிளக்கத்தைஉயர் வகுப்புகளில் கற்போம்.

நன்குபழுத்தமாங்கனி,மரத்திலிருந்துகீழேவிழுவதற்கும்,நிலாபுவியைசுற்றுவதற்கும் காரணம் ஒரேஈர்ப்பியில் விசைதான் என்றுவிளக்கியதேஈர்ப்பியல் விதியின் வெற்றியாகும்.

நியூட்டனின் எதிர்த்தகவு இருமடிவிதி:

நியூட்டன் ஒருஎளிமையானகணக்கீட்டுக்காககோள்கள் வட்டப்பாதையில் இயங்குவதாககருதினார். rஆரமுடையவட்டப்பாதையில் இயங்கினால் மையப்புள்ளியைநோக்கிசெயல்படும் மையநோக்குமுடுக்கம்

$$a = \frac{v^2}{r}$$

இங்குv–திசைவேகம் மற்றும் r–வட்டப்பாதையின் மையப்புள்ளியிலிருந்துகோளின் தூரம் ஆகும்.

தெரிந்தஅளவுகள் rமற்றும் Tஆகியவற்றின் அடிப்படையில் திசைவேகம்

$$a = \frac{2\pi r}{T}$$

இங்குTஎன்பதுகோளின் சுற்றுக்காலம் ஆகும். v ன் மதிப்பை

$$a = \frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r} = -\frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

இந்தa– ன் மதிப்பைநியூட்டன் இரண்டாம் விதிF = ma சமன்பாட்டில் பிரதியிட
இங்குmஎன்பதுகோளின் நிறைஆகும்.

$$F = -\frac{4\pi^2 mr}{T^2}$$

கெப்ளர் மூன்றாம் விதிப்படி

$$\frac{r^3}{T^2} = k \text{ (மாறிலி)}$$

$$\frac{r}{T^2} = \frac{k}{r^2}$$

விசைக்கானசமன்பாடுபிரதியிடநமக்குஈர்ப்பியல் விதிக்கானசமன்பாடுகிட்டும்

$$F = \frac{4\pi^2 mk}{r^2}$$

இவ்விசையானதுகவர்ச்சிவிசைஎன்பதையும் விசையானதுமையத்தைநோக்கிசெயல்படும் என்பதையும் எதிர்க்குறிஉணர்த்துகிறது. கோளின் நிறை அ ஆனதுவெளிப்படையாகவந்துள்ளது. ஆனால் நியூட்டன் தனது மூன்றாம் விதிப்படிபுவியானது சூரியனால் ஈர்க்கப்படுகிறதுஎனில் சூரியனும் புவியால் ஈர்க்கப்பட்டவேண்டும் எனஉறுதியாகநம்பினார். எனவே சூரியனில் நிறைM மும் வெளிப்படையாக இடம்பெறவேண்டும் எனநியூட்டன் கருதினார். ஆகவேதன் உள்உணர்வின்படி $4\pi^2 k$ க்குபதிலாகGM எனசமன்பாட்டில் பிரதியிட்டார். அதன்மூலம் ஈர்ப்பியல் விதிசமன்பாடு

$$F = -\frac{GM_m}{r^2}$$

எனப் பெறப்பட்டது.

ஈர்ப்பியல் விசையானதுகவர்ச்சிஎன்பதைஎதிர்க்குறிமீண்டும் நமக்குஉணர்த்துகின்றது. மேற்கூறியவிவாதத்தில்,கோள் வட்டப்பாதையில் இயங்குகிறதுஎனநாம் எடுத்துகொண்டோம். ஆனால் கோள்கள் சூரியனை நீள்வட்டப்பாதையில் சுற்றிவருகின்றனஎன்பதேஉண்மையாகும். ஆயினும் கோள்களின் பாதையானது,வட்டப்பாதையிலிருந்துசிறிதளவேமாறுபட்டுஉள்ளன. மேலும் பெரும்பாலானகோள்களின் பாதைகிட்டத்தட்டவட்டமாகவேஉள்ளதுஎன்பதால் மேற்கண்டகருதுகோள் சரியே

புவிக்கும் நிலவுக்கும் இடையேஉள்ளதொலைவுமற்றும் புவியின் ஆரம் ஆகியவற்றின் மதிப்புகளின் மூலம் மேற்கண்டகணக்கீடுஅமைந்துள்ளது.

2400 ஆண்டுகளுக்குமுன்னர் கிரேக்க நூலகர் (எரட்டோஸ்தனீஸ்) (Eratosthenis) புவியின் ஆரத்தைகணக்கிட்டார். அதேபோலகிரேக்கவானியல் அறிஞர் ஹிப்பார்க்கஸ் புவிக்கும் நிலவுக்கும் இடையேஉள்ளதொலைவைக் கண்டறிந்தார்.

சுவாரசியமானவிஷயம் என்னவென்றால் இத்தொலைவுகளைக் கணக்கிட இவ்வானவியல் அறிஞர்கள் பயன்படுத்தியவடிவியல் மற்றும் முக்கோணவியல் இன்றுநாம் உயர்நிலைபள்ளிவகுப்புகளிலேயேகற்கிறோம். வானியல் பகுதியில் இதுபற்றியவிவபரங்கள் தரப்பட்டுள்ளன.

ஈர்ப்பியல் மாறிலி:

ஈர்ப்பியல் மாறிலி'G'யின் மதிப்பு,ஈர்ப்பியல் விதியில் முக்கியபங்காற்றுகிறது. சூரியனுக்கும் புவிக்கும் இடையேஉள்ளஈர்ப்புவிசைமிகஅதிகமாக இருப்பதும்,நிறைகுறைவானமிகச்சிறியபொருள்களுக்கு (எடுத்துக்காட்டாக இரு மனிதர்களுக்கிடையேயான) விசைபுறக்கணிக்கத்தக்கஅளவில் மிகக்குறைவாக இருப்பதன் காரணத்தைG ன் மதிப்புவிளக்குகிறது.

புவிபரப்பில் உள்ளநிறைmஉணரும் விசை

$$F = -\frac{GM_E m}{R_E^2}$$

இங்குM_E–புவியின் நிறை,m–பொருளின் நிறை,R_E–புவியின் ஆரம் ஆகும்.

நியூட்டன் இரண்டாம் விதிப்படி,F = - mg,
இதனைஒப்பிட,

$$-mg = -\frac{GM_E m}{R_E^2}$$

$$g = \frac{GM_E}{R^2}$$

புவியின் மையத்திலிருந்துrதொலைவில் உள்ளநிறைMஉணரும் விசை

$$F = -\frac{GM_E M}{r^2}$$

GM_Eயின் மதிப்பைமேலேஉள்ளசமன்பாட்டில் பிரதியிட,

$$F = -gM\,\frac{R_E^2}{r^2}$$

இதன் மூலம் நமக்குத் தெரிவதுஎன்னவென்றால்,g இன் மதிப்புதெரிந்தாலேவிசையைஎளிதில் கணக்கிடலாம். இதற்கு‘G’ இன் மதிப்புதேவை இல்லை.

1798ல் ஹென்றிகாவண்டிஷ் முறுக்குதராசு(Torsion balance) கருவியின் மூலம் $G = 6.75 \times 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}எனக் கண்டறிந்தார். இன்றுநவீனதொழில்நுட்பத்தின் மூலம் G இன் மதிப்புமிகத் துல்லியமாககண்டறியப்பட்டுள்ளது. தற்போதுG = 6.67259×10^{-11} N m^2 kg^{-2}என்றமதிப்புஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது.

ஈர்ப்புபுலமும்,ஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றலும்
ஈர்ப்புப்புலம்:

அடிப்படையில் இரு பொருள்களுக்கு இடையான இடைவினையேவிசைஆகும். இந்தஉறவின் தன்மையைப் பொறுத்துவிசையானது (1) தொடுவிசை(2) தொடாவிசைஎன இருவகைப்படும்.

இருபொருள்கள் ஒன்றுடன் ஒன்றுதொட்டுக் கொண்டிருக்கும் போதுஏற்படும் விசைதொடுவிசைஆகும். விசையைஏற்படுத்தும் காரணியும் பொருளும் ஒன்றுக்கொன்றுதொடுவதன் மூலம் ஏற்படும் தொடுவிசையால் பொருளின் இயக்கமானதுஏற்படுகிறது.

சூரியனை புவிசுற்றிவருவதைகருதுவோம். சூரியனும் புவியும் ஒன்றைஒன்றுதொடவில்லைஎன்றாலும் அவைஒன்றையொன்று இடைவினைபுரிகின்றன. அதன் காரணமாகபுவியானதுசூரியனின் ஈர்ப்புவிசையைஉணர்கிறது. இவ்வகைஈர்ப்புவிசைஒருதொடாவிசைஆகும்.

புவியிலிருந்துமிகஅதிகத் தொலைவில் சூரியன் உள்ளபோதும் இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று இடைவினைபுரிகின்றனஎன்பதுநமக்குவியப்பாகதோன்றும். நம்மால் நேரடியாகபார்க்கவோஅல்லதுஉணரவோமுடிவதால் தள்ளுதல் இழுத்தல் போன்றதொடுவிசைகளின் வலிமையைநம்மால் கணக்கிடமுடியும். ஆனால் வெவ்வேறுதொலைவுகளில் செயல்படும் தொடாவிசையின் வலிமையைஎவ்வாறுகணக்கிடுவது? தொடாவிசையின் வலிமையைபுரிந்துகொள்ளவும் மற்றும் கணக்கிடவும்,ஈர்ப்புப் புலம் என்றகருத்துஅறிமுகப்படுத்தப்படுகிறது.

நிறை‘m_2’மீதுநிறை‘m_1’ஏற்படுத்தும் ஈர்ப்பியல் விசை

$$\dot{F}_{21} = \frac{Gm_1 m_2}{r^2}\hat{r}$$

இங்கு $\hat{r}$ என்பதுநிறைm_1மற்றும் m_2 வை இணைக்கும் கோடுவழியேசெயல்படும் அலகுவெக்டர் ஆகும். நிறைm_1லிருந்துrதொலைவில் உள்ளபுள்ளியில் ஈர்ப்புபுலச்செறிவு $(\overline{E}_1)$ என்பது‘ஓரலகுநிறையினால் உணரப்படும் ஈர்ப்புவிசை’’எனவரையறுக்கப்படுகிறது. ஈர்ப்புலச்செறிவானது $\frac{\vec{F}_{21}}{m_2}$ என்றவிகிதத்தால் குறிக்கப்படுகிறது.

இங்குநிறைm_2மீதுசெயல்படும் விசை $\vec{F}_{21}$ ஆகும்.

எனவே $\overline{E}_1 = \frac{\vec{F}_{21}}{m_2}$ பிரதியிட

$$\dot{E}_1 = \frac{Gm_1}{r^2}\hat{r}$$

ஈர்ப்புலச்செறிவு (இனிமேல் ஈர்ப்புபுலம் என்றுஅழைக்கப்படும்) ஒருவெக்டர் $\overline{E}_1$ ஆகும். வெக்டர் இன் திசைநிறைm_1 ஐ நோக்கிஅமையும். மேலும் இதுநிறைm_2வைச் சார்ந்ததுஅல்ல.

பொதுவாக,நிறைM ஆல் rதொலைவில் ஏற்படும் ஈர்ப்புபுலம்,பின்வருமாறுகுறிக்கப்படுகிறது

$$\dot{E} = \frac{Gm}{r^2}\hat{r}$$

ஈர்ப்புபுலம் செயல்படும் பகுதியில் உள்ளபுள்ளிP யில் நிறை'm'வைக்கப்படுகிறது. நிறை'm'ஆனதுஈர்ப்புபுலம் $\dot{E}$ யைஉணர்வதால் ஒருஈர்ப்புவிசைஏற்படுகிறது.

நிறைM ஆல் நிறைmஉணரும் ஈர்ப்புவிசைபின்வருமாறுஎழுதப்படுகிறது.

$$\vec{F}_m = m\vec{E}$$

இந்தச் சமன்பாட்டைநியூட்டனின் இரண்டாம் விதிசமன்பாட்டோடுஒப்பிடும் போது,நமக்குகிடைப்பது.

$$m\dot{a} = m\dot{E}$$

$$\dot{a} = \dot{E}$$

அதாவதுஒருபுள்ளியில் இருக்கும் ஈர்ப்புபுலமானதுஅப்புள்ளியில் உள்ளஒருதுகள் உணரும் முடுக்கத்திற்குசமம் ஆகும். ஆனால் எண்மதிப்பும் திசையும் ஒன்றாகஅமைந்தாலும் $\overline{a}$ மற்றும் $\dot{E}$ ஆகிய இரண்டும் வெவ்வேறு இயற்பியல் அளவுகள் ஆகும். ஈர்ப்புபுலம் $\dot{E}$ என்பது மூல நிறையின் (Source mass) காரணப் பண்பு. முடுக்கம் $\overline{a}$ என்பதுஈர்ப்புபுலம் $\dot{E}$ ல் வைக்கப்பட்டுள்ளசோதனைநிறைஉணரும் விளைவுப் பண்பாகும்.

ஒன்றையொன்றுதொடாத இரு நிறைகளிடையேநடைபெறும் இடைவினையை"ஈர்ப்புப்புலம்"என்றகருத்தில் மூலம் இப்போதுநாம் விளக்கமுடியும்.

1. நிறைM னை விட்டுவிலகிச் செல்லஈர்ப்புப்புலத்தின் வலிமைகுறையும். தொலைவுrஅதிகரிக்கும் போது $\dot{E}$ யின் எண்மதிப்புகுறையும். புள்ளிகள் P, Q மற்றும் R ல் ஈர்ப்புபுலமானது $\left|\overline{E}_P\right| < \left|\overline{E}_Q\right| < \left|\overline{E}_R\right|$ எனஎழுதலாம். புள்ளிகள் P, Q மற்றும் Rக்கானவிசைவெக்டர்களின் நீளங்களைஒப்பிடுவதன் மூலம் இதனைபுரிந்துகொள்ளலாம்.

2. ஈர்ப்பியல் விசையைகணக்கிடுவதற்காக"ஈர்ப்புப் புலம்"என்றகருத்துஅறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. பின்புஈர்ப்புபுலம் ஒருஇயற்பியல் அளவுஎன்றும் அதுவெளியில் (Space) ஆற்றலையும் உந்தத்தையும் பெற்றுள்ளதுஎன்றும் கண்டறியப்பட்டது.

   இன்னும் சொல்லப்போனால் மின்னூட்டங்கள் இயங்குகின்றமுறையைபுரிந்துகொள்ளபுலக்கொள்கையானதுதவிர்க்கமுடியாதஒன்றாகவிளங்கிறது.

3. ஈர்ப்புபுலத்தின் அலகுநியூட்டன் /கிலோகிராம் (N/kg) அல்லதுms^{-2}

ஈர்ப்புபுலத்தின் மேற் பொருந்துதல் தத்துவம்

m_1, m_2, ...m_nநிறையுடைய'n' துகள்களின் நிலைவெக்டர்கள் முறையே $\overline{r}_1, \vec{r}_2, \overline{r}_3$...என்க. புள்ளியில் தொகுபயன் ஈர்ப்புப்புலமானதுதனித்தனிநிறைகளால் எற்படும் தனித்தனிஈர்ப்புப் புலத்தின் வெக்டர் கூடுதலுக்குசமம். இத்தத்துவம் ஈர்ப்புபுலங்களின் மேற்பொருந்துதல் தத்துவம் எனப்படும்.

$$= \overline{E}_{\text{மொத்தம்}} = \vec{E}_1 + \overline{E}_2 + ...\overline{E}_n$$

$$= = -\frac{Gm1}{r_1^2}\hat{r}_1 - \frac{Gm_2}{r_2^2}\hat{r}_2 - ... - \frac{Gm_n}{r_n^2}\hat{r}_n$$

$$= -\sum_{i=1}^{n} \frac{Gm_i}{r_i^2} r_i$$

தனித்தனிநிறைகளுக்குபதிலாகதொடர்ச்சியாகபரவியுள்ளமொத்தநிறைM – ஐ கருதினால் புள்ளிP யில் ஈர்ப்புபுலத்தைதொகையீட்டுமுறையில் (integration method) கணக்கிடலாம்.

ஈர்ப்புநிலைஆற்றல் (Gravitational Potential Energy):

நிலைஆற்றல் பற்றியகருத்தும் இயற்பியல் சார்ந்தஅதன் பொருள் பற்றியும் முன் பாடங்களில் கற்றுள்ளோம். ஈர்ப்பியல் விசைஒருஆற்றல் மாற்றாவிசையாகும். எனவே இந்தஆற்றல் மாற்றாவிசையின் புலத்துடன் தொடர்புடையஈர்ப்புநிலைஆற்றலைநாம் பின் வருமாறுவரையறைசெய்யலாம்.

m_1மற்றும் m_2என்ற இரு நிறைகள் ஆரம்பத்தில் r’தொலைவில் உள்ளன. m_1நிறையானதுநிலையாகஉள்ளதுஎன்க. நிறைm_2 ஐ r’ நிலையில்இருந்துrநிலைக்குகாட்டியுள்ளபடிநகர்த்தவேலைசெய்யவேண்டும்.

நிறைm_2 ஐ மிகச் சிறியதொலைவு $d\bar{r}$ அதாவது $\dot{r}$ லிருந்து $\bar{r} + d\bar{r}$ நகர்த்தவெளியிருந்துவேலைசெய்யப்படவேண்டும்.

இந்தமிகச்சிறியவேலை பின் வருமாறுஎழுதப்படுகிறது.

$$dW = \vec{F}_{ext} . d\bar{r}$$

இந்தவேலையானதுஈர்ப்பியல் விசைக்குஎதிராகசெய்யப்பட்டுள்ளது. எனவேஈர்ப்பியல் விசை

$$\left|\dot{F}_{ext}\right| = \left|\dot{F}_{G}\right| = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

பிரதியிட

$$dW = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \hat{r} . d\dot{r}$$

என்பதைநாம் அறிவோம்.

$$\Rightarrow \; dW = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \hat{r} . (dr\,\hat{r})$$

(இங்கு $\hat{r}.\hat{r} = 1$. ஏனென்றால் $\hat{r}$ ஒருஅலகுவெக்டர்)

$$\therefore \; dW = \frac{Gm_1m_2}{r^2} dr$$

r′ ல் இருந்துதுகளைrக்கு இடம் பெயரச் செய்தமொத்தவேலை

$$W = \int_{r'}^{r} dW = \int_{r'}^{r} \frac{Gm_1m_2}{r^2} dr$$

$$W = -\left(\frac{Gm_1m_2}{r}\right)_{r'}^{r}$$

$$W = -\frac{Gm_1m_2}{r} + \frac{Gm_1m_2}{r'}$$

$$W = U(r) - U(r')$$

இங்கு $U(r) = \frac{Gm_1m_2}{r}$

இந்தவேலை(W) யானதுm_1மற்றும் m_2நிறைகள் முறையேrமற்றும் r’ தொலைவில் உள்ளபோதுஅவ்வமைப்பின் ஈர்ப்புநிலைஆற்றல்களின் வேறுபாட்டைதருகிறது.

நிலை1 :எனில்

ஈர்ப்பியல் விசைஒருகவர்ச்சிவிசைஎன்பதால் நிறைm_2நிறைm_1 அல் கவரப்படுகிறது. எனவேநிறைm_2ஐ,rலிருந்துr'க்குநகர்த்தவெளிப்புறத்திலிருந்துவேலைசெய்யவேண்டியதேவை இல்லை. இங்குஅமைப்பானதுதனதுஆற்றலைசெலவழித்துவேலைசெய்கிறது.
எனவேசெய்யப்பட்டவேலைஎதிர்க்குறிபெறும்.

நிகழ்வு 2 : $r < r'$ எனில்

r லிருந்துr' க்குm_2நிறையைநகர்த்தஈர்ப்புவிசைக்குஎதிராகவேலைசெய்யவேண்டும். எனவேவெளிப்புறத்திலிருந்துவேலையானதுசெய்யப்படவேண்டும்.
ஆகவேசெய்யப்பட்டவேலைநேர்க்குறிமதிப்பைப் பெறுகிறது.

"நிலைஆற்றல் மாறுபாடு"என்பதே இயற்பியலில் முக்கியத்துவம் உடையது. தற்போதுஈர்ப்புநிலைஆற்றலைநன்குவரையறுக்கஒருஆதாரப்புள்ளியைதேர்ந்தெடுப்போம்.

அந்தஆதாரப் புள்ளி $r = \infty$ முடிவில் என்க.

இதன் படி இரண்டாம் பகுதிசுழிஆகும்.
எனவே

$$W = \frac{Gm_1m_2}{r} + 0$$

rதொலைவில் அமைந்தநிறைகள் m_1மற்றும் m_2உடையஅமைப்பின் ஈர்ப்புநிலைஆற்றலானது,நிறைm_1நிலையாகஉள்ளபோது,நிறைm_2 வை rதொலைவிலிருந்துமுடிவிலாத் தொலைவுக்குகொண்டுசெல்லசெய்தவேலைக்குசமம் எனநாம் வரையறுக்கலாம்

ஆகவேஈர்ப்புநிலைஆற்றல் என $U(r) = \frac{Gm_1m_2}{r}$ குறிக்கப்படுகிறது.

rதொலைவில் அமைந்தநிறைகள் m_1மற்றும் m_2உடையஅமைப்பின் ஈர்ப்புநிலைஆற்றலானது,முடிவிலாத் தொலைவுமற்றும் rதொலைவில் இந்தநிறைகளின் அமைப்புஉள்ளபோதுபெற்றுள்ளஈர்ப்புநிலைஆற்றல்களின் வேறுபாட்டிற்குசமம் என்பதும் குறிப்பிடத்தக்கது.

அதாவது$U(r) = U(r) - U(\infty)$

ஆனால் இங்கு $U(\infty) = 0$ எனஆதாரப்புள்ளியைநாம் தேர்ந்தெடுத்துஉள்ளோம்.

ஈர்ப்புநிலைஆற்றலானதுஎப்பொழுதும் எதிர்க் குறிமதிப்புபெறும். ஏனெனில் முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்துநிறைகள் (அமைப்பு) ஒன்றையொன்றுமெதுவாகநெருங்கிவரும்போதுஅமைப்பால் வேலைசெய்யப்படுகிறது.

ஈர்ப்புநிலைஆற்றல் U(r) ன் அலகு ஜுல் (joule).மேலும் இது ஸ்கேலார் அளவுஆகும். ஈர்ப்புநிலைஆற்றலானதுநிறைகளையும் அவற்றுக்கு இடையேயானதொலைவினையும் சார்ந்தது.

புவியின் பரப்புக்குஅருகேஈர்ப்புநிலைஆற்றல்

புவியிலிருந்துஉயரத்திற்குகொண்டுசெல்லப்பட்டநிறைm இல் நிலைஆற்றல் 'mgh'சேமிக்கப்பட்டுள்ளதுஎன்பதைவிவாதித்துள்ளோம். இச்சமன்பாட்டை,ஈர்ப்புநிலைஆற்றல் வழியேயும் தருவிக்கலாம்.

புவிமையத்திலிருந்துrதொலைவில் உள்ளநிறைmமற்றும் புவியையும் சேர்த்துஒருஅமைப்பாகக் கருதுவோம்.
இந்தஅமைப்பின் ஈர்ப்புநிலைஆற்றல்

இச்சமன்பாட்டை,ஈர்ப்புநிலைஆற்றல் வழியேயும் தருவிக்கலாம்.

புவிமையத்திலிருந்துrதொலைவில் உள்ளநிறைmமற்றும் புவியையும் சேர்த்துஒருஅமைப்பாகக் கருதுவோம்.

இந்தஅமைப்பின் ஈர்ப்புநிலைஆற்றல்

$$U = -\frac{GM_e m}{r}$$

இங்குr = R_e + h மேலும் R_eபுவியின் ஆரம் ஆகும்.

$$U = -G\frac{M_e m}{(R_e + h)}$$

கீழ்க்கண்டவாறுமாற்றிஅமைக்கலாம்.

$$U = -G\frac{M_e m}{R_e(1 + h/R_e)}$$

$$U = -G\frac{M_e m}{R_e}(1 + h/R_e)^{-1}$$

இங்குh<<R_eஎனவே

ஈருறுப்புத் தேற்றத்தை(Binomial theorem) பயன்படுத்திவிரிவுபடுத்திபின்புஉயர் அடுக்குஉறுப்புகளைபுறக்கணித்தால்,நாம் பெறுவது

$$U = -G\frac{M_e m}{R_e}\left(1 - \frac{h}{R_e}\right)$$

புவியின் பரப்பில் நிறைmஉள்ளபோது,

$$G\frac{M_e m}{R_e} = mg\,R_e$$

என்பதுநாம் அறிந்ததே,
பிரதியிட

$$U = -mgR_e + mgh$$

மேற்கண்டசமன்பாட்டில் முதல்கோவை(first term)உயரம் h ஐ சார்ந்ததுஅல்ல. உதாரணமாக,h_1உயரத்தில் இரந்துh_2உயரத்திற்குபொருள் எடுத்துச் செல்லப்படுகிறதுஎன்க.

h_1 உயரத்தில் ஈர்ப்புநிலைஆற்றல்

$$U(h_1) = -mgR_e + mgh_1$$

h_2உயரத்தில் ஈர்ப்புநிலைஆற்றல்

$$U(h_2) = -mgR_e + mgh_2$$

h_1மற்றும் h_2 இடையேஈர்ப்புநிலைஆற்றல் வேறுபாடு

$$U(h_2) - U(h_1) = mg\,(h_2 - h_1)$$

உள்ளmgR_eகோவை,ஈர்ப்புநிலைஆற்றல் மாறுபாடுகாண்பதில் எவ்விதமாற்றத்தையும் ஏற்படுத்தவில்லை. எனவேசமன்பாடுமுதல் கோவையைபுறக்கணிக்கலாம். அல்லதுசுழிஎனஎடுத்துக் கொள்ளலாம். ஆகவேபுவிபரப்பிலிருந்துhஉயரத்தில் உள்ளநிறைm இல் சேமிக்கப்பட்டுள்ளஈர்ப்புநிலைஆற்றல் U = mghஎன கூறலாம்.

புவிப்பரப்பில் h = 0,என்பதால் U = 0

இங்குநாம் கவனிக்கவேண்டியதுநிறை'm' ஐ புவிபரப்பில் இருந்துநாம் 'h'உயரம் உயர்த்தசெய்தவேலையே'mgh'ஆகும். இந்தவேலைநிறை'அ' இல் ஈர்ப்புநிலைஆற்றலாகசேமிக்கப்பட்டுள்ளது. உண்மையில் 'mgh'என்பதுநிறை'm'மற்றும் புவியைசேர்த்தஈர்ப்புநிலைஆற்றல் ஆகும். ஆயினும் இந்த'mgh' ஐ நிறை'm' இன் ஈர்ப்புநிலைஆற்றலாகவேஎடுத்துக் கொள்கிறோம் ஏனெனில் நிறை'm'உயரம் 'h'க்குசெல்லும்போதுபுவிநிலையாகவேஉள்ளது.

ஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றல் (Gravitational Potential) $V(r)$

ஈர்ப்புபுலம் $\dot{E}$ யானது,அப்புலத்தைஉருவாக்கும் நிறை'm' ஐ மட்டுமேசார்ந்துள்ளதுஎனவிளக்கப்பட்டுள்ளது. இதுஒருவெக்டர் அளவாகும். இதேபோல் நிறை'm' ஐ மட்டுமேசார்ந்தஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றல் என்ற ஸ்கேலார் அளவையும் நாம் வரையறுக்கலாம்.

ஒருநிறையிலிருந்துrதொலைவில் உள்ளபுள்ளியில் ஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றலானது,ஓரலகுநிறையைமுடிவிலாத் தொலைவிலிருந்துஅப்புள்ளிக்குகொண்டு வரச் செய்தவேலைஆகும். இது$V(r)$எனகுறிக்கப்படும். மேலும் r தொலைவில் உள்ளபுள்ளியில் ஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றல் என்பதுஅப்புள்ளியில் ஓரலகுநிறைக்கானஈர்ப்புநிலைஆற்றலுக்குச் சமம் என்றும் வரையறுக்கலாம். ஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றல் ஒருஸ்கேலார் அளவு. இதன் அலகுJ/kg.

ஈர்ப்புநிலைஆற்றலிருந்துஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றலைநாம் வரையறுக்கமுடியும்.
rதொலைவில் அமைந்த இருநிறைகள் m_1மற்றும் m_2களைகருதுவோம். இவ்வமைப்பின் ஈர்ப்புநிலைஆற்றல் $V(r) = -\frac{Gm_1m_2}{r}$

நிறைm_2ஐ ஓரலகுநிறை(m_2 = 1 kg) எனக் கொண்டுநிறைm_1 ஆல் ஏதேனும் ஒருபுள்ளிP யில் ஏற்படும் ஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றல் மதிப்பினைபெறலாம்.

r தொலைவில் நிறைm_1 ஆல் ஏற்படும் ஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றல்

$$V(r) = -\frac{Gm_1}{r}$$

ஈர்ப்புவிசையும் ஈர்ப்புபுலமும் வெக்டர் அளவுகள்.

ஈர்ப்புவிசையும் ஈர்ப்புபுலமும் வெக்டர் அளவுகள். ஈர்ப்புநிலைஆற்றலும் ஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றலும் ஸ்கேலார் அளவுகளாகும். வெக்டர் அளவுகளைவிட ஸ்கேலார் அளவுகளைபயன்படுத்திதுகள்களின் இயக்கத்தைபகுத்தாய்வுசெய்தல் எளிதாகும். உதாரணமாகஆப்பிள் கீழேவிழுவதைகருதுவோம்.

புவியின் ஈர்ப்புவிசையின் காரணமாகஈர்க்கப்பட்டுஆப்பிள் தானாககீழேவிழுவதைகாட்டுகிறது. ஈர்ப்புதன்னிலைஅற்றல் $V(r)$துணையுடன் இதனைவிளக்கமுடியும்.

புவிப்பரப்பிலிருந்துhஉயரத்தில் உள்ளபுள்ளியில்

ஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றல்

$$V(r = R + h) = -\frac{GM_e}{(R+h)}$$

புவிப்பரப்பில் ஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றல்

$$V(r = R) = -\frac{GM_e}{R}$$

மேற்கண்டசமன்பாடுகளிலிருந்து

$$V(r = R) < V(r = R + h)$$

புவிப்பரப்புக்குஅருகேhஉயரத்தில் ஈர்ப்புநிலைஆற்றல் mghஎன்பதைநாம் முன் பகுதியில் விவாதித்தோம். அப்புள்ளியில் ஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றல் $V(h) = U(h) / m = gh$. புவியின் பரப்பில் hசுழிஎன்பதால் புவிப்பரப்பில்ஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றல் சுழிஆகும். எனவேதான் ஆப்பிளானதுஅதிகஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றல் உள்ளபகுதியிலிருந்துகுறைந்தஈர்ப்புதன்மைஆற்றல் உள்ளபகுதியைநோக்கிவிழுகிறது. பொதுவாகநிறையானதுஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றல் மிகுந்தபகுதியிலிருந்துஈர்ப்புதன்னிலைஆற்றல் குறைந்தபகுதிக்குச் செல்லும்.

புவியின் ஈர்ப்புமுடுக்கம்:

பொருள்கள் புவியின் மீதுவிழும்போது, இவை புவியினைநோக்கிமுடுக்கமடைவதைகாண்கிறோம். நியூட்டன் இரண்டாம் விதிப்படிபுறவிசைசெயல்பட்டடால் மட்டுமேஒருபொருள் முடுக்கமடையும் எனஅறிவோம். இங்குபுவியின் ஈர்ப்புவிசையால் பொருள்கள் முடுக்கமடைகின்றன. புவியின் அருகே இவ்விசைஅனைத்துபொருள்கள் மீதும் மாறாதமுடுக்கத்தைஏற்படுகிறது. மேலும்இம்முடுக்கமானதுபொருள்களின் நிறைகளைசார்ந்ததுஅல்ல.

புவிபரப்புக்குஅருகேஉள்ளநிறைmமீதுபுவியினால் ஏற்படும் ஈர்ப்புவிசை

$$\vec{F} = -\frac{GmM_e}{R_e^2}\hat{r}$$

இந்தஈர்ப்புவிசையைநியூட்டனின் இரண்டாம் விதியுடன் சமப்படுத்த

$$m\vec{a} = -\frac{GmM_e}{R_e^2}\hat{r}$$

எனவே,முடுக்கம்

$$\vec{a} = -\frac{GM_e}{R_e^2}\hat{r}$$

புவிப் பரப்புக்குஅருகேஉள்ளபொருளுக்குபுவியின் ஈர்ப்புபுலத்தால் ஏற்படும் முடுக்கமானது,ஈர்ப்புமுடுக்கம் எனப்படுகிறது. இதுgஎன்றகுறியீட்டால் குறிக்கப்படுகிறது.

ஈர்ப்புமுடுக்கத்தின் எண் மதிப்பு

$$|g| = g = \frac{GM_e}{R_e^2}$$

இச்சமன்பாட்டிலிருந்துஈர்ப்பின் முடுக்கமானதுமுடுக்கமடையும் பொருளின் நிறையைசார்ந்ததல்லஎனஅறிகின்றோம். ப ன் மதிப்பானதுபுவியின் நிறையையும் ஆரத்தையும் சார்ந்துள்ளது. "புவியினைநோக்கிவிழும் அனைத்துபொருள்களும் சமமாகமுடுக்கமடைகிறது"என்பதைகலிலியோ 400 ஆண்டுகளுக்குமுன்பேபலஆய்வுகள் மூலம் கண்டறிந்தார்.

புவியின் பூமத்தியரேகைபகுதியில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் $g = 9.8\ \mathrm{m\ s^{-2}}$எனகண்டறியப்பட்டுள்ளது.

குத்துயரம்,ஆழம் மற்றும் குறுக்குக்கோடுஆகியவற்றைச் சார்ந்துஈர்ப்பின் முடுக்கம் மாறுபடுதல்

புவிபரப்பிலிருந்துhஉயரத்தில் உள்ளநிறைm ஐ கருதுவோம். புவியின் ஈர்ப்புவிசையால் அப்பொருள் உணரும் முடுக்கம்

$$g' = \frac{GM}{(\mathrm{R_e}+h)^2}$$

$$g' = \frac{GM}{R_e^2\left(1+\frac{h}{\mathrm{R_e}}\right)^2}$$

$$g' = \frac{GM}{R_e^2}\left(1+\frac{h}{\mathrm{R_e}}\right)^{-2}$$

$h \ll R_e$எனில் ஈருறுப்புதேற்றத்தினைபயன்படுத்திபின்புஉயர் அடுக்குகளைப் புறக்கணித்துப் பின்வருமாறுஎழுதலாம்.

$$g' = \frac{GM}{R_e^2}\left(1-2\frac{h}{\mathrm{R_e}}\right)$$

$$g' = g\left(1-2\frac{h}{\mathrm{R_e}}\right)$$

இதிலிருந்துg′ < g எனநாம் காண்கிறோம். இதன் பொருள் குத்துயரம் hஅதிகரிக்கும் போதுஈர்ப்புமுடுக்கம் gகுறைகிறதுஎன்பதாகும்.

ஆழத்தைப் பொறுத்துgமாறுபடுதல்:

புவியின் ஆழ் சுரங்கம் ஒன்றில் உதாரணமாக, (நெய்வேலிநிலக்கரிச் சுரங்கம்) dஆழத்தில் நிறைmஉள்ளதுஎன்க.

சுரங்கத்தின் ஆழம் dஎன்க. dஆழத்தில் g′மதிப்பைகணக்கிடகீழ்க்கண்டகருத்துகளைகவனத்தில் கொள்வோம். நிறைஅடையும் முடுக்கத்தில் புவியின் $(R_e - d)$ க்குமேலேஉள்ளபுவியின் பகுதியானது இந்தமுடுக்கத்திற்குஏதும் பங்களிப்புசெய்வதில்லை. முந்தையபகுதியில் நிரூபிக்கப்பட்டமுடிவின்படி,

d ஆழத்தில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம்

$$g' = \frac{GM'}{(R_e - d)^2}$$

$(R_e - d)$ உடையபுவிபகுதியின் நிறைM′ஆகும்.புவியின் அடர்த்திρ சீராகஅனைத்துபகுதியிலும் சீராக(uniform) உள்ளதுஎனக் கருதினோம். எனில்,

$$\rho = \frac{M}{V}$$

இங்குM–புவியின் நிறைமற்றும்
V–புவியின் பருமன் ஆகும்
மேலும் அடர்த்திசீராகஉள்ளதால்

$$\rho = \frac{M'}{V'}$$

$$\frac{M'}{V'} = \frac{M}{V} \text{ ஆகவே } M' = \frac{M}{V}V'$$

$$M' = \left(\frac{M}{\frac{4}{3}\pi R_e^3}\right)\left(\frac{4}{3}\pi(\mathrm{Re} - d)^3\right)$$

$$M' = \frac{M}{R_e^3}(R_e - d)^3$$

பிரிதியிடுக.

$$g' = G\frac{M}{R_e^3}(R_e - d)^3 . \frac{1}{(R_e - d)^2}$$

$$g' = GM\,\frac{R_e\left(1 - \frac{d}{R_e}\right)}{R_e^3}$$

$$g' = GM\,\frac{\left(1 - \frac{d}{R_e}\right)}{R_e^2}$$

எனவே $g' = g\left(1 - \frac{d}{R_e}\right)$

இங்கும் g′ < g.

ஆழம் அதிகரிக்கும் போதுg′மதிப்புகுறைகிறது. எனவேபுவியின் மேற்பரப்பில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் பெருமமாக இருக்கிறது. ஆனால் பரப்புக்குஉயரேசென்றாலோஅல்லதுபுவியின் ஆழத்திற்குசென்றாலோஈர்ப்பின் முடுக்கம் குறையும்.

குறுக்குக்கோட்டைப் (Latitude)பொருத்துgமாறுதல்:

சுழலும் குறிப்பாயத்தில் இயங்கும் பொருள்களின் இயக்கத்தைநாம் பகுத்தாயும் போதுமையவிலக்குவிசையையும் நாம் கருத்தில் கொள்ளவேண்டும். பொதுவாகபூமியினைநிலைமக்குறிப்பாயமாககருதுவோம். ஆனால் உண்மையிலேயேபூமிஒருசுழலும் குறிப்பாயம். ஏனெனில் பூமியானதுதனதுஅச்சைப்பற்றிசுழல்கிறது. எனவேபுவிப்பரப்பில் ஒருபொருள் உள்ளபோது,m துமைய விலக்குவிசையினைஉணருகிறது. அவ்விசையானதுபுவியின் குறுக்குக்கோட்டுமதிப்பைசார்ந்துள்ளது. புவிசுழலவில்லைஎனில் பொருளின் மீதானவிசைmgஆகும். ஆனால் புவிசுழற்சியின் காரணமாகபொருள் கூடுதலாகமையவிலக்குவிசையினைஉணர்கிறது.

மையவிலக்குவிசை= $m\omega^2 R'$

$$R' = R\cos\lambda$$

இங்குλ என்பதுகுறுக்குகோட்டின் மதிப்பு

பொருளின் மீதுgக்குஎதிர்திசையில் செயல்படும் மையவிலக்குமுடுக்கத்தின் கூறு

$$a_{PQ} = \omega^2 R'\cos\lambda = \omega^2 R\cos^2\lambda$$

ஏனெனில் $R' = R\cos\lambda$

எனவேg′ = g – $\omega^2 R\cos^2\lambda$

புவிமையக்கோட்டில் $\lambda = 0$, எனவே $g' = g - \omega^2 R$. புவிமையக்கோட்டில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் g ஆனது சிறுமம் ஆகும்.

துருவப்பகுதியில் $\lambda = 90^\circ$எனவே,$g' = g$

ஆகவே துருவப் பகுதியில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் பெருமம் ஆகும்.

விடுபடுவேகம் மற்றும் சுற்றியக்கவேகம்

பிரபஞ்சத்தில் பெருமளவுகாணப்படும் தனிமங்கள் ஹைட்ரஜன் மற்றும் ஹீலியம் ஆகும். ஆனால் புவியின் வளிமண்டலத்தில் நைட்ரஜனும் ஆக்சிஜனுமேஅதிகஅளவில் உள்ளன. புவியின் வளிமண்டலத்தில் ஹைட்ரஜனும் ஹீலியமும் மிகக்குறைவாக இருக்ககாரணம் யாது? இதனை இப்பகுதியில் ஆராய்வோம்.

பொருளொன்றைமேல்நோக்கிஎறிந்தால் குறிப்பிட்டஉயரம் அடைந்துபின்புகீழ்நோக்கிவிழும். இதனைக் காணும் போதுஒருபொருளைஎன்னவேகத்தில் செங்குத்தாகஎறிந்தால்,அப்பொருள் புவிப்பரப்பிற்குமீண்டும் வராமல்,புவியின் ஈர்ப்பிலிருந்துதப்பிச் செல்லும் என்றகேள்விஎழுகிறது.

விழும்.இதனைக் காணும் போதுஒருபொருளைஎன்னவேகத்தில் செங்குத்தாகஎறிந்தால்,அப்பொருள் புவிப்பரப்பிற்குமீண்டும் வராமல்,புவியின் ஈர்ப்பிலிருந்துதப்பிச் செல்லும் என்றகேள்விஎழுகிறது.

புவிப்பரப்பில்நிறைMஉடையஒருபொருளைகருதுவோம். ஆரம்பவேகம் v_iயில் பொருள் மேல்நோக்கிஎறியப்படுகிறதுஎனில்

பொருளின் ஆரம்பமொத்தஆற்றல்

$$E_i = \frac{1}{2}Mv_i^2 - \frac{GM_E}{R_E}$$

இங்குM_E - புவியின் நிறை: R_E - புவியின் ஆரம். மேலும் $\frac{-GMM_E}{R_E}$ என்பதுநிறைM ன் ஈர்ப்புநிலைஆற்றல் ஆகும்.

பொருள் புவியைவிட்டுவிலகிவெகுதூரம் சென்றுவிட்டதுஎனில் அத்தொலைவைமுடிவிலாத் தொலைவுஎனகருதுக. இந்நிலையில் ஈர்ப்புநிலைஆற்றல் சுழி $[U(\infty)=0]$ ஆகும். மேலும் இயக்கஆற்றலும் சுழி. எனவேபொருளின் மொத்தஆற்றலும் சுழியாகிறது.

$$E_f = 0$$

ஆற்றல் மாறாவிதியின் படி

$$E_i = E_f$$

பிரதியிட

கோளின் ஈர்ப்பியல் புலத்திலிருந்துவிடுபட்டுத் தப்பிச் செல்ல,பொருள் எறியப்படவேண்டியசிறுமவேகம் v_eஎன்க. எனவேv_iபதிலாகv_eஎனபிரதியிட

$$\frac{1}{2}Mv_i^2 - \frac{GMM_E}{R_E} = 0$$

$$\frac{1}{2}Mv_i^2 - \frac{GMM_E}{R_E}$$

$g = \frac{GM_E}{R_E^2}$ சமன்பாட்டைபயன்படுத்தினால்

$$v_e^2 = 2gR_E$$

$$v_e = \sqrt{2gR_E}$$

மேற்கண்டசமன்பாட்டிலிருந்துவிடுபடுவேகமானதுஈர்ப்பின் முடுக்கம்,புவியின் ஆரம் ஆகிய இரு காரணிகளைசார்ந்துள்ளதுஎன்பதைஅறிகிறோம். விடுபடுவேகமானதுபொருளின் நிறையினைசார்ந்ததுஅல்ல. g (9.8 ms^{-2}) மற்றும் R_e = 6400 km மதிப்புகளைபிரதியிடபுவியின் விடுபடுவேகம் V_e = 11.2 kms^{-1}ஆகும். விடுபடுவேகம் பொருள் எறியப்படும் திசையைசார்ந்ததுஅல்ல. செங்குத்தாகவோஅல்லதுகிடைமட்டமாகவோஅல்லதுகுறிப்பிட்டகோணத்தில் பொருள் எறியப்பட்டாலோபுவியின் ஈர்ப்புவிசையிலிருந்துவிடுபட்டுசெல்வதற்கானவிடுபடுவேகம் மாறாது. இதுகாட்டப்பட்டுள்ளது.

ஹைட்ரஜன் மற்றும் ஹீலியம் போன்றலேசான மூலக்கூறுகள் புவிப்பரப்பைவிட்டுதப்பிசெல்லுவதற்குபோதுமானவேகம் கொண்டுள்ளன. ஆனால் நைட்ரஜன் மற்றும் ஆக்ஸிஜன் போன்றகனமான மூலக்கூறுகள் தப்பிச் செல்லபோதுமானவேகம் உடையவைஅல்ல. (வாயுக்களின் இயக்கவியல் கொள்கையைவிவாதிக்கும் போதுஹைட்ரஜன் மற்றும் ஹீலியம் அணுக்களின் வேகத்தைபுவியின் விடுபடுவேகத்துடன் ஒப்பீடுசெய்துபார்ப்போம்)

துணைக் கோள்கள் - சுற்றியக்கவேகமும் சுற்றுக்காலமும்

நாம் வாழ்வதுநவீனயுகம். உலகின் எப்பகுதியில் உள்ளவர்களுடனும் தொடர்புகொள்வதற்கானஅதிநவீனதொழில்நுட்பகருவிகள் நம்மிடையேஉள்ளன. இம்முன்னேற்றத்திற்குகாரணம் சூரிய குடும்பஅமைப்பைநாம் நன்குபுரிந்தகொண்டதேஆகும். புவியினைவலம் வரும் துணைக்கோள்களேதற்போதுசெய்தித் தொடர்புக்குபெரிதும் உதவுகின்றன. சூரியனைக் கோள்கள் சுற்றுவதுபோலதுணைக்கோள்கள் புவியைச் சுற்றிவருகின்றன. எனவேகெப்ளரின் விதிகள் மனிதன் உருவாக்கியசெயற்கைத் துணைக்கோள்களுக்கும் பொருந்துகின்றன. நிறைMஉடையதுணைக்கோள் புவியைச் சுற்றிவருவதற்குத் தேவையானமையநோக்குவிசையைபுவியின் ஈர்ப்புவிசைதருகிறது.

$$\frac{Mv^2}{(RE+h)} = \frac{GMM_E}{(R_E+h)^2}$$

$$v^2 = \frac{GM_E}{(R_E+h)}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM_E}{(R_E+h)}}$$

உயரம் hஅதிகரிக்கும் போது,துணைக்கோளின் சுற்றியக்கவேகம் குறையும்.

துணைக்கோளின் சுற்றுக் காலம் :

ஒருமுழுச் சுற்றின் போதுதுணைக்கோள் கடக்கும் தொலைவு 2π (R_E + h) க்குச் சமம். மேலும் ஒரு முழு சுற்றுக்குஆகும் காலஅளவேதுணைக்கோளின் சுற்றுக்காலம் Tஆகும்.

சுற்றியக்கவேகம் $v = \frac{\text{கடந்த தொலைவு}}{\text{காலம்}} = \frac{2\pi(R_E + h)}{T}$

லிருந்துvக்குபிரதியிட

$$\sqrt{\frac{GM_E}{(R_E + h)}} = \frac{2\pi(R_E + h)}{T}$$

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{GM_E}}(R_E + h)^{3/2}$$

இருபுறமும் இருமடிஎடுக்க

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM_E}(R_E + h)^3$$

இங்குமாறிலி= $\frac{4\pi^2}{GM_E}$ என்பதுஒருமாறிலி. எனவே இதைcஎன்க.

$$T^2 = c\,(R_E + h)^3$$

கோள்களின் இயக்கம் பற்றியகெப்ளர் விதியில் கூறப்பட்டுள்ளகாலம் மற்றும் தொலைவுக்கானதொடர்பினையேபுவியினைச் சுற்றும் துணைக்கோளும் கொண்டுள்ளதுஎன்பதைநாம் அறியலாம். புவிக்குஅருகேசுற்றும் துணைக்கோளுக்குபுவியின் ஆரம் R_Eஉடன் ஒப்பிடும் போதுhமிகச் சிறியதுஎன்பதால் h புறக்கணிக்கத்தக்கது. எனவே

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM_E}R_E^3$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}R_E$$

இங்கு $GM_E / R_E^2 = g$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{R_E}{g}}$$

$R_E = 6.4\ 10^6$ m மற்றும் $g = 9.8\ m/s^2$, மதிப்புகளை பிரதியிட

துணைக்கோளின் சுழற்சி காலம் $T \cong 85$ நிமிடங்கள் எனப் பெறப்படுகிறது.

புவியை சுற்றும் துணைக்கோளின் ஆற்றல்

புவிப்பரப்பிலிருந்து h உயரத்தில் புவியினைச் வலம் வரும் துணைக்கோளின் மொத்த ஆற்றல் கீழ்க்கண்ட முறையில் கணக்கிடப்படுகிறது. துணைக்கோளின் மொத்த ஆற்றல் அதன் இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலை ஆற்றலின் கூட்டுத்தொகையாகும்.
துணைக்கோளின் நிலை ஆற்றல்

$$U = -\frac{GM_sM_E}{(R_E + h)}$$

இங்கு M_s– துணைக்கோளின் நிறை,

M_E - புவியின் நிறை,
R_E - புவியின் ஆரம்.
துணைக்கோளின் இயக்க ஆற்றல்

$$K.E = \frac{1}{2} M_s v^2$$

இங்கு v என்பது துணைக்கோளின் சுற்றியக்க வேகம் மேலும் இதன் மதிப்பு
இம்மதிப்பை பிரதியிட

$$v = \sqrt{\frac{GM_E}{(R_E + h)}}$$

துணைக்கோளின் இயக்க ஆற்றல்

$$K.E = \frac{1}{2} \frac{GM_E M_s}{(R_E + h)}$$

எனவே துணைக்கோளின் மொத்த ஆற்றல்

$$E = \frac{1}{2} \frac{GM_E M_s}{(R_E + h)} - \frac{GM_s M_E}{(R_E + h)}$$

$$E = -\frac{GM_s M_E}{2(R_E + h)}$$

இங்குஎதிர்க்குறியானதுதுணைக்கோள் புவியுடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளதுஎன்பதையும் துணைக்கோள் புவியின் ஈர்ப்புபுலத்திலிருந்துதப்பிச் செல்ல இயலாதுஎன்பதையும் எடுத்துக்காட்டுகிறது.

முடிவில் மதிப்பை(∞) நெருங்கும் போது,மொத்தஆற்றல் சுழியைநெருங்கும். இதன் பொருள் என்னவென்றால்,துணைக்கோளானதுபுவியின் ஈர்ப்புபுலத்தின் தாக்கத்திலிருந்துமுற்றிலும் விடுபட்டுள்ளது. மேலும் மிகஅதிகதொலைவுஉள்ளபோதுதுணைக்கோள் புவியுடன் பிணைக்கப்படவில்லைஎன்பதாகும்.

புவிநிலைத்துணைக் கோள் மற்றும் துருவத்துணைக்கோள்:

புவியினைச் சுற்றிவரும் துணைக்கோள்களின் சுற்றுகாலங்கள் அவற்றின் சுற்றுப்பாதைஆரத்தைப் பொறுத்துஅமைகின்றன. சுற்றுகாலம் 24 மணி நேரம் உடையதுணைக்கோளின் சுற்றுப்பாதைஆரத்தைகணக்கிடுவோமா?

கெப்ளரின் மூன்றாம் விதியைப் பயன்படுத்தி இந்தசுற்றுப் பாதையின் ஆரத்தைகணக்கிடலாம்.

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM_E}\left(R_E + h\right)^3$$

$$(R_E + h)^3 = \frac{GM_E T^2}{4\pi^2}$$

$$R_E + h = \left(\frac{GM_E T^2}{4\pi^2}\right)^{1/3}$$

புவியின் நிறை,ஆரம் மற்றும் சுற்றுக்காலம் T (= 24 மணி= 86400 வினாடிகள்) ஆகியவற்றின் மதிப்புகளைபிரதியிட்டு,கணக்கிடh ன் மதிப்பு 36,000 kmஎனக் கிடைக்கிறது. இவ்வகைதுணைக்கோள்கள் புவிநிலைத் துணைக்கோள்கள் (geo-statinary satellites) எனப்படுகின்றன. ஏனென்றால் புவியிலிருந்துபார்க்கும் போது இவை நிலையாக இருப்பதுபோலத் தோன்றும்.

இந்தியாசெய்திதொடர்புக்குப் பயன்படுத்தும் புவிநிலைத் துணைக்கோள்களானஇன்சாட் (INSAT)வகைதுணைக்கோள்கள் அடிப்படையில் புவிநிலைத் துணைக்கோள்களே. புவியின் பரப்பிலிருந்து500முதல் 800 kmஉயரத்தில்

புவியினைவடக்கு–தெற்குதிசையில் மற்றொருவகைதுணைக்கோள்கள் சுற்றிவருகின்றன. புவியின் வட– தென் துருவங்கள் மேல் செல்லும் சுற்றுப்பாதையில் புவியினைசுற்றிவரும் இவ்வகைதுணைக்கோள்கள் துருவத் துணைக்கோள்கள் எனப்படுகின்றன. துருவத்துணைக்கோள்களின் சுழற்சிகாலம் 100

நிமிடங்கள். எனவேஒருநாளில் பலமுறைபுவியினைசுற்றிவருகின்றன. ஒருசுற்றின்போதுபுவியின் வடதுருவம் முதல் தென் துருவம் வரைஒருசிறியநிலப்பரப்பை(Strip of area) கடந்துசெல்லும். அடுத்துத் சுற்றின் போதுவேறுநிலப்பரப்புபகுதிமேல் கடந்துசெல்லும். ஏனென்றால் முதல் சுற்றுகாலஅளவில் புவியானதுஒருசிறியகோணஅளவுசுழன்று இருக்கும். இவ்வாறுஅடுத்தடுத்தசுற்றுகளின் மூலம் துருவதுணைக்கோளானதுபுவியின் முழு நிலப்பரப்பையும் கடக்கமுடியும்.

எடையின்மைபொருளின் எடை:

புவியில் உள்ளஒவ்வொருபொருளும்,புவியின் ஈர்ப்புவிசையால் கவரப்படுகின்றன. ‘m’நிறைஉடையபொருளின் மீதுசெயல்படும் ஈர்ப்பியல் விசைmgஆகும். இவ்விசையானதுஎப்பொழுதுமேகீழ்நோக்கியும்,புவியின் மையம் நோக்கியும் செயல்படும். தரையின் மேல் நாம் நிற்கும் போது,நம்மீது இரு விசைகள் செயல்படுகின்றன.

ஒன்று,கீழ்நோக்கிசெயல்படும் ஈர்ப்புவிசைமற்றொன்றுதரையினால் நம்மீதுசெலுத்தப்படும் மேல்நோக்கியசெங்குத்துவிசை. இவ்விசையேநம்மைஒய்வுநிலையில் வைத்திருக்கிறது. ஒருபொருளின் எடை $\vec{W}$ ஆனதுகீழ்நோக்கியவிசையாகும். இந்தஎடையின் எண் மதிப்பானதுஅப்பொருளைதரையைப் பொறுத்துஓய்வு–
நிலையிலோஅல்லதுமாறாததிசைவேகத்திலோவைத்திருக்கசெலுத்தவேண்டியமேல்நோக்கியவிசையின் எண் மதிப்புக்குசமம் ஆகும். எடையின் திசையும்,புவியீர்ப்புவிசையின் திசையிலேயேகுறிக்கப்படுகிறது. எனவேஒருபொருளைதரையில் ஒய்வுநிலையில் வைத்திருக்கதரையானது‘mg’அளவுள்ளவிசையைமேல்நோக்கிசெலுத்துகிறது.

எனவேஎடையின் எண் மதிப்புW = N = mg ஆகும். எடையின் எண் மதிப்புmgஆக இருந்தாலும்,எடையும் பொருளின் மீதுசெயல்படும் ஈர்ப்புவிசையும் ஒன்றல்லஎன்பதைநாம் கவனத்தில் கொள்ளவேண்டும்.

மின் உயர்த்திகளில் தோற்றஎடை:

மின் உயர்த்தி இயங்கஆரம்பிக்கும் போதும்,நிறுத்தப்படும் போதும் மின் உயர்த்தியினுள் இருப்பவர்கள் ஒருகுலுங்கலை(Jerk) உணர்வார்கள். ஏன் அவ்வாறுநிகழ்கிறது? இந்தநிகழ்வைவிளக்குவதற்கு,எடையின் கருத்தாக்கத்தைபுரிந்துகொள்ளுதல் முக்கியமானஒன்றாகும். கீழ்க்கண்ட சூழல்களில் ஒருமனிதர் மின் உயர்த்தியில் நிற்கின்றனார் என்க.

மின் உயர்த்தியில் நிற்கும் மனிதர் மீது இரு விசைகள் செயல்படுகின்றன.

1. கீழ்நோக்கிசெயல்படும் ஈர்ப்புவிசை. நாம் செங்குத்துதிசையினைநேர் அச்சுதிசைஎனஎடுத்துக்கொண்டால்,அந்தமனிதர் மீதுசெயல்படும் ஈர்ப்பியல் விசை $\vec{F}_G - mg\,\bar{j}$
2. மின் உயர்த்தியின் தளத்தினால் மனிதர் மீதுசெலுத்தப்படும் மேல்நோக்கியசெங்குத்துவிசை $\bar{N} = N\,\bar{j}$

நிகழ்வு(i)மின் உயர்த்திஒய்வுநிலையில் உள்ளபோது

மனிதரின் முடுக்கம் சுழிஆகும். எனவேமனிதர் மீதுசெயல்படும் மொத்தவிசையும் சுழியாகும். நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி

$$\vec{F}_G + \bar{N} = 0$$

$$-mg\,\bar{j} + N\,\bar{j} = 0$$

வெக்டர் கூறுகளைஒப்பிட்டால் நாம் பெறுவது

$$N - mg = 0 \text{ (அல்லது)} N = mg$$

எனவேஎடைW = N என்பதால்மனிதரின் தோற்றஎடைஅவரின் உண்மைஎடைக்குச் சமம்.

நிகழ்வு(iii)மின்உயர்த்திமேல்நோக்கிமுடுக்கப்படும் போது

மேல் நோக்கியமுடுக்கத்துடன் $(\dot{a} = a\,j)$ மின் உயர்த்தி இயங்குகிறதுஎனில் தரையைப் பொறுத்து (நிலைமக் குறிப்பாயம்) நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைபயன்படுத்தினால்,நமக்குகிடைப்பது

பயன்படுத்தினால்,நமக்குகிடைப்பது

$$\vec{F}_G + \vec{N} = m\bar{a}$$

மேற்கண்டசமன்பாட்டைசெங்குத்துதிசையின் அலகுவெக்டர்களைபயன்படுத்திஎழுதுவோம்.

$$-mg\,j + N\,j = ma\,j$$

வெக்டர் கூறுகளைஒப்பிட

N = m (g + a)

எனவேமனிதரின் தோற்றஎடைஅவரின் உண்மைஎடையைவிடஅதிகம்.

நிகழ்வு(iv)மின் உயர்த்திகீழ்நோக்கிமுடுக்கப்படும் போது

மின் உயர்த்தியானதுகீழ்நோக்கியமுடுக்கத்துடன் $(\dot{a} = -a\,j)$ இயங்குகிறதுஎனில் நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைபயன்படுத்திநாம் பெறுவது

$$\vec{F}_G + \vec{N} = m\bar{a}$$

மேற்கண்டசமன்பாட்டைசெங்குத்துதிசையின் அலகுவெக்டர்களைபயன்படுத்திஎழுதுவோம்.

அலகுவெக்டர்களைபயன்படுத்திஎழுதுவோம்.

$$-mg\,j + N\,j = -ma\,j$$

வெக்டர் கூறுகளை இருபுறமும் ஒப்பிடநாம் பெறுவது

N = m(g-a)

எனவேமனிதரின் தோற்றஎடை{W = N = (m(g-a)} அவரின் உண்மைஎடையைவிடகுறைவு.

தானேகீழேவிழும் பொருள்களின் எடையின்மை:

தானேகீழேவிழும் பொருள்கள் ஈர்ப்பியல் விசையைமட்டுமேஉணர்கின்றன. தடையின்றிதானேவிழுவதால் அவைஎந்தபரப்புடனும் தொடர்பு இல்லாமல் உள்ளன. (காற்றின் உராய்வுவிசைபுறக்கணிக்கப்படுகிறது). எனவேபொருளின் மீதசெயல்படும் செங்குத்துவிசைசுழியாகும். பொருளின் கீழ்நோக்கியமுடுக்கம் புவியின் ஈர்ப்புமுடுக்கத்திற்குச் சமம். அதாவதுa = g எனவேசமன்பாடு இருந்து

∴ N = m (g – g) = 0

இதனையேஎடையின்மைநிலைஎன்கிறோம். மின் உயர்த்திகீழ் நோக்கியமுடுக்கம் (a = g) ல் விழும்போது,மின் உயர்த்தியின் உள்ளே இருக்கும் மனிதர் எடையின்மைநிலையைஅல்லதுதானாகவேகீழேவிழும் நிலையைஉணர்வார்.

விண்வெளிக் கலத்தில் எடையின்மை:

புவியைசுற்றிவரும் விண்வெளிக்கலத்தில் உள்ளவிண்வெளிவீரர்கள் மீதுஎவ்விதஈர்ப்பியல் விசையும் செயல்படாதுஎன்றஒருதவறானகருத்துநிலவுகிறது. உண்மையில் புவியின் பரப்புக்குஅருகேபுவியினைவலம் வரும் விண்வெளிகலம் புவியின் ஈர்ப்புவிசைக்குஉட்படும்ட. அதேஈர்ப்பியல் விசையைவிண்வெளிகலத்தில் உள்ளவிண்வெளிவீரர்களும் உணர்வார்கள். இதன் காரணமாகஅவர்கள் கலத்தின் தரை மீதுஎவ்விதவிசையையும் செலுத்துவது இல்லை. எனவேகலத்தின் தரையும் அவர்கள் மீதுஎவ்விதசெங்குத்துவிசையையும் செலுத்துவது இல்லை. ஆகவேவிண்வெளிகலத்தில் உள்ளவீரர்கள் எடையின்மைநிலையில் உள்ளனர். விண்வெளிவீரர்கள் மட்டுமல்ல. விண் கலத்தில் உள்ளஅனைத்துபொருள்களும் எடையின்மைநிலையில் உள்ளன. இதனைதானாககீழேவிழும் நிலையுடன் ஒப்பிடலாம்.

வானியல் பற்றியஅடிப்படைக் கருத்துகள்:

மனிதகுலவரலாற்றில் தோன்றியமிகப் பழையஅறிவியல் பிரிவுவானியல் ஆகும். முற்காலத்தில் இயற்பியலில் இருந்துபிரித்துப் பார்க்கமுடியாதபகுதியாகவானியல் இருந்தது. 16 ஆம் நூற்றாண்டுவரை இயற்பியலில் வானியலின் பங்களிப்புமிகஅதிகம். ஹிப்பார்க்கஸ்,அரிஸ்டார்கஸ்,தாலமி,கோபர்நிகஸ்

மற்றும் டைகோபிராஹே ஆகியோர்களால் பல நூற்றாண்டுகளாகதிரட்டப்பட்டவானியல் தரவுகளின் அடிப்படையில் தான் கெப்ளர் விதிகளும் நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதிகளும் உருவாக்கப்பட்டன,உறுதிசெய்யப்பட்டன. டைகோபிராஹே - வின் வானியல் தரவுகள் உதவியின்றிகெப்ளர் விதிகள் உருவாகி இருக்காது. கெப்ளர் விதிகளின் உதவியின்றிநியூட்டன் ஈர்ப்பியல் விதியைஉருவாக்கி இருக்கமுடியாது.

பாடஆரம்பத்தில் கோபர்நிகஸின் சூரிய மையக் கொள்கையானதுதாலமியின் புவிமையக் கொள்கைக்குபதிலாகஅமைந்ததுஎனப்பார்த்தோம். எனவேபுவிமையக் கோட்பாட்டின் குறைகளைநாம் பகுத்தாய்ந்துவிளக்குவதுமுக்கியமானதாகும்.

புவிமையக் கொள்கையும் - சூரியமையக் கொள்கையும்:

தொடர்ந்துசிலமாதங்களுக்கு இரவில் வெறுங்கண்களால் கோள்களின் இயக்கங்களைஉற்றுநோக்கினோம் எனில் கோள்கள் கிழக்குதிசையில் பயணித்துபின்புபின்னோக்கிமேற்குதிசையில் இயங்கிமீண்டும் கிழக்குதிசையில் பயணிப்பதைகாணலாம். இதற்கு"கோள்களின் பின்னோக்கு இயக்கம்"(Retro grade motion) என்றுபெயர். செவ்வாயின் பின்னோக்கு இயக்கத்தைகாணலாம்.

ஓர் ஆண்டுகாலத்திற்குசெவ்வாய் கோளின் இயக்கத்தைஉற்றுநோக்கும் போதுஅதுமுதலில் கிழக்குதிசைநோக்கி(பிப்ரவரிமுதல் ஜுன்) செல்லும். பின்புபின்னோக்கி (ஜுலை,ஆகஸ்டு,செப்டம்பர்) செல்லும். பிறகுஅக்டோபர் முதல் மீண்டும் கிழக்குதிசையில் செல்கிறது. முற்காலத்தில் வானியல் அறிஞர்கள் கண்ணுக்குபுலனாகும் அனைத்துகோள்களின் பின்னோக்கு இயக்கத்தைபதிவுசெய்துஅதனைவிளக்கமுயற்சிசெய்தனர். சூரியன் மற்றும் அனைத்துகோள்களும் புவியைமையமாகக் கொண்டுவட்டப்பாதையில் சுற்றிவருகின்றனஎனஅரிஸ்டாட்டில் கூறினார். அவ்வாறுவட்டப்பாதையில் கோள்கள் இயங்கினால் குறுகியகாலத்திற்குஏன் கோள்கள் பின்னோக்கி இயங்குகின்றன? என்பதைவிளக்கமுடியவில்லை.

எனவேதாலமி இந்தபுவிமையக் கோட்பாடில்"பெருவட்டத்தின் மேல் அமையும் சிறுவட்டச்சுழற்சி"(Epicycle) என்றகருத்தினைமுன்மொழிந்தார். இக்கருத்தின்படி,புவியினைக் கோள் வட்டப் பாதையில் சுற்றும் அதேவேளையில் மற்றும் ஒருவட்டப்பாதை இயக்கத்திற்கும் உள்ளாகும். அதற்குபெருவட்டத்தின் மேல் அமையும் சிறுவட்டசுழற்சிஎனப் பெயர். வட்டப்பாதையில் புவியினைசுற்றும் இயக்கத்தையும்,பெருவட்டத்தின் மேல் அமையும் சிறுவட்ட இயக்கத்தையும் ஒன்றிணைக்கும் போதுபுவியினைஒருபொருத்துகோள்களபின்நோக்கிசெல்வதுபோலதோன்றும் இயக்கத்தைதருகிறது. அரிஸ்டாட்டிலின் புவிமையக் கருத்துடன் இயக்கத்தைதாலமி இணைத்தார்.

ஆனால் தலாமியின் இந்தசிறுவட்டச் சுழற்சிவிளக்கமானதுமிகவும் கடினமாக இருந்தது. 15ஆம் நூற்றாண்டில் போலந்துநாட்டுவானியல் அறிஞர் கோபர்நிக்கஸ், இந்தசிக்கலைஎளியமுறையில் தீர்க்கும் விதமாக சூரிய மையக் கொள்கையைமுன்மொழிந்தார். இக்கொள்கைப்படி, சூரிய குடும்பஅமைப்பின் மையம் சூரியனே. அனைத்துகோள்களும் சூரியனைச் சுற்றிவருகின்றன. புவியினைச் சார்ந்துகோள்களின் சார்பு இயக்கத்தின் காரணமாககோள்கள் "பின் நோக்கிசெல்வதுபோன்ற இயக்கத்தை"(Retrograde motion) பெறுகின்றன. சூரிய மையக் கொள்கையின் அடிப்படையில் கோள்களின் இந்தபின்நோக்கிசெல்வதுபோன்ற இயக்கம் காட்டப்பட்டுள்ளது.

புவியானதுசெவ்வாய் கோளைவிடவிரைவாக சூரியனை சுற்றிவருகிறது. புவிக்கும் செவ்வாய்கோளுக்கும் இடையேயானசார்பு இயக்கத்தின் (Relative motion) காரணமாகஜுலைமுதல் அக்டோபர் வரைசெவ்வாய் கோள் பின்நோக்கிசெல்வதுபோலதோன்றுகிறது. இதேபோலபிறகோள்களின் பின்னோக்கு இயக்கங்களையும் கோபர் நிகஸின் சூரிய மையக் கொள்கையால் விளக்கமுடிந்தது. இந்தஎளிமைத் தன்மையின் காரணமாகவே சூரிய மையக் கொள்கைபுவிமையக் கொள்கைக்குபதிலாகபடிப்படியாகஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது. இயற்கைநிகழ்வுகளுக்குஒன்றுக்குமேற்பட்டவிளக்கங்கள் தரப்படும் போது,எளிமையானவிளக்கமேஅல்லதுமாதிரியேபொதுவாகஏற்றுக்கொள்ளப்படும். மேற்கூறியகருத்துமட்டுமல்லாது,தாலமியின் கொள்கைக்குபதிலாககோபர்நிகஸ் கொள்கைஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டதற்கானவிரிவானவிளக்கத்தைவானியல் நூல்களில் காணலாம்.

கெப்ளரின் மூன்றாம் விதியும் வானியல் தொலைவுகளும்:

கெப்ளர் தனது மூன்றுவிதிகளையும் தருவிப்பதற்குடைகோபிராஹேவின் வானியல் தரவுகளைமுழுமையாகப் பயன்படுத்தினார். தனது மூன்றாம் விதியில் சூரியனுக்கும் கோளுக்கும் இடையேயானதொலைவுக்கும்,கோளின் சுற்றுக் காலத்திற்கும் உள்ளதொடர்பினைதருவித்தார். வானியல் அறிஞர்கள் வடிவியல் மற்றும் முக்கோணவியலின் உதவியுடன் ஒருகோளுக்கும் சூரியனுக்கும் இடையேஉள்ளதொலைவினைபுவிக்கும் சூரியனுக்கும் இடையேஉள்ளதொலைவின் (வானியல் அலகு) மடங்காகக் கண்டறிந்தார்கள். இங்கு சூரியனிலிருந்து புதன் மற்றும் வெள்ளியின் தொலைவுகண்டறியப்பட்டவிதத்தைகாண்போம். புதன் மற்றும் வெள்ளிகோள்கள் உள் கோள்கள் எனப்படுகின்றன. பூமியிலிருந்துபார்க்கும்போது சூரியனுக்கும் வெள்ளிக் கோளுக்கும் இடையேஉள்ளஅதிகபட்சகோணம் 46˚ஆகும். அதேபோலபுதன் கோளுக்கும் சூரியனுக்கும் இடையேஉள்ளஅதிகபட்சகோணம் 22.5˚ ஆகும்.

புவியைப் பொறுத்துவெள்ளிக்கோள் பெருமநீட்சிநிலையில் (46˚)உள்ளபோது, சூரியனுக்கும்,வெள்ளிக்கும் உள்ளகோட்டுக்கும்,வெள்ளிக்கும் பூமிக்கும் உள்ளகோட்டுக்கும் இடையேஉள்ளகோணம் 90˚ஆகும். இதன் மூலம் புவிக்கும் சூரியனுக்கும் இடையேஉள்ளதொலைவுகாணலாம். புவிக்கும் சூரியனுக்கும் உள்ளதொலைவுஒருவானியல் அலகு(1 AU)என்றுஎடுத்துக் கொள்ளலாம்.

திரிகோணமிதிகொள்கைப்படிஉள்ளசெங்கோணமுக்கோணத்தில்

$$\sin\theta = \frac{r}{R}$$

இங்குR = 1 AU

$$r = R\sin\theta = (1AU)(\sin 46°)$$

sin 46˚ = 0.72என்பதிலிருந்துவெள்ளி சூரியனிலிருந்து 0.72 AUதொலைவில் உள்ளதுஎனகணக்கிடப்பட்டது. இதேபோல் θ = 22.5˚எனபிரதியிட்டுபுதனுக்கும் சூரியனுக்கும் உள்ளதொலைவு0.38 AUஎனகணக்கிடப்பட்டது. வெளிக்கோள்களானசெவ்வாய் மற்றும் வியாழன் போன்றகோள்களின் தொலைவானதுசற்றுமாறுபட்டமுறையில் கண்டறியப்பட்டன. சூரியனுக்கும் கோள்களுக்கும் உள்ளதொலைவுகள் தரப்பட்டுள்ளன.

வெவ்வேறுகோள்களுக்கான $\frac{a^3}{T^2}$

கோள்கள்	சுற்றுப்பாதைஆரம் (a)	சுற்றுக்காலம் T (நாட்கள்)	A^3/T^2
புதன்	0.389 AU	87.77	7.64
வெள்ளி	0.724 AU	224.70	7.52
புவி	1,000 AU	365.25	7.50
செவ்வாய்	1.524 AU	686.98	7.50
வியாழன்	5.200 AU	4332.62	7.49
சனி	9.510 AU	10,759.20	7.40

இதிலிருந்துகெப்ளர் விதியைச் சரிபார்க்கஉயர்நிலைப் பள்ளியில் கற்கும் வடிவியல் மற்றும் முக்கோணவியல் கருத்துக்களேபோதுமானவைஎன்பதுநன்குதெரிகிறது.

புவியின் ஆரத்தைஅளத்தல்:

கி.மு. 225 ல் அலேக்ஸாண்டரியா(Alexandria) வில் வாழ்ந்தகிரேக்க நூலகர் எரட்டோஸ்தனீஸ் (“EratosThenes”) புவியின் ஆரத்தைமுதன் முதலில் அளந்தார். தற்போதுநவீனமுறையில் கண்டறியப்பட்டமதிப்புடன் ஒப்பிட இம்மதிப்புகிட்டத்தட்டதுல்லியமாகஅமைந்துள்ளது. எரட்டோஸ்தனீஸ் பயன்படுத்தியகணக்கீட்டுக்குதேவையானகணிதம் இன்றுஉயர்நிலைவகுப்பில் சொல்லித் தரப்படுகிறது. கோடை சூரிய திருப்புமுகநிலையில் (சூரியன் தன் இயக்கதிசையைமாற்றும் நாள்) (Solstice) நண்பகலில் சைன் (Syene)நகரில் சூரிய ஒளிநிழல் ஏற்படுத்தாதைக் கண்டார். அதேநேரத்தில்

சையென் நகரிலிருந்து 500 மைல் தொலைவில் உள்ளஅலெக்ஸாண்ட்ரியாநகரில் செங்குத்துத் திசைக்கு7.2°சாய்வாக சூரிய ஒளிநிழல் விழுகிறதுஎனக் கண்டார்.
எனக் கண்டார்.
7.2 டிகிரிவேறுபாடுஏற்படக் காரணம் புவியின் மேற்பரப்புவளைந்துகாணப்படுவதேஎனஉணர்ந்தார்.

இந்தகோணம் $7.2^{\circ} = \frac{1}{8}$ரேடியன்

சைன் மற்றும் அலெக்சாண்டிரியாநகருக்கு இடையேயானவட்டவில்லின் நீளம் Sஎன்க.
மேலும் புவியின் ஆரம் Rஎனில்

$$S = R\theta = 500 \text{ மைல்}$$

புவியின் ஆரம் $R = \frac{500}{\theta}$ மைல்

$$R = \frac{500}{\left(\frac{1}{8}\right)} \text{ மைல்}$$

$$R = 4000 \text{ மைல்}$$

1 மைல் = 1.609 km. எனவேஅவர் புவியின் ஆரம் R = 6436 km எனக் கணக்கிட்டார். வியப்பளிக்கும் வண்ணம் இம்மதிப்புதற்போதுகண்டறியப்பட்டமதிப்பான6378 km க்குமிகஅருகேஉள்ளது.

3ஆம் நூற்றாண்டில் கிரேக்கநாட்டுவானியல் அறிஞர் ஹிப்பார்க்கஸ் புவிக்கும் நிலவுக்கும் உள்ளதொலைவினைகண்டறிந்தார்.

வியப்பூட்டும் வானியல் உண்மைகள்:

1. **சந்திரகிரகணம் மற்றும் புவியின் நிழலின் ஆரம் அளவிடுதலும் :**

2018 ஜனவரி 31,அன்று முழு சந்திரகிரகணம் நடைபெற்றதைதமிழகம் உட்படபல இடங்களில் உற்றுநோக்கிபதிவுசெய்யப்பட்டது. நிலாபுவியின் நிழலைக் கடக்கும்போது, இப்புவிநிழலின் ஆரத்தைஅளவீடுசெய்யலாம்.

புவியின் கருநிழல் பகுதியில் நிலாஉள்ளபோதுசிவப்புநிறத்தில் நிலாதெரியும். புவியின் கருநிழல் பகுதியினைவிட்டுநிலாவெளியேறியஉடனேஅதுபிறைநிலவுபோலதோன்றும்.
அவ்வாறுநிலாவெளியேறும் போதுபுவிகருநிழலின் தோற்றஆரம் மற்றும் நிலாவின் தோற்றஆரம் ஆகியவற்றைஅளக்கலாம். பின்புஅவற்றின் தகவுகணக்கிடலாம்.

நிழற்படத்தில் புவியின் கருநிழலின் தோற்றஆரம் (apparent radius) = R_s = 13.2 cm
நிழற்படத்தில் நிலாவின் தோற்றஆரம் (apparent redius) = R_m = 5.15 cm

இந்தஆரங்களின் தகவு $\frac{R_s}{R_m} \approx 2.56$

புவியின் கருநிழலின் ஆரம் $R_s = 2.56 \times R_m$
நிலாவின் ஆரம் $R_m = 1737\ km$
புவிகருநிழலின் ஆரம்

$$R_s = 2.56 \times 1737\,km \cong 4446\,km$$

ஆரத்தின் சரியானஅளவு= 4610 km

கணக்கீட்டில் சதவீதப் பிழை

$$= \frac{4610 - 4446}{4610} \times 100 = 3.5\%$$

உயர்திறன் தொலைநோக்கி மூலம் படங்கள் எடுக்கப்பட்டால் பிழையின் அளவுகுறையும். எளியகணிதசெயல்பாட்டின் மூலம் இந்தகணக்கீடுசெய்யப்பட்டுள்ளதுஎன்பதுகவனிக்கத்தக்கது.

சந்திரகிரகணத்தின் போதுநிலாவின் மீதுவிழும் புவியின் நிழலின் வடிவத்தைஉற்றுநோக்கிபுவியானதுகோளகவடிவமுடையதுஎனவானியல் அறிஞர்கள் வெகுகாலத்திற்குமுன்பேநிரூபித்தனர்.

2. ஒவ்வொருமாதமும் சூரிய கிரகணம் மற்றும் சந்திரகிரகணம் இரண்டுமேதோன்றுவதில்லைஏன்?
முழு நிலவுநாளின் போதுநிலவின் சுற்றுப்பாதையும் புவியின் சுற்றுப்பாதையும் ஒரேதளத்தில் அமைந்தால் சந்திரகிரகணம் தோன்றும். அதேபோல் அமாவாசைஅன்றும் அமைந்தால் சூரிய கிரகணம் தோன்றும். ஆனால் நிலாவின் சுற்றுபாதையானதுபுவியின் சுற்றுப்பாதைத்தளத்திலிருந்து5°சாய்ந்துகாணப்படுகிறது. இந்த5°சாய்வுஉள்ளதால்,ஆண்டின் ஒருகுறிப்பிட்டகாலத்தில் மட்டுமே சூரியன்,புவிமற்றும் நிலவுஆகியவைஒரேநேர்கோட்டில் அமைகின்றன. அவ்வாறுஅமையும் பொழுதுமட்டுமே இம்மூன்றின் நிலையினைப் பொறுத்துசந்திரகிரகணமோஅல்லது சூரிய கிரகணமோஏற்படும்.

3. புவியில் பருவகாலங்கள் தோன்றுவதுஏன்?
சூரியனை புவிநீள்வட்டப்பாதையில் சுற்றுகிறது. எனவே சூரியனுக்குஅண்மையில் புவிஉள்ளபோதுகோடைகாலமும் சேய்மையில் உள்ளபோதுகுளிர்காலமும் தோன்றுகிறது”என்பதுதவறானகருத்தாகும். உண்மையில் புவியானது சூரியனை 23.5° கோணசாய்வுடன் சுற்றிவருவதாலேயேபருவகாலங்கள் தோன்றுகின்றன.
23.5°சாய்வின் காரணமாகபுவியின் வடகோளப்பகுதிசூரியனுக்கு வெகுதொலைவில் உள்ளபோது,புவியின் தென்கோளப்பகுதி சூரியனுக்கு அருகில் அமையும். எனவேவடகோளப்பகுதியில் குளிர்காலமாகஉள்ளபோது,தென்கோளப்பகுதியில் கோடைகாலமாக இருக்கும்.

4. விண்மீனின் தோற்ற இயக்கமும் புவியின் சுழற்சியும்:

இரவுநேரங்களில் விண்மீன்கள் நகர்வதுபோதுதோன்றுவதைஉற்றுநோக்குவதன் மூலம் புவிதன்னைத்தானேசுழல்கிறதுஎனநிரூபிக்கலாம். புவியின் தற்சுழற்சிகாரணமாகவேதுருவவிண்மீனைமற்றவிண்மீன்கள் வட்டப்பாதையில் சுற்றிவருவதுபோலதோன்றுகிறது

புவியின் சுழற்சிஅச்சுக்குநேராக துரவ விண்மீன் அமைந்துள்ளதால் அவ்விண்மீன் நிலையானதாகதோன்றுகிறது. போலாரிஸ் விண்மீன் (Polaris) துருவவிண்மீன் ஆகும்.

வானியல் மற்றும் ஈர்ப்பியலில் சமீபத்தியவளர்ச்சிகள்:

19 ஆம் நூற்றாண்டுவரைவானியலானதுவெறும் கண்களால் அல்லதுதொலைநோக்கிமூலம் உற்றுநோக்கப்படுதலைசார்ந்து இருந்தத. 19 ஆம் நூற்றாண்டின் முடிவில் மின்காந்தஅலைகளின் நிறமாலைகண்டறியப்பட்டவுடன் பிரபஞ்சத்தைப் பற்றியநமதுபுரிதல் பெருமளவில் அதிகரித்தது. 19 ஆம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் ஏற்பட்ட இந்தவளர்ச்சியால் நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதியால் சிலநிகழ்வுகள் மற்றும் முரண்பாடுகளைவிளக்கமுடியவில்லைஎனகண்டறியப்பட்டது. ஈர்ப்பியல் துறையில் 20 ஆம் நூற்றாண்டின் மிகச் சிறந்தகொள்கைகளில் ஒன்றான“பொதுசார்பியல் தத்துவம்”ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீனால் உருவாக்கப்பட்டது.

இருபதாம் நூற்றாண்டில் வானியலும் ஈர்ப்பியலும் ஒன்றிணைந்தன. மேலும் பலமடங்குவளர்ச்சிஅடைந்தன. விண்மீன் தோற்றமும் மறைவும் எவ்வாறுஏற்படுகிறதுஎன்பதுநன்குபுரிந்துகொள்ளப்பட்டது. வான் இயற்பியல் மற்றும் ஈர்ப்பியல் துறைகளில் இந்திய இயற்பியல் அறிஞர்கள் முக்கியபங்களிப்புகள் அளித்திருக்கின்றனர். கருந்துளைமற்றும் விண்மீனின் மறைவுபற்றியகொள்கையினைசுப்பிரமணியன் சந்திரசேகர் உருவாக்கினார். இதற்காக 1983 இல் நோபல் பரிசுபெற்றார். இந்தியவானியல் அறிஞர்களில் குறிப்பிடத்தக்கவரானமேக்நாட் சாகா(Meghanadsaha) விண்மீன்களில் நடைபெறும் அயனியாக்கத்திற்குஉரியசமன்பாட்டைகண்டுபிடித்தார். இது‘சாகாவின் அயனியாக்கச் சமன்பாடு”எனப்படும். இச்சமன்பாடுவிண்மீன்களைவகைப்படுத்தஉதவுகிறது. அமல் குமார் சௌத்ரி(Amal kumar Ray - Choudhuri) உருவாக்கிய“ராய் - சௌத்ரிசமன்பாடும்”ஈர்ப்பியல் துறைக்குமிகசிறந்தபங்களிப்பாகும். இன்னொருமுக்கிய இந்தியவானியற்பியலரானஜெயந்த் வி. நர்லிகர்

(Jayand V. Narlikar) வானியற்பியலில் முன்னோடியானபலபங்களிப்புகளைதந்துள்ளார். மேலும் வானியல் மற்றும் வானியற்பியல் பற்றியஆர்வத்தைத் தூண்டும் நூல்கள் பலஎழுதியுள்ளார்.

IUCAA (Inter University Center for Astronomy and Astrophysics)என்றஆராய்ச்சிநிறுவனம் பேராசிரியர் ஜெயந்த் வி. நர்லிகரால் ஆரம்பிக்கப்பட்டது. இந்நிறுவனம் மூலம் வானியல் மற்றும் ஈர்ப்பியல் துறைகளில் பல்வேறுஆய்வுகள் நடைபெற்றுவருகின்றன. மாணவர்கள் இத்துறைகளில் ஏற்பட்டுள்ளவளர்ச்சிகள் பற்றி நூலகம் சென்றுமேலும் அறிந்துகொள்ளவேண்டும்.

11^{TH} இயற்பியல்
அலகு 7
பருப்பொருளின் பண்புகள் Properties of Matter

அறிமுகம்:

உலகத்தில் உள்ள பழமையான அணைகளில் ஒன்று திருச்சியில் அமைந்துள்ள கல்லணை ஆகும். கல்லணை காவிரி ஆற்றின் குறுக்கே பாசனத்திற்காக கட்டப்பட்டது. காவிரி ஆற்றில் அதிக வெள்ளப் பெருக்கின்போது நீரின் வேகம் பொதுவாக மிக அதிகமாக இருக்கும். கல்லணையின் உறுதித்தன்மையும், அதன் பயன்பாடும், இதனை 2 ஆம் நூற்றாண்டிலேயே வடிவமைத்த தமிழர்களின் உள்ளுணர்வுள்ள அறிவியல் புரிதலை வெளிப்படுத்துகிறது. முற்காலத்தின் அறிவுப் பூர்வமான கட்டுமானங்களுக்கு மற்றொரு உதாரணம் எகிப்தில் உள்ள பிரமிடுகள் ஆகும். தற்காலத்தில் உலகம் முழுவதும் மேம்பாலங்கள் மற்றும் பாலங்கள் ஏராளமாக உள்ளன. கனரக வாகனங்களின் இயக்கத்தால், பாலங்கள் எப்பொழுதும் தகைவுக்கு உட்படுகின்றன. தகுதியான பொருள்களைக் கொண்டு முறையாக வடிவமைக்கவில்லை எனில் பாலங்கள் மற்றும் மேம்பாலங்கள் உறுதியாக இருக்காது. பருப்பொருளின் பல்வேறு வடிவங்களை (திண்மம், திரவம் மற்றும் வாயு) புரிந்து கொள்வதன் மூலம் மனித நாகரீக வளர்ச்சி அமைந்துள்ளது.

பருப்பொருளின் பண்புகளைக் கற்பது, ஒரு குறிப்பிட்ட பயன்பாட்டிற்காக எந்த ஒரு பொருளையும் தேர்வு செய்ய மிகவும் தேவையான ஒன்றாகும். உதாரணமாக, தொழில்நுட்பத்தில் விண்வெளி பயன்பாடுகளில் பயன்படுத்தும் பொருள்கள் எடை குறைவானதாகவும் ஆனால் உறுதியானதாகவும் இருக்க வேண்டும். செயற்கை மனித உறுப்பு மாற்றும் நிகழ்வுகளில் பயன்படுத்தப்படும் பொருள்கள் திசு இணக்கமானதாக இருக்க வேண்டும். மருத்துவத்தில் கதிரியக்க சிகிச்சை முறைகளில் திசுக்களுக்கு மாற்றாக செயற்கை உடல் திரவங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பாய்மங்கள் உயவுப்பொருளாகப் பயன்பட அவை சில பண்புகளைக் கொண்டிருக்க வேண்டும். இந்த பேரியலான பண்புகள், பருப்பொருளுக்கு உள்ளேயே நடைபெறும் நுண்ணிய நிகழ்வுகளால் முடிவு செய்யப்படுகிறது. இந்த அலகு திண்மங்கள் மற்றும் பாய்மங்களின் பண்புகள் மற்றும் பருப்பொருளின் செயல்பாட்டைக் கையாளும் விதிகளை விளக்குகிறது.

பருப்பொருளின் பல்வேறு நிலைகளின் நுண்ணிய புரிதல்:

பருப்பொருளின் பல்வேறு வடிவங்களான திட உணவு, திரவமான நீர் மற்றும் நாம் சுவாசிக்கும் காற்று ஆகியவை கடந்த பல்லாயிரம் ஆண்டுகளாக அன்றாட வாழ்க்கை முறையில் பரிச்சயமாக இருந்தாலும் திண்மங்கள், திரவங்கள் மற்றும் வாயுக்களின் நுண்ணிய புரிதல் 20 ஆம் நூற்றாண்டிலேயே நிறுவப்பட்டது. அண்டத்தில் உள்ள அனைத்தும் அணுக்களால் ஆனவை. அவ்வாறு இருக்க,ஏன் ஒரே பொருள் மூன்று நிலைகளில் உள்ளது? உதாரணமாக நீரானது திடமான பனிக்கட்டி, திரவமான நீர் மற்றும் வாயு நிலையில் நீராவி ஆகிய மூன்று நிலைகளில் உள்ளது. பனிக்கட்டி, நீர் மற்றும் நீராவி ஆகியவை ஒரே வகையான அணுக்களால் உருவாகின்றன. அதாவது இரு ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் மற்றும் ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணு சேர்ந்து ஒரு நீர் மூலக்கூறு உருவாகிறது. இந்த இயற்கையின் அழகை நுண்ணிய மட்டத்தில் ஆராய இயற்பியல் நமக்கு உதவுகிறது. அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவானது அது திண்மம், திரவம் அல்லது வாயு ஆகியவற்றில் எந்த நிலையில் உள்ளது என்பதைத் தீர்மானிக்கிறது.

திண்மங்கள்:

திண்மங்களில் அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகள் இறுக்கமாக பொருத்தப்பட்டுள்ளன. திண்மம் உருவாகும்போது அணுக்கள் பல்வேறு வகையான பிணப்புகள் மூலம் ஒன்றாக பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. அணுக்களுக்கு இடையே உள்ள இடைவினை காரணமாக அவை ஒரு குறிப்பிட்ட அணுவிடை தொலைவில் தாங்களாகவே நிலை கொண்டுள்ளன. பிணைக்கப்பட்ட நிலையில் உள்ள அணுக்களின் இந்த நிலையானது அணுக்களின் நடுநிலை எனப்படும்.

திரவங்கள்:

திண்மப்பொருளுக்கு வெப்பம் போன்ற எந்த புற ஆற்றலும் அளிக்கப்படாத போது அணுக்களுக்கு இடையே உள்ள பிணைப்பின் காரணமாக அது தொடர்ந்து திண்மமாகவே இருக்கும். வெப்பப்படுத்தினால் திண்மத்தில் உள்ள அணுக்கள் வெப்ப ஆற்றலைப் பெற்று அவற்றின் நடுநிலைகளை பொறுத்து அதிர்வுறுகின்றன. திண்மமானது அதன் உருகுநிலைக்கு மேல்

வெப்பப்படுத்தப்பட்டால், வெப்ப ஆற்றல் அணுக்களின் பிணைப்பை முறித்துவிடும் மற்றும் இறுதியாக அணுக்கள் போதுமான ஆற்றலைப் பெற்று சுற்றித் திரியும். இந்நிலையிலும் மூலக்கூறுகளுக்கு (அல்லது அணுக்களுக்கு) இடையே உள்ள விசைகள் முக்கியமானதாக அமைகின்றன. ஆனால் மூலக்கூறுகள் போதுமான ஆற்றலைக்கொண்டு நகர்வதால் இதன் வடிவம் இயங்கக் கூடியதாக ஆகிறது.

வாயுக்கள்:

ஒரு திரவமானது மாறா அழுத்தத்தில் அதன் கொதிநிலைக்கு வெப்பப்படுத்தப்பட்டாலோ, அல்லது ஒரு மாறா வெப்பநிலையில் அதன் அழுத்தம் குறைக்கப்பட்டாலோ அது வாயுவாக மாறும். திரவமானது வாயுவாக மாறும் இந்தச் செயல் முறை ஆவியாதல் எனப்படும். வாயு மூலக்கூறுகள் மிகவும் வலுவற்ற பிணைப்புகளைக் கொண்டிருக்கும் அல்லது பிணைப்புகளே இருக்காது. எனவே வாயுவானது அதன் கொள்கலனின் வடிவத்திற்கு இணங்கி விரிவடைந்து கொள்கலனை நிரப்பும். திண்மத்திலிருந்து திரவம் மற்றும் திரவத்திலிருந்து வாயு நிலைக்கு புற ஆற்றல் மாறுபாட்டுடன் நிலைமாற்றம் அடைவதைப் திட்ட வரைபடமாக காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது.

பருப்பொருளின் மூன்று இயல்பு நிலைகளுடன் (திண்மம், திரவம் மற்றும் வாயு) சேர்த்து அதீத சூழ்நிலைகளில், பருப்பொருளானது பிற நிலைகளான பிளாஸ்மா, போஸ் - ஐன்ஸ்டீன் வாயுப்பண்பு ஆகிய நிலைகளிலும் உள்ளது. கூடுதல் நிலைகளான குவார்க் - குளுவான் பிளாஸ்மா போன்ற நிலையிலும் உள்ளதாகக் கருதப்படுகிறது. அண்டத்தில் உள்ள அணுக்களால் ஆன பருப்பொருளின் பெரும்பகுதியானது வெப்ப பிளாஸ்மாவாக, அரிதான விண்மீன் திரள் மற்றும் அடர்த்தியான விண்மீன்களைக் கொண்டுள்ளது.

நியூட்டனின் இயந்திரவியலைக் கற்பதில் (தொகுதி 1) நாம் பொருள்களைப் புள்ளி நிறைகளாகவோ அல்லது ஒழுங்கான திண்மப் பொருள்களாகவோ (புள்ளி நிறைகளின் தொகுப்பு) கருதினோம். இவை இரண்டுமே இலட்சிய மாதிரிகள். திண்மப் பொருள்களில், பொருள்களின் வடிவத்தில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவிற்கு மிகக்குறைவாக இருக்கும். உண்மையான பொருள்களில், பொருளின் மீது ஒரு விசை செலுத்தப்பட்டால், உருக்குலைவு ஏற்படும். உருக்குலைவிக்கும் விசை செலுத்தப்பட்டால் பொருள்கள் எவ்வாறு மாற்றமடையும் என்பதை அறிந்து கொள்ள வேண்டியது மிக முக்கியமாகும்.

பொருள்களின் மீட்சிப்பண்பு:

ஒரு திண்மப்பொருளில் அணுக்களுக்கு இடையே உள்ள விசைகளானது இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அணுக்களை ஒன்றாகப் பிணைத்துள்ளது, மற்றும் அணுக்கள் உறுதிச் சமநிலைக்கான இடங்களில் அமைந்திருக்கும். பொருளின் மீது உருக்குலைவிக்கும் விசை செயல்படும் போது, அணுக்கள் நெருக்கமடைகின்றன அல்லது விலக்கமடைகின்றன. உருக்குலைவிக்கும் விசை நீக்கப்பட்டவுடன் அணுக்களுக்கு இடையேயான கவர்ச்சி அல்லது விலக்கு விசை அணுக்களை அதன் சமநிலைகளுக்கு மீளக் கொண்டு வரும். ஒரு பொருளானது உருக்குலைவிக்கும் விசை நீக்கப்பட்டவுடன் அதன் தொடக்க வடிவம் மற்றும் அளவினை மீளப்பெற்றால் அது மீட்சிப்பொருள் ஆகும். மற்றும் இப்பண்பு மீட்சிப்பண்பு (Elasticity) எனப்படும். பொருளின் அளவு அல்லது வடிவத்தை மாற்றிய விசை உருக்குலைவிக்கும் விசை எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்: இரப்பர், உலோகங்கள், எ.்.கு கயிறுகள்.

மீட்சியற்ற பண்பு (Plasticity):

ஒரு பொருளானது உருக்குலைவிக்கும் விசை நீக்கப்பட்டவுடன் தனது தொடக்க வடிவம் மற்றும் அளவை மீளப் பெறவில்லை எனில் அப்பொருள் மீட்சியற்ற பொருள் ஆகும். இப்பண்பு மீட்சியற்ற பண்பு எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு: கண்ணாடி

தகைவு மற்றும் திரிபு (Stress and strain):

தகைவு:

ஒரு விசை செலுத்தப்பட்டால் அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகளின் சார்பு நிலைகளில் ஏற்படும் மாற்றத்தினால் பொருளின் அளவு அல்லது வடிவம் அல்லது இரண்டும் மாறலாம். இந்த உருக்குலைவை வெறும் கண்ணால் காண இயலாவிட்டாலும் அப்பொருளினுள் உருக்குலைவு இருக்கும். ஒரு பொருள் உருக்குலைவிக்கும் விசைக்கு உட்படுத்தப்பட்டால், மீள்விசை எனப்படும் அகவிசை அதனுள் உருவாகிறது. ஓரலகு பரப்பில் செயல்படும் விசை தகைவு எனப்படும்.

$$\text{தகைவு} \quad \sigma = \frac{\text{விசை}}{\text{பரப்பு}} = \frac{F}{A}$$

தகைவின் SI அலகு Nm^{-2}அல்லது பாஸ்கல் (Pa) மற்றும் அதன் பரிமாணம் $(ML^{-1}T^{-2}]$ ஆகும். தகைவு ஒரு டென்சர் (Tensor) ஆகும்.

1. நீட்சித்தகைவு மற்றும் சறுக்குப்பெயர்ச்சித் தகைவு (Longitudinal stress and shearing stress):
ஒரு பெருளைக் கருதுவோம். பல விசைகள் அமைப்பில் (பொருளில்) செயல்பட்டால் நிறையின் மையம் மாறாமல் இருக்கும். எனினும் இந்த விசைகளால் பொருள் உருக்குலைந்து அதனால் அகவிசைகள் தோன்றுகின்றன. பொருளின் குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு ΔA என்க. உருக்குலைவின் காரணமாக ΔA இன் இரு பக்கங்களிலும் உள்ள பொருளின் பகுதி $\dot{F}$ மற்றும் $-\vec{F}$ என்ற அகவிசைகளை ஒன்றுக்கொன்று செலுத்துகின்றன. விசையை ΔA பரப்பிற்கு செங்குத்தாக F_n மற்றும் ΔA பரப்பின் தொடுவரை திசையில் F_t என்ற இரு கூறுகளாகப் பகுக்கலாம். பரப்பின் வழியே செங்கத்துத்தகைவு அல்லது நீட்சித்தகைவு (σ_n) ஆனது.

$$\sigma_n = \frac{F_n}{\Delta A}$$

என வரையறுக்கப்படுகிறது. இதுபோன்றே பரப்பின் வழியே தொடுவரை தகைவு அல்லது சறுக்குப் பெயர்ச்சித் தகைவு (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{F_t}{\Delta A}$$

என வரை யறுக்கப்படுகிறது.

நீட்சித்தகைவினை இழுவிசைத்தகைவு மற்றும் அமுக்கத்தகைவு என இரு வகையாகப் பிரிக்கலாம்.

1. **இழுவிசைத்தகைவு (Tensile stress):**

ΔA இன் இரு பக்கங்களிலும் அகவிசைகள் ஒன்றையொன்று இழுக்கலாம். அதாவது அது சமமான எதிரெதிரான விசைகளால் இழுக்கப்படுகிறது. இந்த நீட்சித்தகைவு இழுவிசைத்தகைவு என அழைக்கப்படகிறது.

2. **அமுக்கத்தகை (Compressive stress):**

ΔA இன் இரு பக்கங்களிலும் செயல்படும் விசைகள் ஒன்றையொன்று தள்ளினால், அதாவது அதன் இரு முனைகளிலும் சமமான எதிரெதிரான விசைகளால் தள்ளப்படுகிறது என்றால் ΔA அது அழுக்கத்திற்கு உட்படுகிறது. தற்போது நீட்சித்தகைவானது அமுக்கத்தகைவு என அழைக்கப்படுகிறது.

3. **பருமத் தகைவு (Volume stress):**

ஒரு பொருளின் மீது அதன் பரப்பில் உள்ள அனைத்துப் பகுதிகளிலும் பரப்பிற்குக் குத்தாக விசைகள் செயல்பட்டால் மேற்பரப்பில் விசையின் அளவானது பரப்பிற்கு நேர்தகவில் அமைகிறது. உதாரணமாக, ஒரு திண்மப் பொருளானது ஒரு பாய்மத்தில் மூழ்கினால், பொருளின் மீது செயல்படும் அழுத்தம் P எனில் எந்த ஒரு பரப்பு ΔA இல் செயல்படும் விசை

$$F = P\,\Delta A$$

இங்கு,F ஆனது பரப்பிற்கு செங்குத்தாக உள்ளது. எனவே, ஓரலகு பரப்பில் செயல்படும் விசை பருமத்தகைவு எனப்படுகிறது.

$$\sigma_v = \frac{F}{A}$$

இது அழுத்தத்திற்குச் சமமாகும்.

திரிபு (Strain):

திரிபு என்பது விசை செயல்படுத்தப்பட்டால் ஒரு பொருள் நீட்டப்படும் அல்லது உருக்குலையும் அளவாகும். பொருளின் அளவில் சிறிய மாற்றம் ஏற்படுவதை திரிபு கையாள்கிறது. அதாவது உருக்குலையும் அளவை திரிபு அளவிடுகிறது. உதாரணமாக, ஒரு பரிமாண நிகழ்வில l நீளமுள்ள ஒரு கம்பியைக் கருதுக. அது Δl நீளம் நீட்டப்பட்டால்

$$\text{திரிபு} \quad \varepsilon = \frac{\text{பரிமாண மாற்றம்}}{\text{உண்மையான பரிமாணம்}} = \frac{\Delta l}{l}$$

இது பரிமாணமற்ற மற்றும் அலகு அற்ற அளவு ஆகும். திரிபானது மூன்று வகைகளாக வகைப்படுத்தப்படுகிறது.

நீட்சித்திரிபு (Longitudinal strain):

l என்ற நீளம் கொண்ட ஒரு கம்பியானது சமமான, எதிரெதிர் திசைகளில் செயல்படும் விசைகளால் இழுக்கப்படும் போது, அதன் நீட்சித்திரிபு

$$\varepsilon_1 = \frac{\text{கம்பியில் அதிகரிக்கும் நீளம்}}{\text{கம்பியின் உண்மையான நீளம்}} = \frac{\Delta l}{l}$$

நீட்சித்திரிபு இரு வகைப்படுகிறது.

1.

i. **இழுவிசைத்திரிபு (Tensile strain):** இயல்பான அளவிலிருந்து நீளம் அதிகரிக்கப்பட்டால் அது இழுவிசைத்திரிபு எனப்படும்.

ii. அமுக்கத்திரிபு **(Compressive strain):** இயல்பான அளவிலிருந்து நீளம் குறைக்கப்பட்டால் அது அமுக்கத்திரிபு எனப்படும்.

2. **சறுக்குப் பெயர்ச்சித்திரிபு (Shearing strain):**

ஒரு கன சதுரத்தைக் கருதுக. பொருளானது இடப்பெயர்ச்சி மற்றும் சுழற்சி சமநிலையில் உள்ளதாகக் கருதுவோம். இல் காட்டியுள்ளவாறு கனசதுரம் உருக்குலையுமாறு AD வழியே F என்ற தொடுவியல் விசையை செலுத்துவோம். எனவே சறுக்குப்பெயர்ச்சித்திரிபு அல்லது சறுக்குப்பெயர்ச்சி (ε_s)

$$\varepsilon_s = \frac{AA'}{BA} = \frac{x}{h} = \tan\theta$$

சிறிய கோண மதிப்பிற்கு, $\tan\theta \approx \theta$

எனவே சறுக்குப்பெயர்ச்சித் திரிபு அல்லது சறுக்குப் பெயர்ச்சி

$$\varepsilon_s = \frac{x}{h} = \theta = \text{ சறுக்குப் பெயர்ச்சி கோணம்}$$

பருமத்திரிபு (Volume strain):

ஒரு பொருளானது பருமத்தகைவுக்கு உட்படுத்தப்பட்டால் அதன் பருமன் மாறும். பொருளின் தொடக்க பருமன் தகைவுக்கு முன் V எனவும் தகைவினால் இறுதி பருமன் $V + \Delta V$ எனவும் கொள்க. பருமனில் ஏற்படும் சிறிய மாறுபாட்டை அளவிடும் பருமத் திரிவை கீழ்கண்டவாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\text{பருமத்திரிபு}, \varepsilon_v = \frac{\Delta V}{V}$$

மீட்சி எல்லை (Elastic Limit):

உருக்குலைவிக்கும் விசைகள் நீக்கப்பட்ட பிறகு பொருளானது அதன் தொடக்க அளவு மற்றும் வடிவத்தை மீளப் பெறக்கூடிய தகைவின் பெரும மதிப்பு மீட்சி எல்லை எனப்படும்.

உருக்குலைவிக்கும் விசை மீட்சி எல்லையை விட அதிகமானால், பொருளானது நிரந்தர உருக்குலைவை அடையும். உதாரணமாக, இரப்பர் பட்டை மிக அதிகமாக இழுக்கப்பட்டால் அதன் மீட்சிப்பண்பை இழக்கிறது. அதன் அளவு மாறிவிடுவதால் மீண்டும் பயன்படுத்த தகுதியற்றதாகிறது.

ஹூக் விதி மற்றும் அதன் சோதனை முறை சரிபார்ப்பு

ஹூக்விதி: ”சிறிய அளவிலான உருக்குலைவிற்கு, தகைவு மற்றும் திரிபு ஒன்றுக்கொன்று நேர்விகிதத்தில் உள்ளது“. இதனை O என்ற நிலையான புள்ளியில் தொங்கவிடப்பட்ட L நீளமும்,A என்ற சீரான குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பும் கொண்ட ஒரு மெல்லிய கம்பியை நீட்சியடையச் (சுருள்வில் போன்று நீட்சியடையும்) செய்வதன் மூலம் எளிமையாகச் சரிபார்க்கலாம். கம்பியின் மற்றொரு முனையில் ஒரு தட்டு மற்றும் ஒரு குறிமுள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. கம்பியில் உருவாகும் நீட்சி ஒரு வெர்னியர் அளவுகோல் அமைப்பினைப் பயன்படுத்தி அளவிடப்படுகிறது. சோதனையிலிருந்து கொடுக்கப்பட்ட F என்ற ஒரு பளுவிற்கு கம்பியில் உருவான நீட்சி ΔL ஆனது அதன் தொடக்க நீளம் L ற்கு நேர்விகிதத்திலும் அதன் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பிற்கு (A) எதிர்விகிதத்திலும் உள்ளது. F ஐ X– அச்சிலும்,ΔL - ஐ Y– அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரையப்படுகிறது. அது காட்டியுள்ளவாறு ஆதிப்புள்ளி வழியே செல்லும் ஒரு நேர் கோடாகும்.

எனவே,

$$\Delta L \ (\text{சாய்வு}) \ F$$

V = AL என்ற பருமனால் பெருக்கவும், வகுக்கவும் செய்ய

$$F \ (\text{சாய்வு}) = \frac{AL}{AL}\Delta L$$

மாற்றியமைக்க நாம் பெறுவது

$$\frac{F}{A}=\left(\frac{L}{\text{சாய்வு}}\right)\frac{\Delta L}{L}$$

எனவே, $\frac{F}{A}\propto\left(\frac{\Delta L}{L}\right)$

சமன்பாடுகள் மற்றும் ஒப்பிட நாம் பெறுவது

$$\sigma \propto \varepsilon$$

அதாவது மீட்சி எல்லையில் தகைவானது திரிபுக்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது.

தகைவு – திரிபு விவரப்படம் (Stress – Strain Profile):

தகைவு – திரிபு விவரப்படம் என்பது ஒவ்வொரு பளு மதிப்பிற்கும் தகைவு மற்றும் திரிபு அளவிடப்பட்டு திரியை X– அச்சிலும், தகைவை Y– அச்சிலும் கொண்டு வரையப்பட்ட ஒரு வரைபடம் ஆகும். பொருள்களின் மீட்சிப்பண்புகளை தகைவு – திரிபு விவரப்படத்திலிருந்து பகுப்பாய்வு செய்யலாம்.

1. பகுதி OA

இந்தப் பகுதியில் தகைவானது திரிபுக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும் வகையில் தகைவானது மிகவும் குறைவாக உள்ளது. அதாவது ஹூக் விதிக்கு உட்படுகிறது. புள்ளி A ஆனது விகித எல்லை எனப்படும். ஏனென்றால் இந்த புள்ளிக்கு மேல் ஹூக் விதி பொருந்தாது. OA கோட்டின் சாய்வு கம்பியின் யங் குணகம் ஆகும்.

2. பகுதி AB

தகைவானது மிக குறைவான அளவு அதிகரிக்கப்பட்டால் இந்தப் பகுதி அடையப்படுகிறது. இந்தப் பகுதியில் தகைவானது திரிபுக்கு நேரத்தகவில் இல்லை. ஆனால், நீட்சி விசை நீக்கப்பட்டால் கம்பியானது அதன் தொடக்க நீளத்திற்குத் திரும்பும். இந்தப் பண்பு B புள்ளியில் முடிவடைகிறது. எனவே B புள்ளி விளைவுப்புள்ளி (மீட்சி எல்லை) எனப்படும். தகைவு – திரிபு வரைபடத்தில் OBA ஆனது பொருளின் (இங்கு கம்பி) மீட்சிப்பண்பைக் குறிக்கிறது.

3. **பகுதி BC**

கம்பியானது புள்ளி (B) க்கு (மீட்சி எல்லை) மேல் நீட்டப்படுமானால், தகைவு அதிகரிக்கிறது மற்றும் கம்பியானது நீட்சி விசை நீக்கப்படும் போது தனது ஆரம்ப நீளத்தை மீண்டும் பெறாது.

4. **பகுதி CD:**

தகைவானது C க்கு அப்பால் அதிகரிக்கப்பட்டால்,திரிபு மிக விரைவாக அதிகரித்து புள்ளி D ஐ அடையும். D க்கு அப்பால் கம்பியானது எந்த பளுவும் சேர்க்கப்படாமலேயே நீண்டு கொண்டே சென்று புள்ளி E இல் முறிகிறது. எந்த பெருமத்தகைவிற்கு (இங்கு D) அப்பால் கம்பி முறிவடைகிறதோ அந்த தகைவு முறிவுத்தகைவு அல்லது நீட்சி வலிமை (tensile strength) எனப்படும். அதற்குரிய புள்ளி (D) முறிவுப்புள்ளி எனப்படும். BCDE பகுதி கம்பிப் பொருளின் மீட்சியற்றத் தன்மையைக் குறிக்கிறது.

மீட்சிக்குணகங்கள் (Moduli of elasticity):

ஹுக் விதியிலிருந்து ஒரு பொருளில் தகையானது மிகச்சிறிய உருக்குலைவின் போது தொடர்புடைய திரிபுக்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது. இப்பாடப்பகுதியில் நாம் கொடுக்கப்பட்ட பொருளின் மீட்சிக்குணகத்தை வரையறுக்கலாம். மூவகை மீட்சிக்குணகங்கள் உள்ளன.

1. யங் குணகம்
2. பருமக் குணகம்
3. விறைப்புக் குணகம் (அல்லது சறுக்குப் பெயர்ச்சிக் குணகம்)

யங் குணகம் (Young's modulus):

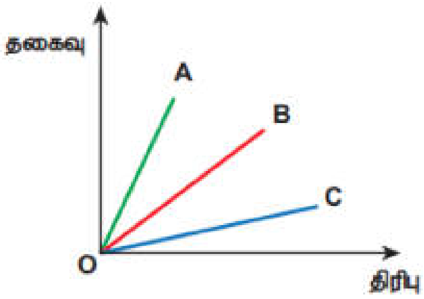
ஒரு கம்பியானது நீட்டிக்கப்பட்டால் அல்லது அமுக்கப்பட்டால் இழுவிசைத் தகைவ (அல்லது அமுக்கத்தகைவு) மற்றும் இழுவிசைத்திரிவு (அல்லது அமுக்கத்திரிபு) ஆகியவற்றுக்கு இடையே உள்ள விகிதம் யங் குணகம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$Y = \frac{\text{இழுவிசைத் தகைவு அல்லது அமுக்கத் தகைவு}}{\text{இழுவிசைத் திரிவு அல்லது அமுக்கத் திரிபு}}$$

$$Y = \frac{\sigma_t}{\varepsilon} \quad or \quad Y = \frac{\sigma_c}{E}$$

யங் குணகத்தின் அலகு தகைவின் அலகே ஆகும். ஏனென்றால் திரிபுக்கு அலகு இல்லை. எனவே யங் குணகத்தின் SI அலகு Nm^{-2} அல்லது பாஸ்கல்.

மீட்சி எல்லைக்குள் தகைவினால் A, B மற்றும் C என்ற கம்பிகளில் உருவான நீட்சித்திரிபுகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. சமமான பளு செலுத்தப்பட்டதாகக் கொண்டு கம்பிப் பொருள்களின் மீட்சிப் பண்புகளை விவாதிக்கவும். மீட்சிக் குணகங்களை ஏறுவரிசையில் எழுதுக.



தீர்வு:

இங்கு மீட்சிக் குணகமானது யங் குணகம் ஆகும். நீட்சியின் காரணமாக தகைவு இழுவிசைத் தகைவாகவும் திரிபு இழுவிசைத் திரிபாகவும் உள்ளன.

மீட்சி எல்லைக்குள் தகைவானது திரிபுக்க நேர்விகிதத்தில் உள்ளது (ஹுக் விதிக்கு உட்பட்டு) ஆகையால் வரைபடம் நேர்க்கோடாக உள்ளது. எனவே மீட்சிக்குணகத்தை (இங்கு யங் குணகம்) நேர்க்கோட்டிற்கு சாய்வு எடுப்பதன் மூலம் காணக்கிடலாம். சாய்வைக் கணக்கிட நாம் பெறுவது

A யின் சாய்வு >B யின் சாய்வு >C யின் சாய்வு இதன் மூலம் அறியப்படுவது,
A யின் யங் குணகம் <B யின் யங் குணகம் <A யின் யங் குணகம்

இங்கு சாய்வு அதிகமாக இருப்பின் திரிபு குறைவாக (நீளத்தில் சிறிய மாற்றம்) இருக்கும். பொருள் அதிக விறைப்பாக இருக்கும். எனவே, கம்பி A - இன் மீட்சிப்பண்பு ஆனது, கம்பி B மற்றும் கம்பி C - இன், மீட்சிப்பண்பைவிட அதிகமாகவும் இருக்கும். இந்த உதாரணத்திலிருந்து நாம்புரிந்து கொள்வது யங் குணகம் என்பது திண்மப் பொருள் தனது நீளத்தை மாற்ற ஏற்படுத்தும் தடையின் அளவாகும்.

10m நீளமுள்ள ஒரு கம்பியானது 1.25×10^{-4} m^2 குறுக்குவெட்டுப் பரப்பைக் கொண்டுள்ளது. அது 5 kg பளுவிற்கு உட்படுத்தப்படுகிறது. கம்பிப் பொருளின் யங் குணகம் 4×10^{10} Nm^{-2} எனில் கம்பியில் உருவான நீட்சியைக் கணக்கிடுக. ($g = 10\ ms^{-2}$ எனக் கொள்க)

தீர்வு:

$$\frac{F}{A} = Y \times \frac{\Delta L}{L}$$

எனவே, உருவான நீட்சி

$$\Delta L = \left(\frac{F}{A}\right)\left(\frac{L}{Y}\right)$$

$$= = \left(\frac{50}{1.25 \times 10^{-4}}\right)\left(\frac{10}{4 \times 10^{10}}\right) = 10^{-4} m$$

பருமக் குணகம் (Bulk modulus):

பருமத்தகைவுக்கும் பருமத்திரிபுக்கும் இடையே உள்ள விகிதமே பருமக் குணகம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$K = \frac{\text{செங்குத்து தகைவு அல்லது அழுத்தம்}}{\text{பருமத் திரிபு}}$$

செங்குத்துத் தகைவு அல்லது அழுத்தம்

$$\sigma_n = \frac{F_n}{\Delta A} = \Delta p$$

பருமத்திரிபு $\varepsilon_v = \frac{\Delta V}{V}$

எனவே பருமக் குணகம்

$$K = \frac{\sigma_n}{\varepsilon_v} = -\frac{\Delta P}{\frac{\Delta V}{V}}$$

சமன்பாடு இல் உள்ள எதிர்க்குறியின் பொருளானது பொருளின் மீது அழுத்தம் செயல்பட்டால் அதன் பருமன் குறைகிறது என்பதைக் குறிக்கிறது. மேலும் சமன்பாடு குறிப்பது யாதெனில் ஒரு பொருள் சிறிய பருமக் குணக மதிப்பைக் கொண்டிருந்தால் அது எளிதாக அமுக்கப்படலாம். மாறாக, பருமக்குணகம் என்பது திண்மப் பொருள்கள் அவற்றின் பரும மாற்றத்தை எதிர்க்கும் அளவாகும். உதாரணமாக,வாயுக்கள் திண்மப்பொருள்களைவிட எளிதாக அமுக்கப்படலாம் என்பதை நாம் அறிவோம். அதன் பொருள் வாயுக்கள் திண்மப்பொருள்களுடன் ஒப்பிட குறைவான பருமக்குணக மதிப்பைக் கொண்டுள்ளன என்பதாகும். K இன் SI அலகு அழுத்தத்தின் அலகே ஆகும். அதாவது Nm^{-2} அல்லது Pa (பாஸ்கல்)

அமுக்கத்தன்மை (Compressibility):

பருமக்குணகத்தின் தலைகீழ் "அமுக்கத்தன்மை" எனப்படும். அது ஒரலகு அழுத்த உயர்வுக்கு பருமனில் ஏற்படும் சிறிய மாற்றம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

மிதிவண்டியின் டயருக்கு காற்று நிரப்பிய உடன்அது போதுமான அளவு உள்ளதா என நாம் அதனை அழுத்திப் பார்க்கிறோம். உண்மையில் இங்கு சோதித்துப்பார்ப்பது காற்றின் அமுக்கத்தன்மையே ஆகும். டயரானது அதன் எளிதான உருளுதலுக்கு குறைவாக அமுங்குவதாக இருக்க வேண்டும். உண்மையில் மதிவண்டியில் இலகுவாக பயணம் செய்ய பின்பக்க டயர் முன்பக்க டயரைவிட குறைவாக அமுங்குவதாக இருத்தல் வேண்டும்.

அமுக்கத்தன்மை:

$$C = \frac{1}{K} = \frac{\varepsilon_v}{\sigma_n} = -\frac{\frac{\Delta V}{V}}{\Delta P}$$

வாயுக்கள் திண்மங்களை விட குறைவான பருமக் குணகத்தைக் கொண்டிருப்பதால் வாயுக்களின் அமுக்கத்தன்மை மிக அதிகம்.

எடுத்துக்காட்டு:

100 cm பக்கத்தைக் கொண்ட ஒரு உலோக கனசதுரம் அதன் முழு பக்கங்களிலும் செயல்படும் சீரான செங்குத்து விசைக்கு உட்படுத்தப்படுகிறது. அழுத்தம் 10^6பாஸ்கல். பருமன் $1.5 \times 10^{-5} m^3$என்ற அளவு மாறுபாடு அடைந்தால், பொருளின் பருமக்குணகத்தைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

வரையறைப்படி,

$$K = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta V}{V}} = P\frac{V}{\Delta V}$$

$$K = \frac{10^6 \times 1}{1.5 \times 10^{-5}} = 6.67 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$$

விறைப்புக் குணகம் அல்லது சறுக்குப் பெயர்ச்சிக் குணகம் (The rigidity modulus or shear modulus):

சறுக்குப் பெயர்ச்சித் தகைவிற்கும் சறுக்குப் பெயர்ச்சித திரிபுக்கும் உள்ள விகிதம் விறைப்புக்குணகம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$\eta_R = \frac{\text{சறுக்குப் பெயர்ச்சி தகைவு}}{\text{சறுக்குப் பெயர்ச்சிக் கோணம் அல்லது சறுக்குப்பெயர்ச்சித் திரிபு}}$$

$$\sigma_s = \frac{\text{தொடுவரை விசை}}{\text{அவ்விசை செலுத்தப்பட்ட பரப்பு}} = \frac{F_t}{\Delta A}$$

எனவே விறைப்புக்குணகம்

$$\eta_R = \frac{\sigma_s}{\varepsilon_s} = \frac{\frac{F_t}{\Delta A}}{\frac{x}{h}} = \frac{\frac{F_t}{\Delta A}}{\theta}$$

மேலும் சமன்பாடு குறிப்பது, ஒரு பொருளானது குறைந்த அளவு விறைப்புக்குணகத்தைக் கொண்டிருந்தால் அதனை எளிதாக முறுக்கலாம். உதாரணமாக, ஒரு கம்பியைக் கருதுக அதனை θ கோணம் முறுக்கினால் ஒரு மீள் திருப்பு விசை உருவாகிறது.

அதாவது

$$\tau \propto \theta$$

திருப்பு விசை அதிகமெனில், கம்பியை அதிக கோண அளவுக்கு முறுக்க இயலும் (சறுக்குப்பெயர்ச்சிக் கோணம் θ அதிகம்). விறைப்புக்குணகம் சறுக்குப்பெயர்ச்சிக் கோணத்திற்கு எதிர்விகிதத்தில் தொடர்புடையதாக இருப்பதால், விளைப்புக்குணகம் சிறிதாக உள்ளது. விறைப்புக்குணகத்தின் SI அலகு அழுத்தத்தின் அலகாகும். அதாவது, Nm^{-2} அல்லது பாஸ்கல். இக்கொள்கையை சரிவரப் புரிந்துகொள்ளும் வகையில், சில முக்கியமான பொருள்களின் மீட்சிக்குணகங்கள் தரப்பட்டுள்ளன.

சில பொருள்களின் மீட்சிக்குணகங்கள் Nm^{-2} இல்

பொருள்	யங் குணகம் (Y) ($10^{10}Nm^{-2}$)	பருமக்குணகம் (K) ($10^{10}N\ m^{-2}$)	விறைப்புக் குணகம் அல்லது சறுக்குப் பெயர்ச்சிக்குணகம் (η_g) ($10^{10}Nm^{-2}$)
எ.்.கு	20.0	15.8	8.0
அலுமினியம்	7.0	7.0	2.5
தாமிரம்	12.0	12.	4.0
இரும்பு	19.0	8.0	5.0
கண்ணாடி	7.0	3.6	3.0

0.20 m பக்கத்தைக் கொண்ட ஒரு உலோக கனசதுரம் 4000 N சறுக்குப்பெயர்ச்சி விசைக்கு உட்படுத்தப்படுகிறது. மேற்பரப்பு அடிப்பரப்பைப் பொறுத்து 0.50 cm இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது. உலோகத்தின் சறுக்குப் பெயர்ச்சிக் குணகத்தைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

இங்கு $L = 0.20$, $F = 4000\ N$, $x = 0.50\ cm = 0.005\ m$

மற்றும் பரப்பு $A = L^2 = 0.04\ m^2$

எனவே சறுக்குப் பெயர்ச்சிக் குணகம்

$$\eta_R = \frac{F}{A} \times \frac{L}{x} = \frac{4000}{0.04} \times \frac{0.20}{0.005} = 4 \times 10^6\ Nm^{-2}$$

பாய்சொய் விகிதம்:

நாம் ஒரு கம்பியை நீட்சியடையச் செய்வதாகக் கருதினால் அதன் நீளம் அதிகரிக்கிறது. (நீட்சி). ஆனால் விட்டம் குறைகிறது (குறுக்கம்) அதுபோன்றே நாம் ஒரு இரப்பர் பட்டையை நீட்சியடையச் செய்தால் (நீட்சி) அது குறிப்பிடத்தக்க அளவு மெல்லியதாகிறது (குறுக்கம்). அதாவது பொருளின் ஒரு திசையிலான சீர்குலைவு மற்றொரு திசையில் சீர்குலைவை உருவாக்குகிறது. இதனை அளவிட பிரபஞ்ச இயற்பியலாளர் எஸ்.டி. பாய்சொய் என்பவர் பாய்சொய் விகிதம் என அழைக்கப்படும் ஒரு விகிதத்தை முன்மொழிந்தார். "ஒப்புமைக் குறுக்கத்திற்கும் (பக்கவாட்டுத்திரிபு) ஒப்புமை விரிவாக்கத்திற்கும் (நிள்வாட்டுத்திரிபு) இடையே உள்ள விகிதம்" என அது வரையறுக்கப்படுகிறது. அதன் குறியீடு μ ஆகும்.

$$\text{பாய்ஸன் விகிதம் } \mu = \frac{\text{பக்கவாட்டுத் திரிபு}}{\text{நீளவாட்டுத் திரிபு}}$$

L நீளமும் D விட்டமும் கொண்ட ஒரு கம்பியில் செலுத்தப்பட்ட விசையினால் கம்பி நீட்சியடைந்தால், நீள அதிகரிப்பு l எனவும் விட்டத்தில் குறைவு d எனவும் கொண்டால்,

$$\mu = -\frac{\frac{d}{D}}{l} = -\frac{L}{l} \times \frac{d}{D}$$

எதிர்க்குறியானது நீளவாட்டில் நீட்சியும், பக்கவாட்டில் குறுக்கமும் உள்ளதைக் குறிக்கிறது. மேலும் இது சம பரிமாணங்களைக் கொண்டுள்ள அளவுகளின் விகிதமாகும். எனவே பாய்செய்விகிதம் அலகற்றது மற்றும் பரிமாணமற்றது (பரிமாணமற்ற எண்) ஆகும். சில பொருள்களின் பாய்சொய் விகித மதிப்புகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

சில பொருள்களின் பாய்சொய் விகிதங்கள்:

பொருள்	பாய்சொய் விகிதங்கள்
இரப்பர்	0.4999
தங்கம்	0.42 – 0.44
தாமிரம்	0.33
துருப்பிடிக்காத எஃகு	0.30 – 0.31
எஃகு	0.27 – 0.30
வார்ப்பு இரும்பு	0.21 – 0.26
கான்கிரீட்	0.1 – 0.2
கண்ணாடி	0.18 – 0.3
நுரை பஞ்சு	0.10 – 0.50
தக்கை	0.0

மீட்சி ஆற்றல் (Elastic energy):

ஒரு பொருளை நீட்சியடையச் செய்தால் மீள்விசைக்கு (அகவிசை) எதிராக வேலை செய்யப்படுகிறது. செய்யப்பட்ட இந்த வேலை பொருளினுள் மீட்சி ஆற்றலாக சேமிக்கப்படுகிறது. நீட்டப்படாத நிலையில் L நீளமும் A குறுக்குவெட்டுப் பரப்பும் கொண்ட ஒரு கம்பியைக் கருதுக. ஒரு விசை lஎன்ற நீட்சியை உருவாக்குவதாகக் கொள்க. கம்பியின் மீட்சி எல்லை தாண்டப்படவில்லை எனவும் ஆற்றலில் இழப்பு இல்லை எனவும் கொள்க. எனவே F என்ற விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை கம்பி பெற்றுள்ள ஆற்றலுக்கு சமமாகும்.

கம்பியானது dl அளவு நீட்சியடையும் போது செய்யப்படும் வேலை

$$dW = Fdl$$

O முதல் l வரை கம்பி நீட்சியடைய செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = \int_o^l Fdl$$

யங் குணகத்திலிருந்து

$$Y = \frac{F}{A} \times \frac{L}{l} \Rightarrow F = \frac{YAl}{L}$$

$$W = \int_o^l \frac{YAl}{L} dl$$

தொகையிடலில் lஎன்பது வெற்று மாறி (dummy variable) என்பதால் நாம் l என்பதை (எல்லைகளில் அல்ல) என மாற்ற

$$W = \int_0^1 \frac{YAl'}{L} dl' = \frac{YA}{L}\left(\frac{l'^2}{2}\right)\Big|_0^1 = \frac{YA}{L}\frac{l^2}{2} = \frac{1}{2}\left(\frac{YAl}{L}\right)l = \frac{1}{2}Fl$$

$$W = \frac{1}{2}Fl = \text{மீட்சி நிலை ஆற்றல்}$$

ஓரலகு பருமனில் உள்ள ஆற்றலானது ஆற்றல் அடர்த்தி எனப்படும்.

ஆற்றல் அடர்த்தி

$$u = \frac{\text{மீட்சி நிலை ஆற்றல்}}{\text{பருமன்}} = \frac{\frac{1}{2}Fl}{AL}$$

$$\frac{1}{2}\frac{F}{A}\frac{l}{L} = \frac{1}{2} \text{ (தகைவு} \times \text{ திரிபு)}$$

2 m நீளமும் $10^{-6}m^2$ குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பும் கொண்ட ஒரு கம்பியில் 980 N பளு தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது.

i. கம்பியில் உருவான தகைவு

ii. திரிபு மற்றும்

iii. சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

கொடுக்கப்பட்டது. $Y = 12 \times 10^{10}$ Nm^{-2}

தீர்வு:

i. தகைவு $= \frac{F}{A}\ \frac{980}{10^{-6}} = 9810^7 \times Nm^{-2}$

ii. திரிபு $= \frac{\text{திரிபு}}{Y}\ \frac{98 \times 10^7}{12 \times 10^{10}} = 8.17 \times 10^{-3}$

(அலகற்றது)

iii. பருமன் 2×10^{-6} m^3

$$\text{ஆற்றல்} = \frac{1}{2} \text{ (தகைவு} \times \text{திரிபு)} \times \text{பருமன்} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2}(98 \times 10^7) \times (8.17 \times 10^{-3}) \times 2 \times 10^{-6} = 8 \text{ ஜுல்}$$

மீட்சிப்பண்பின் பயன்பாடுகள்:

பொருள்களின் இயந்திரவியல் பண்புகள் அன்றாட வாழ்வில் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. அவற்றில் ஒன்றான மீட்சிப்பண்பு கட்டிடங்களின் தூண்கள் மற்றும் விட்டங்களின் கட்டுமான வடிவமைப்பை முடிவு செய்கிறது. கட்டுமானப் பொறியியலைப் பொருத்தவரை ஒரு வடிவமைப்பு தாங்கக்கூடிய தகைவின் அளவானது முதன்மையான பாதுகாப்புத் காரணியாகும். ஒரு பாலமானது அதன் மீது செல்லும் போக்குவரத்தின் பளு, காற்றின் விசை மற்றும் பாலத்தின் எடை ஆகியவற்றை தாங்கும் வகையில் வடிவமைக்கப்பட வேண்டும். மீட்சிப்பண்பு அல்லது விட்டங்களின் வளைவு என்பது கட்டிடங்கள் மற்றும் பாலங்களின் உறுதித்தன்மையில் முக்கிய பங்காற்றுகிறது. உதாரணமாக கொடுக்கப்பட்ட ஒரு பளுவிற்கு விட்டத்தின் வளைவைக் குறைக்க அதிக யங் குணகம் (Y) மதிப்புள்ள பொருளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். எ∴கின் யங் குணகம் அலுமினியம் அல்லது தாமிரத்தை விட அதிகமாகும் எனத் தெளிவாகிறது. இரும்பு, எ∴குக்கு அடித்தபடியாக உள்ளது. எ∴கு கனரக இயந்திரங்களை வடிவமைக்கவும், இரும்புக்கம்பிகள் கட்டிடங்கள் கட்டுவதற்கும் அதிகமாக பயன்படுத்தப்படுவதற்கு இதுவே காரணமாகும்.

எ∴கை விட இரப்பர்தான் அதிக மீட்சியுடையது என்று நாம் தவறாக நினைத்துக் கொண்டிருக்கிறோம். எது அதிக மீட்சிப்பண்பு உடையது? இரப்பரா? எ∴கா? உண்மையில் எ∴குதான் அதிக மீட்சிப்பண்பு உடையது. எ∴கு மற்றும் இரப்பர் இரண்டின் மீதும் சமமான அழுத்தத்தை (stress) கொடுத்தால் எ∴கு குறைவான திரிபையே அடையும். எனவே யங் மீட்சிக்குணகம் எ∴குக்குத்தான் அதிகம். யங் மீட்சிக்குணகம் எந்தப் பொருளுக்கு அதிகமோ அதுவே அதிக மீட்சிப்பண்பு (elacstic) உடையது. எனவே எ∴கு இரப்பரை விட அதிக மீட்சித்தன்மை கொண்டது.

பாய்மங்கள் (Fluids):

அறிமுகம்:

உலகத்தில் அனைத்து இடங்களிலும் பாய்மங்கள் காணப்படுகிறது. புவி மூன்றில் இரண்டு பங்கு நீரையும், மூன்றில் ஒரு பங்கு நிலப்பகுதியையும் கொண்டுள்ளது. இதனைத் தவிர புவியானது காற்றால் சூழப்பட்டுள்ளது. பாய்மங்கள் திண்மப்பொருள்களில் இருந்து மாறுபட்டவை. திண்மத்தைப்போல் அல்லாமல் பாய்மம் வரையறுக்கப்பட்ட சுய வடிவத்தைக் கொண்டிருக்காது. பாய்மங்களில், திரவம் நிலையான பருமனைக் கொண்டும் வாயுவானது கொள்கலனின் முழு பருமனை நிரப்பியும் உள்ளன.

பாய்மத்தின் அழுத்தம்:
பாய்மம் என்பது அதன்மீது புறவிசை செலுத்தப்பட்டால் பாயத் தொடங்கும் பொருளாகும். அது செலுத்தப்பட்ட விசைக்கு மிகக்குறைந்த எதிர்ப்பையே அளிக்கிறது. குறைவான பரப்பில் விசை செயல்பட்டால் அதன் தாக்கம் அதிகமாகவும், அதிகமான பரப்பில் குறைவாகவும் இருக்கும். இந்த கருத்தானது அழுத்தம் எனப்படும் ஒரு அளவை உறுதிப்படுத்துகிறது. ஒரு பொருளானது ஓய்வில் உள்ள ஒரு பாய்மத்தில் (நீர்) மூழ்கியுள்ளதாகக் கருதுக. இந்நேர்வில் பாய்மம் பொருளின் மேற்பரப்பில் ஒரு விசையை செலுத்தும். இந்த விசை எப்போதும் பொருளின் பரப்பிற்கு செங்குத்தாக உள்ளது. A என்ற மேற்பரப்பில் செயல்படும் செங்குத்து விசையின் எண்மதிப்பு F எனில், ஓரலகு பரப்பில் செயல்படும் விசையே அழுத்தம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$P = \frac{F}{A}$$

அழுத்தம் ஒரு ஸ்கேலர் அளவாகும். அதன் SI அலகு மற்றும் பரிமாணங்கள் முறையே Nm^{-2} அல்லது பாஸ்கல் (Pa) மற்றும் ஆகும். அழுத்தத்தின் மற்றொரு பொதுவான அலகு 'atm“ எனக் குறிக்கப்படும் காற்றழுத்தம் ஆகும். அது கடல் மட்டத்தில் காற்று மண்டலத்தின் அழுத்தம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. அதாவது, $1\ atm = 1.013 \times 10^5\ Pa$ or Nm^{-2} அழுத்தத்தைத் தவிர வேறு இரு பண்பளவுகளான அடர்த்தி மற்றும் ஒப்படர்த்தி ஆகியவையும் பாய்மங்களின் இயல்பை விவரிக்க பயனுள்ளதாக உள்ளன.

பாய்மத்தின் அடர்த்தி:
ஒரு பாய்மத்தின் அடர்த்தி என்பது அதன் ஓரலகு பருமனுக்கான நிறை என வரையறுக்கப்படுகிறது. “V“ பருமனைக் கொண்டு m நிறையுள்ள பாய்மத்தின் அடர்த்தி $\rho = m/V$. இதன் SI அலகு மற்றும் பரிமாணம் முறையே kgm^{-3} மற்றும் $[ML^{-3}]$ ஆகும். இது ஒரு நேர்க்குறி மதிப்புள்ள ஸ்கேலர் அளவாகும். பெரும்பாலும் திரவம் அமுக்கப்பட இயலாத ஒன்று என்பதால் காற்றழுத்தத்தில் (1 atm அழுத்தத்தில்) அதன் அடர்த்தி ஏறக்குறைய மாறிலி ஆகும். வாயுக்களில் அழுத்தத்தைச் சார்ந்து அடர்த்திகளில் மாறுபாடுகள் உள்ளன.

ஒப்படர்த்தி (Relative density or specific gravity):

ஒரு பொருளின் ஒப்படர்த்தி என்பது அந்தப் பொருளின் அடர்த்திக்கும் 4°C ல் நீரின் அடர்த்திக்கும் இடையே உள்ள விகிதம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. இது ஒரு பரிமாணமற்ற நேர்க்குறி மதிப்புள்ள ஸ்கேலர் அளவாகும். உதாரணமாக, பாதரசத்தின் அடர்த்தி $13.6 \times 10^3\ kgm^{-3}$.

அதன் ஒப்படர்த்தி $\dfrac{13.6\times10^3 kgm^{-3}}{1.0\times10^3 kgm^{-3}} = 13.6$

ஒரு திண்மக்கோளம் 1.5 cm ஆரமும் 0.038 kg நிறையும் கொண்டுள்ளது. திண்மக் கோளகத்தின் ஒப்படர்த்தியைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

கோளத்தின் ஆரம் R = 1.5 cm

நிறை m = 0.038 kg

கோளகத்தின் பருமன் $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

$$= \frac{4}{3}\times(3.14)\times(1.5\times10^{-2})^3 = 1.413\times10^{-5} m^3$$

எனவே, அடர்த்தி

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0.038 kg}{1.413 \times 10^{-5} m^3} = 2690 kg\, m^{-3}$$

எனவே, கோளகத்தின் ஒப்படர்த்தி

$$= \frac{2690}{1000} = 2.69$$

ஓய்வில் உள்ள பாய்மத்தம்பத்தினால் அழுத்தம்:

மலைமீது ஏறும் ஒரு மலையேற்ற வீரர் உயரத்தைப் பொறுத்து காற்றின் அழுத்தம் குறைவதை உணர இயலும். நீச்சல் குளத்தில் குதிக்கும் ஒருவர் நீரப்பரப்புக்கு கீழே ஆழமாக செல்லும்போது நீரின் அழுத்தம் அதிகரிப்பதை உணர்கிறார். இந்த இரு நோ்வுகளிலும், மலையேற்ற வீரர் மற்றும் நீச்சல் வீரர் எதிர்கொண்ட அழுத்தமானது நிலையாக உள்ள பாய்மங்களின் நீர்ம நிலை அழுத்தமாகும். நீரின் ஆழத்தைப் பொறுத்து அழுத்தம்ட அதிகரிப்பதைப் புரிந்துகொள்ள உருளை வடிவில் உள்ள யு குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு கொண்ட நீர் மாதிரியைக் கருதுக.

h_1மற்றும் h_2 என்பவை முறையே உருளையின் மட்டம் 1 மற்றும் 2 ஆகியவைகள் காற்று – நீர் இடைப்பகுதியிலிருந்து உள்ள ஆழங்கள் என்க. மட்டம் 1 இல் செயல்படும் கீழ்நோக்கிய விசை F_1எனவும் மேல்நோக்கிய விசை F_2எனவும் கொள்க. எனவே $F_1 = P_1 A$ மற்றும் $F_2 = P_2 A$

நீர் மாதிரியின் நிறை m எனக் கருதுக. சமநிலையில் மொத்த மேல்நோக்கிய விசை (F_2) ஆனது மொத்த கீழ்நோக்கிய விசையால் ($F_1 + mg$), சமன் செய்யப்படுகிறது. மாறாக, கீழ்நோக்கி செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசையானது விசையின் வேறுபாடு $F_2 - F_1$ ஆல் சமன் செய்யப்படுகிறது.

$$F_2 - F_1 = mg = F_G$$

இங்கு m என்பது மாதிரியில் உள்ள நீரின் நிறை. நீரின் அடர்த்தி ρஎனில், மாதிரியில் உள்ள நீரின் நிறை

$$m = \rho V = \rho A (h_2 - h_1)$$
$$V = A (h_2 - h_1)$$

எனவே புவியீர்ப்பு விசை

$$F_G = \rho A (h_2 - h_1) g$$

W இன் மதிப்பை சமன்பாடு இல் பிரதியிட

$$F_2 = F_1 + mg \Rightarrow P_2 A = P_1 A = \rho A (h_2 - h_1) g$$

இரு புறங்களிலும் A ஐ நீக்க

$$P_2 = P_1 + \rho (h_2 - h_1) g$$

நாம் மட்டம் 1 ஐ நீரின் மேற்பரப்பிலும் அதாவது காற்று – நீர் இடைப்பகுதி, மட்டம் 2 ஐ மேற்பரப்பிற்கு கீழே h ஆழத்திலும் தேர்வு செய்தால் h_1மதிப்பு சுழியாகும் ($h_1 = 0$) மற்றும் P_1 காற்றழுத்தத்தின் மதிப்பைப் பெறுகிறது. P_aமேலும் h ஆழத்தில் அழுத்தம் (P_2) ஆனது P என்ற மதிப்பைப் பெறும். இந்த மதிப்புகளை சமன்பாடு இல் பிரதியிட

$$P = Pa + \rho g h$$

இதன் பொருளானது,h ஆழத்தில் உள்ள அழுத்தம் நீரின் மேற்பரப்பில் உள்ள அழுத்தத்தை விட அதிகமாகும். இங்கு P_aஎன்பது காற்றழுத்தம் மற்றும் அதன் மதிப்பு 1.013×10^5 Pa ஆகும்.
காற்றழுத்தம் புறக்கணிக்கப்பட்டால்,

$$P = \rho g h$$

கொடுக்கப்பட்ட திரவத்திற்கு மாறிலி ρ மற்றும் g மதிப்பும் மாறிலி, எனவே பாய்மத் தம்பத்தினால் உருவாகும் அழுத்தமானது நீர்மத்தம்பத்தின் உயரம் அல்லது செங்குத்துத்தொலைவுக்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது. அழுத்தத்தை நிர்ணயம் செய்ய பாய்மத்தம்பத்தின் உயரமே முக்கியமாகும் மற்றும் கொள்கலனின் குறுக்குப் பரப்பு அல்லது அடிப்பரப்பு அல்லது வடிவம் ஆகியவற்றைச் சாராது என்பதைக் குறிக்கிறது.

ஓய்வில் உள்ள திரவத்தைப் பற்றிக் கூறினால் ஒரே கிடைமட்டத்தில் உள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளிலும் (சம ஆழத்தில்) திரவ அழுத்தம் சமமாக உள்ளது. இந்த கூற்றை "நீர்ம நிலையியல் முரண்பாடு" எனப்படும் A, B மற்றும் C ஆகிய மாறுபட்ட வடிவங்களைக் கொண்ட மூன்று கலன்களைக் கருதுவோம். இந்த கலன்கள் அடிப்பகுதியில் ஒரு கிடைத்தள குழாய் மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவை ஒரு திரவத்தால் (நீர்) நிரப்பப்பட்டால் கலன்கள் மாறுபட்ட பருமனுள்ள நீரைக் கொண்டிருந்தாலும் சம அளவிலான நீரின் மட்டத்தைக் கொண்டிடுள்ளன. ஏனென்றால் ஒவ்வொரு கலனின் அடிப்பகுதியில் உள்ள திரவம் சமமான அழுத்தத்தை உணர்கிறது.

ஒரு இடத்தில் உள்ள வளிமண்டல அழுத்தம் என்பது அந்த இடத்திற்கு மேல் உள்ள காற்றினால் ஓரலகு மேற்பரப்பில் செலுத்தப்படும் புவியீர்ப்பு விசை ஆகும். இது உயரம் மற்றும் வானிலை காற்றின் அடர்த்தி ஆகியவற்றை சார்ந்து மாறுகிறது. உண்மையில் உயரம் அதிகரிக்கும் போது காற்றழுத்தம் குறைகிறது.
உயரத்தைப் பொறுத்து காற்றழுத்தம் குறைவது அன்றாட வாழ்வில் விரும்பத்தகாத விளைவைக் கொண்டுள்ளது. உதாரணமாக, மிக உயரமான இடங்களில் சமைப்பதற்கு நீண்ட நேரம் ஆகிறது. காற்றழுத்தத்திற்கும் இரத்த அழுத்தத்திற்கும் இடையே அதிக வேறுபாடு காரணமாக உயரம் அதிகமுள்ள இடங்களில் மூக்கில் இரத்தம் வடிதல் மற்றொரு பொதுவான நிகழ்வாகும்.
புவிப்பரப்பில் கடல் மட்டத்தில் அதன் மதிப்பு 1 atm ஆகும்.

பாஸ்கல் விதி மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள்:
பிரஞ்சு அறிவியல் அறிஞர் பிளெய்ஸ் பாஸ்கல் என்பவர் ஓய்வில் உள்ள ஒரு பாய்மத்தில் சம உயரத்தில் உள்ள அனைத்து புள்ளிகளிலும் அழுத்தம் சமமாக உள்ளது என கண்டறிந்தார். பாஸ்கல் விதியின் கூற்றானது "ஒரு திரவத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் அழுத்தம் மாறினால் அந்த மாறுபாடு மதிப்பு குறையாமல் திரவம் முழுவதற்கும் பரப்பப்படுகிறது.

பாஸ்கல் விதியின் பயன்பாடு
நீரியல் தூக்கி
பாஸ்கல் விதியின் ஒரு செயல்முறை பயன்பாடு, குறைவான விசையைக் கொண்டு அதிக பளுவைத்தூக்க பயன்படும் நீரியல் தூக்கி (Hydraulic lift) ஆகும். இது ஒரு விசைப்பெருக்கி, இது A மற்றும் B என்ற ஒன்றுடன் ஒன்று கிடைமட்டக் குழாயால் இணைக்கப்பட்டு திரவத்தால் நிரப்பப்பட்ட ஒரு உருளைகளைக் கொண்டுள்ளது அவற்றினுள் A_1மற்றும் $A_2(A_2 > A_1)$ குறுக்குவெட்டுப்பரப்புகள் கொண்ட உராய்வற்ற பிஸ்டன்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. சிறிய பிஸ்டனின் மீது கீழ்நோக்கிய விசை F செலுத்தப்படுவதாகக் கொண்டால் இந்த பிஸ்டனுக்கு கீழ் உள்ள திரவத்தின் அழுத்தம் $P\left(where, P=\frac{F_1}{A_1}\right)$ என்ற மதிப்பிற்கு அதிகரிக்கிறது. ஆனால் பாஸ்கல் விதிப்படி, இந்த அதிகரிக்கப்பட்ட அழுத்தம் அனைத்து திசைகளிலும் மதிப்பு குறையாமல் பரப்பப்படுகிறது. எனவே பிஸ்டன் B - இன் மீது ஒரு அழுத்தம் செலுத்தப்படுகிறது. பிஸ்டன் B– இன் மீது மேல்நோக்கி விசை

$$F_2 = P \times A_2 = \frac{F_1}{A_1} \times A_2 \Rightarrow F_2 = \frac{A_2}{A_1} \times F_1$$

எனவே சிறிய பிஸ்டன் A - இன் மீது உள்ள விசையை மாற்றுவதன் மூலம் பிஸ்டன் B– இன் மீதுள்ள விசையானது $\frac{A_2}{A_1}$ என்ற காரணியின் அளவுக்கு உயர்த்தப்படுகிறது. இந்த காரணி நீரியல் தூக்கியின் இயந்திர இலாபம் எனப்படும்.

ஒரு நீரியல் தூக்கியின் இரு பிஸ்டன்கள் 60 cm மற்றும் 5 cm விட்டங்களைக் கொண்டுள்ளன. சிறிய பிஸ்டன் மீது 50 N விசை செலுத்தப்பட்டால் பெரிய பிஸ்டன் செலுத்தும் விசை யாது?
தீர்வு:
பிஸ்டன்களின் விட்டங்கள கொடுக்கப்பட்டுள்ளதால் பிஸ்டனின் ஆரங்களைக் கணக்கிடலாம்.

$$r = \frac{D}{2}$$

சிறிய பிஸ்டனின் பரப்பு $A_1 = \pi\left(\frac{5}{2}\right)^2 = \pi(2.5)^2$

பெரிய பிஸ்டனின் பரப்பு, $A_2 = \pi\left(\frac{60}{2}\right)^2 = \pi(30)^2$

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} \times F_1 = (50N) \times \left(\frac{30}{2.5}\right)^2 = 7200N$$

50 N விசையை செலுத்தி 7200 N விசையைப் பெறலாம். மேலும் அந்த அளவு பளுவை உயர்த்தலாம்.

மிதக்கும்தன்மை (Buoyancy):
ஒரு பொருளானது ஒரு பாய்மத்தில் பகுதியாகவோ அல்லது முழுவதுமாகவோ மூழ்கியிருந்தால் அது ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு பாய்மத்தை இடம்பெயரச் செய்கிறது. இடம்பெயர்ந்த பாய்மம் பொருளின் மீது மேல்நோக்கிய விசையைச் செலுத்துகிறது. ஒரு பாய்மத்தில் மூழ்கியுள்ள ஒரு பொருளின் எடையை எதிர்க்கும் பாய்மத்தினால் உருவாக்கப்படும் மேல்நோக்கிய விசை மிதப்புவிசை எனப்படும். இந்நிகழ்வு மிதக்கும் தன்மை எனப்படும்.

ஆர்க்கிமிடிஸ் கொள்கை:

இதன் கூற்றானது, பொருளொன்று ஒரு பாய்மத்தில் பகுதியாகவோ அல்லது முழுவதுமாகவோ மூழ்கியிருந்தால் அது இடம்பெயரச் செய்த பாய்மத்தின் எடைக்கு சமமான மேல்நோக்கிய உந்து விசையை அது உணர்கிறது மற்றும் உந்து விசையானது இடம் பெயர்ந்த திரவ ஈர்ப்பு மையம் வழியாக செயல்படுகிறது.
உந்து விசை அல்லது மிதப்பு விசை = இடம் பெயர்ந்த திரவத்தின் எடை

மிதத்தல் விதி (Law of Floatation):

படகுகள், கப்பல்கள் மற்றும் சில மரப்பொருள்கள் நீரின் மேற்பகுதியில் இயங்குவது நன்கு அறிந்த ஒன்றாகும். அவை மிதக்கிறது எனலாம். பாய்மத்தின் மேல் மட்டங்களுக்கு உயர்கிறநிற்கும் ஒரு பொருளின் தன்மை மிதத்தல் என வரையறுக்கப்படுகிறது. “பொருளின் மூழ்கிய பகுதி இடம்பெயரச்செய்த திரவத்தின் எடை, பொருளின் எடைக்கு சமமானால் அந்தப் பொருள் அத்திரவத்தில் மிதக்கும்” என்பது மிதத்தல் விதியாகும்.

உதாரணமாக,300 kg எடையுள்ள (ஏறத்தாழ 3000 N) ஒரு மரத்தாலான பொருள் நீரில் மிதக்கும் போது 300 kg (ஏறத்தாழ 3000 N) நீரை இடம்பெயரச் செய்கிறது.

ஒரு பொருள் மிதந்தால் இடம்பெயர்ந்த பாய்மத்தின் பருமன் மூழ்கிய பொருளின் பருமனுக்கு சமமாக உள்ளது, மற்றும் மூழ்கிய பொருளின் பருமனின் சதவீதம் பொருளின் அது மிதக்கும் பாய்மத்தின் அடர்தியைப் பொருத்த ஒப்படர்த்திக்க சமமாகும். உதாரணமாக $0.9\ gcm^{-3}$ அடர்த்தி கொண்ட ஒரு பனிக்கட்டி $1.0gm^{-3}$ அடர்த்தி கொண்ட தூய நீரில் மிதந்தால், நீரில் மூழ்கிய பொருளின் பருமனின் சதவீதமானது
மாறாக, அதே பனிக்கட்டி $1.3\ gcm^{-3}$, அடர்த்தி கொண்ட கடல் நீரில் மிதந்தால், கடல் நீரில் மூழ்கிய பொருளின் பருமனின் சதவீதமானது $\frac{0.9gcm^{-3}}{1.3gcm^{-3}} \times 100\% = 69.23\%$ மட்டுமே.

எடுத்துக்காட்டு
ஒரு மரத்தாலான கன சதுரம் நீரில் 300 g நிறையை அதன் மேற்பகுதியின் மையத்தில் தாங்குகிறது. நிறையானது நீக்கப்பட்டால், கன சதுரம் 3 cm உயருகிறது. கனசதுரத்தின் பருமனைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:
கனசதுரத்தின் ஒவ்வொரு பக்கமும் l என்க. 3 cm ஆழத்திற்கு கனசதுரம் நிரப்பும் பருமன்

$$V = (3cm) \times P = 3P\ cm^3$$

மிதத்தல் விதிப்படி

$$V\rho g = mg \Rightarrow V\rho = m$$

$$\Rightarrow (3P\times10^{-2}m)\times(1000kgm^{-3}) = 300\times10^{-3}kg$$

$$l^2 = \frac{300\times10^{-3}}{3\times10^{-2}\times1000}m^2 \Rightarrow l^2 = 100\times10^{-4}m^2$$

$$l = 10\times10^{-2}m = 10cm$$

எனவே கன சதுரத்தின் பருமன் $V = l^3 = 1000\ cm^3$

நீர் மூழ்கிக்கப்பல்கள் அதன் மிதக்கும் தன்மையைக் கட்டுப்படுத்துவதன் மூலம் நீரின் ஆழத்திற்கு மூழ்கலாம் அல்லது உயரே வரலாம். இதனை அடைய, நீர்மூழ்கிக் கப்பல்கள் நீர் அல்லது காற்றினால் நிரப்பக்கூடிய நிலைப்படுத்தும் தொட்டிகளைக் கொண்டுள்ளன. நிலைப்படுத்தும் தொட்டிகள் காற்றினால் நிரப்பப்பட்டால் சுற்றுப்புற நீரைவிட நீர்மூழ்கிக்கப்பலின் மொத்த அடர்த்தியானது குறைந்து அது மேற்பரப்பிற்கு வரும் (நேர் மிதக்கும் தன்மை). காற்றை வெளியேற்றி தொட்டிகளில் நீரை நிரப்பினால் நீர்மூழ்கிக்கப்பலின் மொத்த அடர்த்தி சுற்றுப்புற நீரைவிட அதிகமாகி கப்பல் மூழ்கும் (எதிர் மிதக்கும் தன்மை). நீர்மூழ்கிக் கப்பலை எந்த ஒரு ஆழத்திலும் நிலைநிறுத்த, தொட்டிகள் காற்று மற்றும் நீரால் நிரப்பப்படுகின்றன (நடுநிலை மிதக்கும் தன்மை)

மிதக்கும் பொருள்களுக்கு எடுத்துக்காட்டுகள்:

1. ஒருவர் ஆற்றுநீரைவிட கடல் நீரில் மிக எளிதாக நீந்தலாம்.
2. பனிக்கட்டி நீரில் மிதக்கிறது.
3. கப்பல் எ∴கினால் உருவாக்கப்படுகிறது. ஆனால் அதன் உப்பகுதியில் குழிவு ஏற்படுத்தப்படுவதால் மிதக்கச் செய்யப்படுகிறது.

பாகுநிலை (Viscosity):

அறிமுகம்:
ஒய்வில் உள்ள பாய்மங்களின் தன்மை குறித்து விவாதிக்கப்பட்டது. மாறுபட்ட பண்புகளில் பாய்ம இயக்கத்தின் தாக்கத்தை மேலும் விவாதிப்பதன் மூலம் வெளிக்கொணரலாம். ஒரு பாய்மத்தின் இயக்கம் சிக்கலான நிகழ்வாகும். ஏனென்றால் அதுநிலை, இயக்க மற்றும் ஈர்ப்பு ஆற்றலைக் கொண்டு உராய்வை ஏற்படுத்தி பாகியல் விசைகளைத் தோற்றுவிக்கிறது. எனவே விவாதத்தை எளிமையாக்க ஒரு இலட்சிய திரவத்தின் நேர்வைக் கருதலாம். ஒரு இலட்சிய திரவத்தின் நேர்வைக் கருதலாம். ஒரு இலட்சிய திரவமானது அமுக்க இயலாதது (அதாவது பருமக்குணகம் முடிவிலி) மற்றும் அதனுள் சறுக்குப்பெயர்ச்சி விசைகள் இருக்காது (அதாவது பாகியல் எண் சுழி)

பெரும்பாலான பாய்மங்கள் இயக்கத்தை எதிர்க்கின்றன. ஒரு பாய்மம் ஒரு திண்மத்தைச் திரவமானது அமுக்க இயலாதது (அதாவது பருமக்குணகம் முடிவிலி) மற்றும் அதனுள் சறுக்குப் பெயர்ச்சி விசைகள் இருக்காது (அதாவது பாகியல் எண் சுழி) பெரும்பாலான பாய்மங்கள் இயக்கத்தை எதிர்க்கின்றன. ஒரு பாய்மம் ஒரு திண்மத்தைச் சார்ந்து இயங்கினால் அல்லது இரு பாய்மங்கள் ஒன்றுக்கொன்று சார்பு இயக்கத்தைக் கொண்டிருந்தால் நிலையான பரப்பில் ஒரு உராய்வு விசை செயல்படுகிறது. இந்த பாய்ம இயக்கத்தின் எதிர்ப்பானது ஒரு திண்மப் பொருள் ஒரு பரப்பில் இயங்கும் போது உருவாகும் உராய்வு விசையைப் போன்றது ஆகும். இயங்கும் பாய்ம ஏடுகளுக்கு இடையே தோன்றும் அக உராய்வு பாகுநிலை ஆகும். எனவே பாகுநிலையானது ஒரு பாய்மத்தின் ஏடுகளுக்கிடையே உள்ள சார்பு இயக்கத்தை எதிர்க்கும் பாய்மத்தின் பண்பு பாகுநிலை என வரையறுக்கப்படுகிறது.

பாகு நிலைக்கான காரணம்:

அருகில் அமைந்துள்ள இரு ஏடுகளைக் கொண்ட ஒரு திரவம் ஒரு கிடைமட்ட பரப்பில் பாய்வதாகக் கொள்க. மேல் ஏடானது கீழ் ஏட்டை முடுக்க முற்படும். அதைத் தொடர்ந்து கீழ் ஏடு மேல் ஏட்டை

தடுக்க முற்படும். இதன் விளைவாக ஒரு பின்னோக்கிய தொடுவரை விசை தோன்றுகிறது. இது சார்பு இயக்கத்தைக் குலைக்கும். இதுவே பாய்மங்களின் பாகியல் தன்மைக்கான காரணமாகும்.

பாகியல் எண் (Coefficient of viscosity):

ஒரு நிலையான கிடைமட்ட ஏட்டின் மீது ஒரு திரவம் சீராகப் பாய்வதாகக் கொள்க ஒரு நிலையான ஏட்டில் இருந்து தொலைவாகச் சென்றால் ஏடுகளின் வேகங்கள் சீராக அதிகரிக்கிறது. A மற்றும் B என்ற இரு இணையான ஏடுகளைக் கருதுக. நிலையான ஏட்டிலிருந்து x மற்றும் x + dx தொலைவில் அருகாமையில் உள்ள ஏடுகளின் திசைவேகங்கள் முறையே v மற்றும் v + dv எனக் கொள்க.

இரு ஏடுகளுக்கிடையே தொடுவரைத் திசையில் செயல்படும் பாகுநிலை விசை F ஆனது நியூட்டன் முதல் விதியின் மூலம் அறியப்படுகிறது. இந்த விசையானது

i. திரவத்தின் பரப்பு A மற்றும்

ii. திசைவேகச் சரிவு $\frac{dv}{dx}$ ஆகியவற்றிற்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது.

$$F \propto A \text{ மற்றும் } F \propto \frac{dv}{dx}$$

$$\Rightarrow F = -\eta A \frac{dv}{dx}$$

இங்கு விகித மாறிலி η திரவத்தின் பாகியல் எண் எனப்படும். எதிர்க்குறியானது விசை உராய்வுத் தன்மை கொண்டது மற்றும் அது சார்பு இயக்கத்தை எதிர்க்கிறது என்பதைக் குறிக்கிறது. பாகியல் எண்ணின் பரிமாணம்
$[ML^{-1}T^{-1}]$ஆகும்.

பாகுநிலையானது உராய்வைப் போன்றதாகும். பொருளின் இயக்க ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக வெளிப்படுகிறது.

$2.5 \times 10^{-4} m^2$ பரப்புள்ள ஒரு உலோகத்தட்டு 0.25×10^{-3}m தடிமமான விளக்கெண்ணெய் ஏட்டின்மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. தட்டை $3 \times 10^{-2} ms^{-1}$, திசைவேகத்தில் நகர்த்த 2.5 N விசை தேவைப்பட்டால், விளக்கெண்ணெயின் பாகியல் எண்ணைக் கணக்கிடுக. கொடுக்கப்பட்டவை.

$A = 2.5 \times 10^{-4}\ m^2$, $dx = 0.25 \times 10^{-3} m$,

$F = 2.5$ N and $dv = 3 \times 10^{-2}\ ms^{-1}$

தீர்வு

$$F = \eta A \frac{dv}{dx}$$

எண் மதிப்பில், $\eta = \frac{F}{A}\frac{dx}{dv}$

$$= \frac{(2.5N)}{(2.5\times10^{-4}m^2)}\frac{(0.25\times10^{-3}m)}{(3\times10^{-2}ms^{-1})}$$

$= 0.083 \times 10^3\ Nm^{-2}s$

வரிச்சீர் ஓட்டம் (Streamlined flow):

பாய்மங்களின் ஓட்டம் மாறுபட்ட வகைகளில் உள்ளன அது சீரான அல்லது வரிச்சீர் ஓட்டம், சீரற்ற அல்லது சுழற்சி ஓட்டம், அமுக்க இயலுமட் அல்லது அமுக்க இயலாத ஓட்டம், பாகியல் ஓட்டம் அல்லது பாகியலற்ற ஓட்டமாக இருக்கலாம். உதாரணமாக, ஒரு ஆற்றில் அமைதியாகச் செல்லும் நீரின் ஓட்டத்தைக் கருதுக. உற்று நோக்கினால் ஆற்றின் வெவ்வேறு இடங்களில் நீரின் திசைவேகம் மாறுபட்டுள்ளதை அறியலாம். அது ஆற்றின் நடுப்பகுதியில் வேகமானதாகவும், அதன் கரையோரங்களில் மெதுவானதாகவும் உள்ளது. எனினும் எந்த ஒரு புள்ளியிலும் நீர்மத்துகளின் திசைவேகம் மாறிலி ஆகும். புரிதலுக்காக, ஆற்றில் நடுப்பகுதியில் துகளின் திசைவேகம் வினாடிக்கு 4

மீட்டர் இருப்பதாகக் கருதுக. எனவே இந்தப் புள்ளியைக் கடக்கும் அனைத்துத் துகள்களின் திசைவேகங்களும் அதே மதிப்பைப் பெறும். இதுபோன்றே, கரையோரத்தில் பாயும் நீர்மத்துகளின் திசைவேகம் வினாடிக்கு 0.5 மீட்டர் எனில் அதனைப் பின் தொடரும் அனைத்து நீர்மத்துகள்களின் திசைவேகங்களும் அதே மதிப்பைப் பெறும்.

ஒரு திரவ ஓட்டத்தில், ஒரு புள்ளியின் வழியே செல்லும் ஒவ்வொரு திரவத்துகளும் அதற்கு முன்னர் சென்ற துகள்களின் பாதையிலேயே அதே திசைவேகத்தில் இயங்கினால் அந்த திரவ ஓட்டமானது வரிச்சீர் ஓட்டம் எனப்படும். இதனை சீரான ஓட்டம் அல்லது அடுக்குமுறை ஓட்டம் (Laminar flow)எனவும் குறிப்பிடலாம். இயங்கும் பாயமத்துகள் மேற்கொள்ளும் வளைவானபாதை வரிச்சீர் எனப்படுகிறது. எந்த ஒரு புள்ளியிலும் அதன் தொடுகோடானது அந்தப்புள்ளியில் பாய்ம ஓட்டத்தின் திசையைக் கொடுக்கிறது. இதனை இவ்வாறு அழைப்பதற்குக் காரணம் இது ஒரு நீர் ஓடை அல்லது இலட்சிய நிலையில் உள்ள ஆற்லைப் போன்று உள்ளதே ஆகும்.

நீர்ம ஓட்டத்தின் திசைக்கு செங்குத்தான எந்த ஒரு குறுக்குவெட்டு பரப்பிலும் ஒரே திசைவேகத்தைக் கொண்ட சீரான வரிக் கற்றையைக் கருதினால் அந்த கற்றை கழாய் வடிவ ஓட்டம் (tube of flow) எனப்படும். குழாய் வடிவ ஓட்டத்தில் உள்ள எந்த ஒரு நீர்மத்துகளும் அதன் இயக்கம் முழுவதற்கும் குழாயினுள்ளேயே எப்போதும் இருக்கும் மற்றும் மற்ற குழாய் திரவத்துடன் கலக்காது என்பதை முக்கியமாக கவனிக்க வேண்டும். குழாய் வடிவ ஓட்டத்தின் அச்சு எப்போதும் வரிச்சீர் ஒட்டத்தைத் தரும். வரிச்சீர் ஒட்டங்கள் எப்போதும் பாய்மத்துகள்களின் இயக்கப் பாதைகளைக் குறிக்கின்றன. பாய்மத்தின் ஓட்டம் மாறுநிலைத் திசைவேகம் எனப்படும் ஒரு குறிப்பிட்ட திசைவேகம் வரை வரிச்சீராக உள்ளது. இதன் பொருள், மாறுநிலைத் திசைவேகத்திற்குக் குறைவான வேகத்தில் பாயும்போது வரிச்சீர் ஓட்டத்தைப் பெறலாம்.

சுழற்சி ஓட்டம் (Turbulent flow):

இயங்கும் பாய்மத்தின் வேகம் மாறுநிலைத் திசைவேகத்தை (V_c) விட அதிகமானால் இயக்கமானது சுழற்சி ஓட்டமாகிறது. இந்நேர்வில் ஒவ்வொரு துகளிலும் திசைவேகமானது எண்மதிப்பிலும், திசையிலும் மாறுவதால் தனிப்பட்ட துகள்கள் வரிச்சீர் ஓட்டத்தில் இயங்காது. எனவே சுழற்சி ஓட்டத்தில் துகள்களின் பாதை ஒழுங்கற்றதாக மாறி சுழல் ஓட்டம் அல்லது சுழல் எனப்படும் வட்டங்களில் இயங்கும். (அ) மற்றும் (ஆ) ஒரு படகின் அல்லது கப்பலின் பின்புறமுள்ள நீரின் ஒட்டம் மற்றும் ஆகியவை சுழற்சி ஓட்டத்திற்குச் சில எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும். இரு வகையான இயக்கத்தின் வேறுபாட்டினை ஒரு அகன்ற குழாயில் பாயும் நீரினுள் அதன் அச்சின் வழியே ஒரு துளை மூலம் மையை செலுத்துவன் மூலம் எளிதாக விளக்கலாம். பாய்மத்தின் திசைவேம் குறைவாக உள்ளபோது மை நேர்க்கோட்டுப் பாதையில் செல்லும். மாறாக திசைவேகமானது ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பைவிட அதிமானால் மையானத பரவி ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தைக் காட்டும். எனவே இயக்கமானது சுழற்சி ஓட்டமாக மாறுகிறது. வளைந்து நெளிந்து செல்லும் இயக்கத்தினால் சுழல் ஒட்டம் உருவாகி அதன் விளைவாக அதிக ஆற்றல் அழிக்கப்படுகிறது.

ரெனால்டு எண்:

ஒரு பாய்மத்தின் ஓட்டம் அதன் திசைவேகம் மாறுநிலைத் திவைவேகத்தை (V_c) விட குறைவாக இருப்பின் சீரான அல்லது அடுக்குமுறை ஓட்டமாக உள்ளது. இல்லையெனில் ஓட்டம் சுழற்சி ஓட்டமாக மாறுகிறது என்பதை நாம் அறிந்து கொண்டோம். ஆஸ்போர்ன் ரெனால்டு (1842 – 1912) என்பவர் பாய்ம ஓட்டத்தின் தன்மையை அது வரிச்சீர் அல்லது சுழற்சி ஓட்டம் என அறிந்து கொள்ள ஒரு சமன்பாட்டை வடிவமைத்தார்.

$$R_c = \frac{\rho v D}{\mu}$$

ரெனால்டு எண் எனப்படும் இது ஒரு பரிமாணமற்ற எண் ஆகும். இது R_c அல்லது K என்ற குறியீட்டால் குறிப்பிடப்படுகிறது. சமன்பாட்டில் ρஎன்பது பாய்மத்தின் அடர்த்தி,v என்பது இயங்கும் பாய்மத்தின் திசைவேகம்,D என்பது பாய்மம் செல்லும் குழாயின் விட்டம் மற்றும் η என்பது பாகியல் எண் ஆகியவற்றைக் குறிக்கின்றன. எந்த அலகு முறையிலும் R_c ஒரே மதிப்பைக் கொண்டிருக்கும்.

திரவத்தின் ஓட்டத்தை புரிந்து கொள்ள, ரெனால்டு Rc மதிப்பை கீழ்க்கண்டவாறு கண்றிந்தார்.

வ.எண்	ரெனால்டு எண்	ஓட்டம்

1.	$R_c < 1000$	வரிச்சீர் ஓட்டம்
2.	$1000 < R_c$ 2000	சீரற்ற ஓட்டம்
3.	$R_c > 2000$	சுழற்சி ஓட்டம்

எனவே ரெனால்டு எண் R_c என்பது ஒரு உருளை வடிவ குழாயின் வழியே செல்லும் பாய்மத்தின் ஓட்டம் வரிச்சீர் ஓட்டமா அல்லது சுழற்சி ஓட்டமா என முடிவு செய்யக்கூடிய ஒரு முக்கியமான மாறி ஆகும். உண்மையில், சுழற்சி ஓட்டம் தொடங்கும் R_c இன் மாறுநிலை மதிப்பு வடிவியலாக ஒரே மாதிரியுள்ள ஒடடங்களுக்கு சமமான மதிப்பைக் கொண்டுள்ளது. உதாரணமாக மாறுபட்ட அடர்த்திகள் மற்றும் பாகியல் எண்கள் மதிப்புள்ள இரு திரவங்கள் (எண்ணெய் மற்றும் நீர்) சம வடிவம் மற்றும் அளவுகளைக் கொண்ட இரு குழாய்கள் வழியே சென்றால், ஒரே R_c மதிப்பில் சழற்சி ஓட்டம் தொடங்குகிறது. மேற்கண்ட கருத்திலிருந்து ஒற்றுமை விதியைப் பெறலாம். அதன் கூற்றானது, இரு வடிவியல் ரீதியாக ஒரே மாதிரியான பாய்ம ஒட்டங்கள் இருந்தால் அவை இரண்டும் ஒரே ரெனால்டு எண்ணைக் கொண்டிருக்கும் வரை அடிப்படையில் ஒன்றுக்கொன்று சமமானதாகும். தொழில்நுட்ப பயன்பாடுகளில் ஒற்றுமை விதி முக்கிய பங்காற்றுகிறது. கப்பல்கள், நீர்மூழ்கி கப்பல்கள், பந்தயக்காரர்கள் மற்றும் விமானங்களின் வடிவங்கள் அவற்றின் வேகம் பெரும மதிப்பைப் பெறும் வகையில் வடிவமைக்கப்படுகின்றன.

முற்றுத்திசைவேகம் (Terminal Velocity):

முற்றுத்திசைவேகத்தைப் புரிந்துகொள்ள, ஒரு அதிக பாகுநிலை கொண்ட நீண்ட பாய்மத்தம்பத்தில் ஒரு சிறிய உலோகக் கோளம் ஓய்வு நிலையிலிருந்து தானே விழுவதாகக்கருதுக. கோளத்தின் மீது

1. செங்குத்தாக கீழ்நோக்கி செயல்படும் கோளத்தின் மீதான புவியீர்ப்பு விசை
2. மிதக்கும் தன்மை காரணமாக மேல்நோக்கி உந்து விசை U மற்றும்
3. மேல்நோக்கி செயல்படும் பாகியல் விசை (பாகியல் விசை எப்போதும் கோளத்தின் இயக்கத்திற்கு எதிர்திசையில் செயல்படும்) ஆகிய விசைகள் செயல்படுகின்றன.

தொடக்கத்தில் மேல்நோக்கி விசையானது, கீழ்நோக்கி விசையை விட குறைவாக உள்ளதால் கோளம் கீழ்நோக்கிய திசையில் முடுக்கமடைகிறது. கோளத்தின் திசைவேகம் அதிகரித்தால் பாகியல் விசையும் அதிகரிக்கிறது. ஒரு கட்டத்தில் கீழ்நோக்கிய நிகர விசை மேல்நோக்கிய விசையை சமன்படுத்துவதால் கோளத்தின் மீதான தொகுபயன் விசை சுழியாகிறது. கோளம் தற்போது மாறா திசைவேகத்துடன் இயங்குகிறது.

ஒரு பாகுநிலை ஊடகத்தின் வழியே தானே விழும் ஒரு பொருளானது அடையும் பெரும் மாறா திசைவேகம் முற்றுத்திசைவேகம் (V_T) எனப்படும். திசைவேகத்தை Y– அச்சலும் காலத்தை X அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரையப்பட்டுள்ளது.

கோளகமானது தொடக்கத்தில் முடுக்கமடைகிறது மற்றும் சிறிது நேரத்தில் அது மாறா மதிப்புள்ள முற்றுத்திசைவேகத்தை (V_T) அடைகிறது என வரைபடத்திலிருந்து தெளிவாகிறது.

முற்றுத்திசை வேகத்திற்கான கோவை:

η பாகியல் எண் கொண்ட அதிக பாகுநிலையுள்ள திரவத்தின் வழியே r ஆரமுள்ள கோளம் ஒன்று விழுவதாகக் கருதுக. கோளப்பொருளின் அடர்த்தி ρஎனவும் பாய்மத்தின் அடர்த்தி σஎனவும் கொள்க.

கோளத்தின் மீது செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை

$FG = mg = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g$ (கீழ்நோக்கிய விசை)

மேல்நோக்கிய உந்து விசை $U = \frac{4}{3}\pi r^3 \sigma g$ (மேல்நோக்கிய விசை)

v_tமுற்றுத்திசைவேகத்தில் பாகியல் விசை

$$F = 6\pi\eta r v_t$$

(கீழ்நோக்கிய விசை)

தற்போது, கீழ்நோக்கிய நிகர விசை மேல்நோக்கிய விசைக்கு சமமாகும்.

$$FG-U=F \Rightarrow \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - \frac{4}{3}\pi r^3 \sigma g = 6\pi\eta r v_t$$

$$v_t = \frac{2}{9} \times \frac{r^2(\rho-\sigma)}{\eta} g \Rightarrow v_t \propto r^2$$

இங்கு கவனிக்க வேண்டியது, கோளத்தின் முற்றுத் திசைவேகம் அதன் ஆரத்தின் இருமடிக்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது. ρஐ σவிட அதிகமெனில்,(ρ – σ)ஆனது எதிர்க்குறி மதிப்பைப் பெறுவதால் முற்றுத்திசைவேகம் எதிர்க்குறியாகிறது. அதனால் தான் நீர் அல்லது எந்த திரவத்தின் வழியாகவும் காற்றுக்குமிழிகள் மேல்நோக்கி எழுகிறது. வானத்தில் மேகங்கள் மேல்நோக்கிய திசையில் நகருவதற்கும் இதுவே காரணமாகும்.

ஸ்டோக் விதி மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள்:
பாகுநிலை ஊடகத்தின் வழியே ஒருபொருள் வீழ்ந்தால் அதனுடன் உடனடியாக தொடுதலில் உள்ள பாய்ம ஏட்டை அது இழுக்கும். இது திரவத்தின் வெவ்வேறு ஏடுகளுக்கு இடையே சார்பு இயக்கத்தை உருவாக்குகிறது. ஸ்டோக் வெவ்வேறு பாய்மங்களில் சிறிய கோளப்பொருள்களின் இயக்கத்திற்கான பல சோதனைகள் செய்து,r ஆரமுள்ள கோளப்பொருளின் மீது செயல்படும் பாகியல் விசை F ஆனது.

1. கோளத்தின் ஆரம் (r)
2. கோளத்தின் திசைவேகம் (v) மற்றும்
3. திரவத்தின் பாகியல் எண் η

ஆகியவற்றைச் சார்ந்தது என்ற முடிவைப் பெற்றார்.

எனவே $F \propto \eta^x r^y v^z \Rightarrow F = k\eta^x r^y v^z$, இங்கு k என்பது ஒரு பரிமாணமற்ற மாறிலி

பரிமாணங்களைப் பயன்படுத்தி, மேற்கொண்ட சமன்பாட்டை இவ்வாறு எழுதலாம்.

$$[MLT^{-2}] = k[ML^{-1}T^{-1}]^x \times [L]^y \times [LT^{-1}]^2$$

தீர்வு காண,x = 1, y = 1 மற்றும் z = 1 எனவே F = kη rv

சோதனை மூலம் $k = 6\pi$ என ஸ்டோக் கண்டறிந்தார்.

$$F = 6\pi\eta rv$$

இந்த தொடர்பு ஸ்டோக் விதி எனப்படும்.

ஸ்டோக் விதியின் செயல்முறைப் பயன்பாடுகள்:
மழைத்துளிகள் அளவில் சிறியதாகவும், அதன் முற்றுத்திசைவேகங்கள் குறைவாகவும் உள்ளதால் அவை மேக வடிவில் காற்றில் மிதக்கின்றன. அவை அளவில் பெரிதாகும்போது அவற்றின் முற்றுத்திசைவேகங்கள் அதிகரித்து மழையாக கீழே விழுகின்றன

இந்த விதி கீழ்க்காண்பவற்றை விளக்குகிறது.
1. மேகங்களின் மிதத்தல்
2. சிறிய மழைத்துளிகளைவிட பெரிய மழைத்துளிகள் நம்மை அதிகமாக தாக்குகின்றன.
3. பாராசூட் உதவியுடன் கீழிறங்கும் ஒருவர் மாறா முற்றுத்திசைவேகத்தை பெறுகின்றார்.

பாய்சொய் சமன்பாடு (Poiseuille's equation):
ப்வாய் சொய் ஒரு நுண்குழாய் வழியே திரவத்தின் சீரான ஓட்டத்தை பகுப்பாய்வு செய்தார். அவர் நுண்குழாய் வழியாக ஒரு நொடியில் பாயும் திரவத்தின் பருமனுக்கான சமன்பாட்டைக் தருவித்தார்.

அவரது கருத்தின்படி சமன்பாட்டைத் தருவிக்க கீழ்க்காணும் நிபந்தனைகளைக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும்.

- குழாயின் வழியே திரவத்தின் ஓட்டம் வரிச்சீர் ஓட்டமாக இருக்க வேண்டும்.
- குழாய் கிடைமட்டமாக புவிஈர்ப்புவிசை நீர்ம ஓட்டத்தைப் பாதிக்காதவாறு இருக்க வேண்டும்.
- குழாயின் சுவரைத் தொடும் நீர்ம ஏடு ஓய்வில் இருக்க வேண்டும்.
- குழாயின் எந்த குறுக்குப்பரப்பிலும் அழுத்தம் சீராக இருக்க வேண்டும்.

பரிமாணப்பகுப்பாய்வை பயன்படுத்தி நாம் ப்வாய்சொய் சமன்பாட்டைத் தருவிக்கலாம். கிடைமட்டமாக உள்ள நுண் குழாயின் வழியே ஒரு திரவம் சீராக பாய்வதாகக் கருதுக. நுண் குழாயிலிருந்து ஒரு நொடியில் வெளியேறும் திரவத்தின் பருமன் $v = \left(\frac{V}{t}\right)$ எனக் கொள்க. அது

1. திரவத்தின் பாகியல் எண் (η)
2. குழாயின் ஆரம் (r) மற்றும்
3. அழுத்தச்சரிவு $\left(\frac{P}{l}\right)$ ஆகியவற்றைச் சார்ந்தது

இங்கு k என்பது ஒரு பரிமாணமற்ற மாறிலி
எனவே

$$v \propto \eta^a r^b \left(\frac{P}{l}\right)^c$$

$$v = k\eta^a r^b \left(\frac{P}{l}\right)^c$$

மற்றும்

$$[v] = \frac{\text{பருமன்}}{\text{நேரம்}} = [L^3T^{-1}], \left(\frac{dP}{dx}\right) = \frac{\text{அழுத்தம்}}{\text{தொலைவு}}$$

$$[ML^{-2}T^{-2}], [\eta] = [ML^{-1}T^{-1}] \text{ மற்றும் } [r] = [L]$$

சமன்பாடு இல் பிரதியிட

$$[L^3T^{-1}] = [ML^{-1}T^{-1}]^a [L]^b [ML^{-2}T^{-2}]c$$

$$M^0 L^3 T^{-1} = M^{a+c} L^{-a+b-2c} T^{-a-2c}$$

எனவே M, L, மற்றும் T இன் அடுக்குகளை இருபுறமும் சமப்படுத்த

a + c = 0, -a + b – 2c = 3, மற்றும் -a – 2c = -1

a, b மற்றும் c ஆகிய தெரியாத மதிப்புகள் உள்ளன. மூன்று சமன்பாடுகளைத் தீர்வு காண நாம் பெறுவது

a = -1, b = 4, மற்றும் c = 1

எனவே சமன்பாடு ஆனது,

$$v = k\eta^{-1} r^4 \left(\frac{P}{l}\right)^1$$

சோதனை மூலம் K - இன் மதிப்பு $\frac{\pi}{8}$, என காணப்பட்டது. எனவே,

$$v = \frac{\pi r^4 P}{8\eta l}$$

மேற்கண்ட சமன்பாடு குறுகிய குழாய் அல்லது நுண்குழாய் வழியே செல்லும் நீர்ம ஓட்டத்திற்கே பொருந்தும். இச்சமன்பாடு ப்வாய்சொய் சமன்பாடு எனப்படும். இந்த தொடர்பானது மாறுநிலைத் திசைவேகத்தை (V_c) விட குறைவான திசைவேகம் கொண்ட பாய்மங்களுக்கு நன்கு பொருந்துகின்றது.

பாகுநிலையின் பயன்பாடுகள்

பாகுநிலையின் முக்கியத்துவத்தை கீழ்க்காணும் உதாரணங்களில் இருந்து புரிந்து கொள்ளலாம்.

1. கனரக இயந்திரங்களின் பாகங்களில் உயவியாகப் பயன்படும் எண்ணெய் அதிக பாகியல் எண்ணைக் கொண்டிருக்க வேண்டும். பொருத்தமான உயவியைத் தேர்வு செய்ய அதன் பாகுநிலையையும், அது வெப்பநிலையைப் பொறுத்து எவ்வாறு மாறுபாடுகிறது என்பதையும் அறிந்திருக்க வேண்டும்.

(குறிப்பு: வெப்பநிலை உயர்ந்தால் திரவத்தின் பாகுநிலை குறைகின்றது) மேலும் கார் இயந்திரங்களில் (இலகுரக இயந்திரம்) பயன்படும் குறைந்த பாகுநிலையுள்ள எண்ணெய்களைத் தேர்வு செய்யவும் இது உதவுகிறது.

2. சில கருவிகளின் இயக்கத்திற்கு ஈரப்பத்தைக் கொடுக்க அதிக பாகுநிலை கொண்ட திரவம் பயன்படுத்தப்படுகிறது மற்றும் அது நீரியல் தடுப்பிகளில் (Hydraulic brakes) தடுப்பி எண்ணெய்யாக பயன்படுகிறது.

3. தமனிகள் மற்றும் இரத்தக் குழாய்கள் வழியே இரத்த ஓட்டம் நீர்மத்தின் பாகுநிலையைச் சார்ந்தது.
4. ஒரு எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டத்தைக் காண மில்லிகன் எண்ணெய்த் துளி ஆய்வை மேற்கொண்டார். அவர் பாகுநிலை பற்றிய அறிவை மின்னூட்டத்தைக் கணக்கிட பயன்படுத்தினார்.

பரப்பு இழுவிசை

மூலக்கூறுகளுக்கு இடையே உள்ள விசைகள்:

அடர்த்தி, பரப்பு இழுவிசை போன்ற இயற்பண்புகள் காரணமாக வெவ்வெறு திரவங்கள் ஒன்றாகக் கலப்பதில்லை. எடுத்துக்காட்டாக நீரும், மண்ணெண்ணையும் ஒன்றாக கலப்பதில்லை. பாதரசம் கண்ணாடியில் ஒட்டுவதில்லை. ஆனால் நிரானம் கண்ணாடியில் ஒட்டும். நீரானது தண்டுகள் வழியாக இலைகள் வரை மேலேறும். அவை பெரும்பாலும் திரவங்களின் மேற்பரப்புகளுடன் தொடர்பு கொண்டவையாக இருக்கின்றன. திரவங்களுக்கு வரையறுக்கப்பட்ட பருமன் உண்டு. எனவே அவற்றை கொள்கலனில் ஊற்றும்போது அவை தகைவற்ற மேற்பரப்பைப் பெறுகின்றன. எனவே மேற்பரப்பானது கூடுதலாக ஆற்றலைப் பெறுகிறது. இது மேற்பரப்பு ஆற்றல் எனப்படுகிறது. மேற்கண்ட நிகழ்வுக்கு காரணம் பரப்பு இழுவிசை என்ற பண்பாகும். லாப்லஸ் மற்றும் காஸ் என்ற அறிஞர்கள் பரப்பு இழுவிசை மற்றும் வெவ்வேறு சூழ்நிலைகளில் திரவத்தின் இயக்கம் பற்றிய கோட்பாடுகளை உருவாக்கினர்

நீர்ம மூலக்கூறுகள் திடப்பொருளில் உள்ளது போல் இறுகப் பிணைக்கப்பட்டிருப்பதில்லை. எனவே அவை எளிதாக நகருகின்றன. ஒரு திரவத்தில் உள்ள ஒரே வகையான நீர்ம மூலக்கூறுகளுக்கிடையே ஏற்படும் விசையானது ஓரினக்கவர்ச்சி விசை (Cohesive force) எனப்படுகிறது. ஒரு நீர்மமானது திடப்பொருளைத் தொடும்போது திரவ மற்றும் திடப்பொருள் மூலக்கூறுகள் வேறினக் கவர்ச்சி விசை (adhesive force) என்ற கவர்ச்சி விசையைப் பெறுகின்றன.

இவ்வகையான மூலக்கூறுகளுக்கு இடைப்பட்ட விசையானது 10^{-9} (அதாவது 10Å) என்ற குறுந்தொலைவுக்கு மட்டுமே செயல்படும். அனைத்து திசைகளிலும் இவ்வகையான மூலக்கூறிடை விசைகள் செயல்படும் தொலைவானது கவர்ச்சிப்புலம் (Sphere of influence) எனப்படுகிறது. இப்புலத்திற்கு அப்பாலுள்ள விசைகள் புறக்கணிக்கப்படுகின்றன.

ஒரு திரவத்தில் A, B மற்றும் C என்ற மூன்று வேறுபட்ட மூலக்கூறுகளைக் கருதுக. A எனும் மூலக்கூறானது அனைத்து திசைகளிலும் உள்ள எல்லா மூலுக்கூறுகளுடனும் இடைவினை புரிவதால் A உணரும் தொகுபயன் விசை சுழியாகும். B என்ற மூலக்கூறானது, நான்கில் மூன்று பாகம் திரவத்தின் மேற்பரப்புக்குக் கீழேயும், நான்கில் ஒரு பாகம் காற்றிலும் உள்ளன. B க்கு கீழ்பகுதியில் அதிக மூலக்கூறுகள் இருப்பதால் அது கீழ்நோக்கிய தொகுபயன் விசையைப் பெறுகிறது. இதேபோல் C என்ற மூலக்கூறு திரவத்தின் மேற்பரப்பில் உள்ளதால் (அதாவது மேற்பாதி காற்றிலும், கீழ்பாதி திரவத்திலும்) அதிகபட்ச கீழ்நோக்கு விசையைப் பெறுகிறது. ஏனெனில் அதிகமான திரவ மூலக்கூறுகள் கீழ்ப்பகுதியில் உள்ளன. எனவே மூலக்கூறு எல்லைக்குள் உள்ள திரவ மூலக்கூறுகள் அனைத்தும் C மூலக்கூறுடன் இடைவினை புரிந்து கீழ்நோக்கிய விசையை உணர்கிறது என்பது தெளிவாகிறது.

உட்பகுதியினுள் இருக்கும் எந்த மூலக்கூறையும் திரவத்தின் மேற்பரப்புக்குக் கொண்டுவர ஓரினக் கவர்ச்சி விசைக்கு எதிராக வேலை செய்ய வேண்டியுள்ளது. இவ்வேலையானது மூலுக்கூறுகளில் நிலையாற்றலாக சேமிக்கப்படுகிறது. எனவே, திரவ மேற்பரப்பில் உள்ள மூலக்கூறுகள் உட்பகுதியினுள் உள்ள மூலக்கூறுகளை விட அதிக நிலையாற்றலைப்பெற்றுள்ளன. ஆனால் ஒரு அமைப்பு சமநிலையில் இருக்க வேண்டுமாயின் அதன் நிலையாற்றல் (பரப்ப ஆற்றல்) சிறுமமாக இருக்க வேண்டும். எனவே உறுதிச்சமநிலையில் இருக்க திரவமானது சிறும எண்ணிக்கையிலான மூலக்கூறுகளைப் பெற முயலும். வேறு வகையில் கூறவேண்டுமாயின் திரவமானது சிறும

மேற்பரப்பினைப் பெற முயலும். திரவத்தின் இந்த பண்பானது பரப்பு இழுவிசையை உண்டாக்குகின்றது.

பரப்பு இழுவிசைக்கு எடுத்துக்காட்டுகள்:

நீர் பூச்சிகள் (Water bugs) மற்றும் நீர் தாண்டிப்பூச்சிகள் (Water striders) நீரின் மேற்பரப்பில் நடக்கின்றன நீர்ம மூலக்கூறுகள் உள்நோக்கி இழுக்கப்படுவதால் நீரின் மேற்பரப்பானது மீட்சியுள்ள அல்லது இழுத்துக்கட்டப்பட்ட படலத்தைப் போன்று செயல்படுகிறது. இது நீர் பூச்சிகளின் எடையை சமன் செய்து அவை நீரின் மேற்பரப்பில் நடக்க உதவுகிறது. இந்த நிகழ்வை பரப்பு இழுவிசை என அழைக்கின்றோம். வண்ணம் பூசும் தூரிகையின் முடிகள் நீரிலிருந்து வெளியே எடுத்தால் ஒன்றாக ஒட்டிக்கொள்கின்றன. இதன் காரணம் அவற்றில் உருவான நீர் மெல்லேடுகள் ஒரு சிறும பரப்பிற்கு சுருங்க முனைவதாகும்.

நீரின் மேற்பரப்பில் ஊசியானது மிதத்தல்:

உயவு எண்ணெய் தடவப்பட்ட எஃகு ஊசியை ஒரு ஒட்டும் தாள் மீது வைத்து நீரின் மேற்பரப்பில் மெதுவாக வைக்கவும். ஒட்டும் தாள் நீரினுள் விரைவாக மூழ்கும், ஆனால் ஊசியானது மிதந்து கொண்டேயிருக்கும். மிதக்கும் ஊசியானது நீரில் சிறிது தாழ்வை ஏற்படுத்துகிறது. வளைவுப்பரப்பின் பரப்பு இழுவிசையால் விசைகள் F, இல் காட்டியுள்ளவாறு சாய்வாக உள்ளன. இவ்விரு விசைகளின் செங்குத்துக்கூறுகள் ஊசியின் எடையைச் சமன்செய்யும். தற்போது நீரில் சிறிது திரவ சோப்பைக் கலக்கவும். இப்போது ஊசி மூழ்குவதைக் காணலாம்.

ஒரு பிளாஸ்டிக் தாளை எடுத்து அதில் ஒரு சிறு பகுதியை படகு வடிவத்தில் வெட்டி எடுக்கவும் கூர்முனை கொண்ட முன்பகுதியும், வெட்டுப்பகுதி (Notch) கொண்ட பின்பகுதியும் இருப்பது நன்று. வெட்டுப்பகுதியில் சிறுதுண்டு கற்பூரத்தை வைக்கவும். படகை நீரில் மெதுவாக விடுவித்தால், கற்பூரம் கரையும்போது படகானது முன்னோக்கிச் செலுத்தப்படுவதைக் காணலாம். கற்பூரம் கரையும்போது பரப்பு இழுவிசை குறைக்கப்பட்டு வெட்டுப்பகுதிக்கு அருகில் பரப்பு இழுவிசையில் மாறுபாடு உண்டாகிறது. இதனால் படகின் பின்பகுதியில் உள்ள நீர் பின்னோக்கிப் பாய்ந்து படகு முன்னோக்கி இயங்குகிறது.

பரப்பு இழுவிசையை பாதிக்கும் காரணிகள்:

கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசையானது கீழ்கண்ட சூழல்களில் மாறுபடுகிறது.

1. மாசுப்பொருள்கள் கலந்திருப்பது அல்லது கலப்படம் சேர்ந்திருக்கும் அளவைப் பொறுத்து பரப்பு இழுவிசையைப் பாதிக்கிறது.

2. கரை பொருள்கள் கலந்திருப்பதும் பரப்பு இழுவிசையின் மதிப்பைப் பாதிக்கிறது. உதாரணமாக அதிக கரைதிறன் கொண்ட சோடியம் குளோரைடு நீரில் கரைந்துள்ளபோது நீரின் பரப்பு இழுவிசையை அதிகரிக்கிறது. ஆனால் குறைவாகக் கரையும் பினாயில் அல்லது சோப்புக் கரைசலானது நீரில் கலக்கப்படும் போது நீரின் பரப்பு இழு விசையைக் குறைக்கிறது.

3. மின்னூட்டமானது பரப்பு இழுவிசையை பாதிக்கும், ஒரு திரவமானது மின்னூட்டப்படும் போது பரப்பு இழுவிசை குறைகிறது. மின்னூட்டப்படும் போது வெளிப்புற விசை திரவப்பரப்பின் மீது செயல்பட்டு திரவ மேற்பரப்பானது அதிகரிக்கப்பட்டு பரப்பு இழுவிசையின் சுருங்கும் தன்மைக்கு எதிராகச் செயல்படும் எனவே பரப்பு இழுவிசை குறையும்.

4. வெப்பநிலையானது நீர்மத்தின் பரப்ப இழுவிசையை மாற்றுவதில் முக்கிய பங்காற்றுகிறது. வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது பரப்பு இழுவிசை நேர்ப்போக்கில் குறைகிறது. ஒரு சிறிய வெப்பநிலை நெடுக்கத்திற்கு t°C இல் பரப்பு இழுவிசையானது $T_t = T_0 (1 - \alpha t)$ இங்கு T_0 என்பது 0°C வெப்பநிலையில் பரப்பு இழுவிசை மற்றும் α என்பது பரப்பு இழுவிசை வெப்பநிலை எண். மாறுநிலை வெப்பநிலையில் எண். மாறுநிலை வெப்பநிலையில் பரப்பு இழுவிசை சுழி. ஏனெனில் திரவத்திற்கும் வாயுவுக்கும் உள்ள இடைப்பகுதி மறைகிறது. உதாரணமாக நீரின் மாறுநிலை வெப்பநிலை 374°C எனவே, அந்த வெப்பநிலையில் நீரின் பரப்பு இழுவிசை சுழியாகும். வாண்டர்வால் என்பவர் பரப்பு இழுவிசைக்கும் மாறுநிலை வெப்பநிலைக்கும் உள்ள முக்கிய தொடர்பை பரிந்துரைத்தார்.

$$T_t = T_0\left(1 - \frac{t}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}}$$

பொதுமைப்படுத்த

$$T_t = T_0\left(1-\frac{t}{t_c}\right)^n$$

இது மிகச்சரியான மதிப்பைக் கொடுக்கிறது. இங்கு வெவ்வேறு திரவங்களுக்கு n மாறுபடுகிறது. t மற்றும் t_c என்பவை தனிவெப்பநிலையில் (கெல்வின் அளவில்) முறையே வெப்பநிலை மற்றும் மாறுநிலை வெப்பநிலையைக் குறிக்கிறது.

பரப்பு ஆற்றலும் பரப்பு இழுவிசையும்:
பரப்பு ஆற்றல்:

ஒரு கொள்கலனிலுள்ள மாதிரி திரவம் ஒன்றைக் கருதுக. திரவத்தின் உட்பகுதியில் உள்ள மூலக்கூறானது அனைத்து திசைகளிலும் உள்ள மூலக்கூறுகளால் இழுக்கப்படும். திரவ மேற்பரப்பில் உள்ள மூலக்கூறானது அதற்கு கீழே உள்ள பிற மூலக்கூறுகளால் மட்டுமே இழுக்கப்படுவதால் நிகர கீழ் நோக்கிய விசையைப் பெறும். இதன் விளைவாக திரவத்தின் மேற்பரப்பு முழுவதும் உள்நோக்கி இழுக்கப்படும். எனவே திரவ மேற்பரப்பானது சிறும மேற்பரப்பைப் பெற முயலும். மேற்பரப்பினை அதிகரிப்பதற்காக உட்பகுதியில் இருந்து சில மூலக்கூறுகள் மேற்பரப்பிற்கு கொண்டுவரப்படுகின்றன. இதன் காரணமாக, கவர்ச்சி விசைக்கு எதிராக வேலை செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறாக திரவ மேற்பரப்பில் உள்ள மூலக்கூறுகள் மற்ற மூலக்கூறுகளைவிட அதிக நிலையாற்றலைப் பெற்றுள்ளன. இது பரப்பு ஆற்றல் எனப்படும். வேறு விதமாகக்கூற, பரப்பு இழுவிசைக்கு எதிராக திரவத்தின் ஓரலகு பரப்பின் மேற்பரப்பை அதிகரிக்கச் செய்யப்படும் வேலை திரவத்தின் பரப்பு ஆற்றல் என அழைக்கப்படுகிறது.

$$\text{பரப்பு ஆற்றல்} = \frac{\text{மேற்பரப்பை அதிகரிக்கச் செய்யப்படும் வேலை}}{\text{மேற்பரப்பின் அதிகரிப்பு}}$$

$$= \frac{W}{\Delta A}$$

இது Jm^{-2}அல்லது Nm^{-1}என்ற அலகால் குறிக்கப்படுகிறது.

பரப்பு இழுவிசை:
திரவத்தின் ஓரலகு பிரப்பிற்கான ஆற்றல் பரப்பு இழுவிசை என வரையறுக்கப்படுகிது.

$$T = \frac{F}{l}$$

T இன் SI அலகு மற்றும் பரிமாணம் முறையே Nm^{-1}மற்றும் MT^{-2} ஆகும்.

பரப்பு இழுவிசைக்கும் பரப்பு ஆற்றலுக்கும் இடையேயான தொடர்பு:
ABCD என்ற செவ்வகச்சட்டம் சோப்புக் கரைசலினுள் உள்ளதாகக் கருதுக. AB என்பது நகரக்கூடிய கம்பியாகக் கொள்க. பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக சோப்புப் படலமானது AB – ஐ உள்நோக்கி இழுக்கும். பரப்பு இழுவிசையினால் ஏற்பட்ட விசை F மற்றும் AB இன் நீளம் l எனில்

$$F = (2T)l$$

இங்கு 2 என்ற எண் படலத்தின் இரு பரப்புகளைக் குறிக்கிறது. A'B' என்ற புதிய நிலைக்கு AB என்ற கம்பி Δx தொலைவு நகர்த்தப்படுவதாகக் கொள்க. பரப்பு அதிகரிப்பால் பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக உள்நோக்கிய விசைக்கு எதிராக வேலை செய்யப்பட வேண்டும்.
செய்யப்பட்ட வேலை = விசை × தொலைவு

$$= (2Tl)\,(\Delta x)$$

படலத்தின் பரப்பில் அதிகரிப்பு

$$\Delta A = (2l)\,(\Delta x) = 2l\Delta x$$

ஆகையால்

$$\text{பரப்பு ஆற்றல்} = \frac{\text{செய்யப்பட்ட வேலை}}{\text{மேற்பரப்பின் அதிகரிப்பு}}$$

$$\frac{2Tl\Delta x}{2l\Delta x} = T$$

எனவே, ஓரலகுப் பரப்பிற்கான பரப்பு ஆற்றலானது எண்ணளவில் பரப்பு இழுவிசைக்குச் சமமாகும்.

திரவத்துளியானது ஒரே ஒரு மேற்பரப்பை மட்டுமே கொண்டிருக்கும் என்பதை நினைவில் கொள்க. எனவே r ஆரமுள்ள கோள வடிவ திரவத்துளியின் மேற்பரப்பு $4\pi r^2$ஆகும். ஆனால் குமிழியானது மேற்பரப்புகளைக் கொண்டுள்ளதால் கோள வடிவ குமிழியில் மொத்த மேற்பரப்பு $2 \times 4\pi r^2$க்குச் சமமாகும்.

ஒரு சோப்புக்குமிழியின் படலத்தின் பரப்பை $50\ cm^2$ லிருந்து $100\ cm^2$ க்கு அதிகரிக்க செய்யப்பட்ட வேலை 2.4×10^{-4} J எனில் சோப்புக் கரைசலின் பரப்பு இழுவிசையைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

சோப்புக் குமிழியானது ஒரு மேற்பரப்புகளைக் கொண்டிருப்பதால் மேற்பரப்பில் ஏற்பட்ட அதிகரிப்பு

$$\Delta A = A_2 - A_1$$

$$= 2\,(100 - 50) \times 10^{-4} m^2 = 100 \times 10^{-4}\ m^2$$

எனவே செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = T \times \Delta A \Rightarrow T =$$

$$\frac{W}{\Delta A} = \frac{2.4 \times 10^{-4} J}{100 \times 10^{-4} m^2} = 2.4 \times 10^{-2}\ Nm^{-1}$$

சேர்கோணம் (Angle of contact):

நீர்மத்தின் மேற்பரப்பு ஒரு திண்மப்பொருளை தொட்டுக் கொண்டிருந்தால் தொடு புள்ளியில் நீர்மத்தின் பரப்பு சற்று வளைந்திருக்கும். திரவத்தின் மேற்பரப்பு வளைந்திருக்கும் போதெல்லாம் இரு ஊடகங்களுக்கு (திட – திரவ இடைப்பகுதி) இடைப்பட்ட கோணமானது உருவாகிறது.

உதாரணமாக ஒரு கண்ணாடிக் குழாய் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு அதன் பக்கங்கள் நேர்குத்தாக இருக்குமாறு நீரினுள் வைக்கப்பட்டால் நீர், கண்ணாடிக்கழாயினுள் மேல்நோக்கி இழுக்கப்படுவதைக் காணலாம். இதேபோல் நீருக்குப் பதிலாக, கண்ணாடிக் குழாயை பாதரசத்தில் வைத்தால் மேற்பரப்பு வளைந்திருக்கும். ஆனால் இப்போது வளைவானது அமிழிந்து இருக்கும். தொடும் புள்ளியில் திரவ மேற்பரப்பிற்கு வரையப்பட்ட தொடுகோட்டிற்கும் திடப்பொருளின் பரப்பிற்கும் இடைப்பட்ட கோணமானது சேர்கோணம் θஎனப்படும். (கிரேக்க எழுத்தான இதனை "தீட்டா" என வாசிக்கவும்)

இம்மதிப்பானது ஒவ்வொரு திட மற்றும் திரவ சோடிகளின் இடைப்பகுதியைப் பொறுத்து மாறுபடுகிறது. ஒரு திரவமானது திடப்பொருளின் மேல் படர்வதும் அல்லது துளிகளாக உருவாவதும் இம்மதிப்பைப் பொருத்தே அமைகிறது.

தொடும்புள்ளி O- வைப் பொறுத்து திரவ – வாயு, திட – வாயு மற்றும் திட – திரவ இடைப்பகுதிகளைக் கருதுவோம். இடைப்பகுதிகளின் பரப்பு இழுவிசைகள் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளவாறு முறையே T_{la}, T_{sa} மற்றும் T_{sl} ஆகும்.

நீர்மமானது சமநிலையைப் பொறுத்து நிலையாக இருப்பின் இம்மூன்று இடைப்பகுதிகளுக்கு இடையே உள்ள பரப்பு இழுவிசைகளும் சமநிலையிலேயே இருக்கும். எனவே,

$$T_{sa} = T_{la}\cos\theta + T_{sl} \Rightarrow \cos\theta = \frac{T_{sa} - T_{sl}}{T_{la}}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து, மூவகையான நேர்வுகள் கீழே விவாதிக்கப்பட்டுள்ளன.

1. $T_{sa} > T_{sl}$மற்றும் $T_{sa} - T_{sl} > 0$ எனில் நீர் – பிளாஸ்டிக் இடைப்பகுதி) சேர்கோணம் θ ஆனது குறுங்கோணம் (θ மதிப்பு 90°ஐ விடக்குறைப்பு) மற்றும் cosθநேர்க்குறி மதிப்புடையது.

2. $T_{sa} < T_{sl}$மற்றும் $T_{sa} - T_{sl} < 0$ எனில் (நீர் - இலை இடைப்பகுதி) சேர்கோணம் விரிகோணமாகும். (θமதிப்பு 180° ஐ விடக்குறைவு) மற்றும் cos θஎதிர்க்குறி மதிப்புடையது.

3. $T_{sa} > T_{la} + T_{sl}$எனில் அங்கே சமநிலை இல்லாமல் நீர்மமானது திடப்பொருளின் மேல் பரவும்.

எனவே திட – திரவ இடைப்பகுதிகளுக்கு இடையே உள்ள சேர்கோணமானது நம் அன்றாட வாழ்வில் முக்கியப் பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளது. எடுத்துக்காட்டாக, சோப்பும், சலவைத்தூளும் ஈரமாக்கும் காரணிகள்.
அவை ஒரு நீர்மக்கரைசலில் சேர்க்கப்பட்டால் அவை சேர்கோணத்தை குறைக்க முயலும். அதனால் துணிகளில் நன்றாக ஊடுருவி அழுக்கை அகற்றும். மற்றொரு வகையில் நீர் புகா வர்ணங்கள் கட்டிடத்தின் வெளிப்புறம் பூசப்படுகின்றன. அவை மழை பெய்யும்போது நீருக்கும் வர்ணம் பூசப்பட்ட பரப்பிற்கும் இடையே உள்ள சேர்கோணத்தை அதிகரிக்கும்.

திரவத்துளி, சோப்புக்குமிழி மற்றும் காற்றுக் குமிழிக்கு உள்ளே மிகை அழுத்தம்

இதற்கு முன்னர் விவாதித்தவாறு, திரவத்தின் மேற்பரப்பு ஒரு திண்மத்தைத் தொடும்போது வளைவாக இருக்கிறது. திரவ – காற்று அல்லது திரவ – வாயு இடைப்பகுதியின் தன்மையைப் பொறுத்து இடைப்பகுதியில் பரப்பு இழுவிசையின் எண்மதிப்பு மாறுபடுகிறது. மாறாக, பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக மேற்கண்ட இடைப்பகுதிகள் ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளன. குறிப்பிட்ட பருமனுக்கு மேற்பரப்பானது மிகக் குறைந்த பரப்புடன் சிறும ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கும். இந்த காரணத்தால் திரவத்துளியானது கோள வடிவைப் பெறுகிறது. (சிறிய ஆரத்திற்கு) ஒரு நீர்மத்தின் மேற்பரப்பு வளைந்திருந்தால், திரவத்தின் உள் மற்றும் வெளிப்புற மேற்பரப்புகளிடையே அழுத்த வேறுபாடு இருக்கும்.

1. நீர்மத்தின் மேற்பரப்பு சமதளமாக இருப்பின், பரப்பு இழுவிசையால் உருவாகும் விசைகள் (T, T) நீர்ம மேற்பரப்பின் தொடுகோட்டின் வழியே எதிரெதிராகச் செயல்படும். எனவே மூலக்கூறின் மீதான தொகுபயன் விசை சுழியாகும். சமதள நீர்மப்பரப்பில் திரவப்பக்கத்தின் அழுத்தமானது வாயுப்பக்கத்தின் அழுத்தத்திற்கு சமமாகும்.

2. நீர்மத்தின் மேற்பரப்பு வளைந்து காணப்பட்டால் நீர்ம மேற்பரப்பிலுள்ள ஒவ்வொரு மூலக்கூறும் மேற்பரப்பின் தொடுகோட்டின் வழியே பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக (FT, FT) என்ற விசைகளை உணரும். விசைகளை இரு செவ்வகக் கூறுகளாகப் பிரிக்க, கிடைத்தளக்கூறுகள் ஒன்றை ஒன்று சமன் செய்யப்பட்டு, செங்குத்துக் கூறுகள் கூட்டப்படுகின்றன. எனவே பரப்பிற்கு செங்குத்தாகச் செயல்படும் தொகுபயன் விசையானது நீர்மத்தின் வளைந்த பரப்பின் மீது செயல்படுகிறது. இதனால் ஒரு குவிந்த மேற்பரப்பின் மீது செயல்படும் தொகுபயன் விசையானது வளைவு மையத்தை நோக்கி உள்நோக்கியும், ஒரு குழிந்த மேற்பரப்பின் மீது செயல்படும் தொகுபயன் விசையானது வளைவு மையத்தை நோக்கி வெளிநோக்கியும் செயல்படும். எனவே ஒரு நீர்மத்தின் வளைந்த மேற்பரப்பு சமநிலையில் இருக்க, குழிந்த பக்கத்தின் விசையானது குவிந்த பக்கத்தின் விசையை விட அதிகமாக இருக்கும்.

குமிழி மற்றும் நீர்மத்துளியினுள் மிகையழுத்தம்:
சிறுகுமிழிகளும் நீர்மத்துகள்களும் பரப்பு இழுவிசைகளின் காரணமாக கோளவடிவைப் பெறுகின்றன. நீர்மத் துளி, குமிழி ஆகியவற்றில் உள்ள அழுத்தம் வெளி அழுத்தத்தை விட அதிகம்.

1. நீர்மத்திலுள்ள காற்றுக் குமிழியினுள் மிகையழுத்தம்

R ஆரம் கொண்ட காற்றுக் குமிழி ஒன்று T என்ற பரப்பு இழுவிசையைக் கொண்டுள்ள நீர்மமத்தினுள் இருப்பதாகக் கருதுக. P_1மற்றும் P_2என்பன முறையே குமிழியின் வெளிப்புற மற்றும் உட்புற அழுத்தமாகும். இப்போது குமிழியினுள் மிகையழுத்தம்$\Delta P = P_2 - P_1$ஆகும்.
காற்றுக்குமிழியினுள் மிகையழுத்தத்தைக் கணக்கிட, அதன் மீது செயல்படும் விசைகளைக் கருதுவோம். அரைக்கோள வடிவ குமிழியில் விசைகளைக் கருதும்போது நமக்குக் கிடைப்பது.

1. $2\pi R$ நீளமுள்ள விளிம்பைச் சுற்றி வலப்புறமாக பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக செயல்படும் விசையானது $F_T = 2\pi RT$
2. πR^2 குறுக்குவெட்டுப் பரப்பில் வலப்புறமாக செயல்படும் வெளிப்புற அழுத்தமான P_1ஆல் உருவான விசை $F_{P_1} = P_1 \pi R^2$

3. P_2எனும் உட்புற அழுத்தத்தினால் ஏற்படும் இடப்புறமாக செயல்படும் விசை $F_{P_2} = P_2\pi R^2$
இவ்விசைகளின் செயல்பாட்டால் காற்றுக் குமிழி சமநிலையில் இருப்பதால்

$$F_{P_2} - FT + F_{P_1}$$

$$P_2\pi R^2 = 2\pi RT + P_1\pi R^2$$

$$\Rightarrow (P_2 - P_1)\pi R^2 = 2\pi RT$$

மிகையழுத்தம் $\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{2T}{R}$

சோப்புக் குமிழியினுள் மிகையழுத்தம்

R ஆரமும் Tபரப்பு இழுவிசையும் கொண்ட சோப்புக் குமிழி ஒன்றைக் கருதுக. சோப்புக் குமிழிக்கு காற்றுடன் தொடும் இருபரப்புகள், குமிழியின் உட்புறம் ஒன்றும், வெளிப்புறம் மற்றொன்றும் உள்ளன. எனவே பரப்பு இழுவிசையால் ஏற்படும் விசை $2 \times 2\pi RT$ சோப்புக் குமிழியின் மீது செயல்படும் பல்வேறு விசைகளாவன,

1. பரப்பு இழுவிசையினால் வலப்புறமாக செயல்படும் விசை $F_T = 4\pi RT$
2. வெளிப்புற அழுத்தத்தினால் வலப்புறமாக செயல்படும் விசை $F_{P_1} = P_1\pi R^2$
3. உட்புற அழுத்தத்தினால் இடப்புறமாக செயல்படும் விசை $F_{P_2} = P_2\pi R^2$

குமிழியானது சமநிலையில் உள்ளதால்

$$F_{P_2} = F_T + F_{P_1}$$

$$P_2\pi R^2 = 4\pi RT + P_1\pi R^2$$

$$\Rightarrow (P_2 - P_1)\pi R^2 = 4\pi RT$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{4T}{R}$$

மிகையழுத்தம்

நீர்மத்துளியினுள் மிகையழுத்தம்

R ஆரமும் T பரப்பு இழுவிசையும் கொண்ட நீர்மத்துளி ஒன்றினைக் கருதுக.

நீர்மத்துளியின் மேல் செயல்படும் பல்வேறு விசைகளாவன

1. பரப்பு இழுவிசையினால் வலப்புறமாக செயல்படும் விசை $F_T = 2\pi RT$
2. வெளிப்பற அழுத்தத்தினால் வலப்புறமாக செயல்படும் விசை $F_{P_1} = P_1\pi R^2$
3. உட்புற அழுத்தத்தினால் இடப்புறமாக செயல்படும் விசை $F_{P_2} = P_2\pi R^2$

நீர்மத்துளி சமநிலையில் உள்ளளதால்

$$F_{P_2} = F_T + F_{P_1}$$

$$P_2\pi R^2 = 2\pi RT + P_1\pi R^2$$

$$\Rightarrow (P_2 - P_1)\pi R^2 = 2\pi RT$$

மிகையழுத்தம்

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{2T}{R}$$

எடுத்துக்காட்டு:

ஒப்படர்த்தி 0.8 கொண்ட 4 mm உயரமுள்ள எண்ணெய் தம்பத்தினால் 2.0 cm ஆரமுள்ள சோப்புக் குமிழியின் மிகையழுத்தம் சமப்படுத்தப்பட்டால், சோப்புக்குமிழியின் பரப்பு இழுவிசையைக் காண்க.

தீர்வு:

சோப்புக் குமிழியினுள் மிகையழுத்தம்

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{4T}{R}$$

நீர்மத்துளிகள் ஆரம் சிறியதாக இருந்தால் நீர்மத்துளியினுள் மிகையழுத்தம் அதிகமாக இருக்கும். உட்புறமுள்ள இம்மிகையழுத்தத்தின் காரணமாகவே சிறு பனித்துளிகளானது திண்மங்கள் போல உறுதியாக உள்ளன. பனிச்சறுக்கு விளையாடும் ஒருவர், பனிக்கட்டியின் மேல் சறுக்கிச் செல்லும்போது, கூரான உலோன சறுக்குமர முனைகளால் ஏற்படும் அழுத்தத்தினால் பனிக்கட்டியானது சிறிது உருகும். ஆனால் பனித்துளிகள் உறுதியான பந்து தாங்கிகளைப் போல் செயல்பட்டு அவர் மென்மையாக சறுக்கிச் செல்வதற்கு உதவுகின்றன.

ஆனால் $\Delta P = P_2 - P_1 = \rho gh \Rightarrow \rho gh = \frac{4T}{R}$

$\Rightarrow$ பரப்பு இழுவிசை

$$T = \frac{\rho ghR}{4} = \frac{(800)(9.8)(4\times10^{-3})(2\times10^{-2})}{4}$$

பரப்பு இழுவிசை $T = 15.68\times10^{-2}\,Nm^{-1}$

நுண்புழை நுழைவு (Capillarity):

லத்தீன் மொழியில் கேப்பிள்ளா (capilla) என்பதன் அர்த்தம் முடி என்பதாகும். குழாய்கள் முடியளவு மெல்லியதாக இருந்தால் திரவம் மேலேறுவது அதிகமாக இருக்கும். மிகச்சிறிய விட்டம் கொண்ட குழாய் நுண்புழைக்குழாய் எனப்படும். இருபுறமும் திறந்த கண்ணாடி நுண்புழைக்குழாய் ஒன்றை நீரில் நேர்க்குத்தாக அமிழ்த்தும்போது நீரானது குழாயினுள் மேல்நோக்கி ஏறுகிறது. குழாயில் நீரின் மட்டம் வெளியில் உள்ள மட்டத்தைவிட அதிகமாக இருக்கும். நுண்புழைக்குழாயை பாதரசத்தில் அமிழ்த்தினால் பாதரசமும் குழாயினுள் கீழ்நோக்கி இறங்கும். அதாவது குழாயில் பாதரசத்தின் மட்டம் வெளியிலுள்ள மட்டத்தைவிட குறைவாக இருக்கும். நீர்மமும் திடப்பொருளும் சந்திக்கும் இடத்தில் சேர்கோணம் ஆனது 90° ஐ விட குறைவாக இருந்தால் நுண்புழை ஏற்றம் ஏற்படும். மாறாக, நீர்மமும், திடப்பொருளும் சந்திக்குமிடத்தில் சேர்கோணமானது 90°ஐ விட அதிகமாக இருந்தால் நுண்புழை இறக்கம் உண்டாகும். ஒரு நேர்குத்தான குழாயில் நீர்மம் மேலேறுவது அல்லது கீழிறங்குவது நுண்புழை நுழைவு அல்லது நுண்புழைச் செயல்பாடு எனப்படும். நுண்புழைக்குழாயின் விட்டத்தைப் பொறுத்து நீர்மம் மாறுபட்ட உயரங்களுக்கு மேலேறும் அல்லது கீழிறங்கும்.

நுண்புழையேற்றம் மற்றும் இறக்கம் :

சேர்கோணம்	வலிமை		நனையும் அளவு	பிறைத்தளம்	நுண்புழைக்குழாயில் நீர்ம உயர்வு அல்லது தாழ்வு
	ஓரினக் கவர்ச்சி விசை	வேறினக் கவர்ச்சி விசை			
$\theta = 0$ (A)	வலிமை குன்றியது	வலிமை மிக்கது	முழுவதுமாக நனையும்	சமதளம்	உயரவுமில்லை கீழிறங்கவுமில்லை
$\theta < 90$ (B)	வலிமை குன்றியது	வலிமை மிக்கது	அதிகம்	குழிந்து	நீர்மம் மேலேறும்
$\theta > 90$(C)	வலிமை மிக்கது	வலிமை குன்றியது	குறைவு	குவிந்து	நீர்மம் கீழிறங்கும்

நுண்புழை நுழைவின் செயல்முறைப் பயன்பாடுகள்:

- நுண்புழையேற்றத்தின் காரணமாக மண் விளக்கிலுள்ள எண்ணெயானது திரியில் மேலே ஏற்கிறது. இதேபோல் தாவரத்தில் இலைகளுக்கும் கிளைகளுக்கும் வேரிலிருந்து உயிர்சாறு (sap) மேலேறுகிறது.

- உறிஞ்சு தாளானது மையை உறிஞ்சுகிறது.

- கண்களிலிருந்து கண்ணீர் தொடர்ந்து வடிய நுண்புழைச் செயல்பாடு தேவையானதாகும்.

- கோடைக்காலங்களில் பருத்தி ஆடைகள் விரும்பி அணியப்படுகின்றன. ஏனெனில் பருத்தி ஆடைகளிலுள்ள நுண்ணிய துவாரங்கள் வியர்வைக்கு நுண்புழைக் குழாய்களாக செயல்படுகின்றன.

நுண்புழையேற்ற முறையில் பரப்பு இழுவிசையைக் காணல்:
திரவமும், காற்றும் சந்திக்குமிடத்தில் உள்ள வளைந்த பரப்பின் மீது ஏற்படும் அழுத்த வேறுபாடே திரவமானது நுண்புழைக்குழாயில் மேலேறுவதற்குக் காரணமாக அமைகிறது (ஈர்ப்பின் விளைவைப் புறக்கணிக்க). மிக நுண்ணிய குழாய்களில் நுண்புழையேற்றமானது அதிகமாக உள்ளது. இந்நிகழ்வானது பரப்பு இழுவிசையின் வெளிப்பாடாகும். நுண்புழையேற்றத்திற்கும் (h) பரப்பு இழுவிசைக்கும் (T) உள்ள தொடர்பைப் பெற நுண்புழைக்குழாய் ஒன்று கொள்கலனிலுள்ள நீரில் அமிழ்த்தி வைத்திருப்பதாகக் கருதுக. நுண்புழைக்குழாயில் நீரானது பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக h உயரத்திற்கு மேலேறுகிறது.

பரப்பு இழுவிசையின் காரணமாக ஏற்படும் விசை F_Tஆனது தொடும்புள்ளியில் தொடுகோட்டின் வழியே கீழ்நோக்கியும், அதன் எதிர்விசை மேல்நோக்கியும் செயல்படுகின்றன. பரப்பு இழுவிசை T ஆனது இரு கூறுகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது.

1. கிடைத்தளக்கூறு $T \sin\theta$மற்றும்
2. செங்குத்துக்கூறு $T \sin\theta$பிறைத்தளத்தின் சுற்றளவு முழுவதும் மேல்நோக்கி செயல்படுகிறது.

மொத்த மேல்நோக்கிய விசை :

இங்கு θ என்பது சேர்கோணம்,r என்பது குழாயின் ஆரமாம் ρஎன்பது நீரின் அடர்த்தி மற்றும் h என்பது குழாயில் நீர் மேலேறும் உயரம் எனில்

1. கிடைத்தளக்கூறு $T \sin\theta$மற்றும்
2. செங்குத்துக்கூறு $T \cos\theta$பிறைத்தளத்தின் சுற்றளவு முழுவதும் மேல்நோக்கி செயல்படுகிறது.

$$= (T\cos\theta)(2\pi r) = 2\pi r\, T\cos\theta$$

இங்கு θ என்பது சேர்கோணம் r என்பது குழாயின் ஆரமாகும். ρஎன்பது நீரின் அடர்த்தி மற்றும் h என்பது குழாயில் நீர் மேலேறும் உயரம் எனில்

$$v = \pi r^2 h + \left(\pi r^2 \times r - \frac{2}{3}\pi r^3\right) \Rightarrow V = \pi r^2 h + \frac{1}{3}\pi r^3$$

மேல்நோக்கிய விசையானது நீரின் மேற்பரப்பிற்கு மேலே குழாயில் ஏறியுள்ள நீர்மத்தம்பத்தின் எடையைச் சமன் செய்கிறது.
எனவே,

$$2\pi r\cos\theta = \pi r^2\left(h = \frac{1}{3}r\right)\rho g \Rightarrow T = \frac{r\left(h + \frac{1}{3}r\right)\rho g}{2\cos\theta}$$

நுண்புழைக் குழாயானது மிக நுண்ணியதாக r ஆரம் கொண்டிருப்பின் (மிகக் குறைவான ஆரம்) உயரம் உடன் ஒப்பிட $\frac{r}{3}$ ஆனது புறக்கணிக்கத்தக்கது. எனவே

$$T = \frac{r\rho g h}{2\cos\theta}$$

h உயரத்திற்கு மேலேறும் போது

$$h = \frac{2T\cos\theta}{r\rho g} \Rightarrow h \propto \frac{1}{r}$$

நுண்புழை ஏற்றமானது (h) குழாயின் ஆரத்திற்கு (r) எதிர்த்தகவில் உள்ளது என்பதை இது குறிக்கிறது. குழாயின் ஆரம் குறைய நுண்புழையேற்றம் அதிகமாகும்.
நுண்புழைக் குழாய் ஒன்றில் நீர் 2.0 உ அ உயரத்திற்கு மேலேறுகிறது. இக்குழாயின் ஆரத்தைப்போல் மூன்றின் ஒரு பகுதி ஆரமுடைய மற்றொரு நுண்புழைக் குழாயில் நீர் எந்த அளவிற்கு மேலேறும்?

தீர்வு:

சமன்பாடு இருந்து $h \propto \frac{1}{r} \Rightarrow hr =$ மாறிலி

r_1மற்றும் r_2ஆரமுடைய இரு நுண்புழைக் குழாய்கள் திரவத்தில் அமிழ்ந்துள்ளபோது நுண்புழையேற்ற உயரமானது முறையே h_1மற்றும் h_2எனில்,

$h_1r_1 = h_2r_2 =$ மாறிலி

$$\Rightarrow h_2 = \frac{h_1r_1}{r_2} = \frac{(2\times10^{-2}m)\times r}{\frac{r}{3}} \Rightarrow h_2 = 6\times10^{-2}m$$

எடுத்துக்காட்டு:
சோடா லைம் கண்ணாடிக்கும் பாதரசத்திற்கும் இடையே சேர்கோணம் 140°ஒரு கிண்ணத்திலுள்ள பாதரசத்தில் 2 mm ஆரமுடைய இதே கண்ணாடியால் ஆன நுண்புழைக்குழாய் அமிழ்த்தி வைக்கப்பட்டுள்ளது. திரவத்தின் வெளிப்புற மேற்பரப்பைப் பொறுத்து குழாயில் பாதரசத்தின் மட்டம் எவ்வளவு குறையும்?

பாதரசத்தின் பரப்பு இழுவிசை $T = 0.456\ Nm^{-1}$

பாதரசத்தின் அடர்த்தி $\rho = 13.6 \times 10^3\ kg\ m^{-3}$

தீர்வு:
நுண்புழை இறக்கம்

$$h = \frac{2T\cos\theta}{r\rho g} = \frac{2\times(0.465Nm^{-1})(\cos140°)}{(2\times10^{-3}m)(13.6\times10^{3})(9.8ms^{-2})}$$

கண்ணாடிக் குழாயில் பாதரச மட்டம் கீழிறங்குகிறது என்பதை எதிர்க்குறி காட்டுகிறது.

பரப்பு இழுவிசையின் பயன்பாடுகள்:

- கொசுக்கள் நீரின் மேற்பரப்பில் முட்டைகளை இடுகின்றன. நீரின் பரப்பு இழுவிசையைக் குறைக்க சிறிது எண்ணெய் ஊற்றப்படுகிறது. இது நீரின் மேற்பரப்பிலுள்ள மீட்சிப்படலத்தை உடைத்து விடுவதால் கொசு முட்டைகள் நீரினுள் மூழ்கச் செய்து அழிக்கப்படுகின்றன.

- வேதிப் பொறியாளர்கள், நீர்மத்துளிகள் வடிமைக்கப்பட்ட வடிவத்தில் அமைந்து பரப்பில் ஒரே சீராக ஒட்டிக்கொள்ளுமாறு அதன் பரப்பு இழுவிசையை நுட்பமான அளவுக்கு சரி செய்யவேண்டும். இது தானியங்கி வாகனங்கள் மற்றும் அலங்காரப் பொருள்களுக்கு வர்ணம் பூசப் பயன்படுகிறது.

- துணிகளைத் துவைக்கும்போது வெந்நீரில் சலவைத்தூளை சேர்ப்பதால் நீரின் பரப்பு இழுவிசை குறைக்கப்பட்டு அழுக்குத்துகள்கள் எளிதில் நீக்கப்படுகின்றன.

- நீர் ஒட்டாத துணிகள் தயாரிக்கும் போது நீர் ஒட்டாத பொருளானது (மெழுகு) துணியுடன் சேர்க்கப்படுகிறது. இது சேர்கோணத்தை அதிகரிக்கிறது.

பெர்னௌலியின் தேற்றம்:
தொடர்மாறிலிச் சமன்பாடு:

ஒரு குழாயின் வழியே செல்லும் நீர்ம நிறையின் வீதத்தை அறிய நீர்மம் பாய்வது சீராக இருப்பதாகக் கருதவேண்டும். நீர்மம் பாய்வது சீராக இருக்க வேண்டுமெனனில் பாயும் நீர்மத்தின் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் திசைவேகமானது நேரத்தைப் பொறுத்து மாறிலியாக அமைய வேண்டும். இந்த நிபந்தனையில் நீர்மத்தின் ஓட்டமானது வரிச்சீர் ஓட்டமாக அமையும்.

சீரற்ற குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு a_1மற்றும் a_2அதாவது $a_1 > a_2$கொண்ட AB என்ற குழாயைக் கருதுக. பாகுநிலையற்ற அமுக்க இயலாத நீர்மம் சீராக v_1மற்றும் v_2என்ற திசைவேகத்தில் முறையே a_1மற்றும் a_2பரப்புக்க வழியே பாய்ந்து செல்கிறது.

Δt என்ற கால அளவில் A என்ற பகுதியின் வழியே செல்லும் நீர்மத்தின் நிறை m_1எனில் $m1 = (a_1v_1\Delta t)\,\rho$

Δt என்ற கால அளவில் B என்ற பகுதியின் வழியே செல்லும் நீர்மத்தின் நிறை m_2எனில்,$m2 = a_2v_2\Delta t)\,\rho$

அமுக்க இயலாத நீர்மத்தில் நிறை மாறாது $m_1 = m_2$

$$a_1v_1\Delta t\,\rho = a_2v_2\,\Delta t\,\rho$$

$$a_1v_1 = a_2v_2 \Rightarrow av = \text{மாறிலி}$$

இதுவே தொடர்மாறிலிச் சமன்பாடு எனப்படும். இது, பாயும் பாய்மங்களின் நிறையானது மாறாமல் இருப்பதைக் காட்டுகிறது. பொதுவாக av = மாறிலி, இதன் பொருள் பருமப்பாயம் அல்லது பாயும் வீதம் குழாய் முழுவதும் மாறிலி என்பதாகும். மாறாக குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு குறைவாக இருப்பின் பாய்மத்தின் திசைவேகம் அதிகமாக இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு:

ஒரு சாதாரண மனிதனுக்கு பெருநாடி வழியாக இரத்தம் செல்லும் வேகம் 0.33ms-1. (ஆரம் r = 0.8 cm) பெருநாடியில் இருந்து 0.4 cm ஆரம் கொண்ட 30 எண்கள் உள்ள பெரும் தமனிகளுக்கு இரத்தம் செல்கிறது. தமனிகளின் வழியே செல்லும் இரத்தத்தின் வேகத்தைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

$$a_1v_1 = 30a_2v_2 \Rightarrow \pi r_1^2 v_1 = 30\pi r_2^2 v_2$$

$$v_2 = \frac{1}{30}\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 v_1 \Rightarrow v_2 = \frac{1}{30}\times\left(\frac{0.8\times10^{-2}m}{0.4\times10^{-2}m}\right)^2$$

$$\times\,(0.33\ ms^{-1})$$

$$v_2 = 0.044\ ms^{-1}$$

நீர்மங்களின் அழுத்த, இயக்க மற்றும் நிலை ஆற்றல்:

சீராகப் பாயும் நீர்மத்திற்கு மூவகையான ஆற்றல்கள் உண்டு. அவை 1. இயக்க ஆற்றல் 2. நிலை ஆற்றல் மற்றும் 3. அழுத்த ஆற்றல் ஆகும்.

1. இயக்க ஆற்றல் : m நிறையும் v திசைவேகமும் கொண்ட நீர்மத்தின் இயக்க

   ஆற்றலானது$KE = \frac{1}{2}mv^2$

   ஓரலகு நிறைக்கான இயக்க ஆற்றல் $= \frac{KE}{m} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{m} = \frac{1}{2}v^2$

   $$\frac{KE}{\text{பருமன்}} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{V} = \frac{1}{2}\left(\frac{m}{V}\right)v^2 = \frac{1}{2}\rho v^2$$

2. நிலை ஆற்றல்: தரைமட்டத்திலிருந்து h உயரத்திலுள்ள m நிறை கொண்ட நீர்மத்தின் நிலையாற்றல்

   $$PE = mgh$$

ஓரலகு நிறைக்கான நிலையாற்றல்

$$\frac{PE}{m}=\frac{mgh}{m}=gh$$

இதேபோல் ஓரலகு பருமனுக்கான நிலையாற்றல்

$$=\frac{PE}{\text{பரப்பு}}=\frac{mgh}{V}=\left(\frac{m}{V}\right)gh=\rho gh$$

3. அழுத்த ஆற்றல் நீர்மத்தின் மீது அழுத்தத்தைச் செலுத்துவதால்

அழுத்தம் $=\frac{\text{விசை}}{\text{பரப்பு}}\Rightarrow$ விசை $\times$அழுத்தம் பரப்பு

$$F\times d=(PA)\times d=P(A\times d)$$

$$\Rightarrow F\times d=W=PV=\text{அழுத்த ஆற்றல்}$$

எனவே அழுத்த ஆற்றல் $E_P = PV$

ஓரலகு நிறைக்கான அழுத்த ஆற்றல்

$$=\frac{E_p}{m}=\frac{PV}{m}=\frac{P}{\frac{m}{V}}=\frac{P}{\rho}$$

இதேபோல் ஓரலகு பருமனுக்கான அழுத்த ஆற்றல்

$$=\frac{E_p}{\text{பருமன்}}=\frac{PV}{V}=P$$

பெர்னௌலியின் தேற்றமும் அதன் பயன்பாடுகளும்:

1738 ஆம் ஆண்டு சுவிஸ் நாட்டு அறிவியல் அறிஞர் டேனியல் பெர்னௌலி என்பவர் வெவ்வேறு குறுக்குவெட்டுப் பரப்புள்ள குழாய்கள் வழியே செல்லும் நீர்மத்தின் வரிச்சீர் ஓட்டத்திற்கான தொடர்பை வகுத்தார். ஆற்றல் மாறா விதியின் அடிப்படையில் அவர் நீர்மத்தின் வரிச்சீர் ஓட்டத்திற்கான தொடர்பைத் தருவித்தார்.

பெர்னௌலியின் தேற்றம்:

பெர்னௌலியின் தேற்றத்தின்படி வரிச்சீர் ஓட்டத்தில் உள்ள அமுக்க இயலாத, பாகுநிலையற்ற, ஓரலகு நிறையுள்ள நீர்மத்தின் அழுத்த ஆற்றல், இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலையாற்றல் ஆகியவற்றின் கூட்டுத்தொகை மாறிலியாகும். கணிதமுறைப்படி

$$\frac{P}{\rho}+\frac{1}{2}v^2+gh=\text{மாறிலி}$$

இதுவே பெர்ளௌலியின் சமன்பாடாகும்.

நிரூபித்தல்

AB என்ற குழாயின் வழியாக நீர்மம் பாய்வதாகக் கொள்வோம். இங்கு V என்பது முனை A வழியாக t காலத்தில் நுழையும் நீர்மத்தின் பருமன் எனில், முனை B வழியாக அதே காலத்தில் வெளியேறும் நீர்மத்தின் பருமனும் V ஆகும்.

a_A, v_Aமற்றும் P என்பவை A ல் முறையே குழாயின் குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு, நீர்ம திசைவேம் மற்றும் நீர்ம அழுத்தம் எனக் கொள்க.

A இல் உள்ள நீர்மம் செயல்படுத்தும் விசை

$$F_A = P_A a_A$$

t கால அளவில் நீர்மம் கடந்த தெலைவு

$$d = V_A t$$

எனவே செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = F_A d = P_A a_A v_A t$$

ஆனால் $a_A v_A t = a_A d = V$, A இல் நுழையும் நீர்மத்தின் பருமனாகும். எனவே செய்யப்பட்ட வேலையானது A இல் அழுத்த ஆற்றலாக இருக்கும்.

$$W= F_A d = P_A V$$

A இல் ஓரலகு பருமனுக்கான அழுத்த ஆற்றல்

$$A = \frac{\text{அழுத்த ஆற்றல்}}{\text{பருமன்}} = \frac{P_A V}{V} = P_A$$

A இல் ஓரலகு நிறைக்கான அழுத்த ஆற்றல் =

$$A = \frac{\text{அழுத்த ஆற்றல்}}{\text{நிறை}} = \frac{P_A V}{m} = \frac{P_A}{\frac{m}{V}} = \frac{P_A}{\rho}$$

இங்கு m என்பது கொடுக்கப்பட்ட நேரத்தில் A இல் நுழையும் நீர்மத்தின் நிறை. எனவே A இல் நீர்மத்தின் அழுத்த ஆற்றல்

$$E_{PA} = P_A V = P_A V \times \left(\frac{m}{m}\right) = m\frac{PA}{\rho}$$

A இல் நீர்மத்தின் நிலையாற்றல்

$PE_A = mgh_A$,

A இல் நீர்ம ஓட்டத்தின் காரணமாக நீர்மத்தின் இயக்க ஆற்றல்

$$KE_A = \frac{1}{2}mv_A^2$$

எனவே A இல் நீர்ம ஓட்டத்தினால் மொத்த ஆற்றல்

$E_A = EP_A + KE_A + PE_A$

$$E_A = m\frac{P_A}{\rho} + \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A$$

இதேபோல் a_B, v_B, மற்றும் P_Bஎன்பவை முறையே B இல் குழாயின் குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு, நீர்ம B இல் மொத்த ஆற்றல்

$$E_B = m\frac{P_B}{\rho} + \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

ஆற்றல் மாறா விதியிலிருந்து

$E_A = E_B$

$$m\frac{P_A}{\rho} + \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A = m\frac{P_B}{\rho} + \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

$$\frac{P_A}{\rho} + \frac{1}{2}v_A^2 + gh_A = \frac{P_B}{\rho} + \frac{1}{2}v_B^2 + gh_B \text{ மாறிலி}$$

மேலே உள்ள சமன்பாட்டை இவ்வாறும் எழுதலாம்

$$\frac{P}{\rho g} + \frac{1}{2}\frac{v^2}{g} + h = \text{மாறிலி}$$

மேலே உள்ள சமன்பாடானது ஆற்றல் மாறா விதியின் விளைவாகும். உராய்வினால் ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படாதவரை இச்சமன்பாடு மெய்யானதாகும். ஆனால் இங்கு, நீர்மத்தின் ஏடுகள் வெவ்வேறு திசைவேகங்களில் செல்வதால் அவற்றிற்கிடையே ஏற்படும் உராய்வு விசையினால் ஆற்றல் இழப்பு உருவாகிறது. இத்தகைய ஆற்றல் இழப்பானது பொதுவாக வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. எனவே பெர்னௌலி தொடர்பானது, சுழி பாகுநிலையுள்ள அல்லது பாகுநிலையற்ற நீர்மங்களுக்கு மட்டுமே பொருந்தும். குறிப்பாக நீர்மமானது கிடைத்தளக்குழாய் வழியே வெளியேறினால்

$$h = O \Rightarrow \frac{P}{\rho g} + \frac{1}{2}\frac{v^2}{g} = \text{மாறிலி}$$

பெர்னௌலி தேற்றத்தின் பயன்பாடுகள்:

சூறைக்காற்றில் கூரைகள் தூக்கி எறியப்படுதல்:

முற்காலங்களில் வீடுகள் அல்லது குடிசைகளின் மேற்கூரைகள் உள்ளவாறு சாய்வாக வடிவமைக்கப்பட்டன. அறிவியல் காரணம் என்னவெனில் பெர்னௌலியின் தத்துவத்தின்படி வீடுகள் சூறைக்காற்று அல்லது புயலில் இருந்து பாதுகாக்கப்படுகின்றன.

புயல்காற்று வீசும்போது மற்ற பகுதிகளுக்கு சேதம் ஏற்படாவண்ணம் குடிசைகளின் கூரைகள் தூக்கி எறியப்படும். பெர்னௌலியின் தேற்றப்படி அதிவேகமாக வீசும் காற்றானது கூரைக்குமேலே P_1என்ற குறைந்த அழுத்தத்தை ஏற்படுத்துகிறது. கூரைக்கு கீழேயுள்ள P_2என்ற அழுத்தம் அதிகமாகும். எனவே இந்த அழுத்த வேறுபாடு $(P_2 - P_1)$ மேல்நோக்கிய உந்து விசையை உருவாக்கி கூரை மேலெழும்பி காற்றுடன் சேர்ந்து தூக்கி எறியப்படுகிறது.

விமான இறக்கை உயர்த்தல் (Aerofoil lift):

வானூர்தியின் இறக்கைகளானது, மேல்பகுதி கீழ்பகுதியைவிட அதிகமாக வளைந்தும், முன்பகுதியின் முனை பின்பகுதி முனையைவிட அகலமாகவும் இருக்குமாறு வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளன. வானூர்தி இயங்கும் போது இறக்கையின் கீழுள்ள காற்றைவிட இறக்கையின் மேல்பகுதியில் உள்ள காற்று உள்ளவாறு வேகமாக நகருகிறது.

பெர்னௌலியின் தத்துவப்படி இறக்கையின் கீழ்பகுதியில் உள்ள அழுத்தமானது, மேல்பகுதியைவிட அதிகமாக இருப்பதால் சக்தி வாய்ந்த உயர்த்தல் எனப்படும் மேல்நோக்கிய உந்துவிசை செயல்பட்டு அது வானூர்தியை மேல்நோக்கி உயரச் செய்கிறது.

புன்சன் சுடரடுப்பு

புன்சன் சுடரடுப்பில் எரிவாயு நுண்துளையின் வழியாக அதிக திசைவேகத்துடன் வெளிவருகிறது. இதனால் குழாயின் உள்ள அழுத்தம் குறைகிறது. எனவே வெளிக்காற்றானது வேகமாக அடுப்பினுள் காற்றுத் திறப்பின் வழியே நுழைந்து எரிவாயுவுடன் கலந்து உள்ளவாறு நீலநிறச் சுடரைத் தருகிறது.

வென்சுரிமானி (Venturimeter):

இக்கருவியானது, ஒரு குழாயின் வழியே செல்லும் அமுக்க இயலாத நீர்மம் பாயும் வீதத்தை (அல்லது பாயும் வேகம்) அளவிட உதவுகிறது.இது பெர்னௌலியின் தேற்றத்தின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது. இது A மற்றும் A என்ற இரு அகன்ற குழாய்களைக் கொண்டுள்ளது (குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு A) அவை B என்ற குறுகலான (குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு a) குழாய் மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. U வடிவ அழுத்தமானியானது இவ்விரு அகன்ற மற்றும் குறுகலான குழாய்களுக்கிடையே உள்ளவாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அழுத்தமானியில் உள்ள திரவத்தின் அடர்த்தி 'ρ_m' A இல் உள்ள அகலமான பகுதியிலுள்ள பாய்மத்தின் அழுத்தம் P_1என்க. 'ρ' அடர்த்தியுடன் 'v_1' திசைவேகத்தில் பாய்மம் குழாயினுள்ளே பாய்வதால் குறுகலான பகுதியில் அதன் வேகம் 'v_2'. என அதிகரிக்கிறது எனக் கருதுக. பெர்னௌலியின் தேற்றப்படி இந்த வேக அதிகரிப்பானது B இல் உள்ள குறுகிய பகுதியில் பாய்மத்தின் அழுத்தமான P_2வைக் குறைக்கிறது. எனவே A க்கும்,B க்கும் இடையே உள்ள அழுத்த வேறுபாடானது $(\Delta P = P_1 - P_2)$ அழுத்தமானியில் உள்ள திரவத்தின் உயர வேறுபாட்டால் அளவிடப்படுகிறது.

தொடர்மாறிலிச் சமன்பாட்டின்படி

$$Av_1 = av_2$$

அதாவது

$$v_2 = \frac{A}{a}v_1$$

பெர்னௌலியின் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த

$$P_1 + \rho\frac{v_1^2}{2} = P_2 + \rho\frac{v_2^2}{2}P_2 + \rho\frac{1}{2}\left(\frac{A}{a}v_1\right)^2$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து அழுத்த வேறுபாடானது

$$\Delta P = P1 - P2 = \rho\frac{v_1^2}{2}\frac{(A^2 - a^2)}{a^2}$$

எனவே அகன்ற குழாயின் A முனையில் திரவ ஓட்டத்தின் வேகம்

$$v_1^2 = \sqrt{\frac{2(\Delta P)a^2}{\rho(A^2 - a^2)}} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2(\Delta P)a^2}{\rho(A^2 - a^2)}}$$

மற்றும் ஒரு வினாடியில் A ன் வழியாகப் பாய்ந்து செல்லும் திரவத்தின் பருமன்

$$V = Av_1 = A\sqrt{\frac{2(\Delta P)a^2}{\rho(A^2 - a^2)}} = aA\sqrt{\frac{2(\Delta P)}{\rho(A^2 - a^2)}}$$

பிற பயன்பாடுகள்:

பெர்னௌலியின் தேற்றமானது, முக்கியமாக தானியங்கி வாகனங்களில் கார்புரேட்டர், வடிகட்டி பம்புகள், தெளிப்பான்கள் ஆகியவற்றை வடிவமைக்கப் பயன்படுகிறது. உதாரணமாக கார்புரேட்டரில் குழாய்முனை (Nozzle) எனப்படும். நுண்ணிய துளையின் வழியாக காற்றானது மிக வேகமாக உள்ளே வருகிறது. இந்நேர்வில் நுண்ணிய கழுத்துப்பகுதியில் அழுத்தம் குறைக்கப்பட்டு, பெட்ரோல் அல்லது எரிபொருள் உள்ளிழுக்கப்பட்டவுடன் கலனில் பற்றவைப்புக்கு சரியான அளவில் காற்றும் எரிபொருளும் கலக்கப்படுகிறது.

ஒரு சிலந்தி வலை நாம் எண்ணுவதை விட மிகவும் வலுவானதாகும். சிலந்தி வலையின் ஒரு தனி நூலானது அதன் நிலையைவிட பல ஆயிரம் மடங்கு நிறை கொண்ட பறக்கும் பூச்சிகளைத் தடுக்க இயலும்.சிலந்தி வலையின் யங்குணகம் தோராயமாக 4.5×10^9 N m^{-2}. இந்த மதிப்பை மரக்கட்டையின் யங் குணக மதிப்புடன் ஒப்பிடுக.

- ஒரு பொருளின் அணுக்களுக்கு இடையே உள்ள விசை அணுவிடை விசை மற்றும் பொருளின் மூலக்கூறுகளுக்கு இடையே உள்ள விசை மூலக்கூறிடை விசை ஆகும்.
- ஹுக் விதி மீட்சி எல்லைக்குள் தகைவானது திரிபுக்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது.
- ஓரலகு பரப்பில் செயல்படும் விசை தகைவு ஆகும். ஒரு பொருளின் குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு A மற்றும் செலுத்தப்பட் விசை F எனில் தகைவின் எண் மதிப்பு F/A. இழுவிசை அல்லது அமுக்கத்தகைவு இரண்டையும் ஒரே வார்த்தையில் நீட்சித்தகைவு எனக் கூறலாம்.
- ஒரு உருளையின் நீள மாறுபாட்டிற்கும் அதன் தொடக்க நீளத்திற்கும் இடையே உள்ள தகவு $\Delta L/L$ ஆனது நீட்சித்திரிபு எனப்படும்.
- மீட்சி எல்லைக்குள் நீட்சித் தகைவுக்கும் நீட்சித்திரிபுக்கும் இடையே உள்ள விகிதம் கம்பிப் பொருளின் யங்குணகம் எனப்படும்.
- மீட்சி எல்லைக்குள் பருமத்தகைவிற்கும் பருமத்திரிபுக்கும் இடையே உள்ள விகிதம் பருமக்குணகம் எனப்படும்.
- மீட்சி எல்லைக்குள் சறுக்குப்பெயர்ச்சித் தகைவிற்கும் சறுக்குப்பெயர்ச்சித் திரிபுக்கும் இடையே உள்ள விகிதம் விறைப்புக்குணகம் எனப்படும்.
- பாய்சொய் விகிதம் = பக்கவாட்டுத்திரிபு / நீளவாட்டுத்திரிபு
- ஓரலகு பருமனில் கம்பியில் சேமிக்கப்பட்ட மீட்சி நிலை ஆற்றல் U = $\frac{1}{2}$ ×தகைவு × திரிபு = $\frac{1}{2}$ ×Y×(திரிபு) 2 இங்கு Y என்பது பொருளின் யங்குணகம் ஆகும்.
- A என்ற மேற்பரப்பில் செயல்படும் செங்குத்த விசை F எனில் அழுத்தமானது ஓரலகு பரப்பில் செயல்படும் விசை என வரையறுக்கப்படுகிறது.
- நீர்மப்பரப்பிலிருந்து h ஆழத்தில் மொத்த அழுத்தமானது $P = P_a + \rho gh$, இங்கு என்பது காற்றழுத்தம், மற்றும் அதன் மதிப்பு 1.013×10^5Pa ஆகும்.
- பாஸ்கல் விதிப்படி ஓய்வில் உள்ள பாய்மத்தில் ஒரே உயரத்தில் உள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளிலும் அழுத்தம் சமமாகும்.
-
- மிதப்பு விதியின்படி ஒரு பொருளின் மூழ்கிய பகுதி வெளியேற்றும் திரவத்தின் எடை பொருளின் எடைக்கு சமமாகவோ அல்லது அதிகமாகவோ இருந்தால், பொருளானது அத்திரவத்தில் மிதக்கும்.

- ஒரு நீர்மத்தின் பாகியல் எண் என்பது நீர்மத்தின் ஓரலகு பரப்பில் நீர்ம இயக்கத் திசைக்கு செங்குத்திசையில் ஓரலகு திசைவேகச் சரிவைக் கொண்டுள்ள நீர்மத்தின் தொடுவரைத்திசையில் செயல்படும் பாகியல் விசை ஆகும்.
- ஒரு நீர்ம ஓட்டமானது ஒரு புள்ளியைக் கடந்து செல்லும் ஒவ்வொரு நீர்மத்துகளும் ஒரே பாதையில் அதற்கு முன் கடந்த துகளின் வேகத்திலேயே கடந்தால் அந்த ஒட்டம் வரிச்சீர் ஓட்டம் எனப்படும்.
- பாய்ம ஓட்டத்தில் திசைவேகமானது மாறுநிலைத் திசைவேகத்தைத் தாண்டினால் ஒட்டமானது சழற்சி ஓட்டமாக மாறுகிறது.
- ஒரு உருளை வடிவ குழாயின் வழியே பாய்ம ஓட்டம் வரிச்சீரா அல்லது சுழற்சி ஓட்டமா என முடிவு செய்வதால் ரெனால்டு எண் முக்கியத்துவம் பெறுகிறது.
- ஸ்டோக் சமன்பாடு $F = 6\pi\eta a v$ இங்கு a ஆரமுள்ள கோளத்தின் மீது செயல்படும் பாகியல் விசை F மற்றும் v ஆனது கோளத்தின் முற்றுத்திசைவேகம் ஆகும்.

- ஒரு நீர்மத்தின் பரப்பு இழுவிசையானது நீர்மப் பரப்பில் வரையப்பட்ட ஓரலகு நீளமுள்ள கற்பனைக் கோட்டின் வழியே கோட்டிற்கு செங்குத்தாக, பரப்பிற்கு இணையாகச் செயல்படும் இழுவிசை என வரையறுக்கப்படுகிறது.

- திரவம் மற்றும் திண்மப்பொருள் திரவத்தினுள்ளே சந்திக்கும் புள்ளியில் வரையப்பட்ட தொடுகோடுகளுக்கு இடையே உள்ள கோணம் திடம் மற்றும் திரவ சோடியின் சேர்கோணம் எனப்படும்.

- கொடுக்கப்பட்ட ஒரு புள்ளியில் கடந்து செல்லும் ஒவ்வொரு பாய்மத்துகளின் திசைவேகமும் காலத்தைப் பொறுத்து மாறாமல் இருப்பின் பாய்ம ஓட்டம் சீரான ஓட்டம் எனலாம்.

- $a_1 v_1 = a_2 v_2$என்ற சமன்பாடு ஒரு குழாயின் வழியே செல்லும் பாய்மத்திற்கான தொடர்மாறிலிச் சமன்பாடு எனப்படும் மற்றும் பாய்ம ஓட்டத்தில் பாய்மத்தின் நிறை மறாமல் உள்ளதன் காரணமாக அமைகிறது. அதன்படி, ஒரு வரிச்சீர் ஓட்டத்தில் உள்ள அமுக்க இயலாத. பாகுநிலையற்ற பாய்மத்தின் ஓரலகு நிறைக்கான அழுத்த ஆற்றல், இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிறை ஆற்றல் ஆகியவற்றின் கூட்டுத்தொகை மாறிலியாகும். அதாவது $P/\rho + v^2/v + gh$ = மாறிலி.

11^{TH}இயற்பியல்

தொகுதி– 2

அலகு– 8

வெப்பமும் வெப்ப இயக்கவியலும் (Heat and Thermodynamics)

வெப்பம் மற்றும் வெப்பநிலை:

அறிமுகம்:

வெப்பநிலை மற்றும் வெப்ப இவ்விரண்டும், அன்றாட வாழ்வில் மிக முக்கியப் பங்காற்றுகின்றன. அனைத்து உயிரினங்களும் சரிவர செயல்படுவதற்கு அவற்றின் உடல் வெப்பநிலையை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவில் பராமரித்தல் அவசியமாகும். உண்மையில் உயிரினங்கள் வாழ்வதற்குத் தேவையான வெப்பநிலையை சூரியனே தருகிறது. இயற்கையைப் புரிந்து கொள்வதற்கு மிகவும் அடிப்படையானது வெப்பநிலை மற்றும் வெப்பத்தைப் பற்றிய புரிதலாகும். வெப்பநிலை, வெப்பம் போன்றவற்றை விளக்கும் இயற்பியலின் ஒரு பிரிவே வெப்ப இயக்கவியல், இந்த அலகில் வழங்கப்பட்டுள்ள கருத்துக்கள் வெப்பம், குளிர்ச்சி மற்றும் வெப்பநிலையை வெப்பத்திலிருந்து வேறுபடுத்திப் பர்ப்பதற்கு துணைபுரியும். வெப்ப இயக்கவியலில் உள்ள வெப்பம் மற்றும் வெப்பநிலை இவ்விரண்டும் ஒன்றுடன் ஒன்று நெருங்கியத் தொடர்புடைய வெவ்வேறு இயற்பியல் அளவுகளாகும்.

வெப்பத்தின் உட்கருத்து

குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளின் மீது, அதிக வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளை வைக்கும் போது, அதிக வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலையுள்ள பொருளுக்கு தன்னிச்சையாக ஆற்றல் பரிமாற்றம் எற்படும். இவ்வாற்றலுக்கு வெப்ப ஆற்றல் அல்லது வெப்பம் என்று பெயர். இவ்வாற்றல் பரிமாற்ற நிகழ்வே வெப்பப்படுத்துதல் என்று அழைக்கப்படும். இந்த வெப்பப்பரிமாற்றத்தினால் சில நேரங்களில் பொருளின் வெப்பநிலை உயரும் அல்லது மாற்றம் ஏற்படாமல் அதே வெப்பநிலையிலேயே நீடிக்கும்.

வெப்பம் என்பது ஆற்றல் அளவு என்ற தவறான புரிதல் சில நேரங்களில் ஏற்படுவதுண்டு. ”இது மிகவும் வெப்பமான தண்ணீர்; ”இது வெப்பம் குறைந்த தண்ணீர்” போன்றவை பொருளற்ற வாக்கியங்களாகும். ஏனெனில், வெப்பம் என்பது ஒரு அளவு அல்ல; அது உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலை உள்ள பொருளுக்க பாயும் பரிமாற்ற ஆற்றலாகும். வெப்பப்படுத்தும் நிகழ்வு முடிவுற்றப் பின்னர் வெப்பம் என்ற வார்த்தையை நாம் பயன்படுத்தக்கூடாது. வெப்பம் என்பது பரிமாற்றமடையும் ஆற்றலை குறிக்குமேயன்றி பொருளில் சேமித்துவைக்கப்பட்டுள்ள ஆற்றலைக் குறிக்காது.

எடுத்துக்காட்டு:

a. இந்த ஏரியில் அதிக மழை உள்ளது.

b. குவளையில் உள்ள சூடான தேநீரில் அதிக வெப்பம் உள்ளது.

இவ்விரண்டு கூற்றுகளில் உள்ள தவறு எது?

தீர்வு:

மழைபொழியும் போது, மேகங்களிலிருந்து ஏரி தண்ணீரைப் பெறுகிறது. மழை பொழிவது நின்றவுடன் ஏரி முன்பு இருந்ததை விட அதிகத் தண்ணீரைப் பெற்றிருக்கும். இங்கு மழை என்பது மேகங்களிலிருந்து தண்ணீரைப் பெறும் ஒரு செயலாகும். மழை பொழிவது ஒரு அளவு அல்ல. மாறாக மழை மேகங்கள் தண்ணீராக மாற்றமடைந்து ஏரிக்கு செல்வதைக் குறிக்கும். எனவே ஏரியில் அதிக மழை உள்ளது என்று கூறுவது தவறாகும். மாறாக ஏரியில் அதிகத் தண்ணீர் உள்ளது என்று கூறுவதே பொருத்தமானதாகும்.

குவளையில் உள்ளதேநீர் வெப்பப்படுத்துவதால் அடுப்பிலிருந்து வெப்பத்தைப் பெறுகிறது. தேநீரை இறக்கி வைத்தவுடன் அது முன்பிருந்ததைவிட அதிக அக ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கும். வெப்பம் என்பது உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து,குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளுக்கு ஆற்றல் செல்வதைக் குறிக்கிறது. வெப்பம் ஓர் அளவு அல்ல. எனவே குவளையில் உள்ள தேநீரில் அதிக வெப்பம் உள்ளது என்று கூறுவதை வி குவளையில் உள்ள தேநீர் அதிக சூடாக உள்ளது என்பதே பொருத்தமானதாகும்.

வேலையின் உட்கருத்து:

உங்களின் இரண்டு உள்ளங்கைகளையும் ஒன்றுடன் ஒன்று தேய்க்கும்போது, அவற்றின் வெப்பநிலை உயர்வதை காணலாம். உங்கள் உள்ளங்கைகளின் மீது ஒரு வேலை செய்யப்படுகிறது. அந்த செய்யப்பட்ட வேலையால்தான் வெப்பநிலை உயர்ந்துள்ளது. தற்போது உங்கள் உள்ளங்கைகளை கன்னத்தின் மீது வைக்கும்போது, கன்னத்தின் வெப்பநிலை உயர்வதைக் காணலாம். ஏனென்றால் உள்ளங்கைகளில் வெப்பநிலை கன்னத்தில் வெப்பநிலையை விட அதிகம். அதனால் வெப்பம் உள்ளங்கையிலிருந்து கன்னத்திற்கு பாய்கிறது. மேலே கூறப்பட்ட எடுத்துக்காட்டிலிருந்து நாம் அறிவது என்னவென்றால் உள்ளங்கைகளின் வெப்பநிலை உயர்ந்தது செய்யப்பட்ட வேலையினால், கன்னத்தின் வெப்பநிலை உயர்ந்தது உள்ளங்கைகளிலிருந்து, கன்னத்திற்கு வெப்பம் பரிமாற்றப்பட்டதால், தான் இவை காட்டப்பட்டுள்ளன.

அமைப்பு ஒன்றின் மீது வேலை செய்யப்படும் போது சில நேரங்களில், அமைப்பின் வெப்பநிலை உயரும்.

அல்லது சில நேரங்களில் அதே நிலையில் நீடிக்கும். வெப்பத்தைப் போன்றே வேலையும் ஒரு அளவு அல்ல. அது ஆற்றலை பரிமாற்றும் ஒரு செயலாகும். எனவே இந்தப்பொருள் அதிக வேலையைப் பெற்றுள்ளது அல்லது குறைந்த வேலையைப் பெற்றுள்ளது போன்ற வாக்கியங்களைப் பயன்படுத்தக்கூடாது.

அமைப்பு, சூழலின் மீது ஒரு வேலையைச் செய்து அச்சூழலுக்கு ஆற்றலை மாற்றம் செய்யும் அல்லது சூழல், அமைப்பின் மீது ஒரு வேலையை செய்து அந்த அமைப்பிற்கு ஆற்றலை மாற்றம் செய்யும். எனவே ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு வேலை மூலமாக ஆற்றலை மாற்றுவதற்கு அவ்விரண்டு பொருள்களும் வெவ்வேறு வெப்பநிலையில் இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை.

வெப்பநிலையின் உட்கருத்து:
வெப்பநிலை என்பது பொருளொன்றின் சூடுதன்மை அல்லது குளிர்த்தன்மையைக் குறிப்பதாகும். சூடாக உள்ள பொருளொன்றின் வெப்பநிலை உயர்ந்த மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும். இரண்டு பொருள்கள் வெப்பத் தொடர்பில் உள்ள போது அவைகளுக்கிடையே பாயும் வெப்பத்தின் திசையை வெப்பநிலை தீர்மானிக்கிறது.

வெப்பநிலையின் SI அலகு கெல்வின் (K)

குறிப்பு: வெப்ப இயக்கவியலிலும் அழுத்த அலகு வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கை இரண்டிலும், நாம் எந்த கணக்கீட செய்யும் போது, வெப்பநிலையை கெல்வின் அலகில் மட்டுமே பயன்படுத்த வேண்டும்.
நடைமுறையில் செல்சியஸ் (°C) மற்றும் ∴பாரன்ஹீட் (°F) என்ற அளவுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.
வெப்பநிலைமானியைக கொண்டு (Thermometer) பொருளின் வெப்பநிலையை அளந்தறியலாம்.
ஒரு வெப்பநிலை அளவிடும் முறையிலிருந்து மற்றொரு வெப்பநிலை அளவிடும் முறைக்கு மாற்றுவதற்கான கணக்கீட்டு முறைகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

பருப்பொருளின் வெப்பப்பண்புகள்:
பாயில் விதி, சார்லஸ் விதி மற்றும் நல்லியல்பு வாயு விதி:

பருமன் V கொண்ட கொள்கலனில் குறைந்த அழுத்தத்தில் (அடர்த்தி) உள்ள வாயு ஒன்றினைக் கொண்டு நிகழ்த்தப்பட்ட சோதனையிலிருந்து பின்வரும் முடிவுகள் கிடைக்கின்றன.

- மாறா வெப்பநிலையிலுள்ள வாயு ஒன்றின் அழுத்தம், அதன் பருமனுக்கு எதிர்விகிதத்திலிருக்கும் $\left(P \propto \frac{1}{v}\right)$ இதனை இராபர்ட் பாயில் (Robert Boyle) என்பவர் (1627 – 1691) கண்டறிந்தார். எனவே இவ்விதி பாயில்விதி என அழைக்கப்படுகிறது.

வெப்பநிலையை ஒரு அளவிடும் முறையிலிருந்து மற்றொரு அளவிடும் முறைக்கு மாற்றுவதற்கான வழிமுறை

அளவிடும் முறை	கெல்வின் முறைக்கு	கெல்வின் முறையிலிருந்து மற்ற முறைக்கு
செல்சியஸ்	K = °C + 273.15	°C = K – 273.15
பாரன்ஹீட்	K = (°F + 459.67) ÷ 1.8	°F = (K 1.8) – 459.67
அளவிடும் முறை	பாரன்ஹீட் முறைக்கு	பாரன்ஹீட் முறையிலிருந்து மற்ற முறைக்கு
செல்சியஸ்	°F = (1.8 × °C) + 32	°C = (°F – 32) ÷ 1.8
அளவிடும் முறை	செல்சியஸ் முறைக்கு	கெல்வின் முறையிலிருந்து மற்ற முறைக்கு
பாரன்ஹீட்	°C = (°F – 32) ÷ 1.8	° F = (1.8 ×°C) + 32

- மாறா அழுத்தத்திலிருந்து வாயு ஒன்றின் பருமன், அதன் வெப்பநிலைக்கு (கெல்வின்) நேர்த்தகவிலிருக்கும். $V \propto T$
- இதனை ஜாக்ஸ் சார்லஸ் (Jacques Charles) (1743-1823) என்பவர் கண்டறிந்தார். எனவே இவ்விதி சார்லஸ் விதி என்று அழைக்கப்படுகிறது. இவ்விரண்டு விதிகளையும் ஒன்றிணைக்கும்போது பின்வரும் சமன்பாடு கிடைக்கும்

PV = CT இங்கு C என்பது நேர்க்குறி கொண்ட மாறிலியாகும்.

இந்த நேர்க்குறி மாறிலி C கொள்கலனிலுள்ள துகள்களின் எண்ணிக்கைக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும் என்பதை பின்வரும் விவாதத்தின் மூலம் அறியலாம். ஒத்த பருமன் V, அழுத்தம் P மற்றும் வெப்பநிலை T, கொண்ட ஒரே வகையான வாயுவால் இவ்விரண்டு கொள்கலன்களும் நிரப்பப்பட்டுள்ளன என்க. இரண்டு கொள்கலனிலும் உள்ள வாயு மேலே குறிப்பிட்டுள்ள PV = CT என்ற சமன்பாட்டின் படி செயல்படும். இவ்விரண்டு

தனித்தனியான கொள்கலனையும் காட்டியுள்ளவாறு ஒரே அமைப்பாகக் கருதினால் அவ்வாயுவின் அழுத்தம் மற்றும் வெப்பநிலை ஒரே மதிப்பினைப் பெறும் ஆனால் பருமனும் மற்றும் வெப்பநிலை துகள்களின் எண்ணிக்கையும் இரண்டு மடங்காகும்.
ஆகவோ வாயுவின் பருமன் 2V மற்றும் துகள்களின் எண்ணிக்கை 2C. எனவே நல்லியல்வு வாயுச் சமன்பாடு $\frac{P(2V)}{T} = 2C$. இச்சமன்பாடு நமக்கு உணர்த்துவது என்னவென்றால் நேர்க்குறி மாறிலி C கண்டிப்பாக வாயுவிலுள்ள துகள்களின் எண்ணிக்கையை சார்ந்திருக்கும் என்பதாகும். மேலும் இதன் பரிமாணம் $\left[\frac{PV}{T}\right] = JK^{-1}$ இந்த நேர்க்குறி மாறிலி C ஐ துகள்களின் எண்ணிக்கை (N) யின் k மடங்கு என எழுதலாம். இங்கு k என்பது பொது மாறிலியான போல்ட்ஸ்மென் மாறிலியாகும். (1.381×10^{-23} JK^{-1})

PV = NkT

சமன்பாடு ஐ மோல்களின் அடிப்படையிலும் எழுதலாம்.

வாயு ஒன்று μ மோல்கள் கொண்ட துகள்களைப் பெற்றிருந்தால், அவ்வாயுவிலுள்ள மொத்தத்துகள்களின் எண்ணிக்கையை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$N = \mu N_A$

இங்கு N_A என்பது அவகாட்ரோ எண் (6.023×10^{23} mol^{-1}) ஆகும். சமன்பாடு இல் உள்ள N இன் மதிப்பை பிரதியிடும்போது PV = μ NAkT எனக்கிடைக்கும். இங்கு $N_A k$ = R என்பது பொது வாயுமாறிலி என அழைக்கப்படும். இதன் மதிப்பு 8.314 J / mol. K.
எனவே μ மோல் கொண்ட நல்லியல்பு வாயு ஒன்றின் வாயுச் சமன்பாட்டை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

இச்சமன்பாட்டிற்கு நல்லியல்பு வாயுவின் நிலைச்சமன்பாடு (equation of state) என்று பெயர். இச்சமன்பாடு சமநிலையிலுள்ள வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு ஒன்றின் அழுத்தம், பருமன் மற்றும் வெப்பநிலையை ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்புபடுத்துகிறது.

எடுத்துக்காட்டு

8 km தொலைவிலிருந்து மிதிவண்டியின் மூலம் பள்ளிக்கு வரும் மாணவியின், மிதிவண்டியின் சக்கரத்தின் காற்றழுத்தம் 27°C இல் 240 kPa. அம்மாணவி பள்ளியை அடைந்தவுடன் சக்கரத்தின் வெப்பநிலை 39°C எனில் சக்கரத்தின் காற்றழுத்தத்தின் மதிப்பினைக் காண்க.

தீர்வு:

சக்கரத்தில் உள்ள காற்றினை நல்லியல்பு வாயுவாகக் கருதினால், வாயு மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையும் சக்கரத்தின் பருமனும் இங்கு மாறிலியாகும். எனவே 27°C வெப்பநிலையிலுள்ள வாயு மூலக்கூறுகள் $P_1V_1 = NkT_1$இலட்சிய வாயுச் சமன்பாட்டையும்,39°C வெப்பநிலையிலுள்ள வாயு மூலக்கூறுகள் $P_2V_2 = NkT_2$என்ற இலட்சிய வாயுச் சமன்பாட்டையும் நிறைவு செய்யும்.

இங்கு T_1 மற்றும் T_2 என்பது கெல்வின் வெப்பநிலை ஆகும்.

$$V_1 = V_2 = V$$

$$\frac{P_1V}{P_2V} = \frac{NkT_1}{NkT_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{T_2}{T_1}P_1$$

$$P_2 = \frac{312K}{300K} \times 240 \times 10^3\, Pa = 249.6kPa$$

எடுத்துக்காட்டு

37°C உடல் வெப்ப நிலையுடைய மனிதரொருவர் சுவாசிக்கும் போது, அவரின் நுரையீரலில் 5.5 லிட்டர் காற்று 1 வளி மண்டல அழுத்தத்தில் (1 atm = 101 kPa) உள்ளே செல்கிறது. மனிதரின் நுரையீலில் உள்ள ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுக. (குறிப்பு : காற்றில் 21% ஆக்சிஜன் உள்ளது)

தீர்வு:

நுரையீரலில் உள்ள காற்றை ஓர் நல்லியல்பு வாயுவாகக் கருதி, நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி வாயு மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடலாம்.

$$PV = NkT$$

இங்கு வாயுவின் பருமன் லிட்டரில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு லிட்டர் என்பது 10 cm பக்க அளவு கொண்ட கனசதுரக் கொள் கலனின் பருமனுக்குச் சமம் எனவே,

1 லிட்டர் $= 10\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 10\text{ cm} = 10^{-3}\text{ m}^3$

$$N = \frac{PV}{kT} = \frac{1.01 \times 10^5\, Pa \times 5.5 \times 10^{-3} m^3}{1.38 \times 10^{-23}\, JK^{-1} \times 310K}$$

$N = 1.29 \times 10^{23}$மூலக்கூறுகள்

கணக்கிடப்பட்ட N மதிப்பில் 21% மட்டுமே ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளாகும். எனவே மொத்த ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை

$$= 1.29 \times 10^{23} \times \frac{21}{100}$$

ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை $= 2.7 \times 10^{22}$ மூலக்கூறுகள்

எடுத்துக்காட்டு:

ஒரு மோல் அளவுள்ள ஏதேனும் ஒரு வாயுவின் பருமனை படித்தர வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தத்தில் (SPT) காண்க. மேலும் அதே மூலக்கூறுகளின் பருமனை அறைவெப்பநிலை (300K) மற்றும் ஒரு வளிமண்டல அழுத்தத்தில் (1 atm) கணக்கிடுக.

படித்தர வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தத்தில், வெப்பநிலை (T = 273 K அல்லது 0°C) மற்றும் அழுத்தம் (P = 1 atm அல்லது 101.3 kPa)

நல்லியல்பு வாயுச்சமன்பாட்டை இங்கு பன்படுத்தும் போது $V = \frac{\mu RT}{P}$

இங்கு $\mu = 1 mol$ மற்றும் R = 8.314 J/mol.K. இம்மதிப்புகளை சமன்பாட்டில் பிரதியிடும் போது

$$V = \frac{(1mol)(8.314\frac{J}{mol}K)(273K)}{1.013\times10^{5}\,Nm^{-2}}$$

$= 22.4 \times 10^{-3}\ m^3$

நாம் அறிந்த படி 1 லிட்டர் (L) = $10^{-3}\ m^3$.

இதிலிருந்து 1 மோல் அளவுள்ள எந்த ஒரு நல்லியல்பு வாயுவின் பருமன் 22.4 லிட்டர் என நாம் அறிந்து கொள்ளலாம்.

அறை வெப்பநிலையில் ஒரு மோல் அளவுள்ள வாயுவின் பருமனைக்கான 22.4 லிட்டரை $\frac{300K}{273K}$ ஆல் பெருக்க வேண்டும். அவ்வாறு கணக்கிடும் போது, வாயுவின் பருமன் 24.6 லிட்டர் எனக்கிடைக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு:

உனது வகுப்பறையில் உள்ள காற்றின் நிறையை இயல்பு வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தத்தில் (NTP) கணக்கிடுக. இங்கு இயல்பு வெப்பநிலை என்பது அறை வெப்பநிலையையும், இயல்பு அழுத்தம் என்பது ஒரு வளி மண்டல அழுத்தத்தைக் (1 atm) குறிக்கும்.

தீர்வு:

வகுப்பறை ஒன்றின் சராசரி அளவு முறையே 6m நீளம்,5 m அகலம் மற்றும் 4 m உயரமாகும். எனவே அறையின் பருமன் V = 6 × 5 × 4 = 120m^3 ஆகும். இப்பருமனில் உள்ள மோல்களின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிட வேண்டும்.

அறை வெப்பநிலையிலுள்ள (300K) ஒரு மோல் வாயுவின் பருமன் 24.6 லிட்டர். எனவே,

மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை

$$\mu = \frac{120m^3}{24.6\times10^{-3}m^3} \approx 4878\,mol$$

காற்றில் 21% ஆக்ஸிஜன்,78% நைட்ரஜன் மற்றும் 1% ஆர்கான், ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் மற்றும் செனான் போன்ற வாயக்களின் கலவை உள்ளது. காற்றின் மூலக்கூறு நிறை 29 $gmol^{-1}$ எனவே அறையில் உள்ள காற்றின் மொத்த நிறை m = 4878 × 29 = 141.4 kg ஆகும்.

வெப்ப ஏற்புத்திறன் மற்றும் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (Hat capacity and specific heat capacity)

27°C வெப்பநிலையிலுள்ள நீர் மற்றும் எண்ணை இவ்விரண்டையும் சம அளவில் எடுத்துக்கொண்டு 50°C வெப்பநிலையை அடையும் வரை இவ்விரண்டையும் வெப்பப்படுத்தவும். 50°C வெப்பநிலையை அடைவதற்கான நேரததைத் தனித்தனியே கண்டறியவும். இவ்விரண்டு நேரங்களும் நிச்சயம் ஒன்றாக இருக்காது. எண்ணையுடன் ஒப்பிடும்போது நீர் அதிக நேரத்தை எடுத்துக்கொள்ளும். இதிலிருந்து 50°C வெப்பநிலையை அடைய எண்ணையைவிட நீருக்கு அதிக வெப்பம் தேவை என்பதை நாம் அறியலாம். இப்போது இரண்டு மடங்கு நீரினை எடுத்துக்கொண்டு அதன் வெப்பநிலை 50°C அடையும் வரை வெப்பப்படுத்தி அதற்கான நேத்தை கண்டறியும் போது, அது ஏற்கனவே கண்டறியப்பட நேரததைப் போன்று இருமடங்காக இருப்பதையும் நாம் அறியலாம்.

கொடுக்கப்பட்ட பொருளின் வெப்பநிலை,T யிலிருந்து $T + \Delta T$ ஆக உயர்த்த தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவே "வெப்ப ஏற்புத்திறன்" என வரையறுக்கப்படுகிறது.

வெப்ப ஏற்பத்திறன் $S = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$

ஒரு கிலோகிராம் நிறையுடைய பொருளின் வெப்பநிலையை ஒரு கெல்வின் அல்லது $1°C$ உயர்த்த தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவே, தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$Q = ms\Delta T$$

எனவேs = $= \frac{1}{m}\left(\frac{\Delta Q}{\Delta T}\right)$

இங்கு s என்பது பொருளின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனாகும். இதன் மதிப்பு பொருளின் தன்மையைச் சார்ந்ததேயன்றி அளவை சார்ந்ததல்ல.

ΔQ = வெப்பத்தின் அளவு

ΔT = வெப்பநிலை மாற்றம்

m = பொருளின் நிறை

தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் SI அலகு $J\,kg^{-1}\,K^{-1}$ஆகும். வெப்ப ஏற்புத்திறன், தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன், தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் இரண்டும் நேர்க்குறி கொண்ட அளவுகள் ஆகும்.

நீரின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் பெரும மதிப்பைப் பெற்றுள்ளதை அறியலாம். இதன் காரணமாகத்தான் மின் உற்பத்தி நிலையங்கள் மற்றும் அணுக்கரு உலைகளிலும் நீரினை குளிரூட்டியாக (Coolant)பயன்படுத்துகிறோம்.

சில பொதுவான பொருள்களின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (20°C வெப்பநிலை மற்றும் 1 atm அழுத்தத்தில்)

பொருள்	**தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் ($Jkg^{-1}K^{-1}$)**
காற்று	1005
ஈயம்	130
தாமிரம்	390
இரும்பு (எ.்.கு)	450
கண்ணாடி	840
அலுமினியம்	900
மனித உடல்	3470
நீர்	4186

வெப்ப ஏற்புத்திறன் அல்லது தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் என்பது பொருள்களில் பொதிந்துள்ள வெப்பத்தின் அளவைக் குறிப்பவை அல்ல. ஏனெனில் வெப்பம் என்பது உயர் வெப்ப நிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலை உள்ள பொருளுக்கு பாயும் ஒரு பரிமாற்ற ஆற்றலாகும். எனவே வெப்ப ஏற்புத்திறன் என்பதைவிட அக ஆற்றல் ஏற்புத்திறன் என்பதே சரியான பதமாகும் ஆனால் நெடுங்காலமாக இவ்வார்த்தைகள் வழக்கத்தில் உள்ளதால் அவற்றை அப்படியே நாம் பயன்படுத்துகிறோம்.

ஒரு நிறையுடைய இரண்டு வெவ்வேறு பொருள்களை ஒரே வீதத்தில் வெப்பப்படுத்தும் போது,குறைந்த தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனுடைய பொருளின் வெப்பநிலை வேகமாக அதிகரிக்கும். இதேபோன்று அவற்றை குளிர்விக்கும் போதும், குறைந்த தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனுடைய பொருள் வேகமாக குளிர்வடையும்

வாயுக்களின் பண்புகளைப்பற்றி படிக்கும்போது, மோலார் (மூலக்கூறு) தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (molar specific heat capacity) நடைமுறையில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மோலார் (மூலக்கூறு) தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனை பின்வருமாறு வரையறை செய்யலாம். ஒரு மோல் அளவுள்ள பொருளின் வெப்பநிலையை 1K அல்லது 1°C உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்ப ஆற்றலின் அளவே மோலார் (மூலக்கூறு) தன்வெப்ப ஏற்பத்திறன் எனப்படும். இதனைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$C = \frac{1}{\mu}\left(\frac{\Delta Q}{\Delta T}\right)$$

இங்கு C என்பது பொருளின் மோலார் (மூலக்கூறு) தன்வெப்ப ஏற்பத்திறனைக் குறிக்கிறது. மேலும் μ என்பது பொருளில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் மோல் எண்ணிக்கையைக் குறிக்கும்.

மோலார் (மூலக்கூறு) தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனின் அலகு $J\ mol^{-1}\ K^{-1}$ஆகும். இதுவும் ஒரு நேர்க்குறி கொண்ட அளவாகும்.

திட, திரவ மற்றும் வாயுக்களின் வெப்ப விரிவு:

வெப்பநிலை மாற்றத்தினால் பொருள்களின் வடிவம், பரப்பு மற்றும் பருமனில் ஏற்படும் மாற்றமே வெப்ப விரிவு எனப்படும்.

பொருள்களின் மூன்று நிலைகளும் (திட, திரவ மற்றும் வாயு) வெப்பப்படுத்தும்போது விரிவடையும். திடப்பொருளொன்றை வெப்பப்படுத்தும்போது அதன் அணுக்கள் அவற்றின் சமநிலைப் புள்ளியைப் பொருத்து வேகமாக அதிர்வடைகின்றன. மற்ற பொருள்களுடன் ஒப்பிடும் போது திடப்பொருள்களின் அளவில் ஏற்படும் மாற்றம் குறைவானதாகும். இரயில் வண்டிகளின் இருப்பப்பாதைகளில் சில இடங்களில் சிறிய இடைவெளி விடப்பட்டிருக்கும். ஏனெனில் கோடை காலங்களில் இருப்புப்பாதை விரிவடையும். அவ்வாறு வெப்பநிலை மாற்றங்களின் போது எளிதாக விரிவடையவும், சுருங்கவும் ஏற்ற வகையில் பாலங்களிலும், இருப்புப்பாதைகளிலும் விரிவடையும் இணைப்புகள் காணப்படும்.

திரவங்களின் மூலக்கூறிடை விசை, திடப்பொருள்களின் மூலக்கூறிடை விசையை விடக் குறைவாக இருக்கும். எனவே அவை திடப்பொருள்களைவிட அதிகமாக விரிவடையும். இந்தப் பண்பின் அடிப்படையில்தான் பாதரச வெப்பநிலைமானி செயல்படுகிறது.

வாயு மூலக்கூறுகளைப் பொருத்தவரை அவற்றின் மூலக்கூறிடைவிசை கிட்டத்தட்ட புறக்கணிக்கும் அளவிலேயே இருக்கும். எனவே அவை திடப்பொருள்களைவிட மிக அதிகமாக விரிவடையும். எடுத்துக்காட்டாக சூடான காற்று அடைக்கப்பட்டுள்ள பலூன்களில் உள்ள காற்று மூலக்கூறுகளை வெப்பப்படுத்தும் போது அவை விரிவடைந்து அதிக இடத்தை அடைத்துக்கொள்ளும்.

வெப்பநிலை உயர்வால் பொருள்களின் பரிமாணத்தில் ஏற்படும் அதிகரிப்பே வெப்பவிரிவு எனப்படும்.

நீளத்தில் ஏற்படும் விரிவு நீள் விரிவு (Linear expansion) என அழைக்கப்படும். இதேபோன்று பரப்பில் ஏற்படும் விரிவு பரப்பு விரிவு (Area expansion) எனவும், பருமனில் ஏற்படும் விரிவு பரும விரிவு (Volume expansion) எனவும் அழைக்கப்படும்.

நீள் விரிவு:

திடப்பொருள்களில், ΔT என்ற சிறு வெப்பநிலை மாற்றத்தால் நீளத்தில் ஏற்படும் சிறு மாற்றம் $\left(\frac{\Delta L}{L}\right)$, யானது ΔT க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$\frac{\Delta L}{L} = \alpha_L \Delta T$$

எனவே $\alpha_L = \frac{\Delta L}{L \Delta T}$

இங்கு α_L நீள் விரிவுக்குணகம்

ΔL = நீளத்தில் ஏற்படும் மாற்றம்

L = தொடக்க நீளம்

ΔL = வெப்பநிலையில் ஏற்பட்ட மாற்றம்

எடுத்துக்காட்டு:

பிரான்ஸ் நாட்டிலுள்ள இரும்பால் செய்யப்பட்ட ஈபிள் கோபுரத்தின் உயரம் கிட்டதட்ட 300 m ஆகும். பிரான்ஸ் நாட்டின் குளிர்காலத்தின் வெப்பநிலை 2°C மற்றும் கோடைக்காலத்தின் சராசரி வெப்பநிலை 25°C இவ்விரண்டு பருவ நிலைகளுக்கிடையே ஈபிள் கோபுரத்தின் உயரத்தில் ஏற்படும் மாற்றத்தைக் கணக்கிடுக. இரும்பின் நீள் விரிவுக் குணகம் $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ per°C

தீர்வு:

$$\frac{\Delta L}{L} = \alpha_L \Delta T$$

$$\Delta L = \alpha_L L \Delta T$$

இறுக்கமான மூடப்பட்டுள்ள கண்ணாடிக்குவளையின் மூடியை எளிதாகத்திறக்க, அதனை சூடான தண்ணீரில் அருகே சிறிது நேரம் வைத்திருக்க வேண்டும். பின்னர் அதனை எளிதாகத் திறக்கலாம். ஏனெனில் கண்ணாடிக் குவளையின் மூடியின் வெப்ப விரிவு கண்ணாடியைவிட அதிகமாக இருப்பதாகும்.

வேகவைக்கப்பட்ட சூடான முட்டையை குளிர்ந்த தண்ணீரில் போட்டு அதன் ஓட்டினை உரித்தால் அது முட்டையிலிருந்து எளிதாக பிரிந்து வரும். ஏனெனில் முட்டை மற்றும் ஓடு ஒவ்வொன்றும் வெவ்வேறு வெப்பவிரிவைப் பெற்றிருப்பதாகும்.

$\Delta T = 10 \times 10^{-6} \times 300 \times 23 = 0.69$ m = 69 cm

பரப்பு விரிவு:

ΔT என்ற சிறய வெப்பநிலை மாற்றத்தால் பொருளின் பரப்பில் ஏற்படும் பரப்புத்திரிபு $\left(\frac{\Delta A}{A}\right)$ ஆனது ΔT க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இதனைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\frac{\Delta A}{A} = \alpha_A \Delta T$$

எனவே, $\alpha_A = \frac{\Delta A}{A \Delta T}$

இங்கு α_A பரப்பு விரிவுக் குணகம்

ΔA = பரப்பில் ஏற்படும் மாற்றம்

A =தொடக்கப் பரப்பு

ΔT = வெப்பநிலையில் ஏற்பட்ட மாற்றம்

பரும விரிவு:

ΔT என்ற சிறிய வெப்பநிலை மாற்றத்தினால், பொருளின் பருமனில் ஏற்படும் பருமத்திரிபு $\left(\frac{\Delta V}{V}\right)$ ஆனது ΔT க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$\frac{\Delta V}{V} = \alpha v \Delta T$$

எனவே, $\alpha_v \frac{\Delta V}{V \Delta L}$

இங்கு α_v = பரும விரிவுக் குணகம்

ΔV = பருமனில் ஏற்படும் மாற்றம்

V = தொடக்கப்பருமன்

ΔT = வெப்பநிலையில் ஏற்பட்ட மாற்றம்
திடப்பொருள்களின் நீள் விரிவு, பரப்பு மற்றும் பரும விரிவுக் குணங்களின் அலகு $^{\circ}C^{-1}$அல்லது K^{-1}

கொடுக்கப்பட்ட பொருளுக்கு

$$\frac{\Delta L}{L} = \alpha_L \Delta T \quad \text{(நீள் விரிவு)}$$

$$\frac{\Delta A}{A} \approx 2\alpha_L \Delta T \quad \text{(பரப்பு விரிவு } \approx 2 \times \text{நீள் விரிவு)}$$

$$\frac{\Delta V}{V} \approx 3\alpha_L \Delta T \quad \text{(பரும விரிவு } = 3 \times \text{நீள் விரிவு)}$$

நீரின் முரண்பட்ட விரிவு(Anomalous Expansion of Water):
சாதாரண வெப்பநிலைகளில் திரவங்களை வெப்பப்படுத்தும்போது விரிவடையும் மற்றும் குளிர்விக்கும் போது சுருங்கும். ஆனால் நீர் இதற்கு முரணான ஒரு பண்பைப் பெற்றுள்ளது. $0^{\circ}C$ முதல் $4^{\circ}C$ வரை வெப்பப்படுத்தும்போது தண்ணீர் சுருங்குகிறது. தண்ணீரை அறை வெப்பநிலையிலிருந்து குளிர்விக்கும் போது $4^{\circ}C$ வெப்பநிலையை அடையும் வரை அதன் பருமன் குறையும். $4^{\circ}C$ வெப்பநிலைக்குக் கீழே அதனைக் குளிர்விக்கும் போது அதன் பருமன் அதிகரிக்கும். மேலும் அதன் அடர்த்தி குறையும். அதாவது வெப்பநிலையில் நீர் பெரும அடர்த்தியைப் பெறும். நீரின் இந்தத்தன்மையே நீரின் முரண்பட்ட விரிவு என அழைக்கப்படுகிறது.

குளிர் நாடுகளில், குளிர்காலத்தின் போது ஏரிகளின் மேற்பரப்பு வெப்பநிலை அதன் அடிப்புற வெப்பநிலையை விட குறைந்து காணப்படும் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஏனெனில் திட நீரின் (பனிக்கட்டி) அடர்த்தி சாதாரண நீரின் அடர்த்தியைவிடக் குறைவு,$4^{\circ}C$ வெப்பநிலைக்கும் கீழே உறைந்த நீர் (பனிக்கட்டி) சாதாரண நீரின் மேலே மிதந்து ஏரிகளின் மேற்பரப்பிற்கு வரும். இதற்குக்காரணம் நீரின் முரண்பட்ட விரிவாகும். ஏரிகள் மற்றும் குளங்களின் மேற்பரப்பு உறைந்து பனிக்கட்டிகளால் மூடப்பட்டிருப்பினும், அடியில் உள்ள நீர் உறையாமல் இருந்து நீர்வாழ் உயிரினங்களைக் காக்கும்.

நிலை மாற்றம்:
பொதுவாக அனைத்துப் பொருள்களும் திட, திரவ மற்றும் வாயு என்ற மூன்று நிலைகளில் காணப்படும். வெப்பப்படுத்தும் போது அல்லது குளிர்விக்கும் போது பொருள்கள் ஒரு நிலையிலிருந்து மற்றொரு நிலைக்கு மாற்றமடையும்

எடுத்துக்காட்டு:

1. உருகுதல் (திட நிலையிலிருந்து திரவ நிலைக்கு)
2. ஆவியாதல் (திரவ நிலையிலிருந்து வாயு நிலைக்கு)
3. பதங்கமாதல் (திட நிலையிலிருந்து நேரடியாக வாயு நிலைக்கு)
4. உறைதல் (திரவ நிலையிலிருந்து திட நிலைக்கு)
5. சுருங்குதல் (வாயு நிலையிலிருந்து திரவ நிலைக்கு)

உள்ளுறை வெப்ப ஏற்புத்திறன் (Latent Heat Capacity):

பாத்திரம் ஒன்றிலுள்ள நீரினை வெப்பப்படுத்தும் போது அதன் கொதிநிலையான $100^{\circ}C$ வெப்பநிலையை அடையும் வரை, அதன் வெப்பநிலை உயரும். அதன்பின்பு மொத்த நீரும் ஆவியாகும் வரை அதன் வெப்பநிலை மாறாமல் நிலையாக இருக்கும். இந்த நிகழ்வின் போது வெப்பம் தொடர்ச்சியாக நீருக்கு பாய்கிறது. இருப்பினும் அதன் வெப்பநிலை, கொதிநிலையைவிட அதிகரிக்காமல் அதே நிலையில் நீடிக்கிறது இதுவே உள்ளுறை வெப்ப ஏற்புத்திறனின் இயல்பாகும்.
ஓரலகு நிறையுடைய பொருளின் நிலையை மாற்றுவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் ஆற்றலின் அளவே, பொருளின் உள்ளுறை வெப்ப ஏற்புத்திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$Q = m \times L$$

எனவே, $$L = \frac{Q}{m}$$

இங்கு,L = பொருளின் உள்ளுறை வெப்ப ஏற்புத்திறன்

Q = வெப்பத்தின் அளவு

m = பொருளின் நிறை

உள்ளுறை வெப்ப ஏற்புத்திறனின் ளுஐ அலகு

$J\ kg^{-1}$ஆகும்

நிலைமாற்றத்தின் போது வெப்பத்தைக் கொடுக்கவோ அல்லது நீக்கவோ நேர்ந்தாலும், அதன் வெப்பநிலை மாறாமல் தொடர்ந்து அதே நிலையில் நீடிக்கும்.

- திட – திரவ நிலை மாற்றத்திற்கான உள்ளுறை வெப்பம், உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (Latest heat of fusion (L_1) என அழைக்கப்படும்.

- திரவ– வாயு நிலை மாற்றத்திற்கான உள்ளுறை வெப்பம், ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (Latest heat of vaporisation) (L_v)
- திட – வாயு நிலை மாற்றத்திற்கான உள்ளுறை வெப்பம், பதங்கமாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (Latest heat of sublimation) L_s)

முப்புள்ளி (Triple point)::

கொடுக்கப்பட்ட பொருளொன்றின் மூன்று நிலைகளும் (திட, திரவ மற்றும் வாயு) வெப்ப இயக்கச் சமநிலையில் உள்ளபோது, அப்பொருளின் வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தமே பொருளின் முப்புள்ளி என அழைக்கப்படுகிறது.

நீரின் முப்புள்ளி 273.1 K மற்றும் பகுதி ஆவி அழுத்தம் (Partial vapour pressure) 611.657 பாஸ்கலாகும்.

வெப்ப அளவீட்டியல்:

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்ப ஒன்றினை வெப்பப்படுத்தும்போது, அவ்வமைப்பிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்பத்தை அல்லது அவ்வமைப்பினால் உட்கவரப்படும் வெப்பத்தை அளக்கும் ஒரு செயலே வெப்ப அளவீட்டியல் என அழைக்கப்படும். உயர் வெப்ப நிலையிலுள்ள பொருளொன்றை குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளொன்றுடன் சேர்த்துவைக்கும் போது, உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருள் இழந்த வெப்பம், குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருள் ஏற்றுக்கொண்ட வெப்பத்திற்கு சமமாகும். சூழலுக்கு எவ்விதமான வெப்பமும் கடத்தப்படாது. இதனைக் கணித முறையில் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$Q_{\text{ஏற்பு}} = -Q_{\text{இழப்பு}}$$

$$Q_{\text{ஏற்பு}} + Q_{\text{இழப்பு}} = 0$$

ஏற்கப்பட்ட வெப்பம் அல்லது இழந்த வெப்பத்தை வெப்பமானியைக் (Calorimeter) கொண்டு அளக்கலாம். பொதுவாக வெப்பமானி என்பது காட்டியுள்ளவாறு நீர் நிரப்பப்பட்ட வெப்பகாப்பீடு செய்யப்பட்ட கொள்கலனாகும்.

உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள (T_1) மாதிரி பொருள் ஒன்றினை, அறை வெப்பநிலையில் (T_2) வெப்பமானியில் உள்ள நீரில் மூழ்கவைக்க வேண்டும். சிறிது நேரத்திற்குப்பின்னர் நீர் மற்றும் வெப்பமானி இரண்டும் T_f என்ற இறுதி வெப்பநிலையை அடையும். வெப்பமானி காப்பிடப்பட்டுள்ளதால், உயர் வெப்பநிலை மாதிரி பொருள் இழந்த வெப்பமும். குறைந்த வெப்பநிலை நீர் ஏற்றுக்கொண்ட வெப்பமும் சமமாகும்

$$Q_{\text{ஏற்பு}} = - Q_{\text{இழப்பு}}$$

குறியீட்டு மரபை இங்கு கவனிக்க வேண்டும். வெப்ப இழப்பு எதிர்க்குறியிலும், வெப்ப ஏற்பு நேர்க்குறியிலும் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன.

$$Q_{\text{ஏற்பு}} = m_2 s_2 (T_f - T_2)$$

$$Q_{\text{இழப்பு}} = m_1 s_1 (T_f - T_1)$$

இங்கு s_2 மற்றும் s_1 என்பவை முறையே நீர் மற்றும் மாதிரிப் பொருளின் தன் வெப்ப ஏற்பத்திறன்களாகும்.
எனவே,

$$m_2s_2 (T_f - T_2) = -m_1s_1 (T_f - T_1)$$
$$m_2s_2T_f - m_2s_2T_2 = m_1s_1T_f + m_1s_1T_1$$
$$m_2s_2T_f - m_1s_1T_f = m_2s_2T_2 + m_1s_1T_1$$

இறுதி வெப்பநிலை $T_f = \dfrac{m_1s_1T_1 + m_2s_2T_2}{m_1s_1 + m_2s_2}$

எடுத்துக்காட்டு:
50°C வெப்பநிலையிலுள்ள 5L நீர்,30°C வெப்பநிலையிலுள்ள 4L நீருடன் கலக்கப்படுகிறது. நீரின் இறுதி வெப்பநிலை என்ன? இங்கு நீரின் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் 4184 J kg^{-1} K^{-1}என்க.

தீர்வு:
பின்வரும் சமன்பாட்டை நாம் பயன்படுத்தலாம்.

$$T_f = \frac{m_1s_1T_1 + m_2s_2T_2}{m_1 + s_1 + m_2s_2}$$

m_1 = 5L = 5kg மற்றும் m_2 = 4L = 4kg, $s_1 = s_2$

மேலும் T_1 = 50°C = 323 K மற்றும் T_2 = 30°C = 303 K
எனவே

$$T_f = \frac{m_1T_1 + m_2T_2}{m_1 + m_2} = \frac{5\times323 + 4\times303}{5+4} = 314.11K$$

T_f = 314.11 K – 273 K ≈ 41°C

50°C மற்றும் 30°C வெப்பநிலைகளில் உள்ள சம அளவு நீரினை ($m_1 = m_2$) ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்கும்போது, இறுதி வெப்ப நிலை இவ்விரண்டு வெப்பநிலைகளின் சராசரியாகும்.

$$T_f = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{323+303}{2} = 313K = 40°C$$

ஒரே வெப்பநிலையில் (30°C) உள்ள இரண்டு நீர் மாதிரிகளை ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்கும்போது அவற்றின் இறுதி வெப்பநிலையும் 30°C ஆகும். இதிலிருந்து நாம் அறிந்து கொள்வது என்னவென்றால் இவ்விரண்டு நீர் மாதிரிகளும் வெப்பச்சமநிலையில் உள்ளன. எனவே இரண்டிற்கும் நடுவே எவ்விதமான வெப்பப்பரிமாற்றமும் நடைபெறவில்லை எனப்பதாகும்.

வாயுக்கள் அல்லது திரவங்களை ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்கும் போது அக்கலவையின் இறுதிச்சமநிலை வெப்பநிலை அப்பொருள்களின் நிறைகள், தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்கள் மற்றும் வெப்நிலைகளைச் சார்ந்திருக்கும் என்பதை இங்கு நினைவில் கொள்ள வேண்டும். மேலும் சம அளவுள்ள ஒரே பொருள்களை ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்கும்போது மட்டுமே இறுதி வெப்ப நிலையானது தனித்தனி வெப்பநிலைகளின் சராசரி மதிப்பிற்கு சமமாகும்.

வெப்ப மாற்றம்: (Heat Transfer):

நாம் அறிந்தபடி வெப்பம் என்பது ஒருவகை பரிமாற்ற ஆற்றலாகும். அவ்வாற்றல் வெப்பநிலை வேறுபாட்டின் கரணமாக ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு மாற்றப்படும். வெப்ப மாற்றம் மூன்று வழிகளில் நடைபெறும் அவை வெப்பக்கடத்தல், வெப்பச் சலனம் மற்றும் வெப்பக்கதிர்வீச்சு ஆகும்.

வெப்பநிலை வேறுபாட்டின் காரணமாக பொருள்களுக்கிடையே நேரடியாக வெப்பமாற்றம் ஏற்படும் நிகழ்ச்சிக்கு வெப்பக்கடத்தல் என்று பெயர். இரண்டு பொருள்களை ஒன்றுடன் ஒன்று தொட்டுக்கொண்டிருக்குமாறு வைக்கும்போது, உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து, குறைந்த வெப்பநிலை உள்ள பொருளுக்கு வெப்பம் மாற்றப்படுகிறது. வெப்பத்தை எளிதாகத் தன் வழியே கடந்து போக அனுமதிக்கும் பொருள்களுக்கு வெப்பக்கடத்திகள் என்று பெயர்.

வெப்பக் கடத்துத்திறன் (Thermal Conductivity):

வெப்பத்தைக் கடத்தும் திறனுக்கு வெப்பக்கடத்துத்திறன் என்று பெயர்.

மாறாநிலை நிபந்தனையில் ஓரலகு வெப்பநிலை வேறுபாட்டில், ஓரலகு தடிமன் கொண்ட பொருளின் வழியே ஓரலகு பரப்பிற்குச் செங்குத்தாக உள்ள திசையில் கடத்தப்படும் வெப்பத்தின் அளவே, பொருளின் வெப்பக்கடத்துத்திறன் என அழைக்கப்படுகிறது.

மாறாநிலையில், வெப்பக்கடத்து வீதம் Q, வெப்பநிலை வேறுபாடு ΔT மற்றும் குறுக்கு வெட்டுப்பரப்ப A ஆகியவற்றுக்கு நேர்த்தகவிலும், கடத்தியின் நீளத்திற்கு (L) எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும். வெப்பம் கடத்தும் வீதத்தை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\frac{Q}{t} = \frac{KA\Delta T}{L}$$

இங்கு K என்பது வெப்பக்கடத்தல் எண் ஆகும்.
(இதனை கெல்வின் வெப்ப நிலை K எனத் தவறாகப் புரிந்துகொள்ளக்கூடாது)
வெப்பக்கடத்துத்திறனின் SI அலகு $Js^{-1}\ m^{-1}\ K^{-1}$அல்லது $Wm^{-1}\ K^{-1}$

மாறாநிலை (Steady state):
எந்த நிலையில், அனைத்து இடங்களிலும் வெப்பநிலை ஒரு மாறா மதிப்பினை அடைகிறதோ மற்றும் எந்த இடத்திலிருந்தும் எவ்விதமான வெப்பமும் பரிமாற்றப்படாமல் உள்ளதோ அந்நிலையே மாறா நிலை என அழைக்கப்படுகிறது.

பொதுவாக பொருள்களின் வெப்பக்கடத்துத்திறன் ($W\ m^{-1}\ K^{-1}$) **இல்** 1 atm

பொருள்	வெப்பக்கடத்துத்திறன்	பொருள்	வெப்பக்கடத்துத்திறன்
வைரம்	2300		0.2
வெள்ளி	420	மரக்கட்டை	0.17
தாமிரம்	380	ஹீலியம்	0.152
அலுமினியம்	200	மென்மையான இரப்பர்	0.042
எ.்.கு	40	தண்ணீர்	0.56
பனிக்கட்டி	2	காற்று	0.023
கண்ணாடி	0.84		
செங்கல்	0.84		

வெப்பக்கடத்துத்திறன் பொருளின் தன்மையைச் சார்ந்தது. எடுத்துக்காட்டாக வெள்ளி மற்றும் அலுமினியம் உயர்ந்த வெப்பக் கடத்துத்திறனைப் பெற்றுள்ளதால் அவை சமையல் பாத்திரங்கள் செய்யப்பயன்படுகின்றன.

வெப்பச் சலனம் (Convection):

திரவங்கள் மற்றம் வாயுக்கள் போன்ற பாய்மங்களில் உள்ள மூலக்கூறுகள் உண்மையான நகர்வினால் வெப்ப ஆற்றல் மாற்றப்படும் நிகழ்வு வெப்பச்சலனம் என அழைக்கப்படுகிறது. இந்த வெப்பச்சலனத்தில் மூலக்கூறுகள் எவ்வித கட்டுப்பாடின்றி ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு நகர்கின்றன. இந்நிகழ்வு இயற்கையாகவோ அல்லது புறவிசை காரணமாகவோ ஏற்படலாம்.

சமையல் பாத்திரத்தில் கொதிக்கும் தண்ணீர் வெப்பச்சலனத்திற்கு ஒரு சிறந்த உதாரணமாகும். பாத்திரத்தின் அடியில் உள்ள தண்ணீர் அதிக வெப்பத்தைப் பெற்று அதன் காரணமாக விரிவடைந்து அடர்த்தி குறையும். இந்த குறைந்த அடர்த்தியின் காரணமாக மூலக்கூறுகள் மேற்பரப்பை நோக்கிச் செல்லும். அதே நேரத்தில் மேற்பரப்பிலுள்ள மூலக்கூறுகள் குறைந்த வெப்ப ஆற்றலைப்பெறுவதால் அவற்றின் அடர்த்தி அதிகமாக இருக்கும். எனவே அவை பாத்திரத்தின் அடிப்பக்கத்திற்கு வரும்.

இந்நிகழ்வு தொடர்ந்து நடைபெறும். இவ்வாறு மூலக்கூறுகள் மேலும். கீழும் நகர்வதை வெப்பச்சலன ஓட்டம் (Convection current)என்று அழைக்கின்றோம். அறை ஒன்றினை வெதுவெதுப்பாக வைக்க நாம் அறைச்சூடேற்றியைப் பயன்படுத்துகிறோம். சூடேற்றிக்கு அருகே உள்ள காற்று மூலக்கூறுகள் வெப்பமடைந்து விரிவடையும் அதனால் அவற்றின் அடர்த்தி குறைந்து அறையின் மேற்பகுதிக்குச் செல்லும். அதே நேரத்தில் அடர்த்தி அதிகமுள்ள குளிர்ந்த காற்று அடிப்பகுதிக்கு வரும். இவ்வாறு ஏற்படும் காற்று மூலக்கூறுகளின் தொடர் சுழற்சியே, வெப்பச்சலன ஓட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது.

வெப்பக்கதிர் வீச்சு:

சூடாக உள்ள சமைக்கும் அடுப்பு ஒன்றின் அருகே நமது கைகளை நீட்டினால் வெப்பத்தை உணரலாம். இங்கு சூடாக உள்ள அப்பொருளைத் தொடாமலேயே நாம் வெப்பத்தை உணர்கிறோம். ஏனெனில் இங்கு சூடாக உள்ள சமைக்கும் அடுப்பிலிருந்து வெப்பமானது வெப்பக்கதிர்வீச்சு மூலம் நமது கைகளுக்கு வருகிறது. சூரியனிலிருந்தும் வெப்ப ஆற்றலை நாம் இதே முறையில்தான் பெறுகிறோம். இக்கதிர்வீச்சு வெற்றிடத்தின் வழியே பயணித்து புவியை அடைகிறது. எந்த விதமான ஊடகத்தின் உதவியும் இன்றி ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு ஆற்றலை மாற்றுவது கதிர்வீச்சின் ஒரு சிறப்புப் பண்பாகும். ஆனால் வெப்பக்கடத்தல் மற்றும் வெப்பச்சலனம் இவ்விரண்டிலும் வெப்ப ஆற்றலை மாற்றம் செய்வதற்கு ஊடகம் அவசியம் என்பதை கவனிக்கவும்.

வெப்பக்கதிர்வீச்சு என்பது

ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு மின்காந்த அலைகளினால் வெப்பம் பரவும் நிகழ்வு ஆகும்.

1. சூரியனிலிருந்து வரும் சூரியக் கதிர்வீச்சு ஆற்றல்
2. அறை சூடேற்றியிலிருந்து வரும் வெப்பக்கதிர்வீச்சு

பகல் நேரங்களில், சூரியக்கதிர்கள் கடல் நீரைவிட வேகமாக நிலத்தை சூடேற்றும் இதற்குக்காரணம் நிலத்தின் குறைவான தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் ஆகும். இதன் விளைவாக நிலப்பரப்பில் உள்ள காற்று விரிவடைந்து அதன் அடர்த்தி குறைந்து மேலே சென்றுவிடும். அதே நேரத்தில் கடற்பரப்பிலுள்ள குளிர்ந்த காற்று நிலத்தை நோக்கி வீசும் இதனையே கடல் காற்று (ளநய டிசநநளந) என்று அழைக்கின்றோம். இரவு நேரங்களில் கடற்பரப்பை விட நிலப்பரப்பு வேகமாக குளிர்ச்சி அடையும் (நிரப்பரப்பின் குறைந்த தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்) இதன் விளைவாக கடற்பரப்பிலுள்ள காற்று விரிவடைந்து அதன் அடர்த்தி குறைந்து மேலே சென்றுவடும். அதே நேரத்தில் நிலப்பரப்பிலுள்ள அடர்த்தி அதிகமான குளிர்ந்தகாற்று கடலை நோக்கி வீசும் இதனையே நிலக்காற்று (land breeze) என்று அழைக்கின்றோம்.

பொதுவாக வெப்பநிலை பருப் பொருள்களுடன் மட்டுமே (திட, திரவ மற்றும் வாயு) தொடர்புடையது என்ற பொதுக்கரத்து உள்ளது. ஆனால் வெப்பக்திர்வீச்சும் ஒரு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பாகும். இதற்கு நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட வெப்பநிலையும், அழுத்தமும் உண்டு. சூரியனிலிருந்து வரும் கட்புலனாகும் கதிர்வீச்சின் வெப்பநிலை 5700 K. இதனை புவி கிட்டத்தட்ட 300K வெப்பநிலையுள்ள அகச்சிவப்பு கதிர்வீச்சால் வெளிக்கு (Space) மீண்டும் உமிழ்கிறது.

நியூட்டனின் குளிர்வு விதி:

நியூட்டனின் குளிர்வு விதியின்படி பொருளொன்றின் வெப்ப இழப்பு வீதம், அப்பொருளுக்கும் சூழலுக்கும் உள்ள வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$\frac{dQ}{dt} \propto -(T - T_s)$$

நேரத்தை பொருத்து வெப்பம் தொடர்ந்து குறைந்து கொண்டே செல்வதை எதிர்க்குறி காட்டுகிறது.

இங்கு. T = பொருளின் வெப்பநிலை

T_s = சூழலின் வெப்பநிலை

காட்டப்பட்டுள்ள வரைபடத்திலிருந்து தொடக்கத்தில் குளிர்வு வீதம் அதிகமாகவும் பின்னர் வெப்பநிலை குறையக்குறைய குறைவாகவும் உள்ளதை தெளிவாக உணரலாம்.

m நிறையும்,s தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனும் உள்ள பொருளொன்றைக் கருது. அதன் வெப்பநிலை T என்க. சூழலின் வெப்பநிலையை T_s என்க. dt என்ற சிறிய நேர இடைவெளியில் ஏற்பட்ட வெப்பநிலைக்குறைவு dT எனில் வெப்ப இழப்பின் அளவு

$$dQ = msdT$$

சமன்பாடு இருபுறமும் dt அல் வகுக்க

$$\int_0^{\infty} \frac{dT}{T - T_s} = -\int_0^{t} \frac{a}{ms} dt$$

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{msdT}{dt}$$

நியூட்டனின் குளிர்வு விதியிலிருந்து

$$\frac{dQ}{dt} \propto -(T - T_s)$$

$$\int_0^{\infty} \frac{dT}{T - T_s} = -\int_0^{t} \frac{a}{ms} dt$$

$$\frac{dQ}{dt} = -a(T - T_s)$$

இங்கு a என்பது நேர்க்குறி மாறிலி.
சமன்பாடுகள் மற்றும் இருந்து

$$-a\,(T - T_s) = ms\,\frac{dT}{dt}$$

$$\frac{dT}{T - T_s} = \frac{a}{ms} dt$$

சமன்பாடு இன் இருபுறமும் தொகைப்படுத்துக.

$$\int_0^{\infty} \frac{dT}{T - T_s} = -\int_0^{t} \frac{a}{ms} dt$$

$$\text{In}\,(T - T_s) = -\frac{a}{ms} t + b_1$$

இங்கு b_1ஒரு மாறிலியாகும். இரண்டு பக்கமும் அடுக்குக் குறியீடு எடுத்தால் நமக்க கிடைப்பது

$$T = T_s + b_2 e^{-\frac{a}{ms}t}$$

இங்கு $b_2 = e^{b1}$ = ஒரு மாறிலி

எடுத்துக்காட்டு:
27°C வெப்பநிலை உள்ள அறை ஒன்றில் உள்ள சூடான நீர் 92°C லிருந்து 84°C வெப்பநிலைக்கு குளிர் 3 நிமிடங்களை எடுத்துக்கொள்கிறது. அதே நீர் 65°C லிருந்து 60°C வெப்பநிலைக்குக் குறைய எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தைக் கணக்கிடுக.
3 நிமிடங்களில் சூடான நீரின் வெப்பநிலை 8°C குறைந்துள்ளது. 92°C மற்றும் 84°C இன் சராசரி வெப்பநிலை 88°C இது அறை வெப்பநிலையைவிட 61°C அதிகமாக உள்ளது. சமன்பாடு பயனப்டுத்தினால்

$$\frac{dT}{T - T_s} = \frac{a}{ms} dt \text{ அல்லது } = \frac{dT}{dt} = \frac{a}{ms}(T - T_s)$$

$$\frac{8°C}{3\min} = \frac{a}{ms}(61°C)$$

இதேபோன்று 65°C மற்றும் 60°Cஇன் சராசரி வெப்பநிலை 62.5°Cஆகும். இது அறை வெப்பநிலையை விட 35.5°C அதிகமாக உள்ளது.

$$\frac{5°C}{dt} = \frac{a}{ms}(35.5°C)$$

இவ்விரண்டு சமன்பாடுகளையும் வகுக்கும் போது

$$\frac{\frac{8^oC}{3\min}}{\frac{5^oC}{dt}} = \frac{-\frac{a}{ms}(61^oC)}{-\frac{a}{ms}(35.5^oC)}$$

$$\frac{8\times dt}{3\times 5} = \frac{61}{35.5}$$

$$dt = \frac{61\times 15}{35.5\times 8} = \frac{915}{284} = 3.22 \text{ நிமிடம்}$$

வெப்ப மாற்றத்தின் விதிகள் (Laws of Heat Transfer):

வெப்பபரிமாற்றத்திற்கான பிரிவொஸ்ட் கொள்கை (Prevost theory of Heat Exchange):

O K வெப்பநிலையைத்தவிர அனைத்து வெப்பநிலைகளிலும் எல்லாப் பொருள்களும் வெப்பக்கதிர்வீச்சை உமிழ்கின்றன. இதேபோன்று சூழலில் இருந்து வெப்பக்கதிர்வீச்சை உட்கவர்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக நீங்கள் யாராவது ஒருவரைத் தொடும்போது அவர் உங்கள் விரல்கள் வெப்பமாக அல்லது குளிர்ச்சியாக உள்ளதை உணர்வார்.

உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளொன்று, சூழலிருந்து பெறும் வெப்பத்தை விட அதிக வெப்பத்தை சூழலுக்கு கதிர்வீச்சின் மூலம் கொடுக்கும். இதேபோன்று குறைந்த வெப்ப நிலையிலுள்ள பொருளொன்று இழக்கும் வெப்பத்தைவிட அதிக வெப்பத்தை சூழலிருந்து பெற்றுக்கொள்ளும்.

பிரிவொஸ்ட் வெப்பச்சமநிலைக் கருத்தை கதிர்வீச்சுக்குப் பயன்படுத்தினார். அதன்படி அனைத்துப் பொருள்களும் வெப்பக்கதிர்வீச்சை வெளிப்படுத்துகின்றன. ஆனால் குளிர்ச்சியாக உள்ள பொருளைவிட, உயர் வெப்பநிலைப் பொருள்கள் அதிக வெப்பக்கதிர்வீச்சை வெளியிடும். ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் இரண்டு பொருள்களின் வெப்பப்பரிமாற்று வீதமும் சமமாகும். இந்நிலையில் இவ்விரண்டு பொருள்களும் வெப்பச் சமநிலையில் உள்ளன எனக் கூறலாம்.

சுழிகெல்வின் வெப்பநிலையில் மட்டுமே பொருள்கள் வெப்ப உமிழ்வை நிறுத்துகின்றன. எனவே பிரிவொஸ்டின் கொள்கையின்படி சூழலின் தன்மை எத்தகையதாக இருந்தாலும், அனைத்தும் பொருள்களும் சுழிகெல்வின் வெப்பநிலைக்கு மேல் உள்ள அனைத்து வெப்பநிலைகளிலும் வெப்பக்கதிர்வீச்சை உமிழும்

ஸ்டெ∴பான் போல்ட்ஸ்மென் விதி (Stefan Boltzmann law):

ஸ்டெ∴பான் போல்ட்ஸ்மென் விதியின்படி, கருப்பொருளின் ஓரலகு பரப்பினால் ஓரலகு நேரத்தில்

முழுமையான கரும்பொருளாக இல்லாத பொருள்களுக்கு

$$E = e\sigma T^4$$

இங்கு “e“ என்பது பரப்பின் உமிழ்திறன் ஆகும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை மற்றும் அலைநீளத்தில் பொருளின் பரப்பினால் கதிர்வீசப்படும் ஆற்றலுக்கு, அதே வெப்பநிலை மற்றும் அலைநீளத்தில் முழுக்கரும்பொருளினால் கதிர்வீசப்படும் ஆற்றலுக்கும் உள்ள தகவே உமிழ்திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

வியனின் இடப்பெயர்ச்சி விதி (Wien's Displacement Law):

உலகிலுள்ள அனைத்துப் பொருள்களும் கதிர்வீச்சை உமிழ்கின்றன. அக்கதிர்வீச்சுகளின் அலைநீளங்கள் பொருள்களின் கெல்வின் வெப்பநிலையைச் சார்ந்திருக்கும். உமிழப்படும் கதிர்வீச்சுகள் வெவ்வேறு அலைநீளங்களைப் பெற்றிருக்கும். மேலும் அவ்வலைநீளங்களின் செறிவும் (intensity) வெவ்வேறானவை.

வியனின் விதிப்படி, ஒரு கருப்பொருள் கதிர்வீச்சினால் உமிழப்படும் பெருமச்செறிவு கொண்ட அலைநீளம் (λ_m) அக்கரும்பொருளின் கெல்வின் வெப்பநிலைக்கு (T) எதிர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

வியனின் விதிப்படி, ஒரு கரும்பொருள் கதிர்வீச்சினால் உமிழப்படும் பெருமச்செறிவு கொண்ட அலைநீளம் (λ_m) அக்கரும் பொருளின் கெல்வின் வெப்பநிலைக்கு (T) எதிர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$\lambda_m \propto \frac{1}{T} (or) \lambda_m = \frac{b}{T}$$

இங்கு,b என்பது வியன் மாறிலி, இதன் மதிப்பு 2.898×10^{-3} mK

இதிலிருந்து நாம் அறிந்து கொள்வது என்னவென்றால் பொருளின் கெல்வின் வெப்பநிலை உயரும்போது பெருமச்செறிவு அலைநீளம் (λ_m) மிக்காந்த நிறமாலையின் குறைந்த அலைநீளத்தை (பெரும அதிர்வெண்) நோக்கி இடப்பெயர்ச்சி அடையும்.

மேற்கண்ட வரைபடத்திலிருந்து பெருமச் செறிவு அலைநீளம் λ_m கெல்வின் வெப்பநிலைக்கு எதிர்விகிதத்தில் இருப்பதை அறியலாம். இவ்வளைகோட்டிற்கு கரும்பொருள் கதிர்விச்சு வளைகோடு என்று பெயர்.

வியன் விதியும் நமது பார்வையும்:

நமது கண்களால் மின்காந்த நிறமாலையில் உள்ள கண்ணுறு பகுதியை மட்டும் (400 nm முதல் 700 nm வரை) பார்க்கமுடிவதன் காரணம் என்ன?

ஒரு பொருளும் கதிர்வீச்சை உமிழும். எனவே சூரியனும் கதிர்வீச்சை உமிழும். மேலும் அதன் பரப்பு வெப்பநிலை கிட்டத்தட்ட 5700 மு. இம்மதிப்பை சமன்பாடு பிரதியிடும் போது,

$$\lambda_m = \frac{b}{T} = \frac{2.898 \times 10^{-8}}{5700} \approx 508\, nm$$

இதுவே பெருமச்செறிவிற்கான அலைநீளம் ஆகும். சூரியனின் பரப்பு வெப்பநிலை தோராயமாக 5700 Kஎன உள்ளதர் அதற்கான கதிர்வீச்சு நிறமாலை நெடுக்கம் 400 nm முதல் 700 nm வரை காணப்படும். இதுவே மின்காந்த நிறமாலையின் கண்ணுரு பகுதியாகும்.

மனித இனம் இந்தக் கதிர்வீச்சை உட்கவர்ந்துதான் பரிணாம வளர்ச்சி அடைந்தது. எனவே மனிதக்கண்கள் சூரிய நிறமாலையில் உள்ள கண்ணுரு பகுதியை மட்டுமே உணர முடியும். அகச்சிவப்பு பகுதியையோ அல்லது X கதிர் நிறமாலையையோ உணர முடியாது.

நமக்கு அருகில் உள்ள சிரியஸ் (Sirius) (வெப்பநிலை 9940 K) என்ற விண்மீன் அருகில் உள்ள கோளில் மனித இனம் தோன்றி இருந்தால் அவர்களின் கண்கள் மின்காந்த நிறமாலையில் உள்ள புற ஊதாக்கதிர்களை உணர முடியும். இதனை சமன்பாடு பயன்படுத்தி அறிந்து கொள்ளலாம்.

எடுத்துக்காட்டு:

A என்ற கரும்பொருள் ஒன்றின் கதிர்வீச்சுத்திறன் E_A. மேலும் இது λ_A என்ற அலைநீளத்திற்கு பெரும ஆற்றல் கதிர்வீசப்படுகிறது. B என்ற மற்றொரு கரும்பொருளின் கதிர்வீச்சுத்திறன் $E_B = N\ E_A$; $\frac{1}{2}\lambda_A$ என்ற அலைநீளத்திற்கு B கரும்பொருளில் இருந்து கதிர் வீசப்படுகிறது எனில் N இன் மதிப்பைக் காண்க?

வியனின் இடப்பெயர்ச்சி விதியிலிருந்து

$\lambda_{max} T =$ மாறிலி; இது A மற்றும் B என்ற இரண்டு கரும்பொருள்களுக்குப் பொருந்தும்.

இங்கு $\lambda_B = \frac{1}{2}\lambda_A$

$$\lambda_A T_A = \lambda_B T_B. \text{ இங்கு } \lambda_B = \frac{1}{2}\lambda_A$$

$$\frac{T_B}{T_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{1}{\frac{1}{2}} = 2$$

$T_B = 2T_A$

ஸ்டெ∴பான் - போல்ஸ்ட்மென் விதியிலிருந்து

$$\frac{E_B}{E_A} = \left(\frac{T_B}{T_A}\right)^4 = (2)^4 = 16 = N$$

கரும்பொருள் B, கரும்பொருள் A வை விட குறைந்த அலைநீளத்தையே உமிழும். எனவே கரும்பொருள் A வை விட அதிக ஆற்றல் கொண்ட கதிர்விச்சை கரும்பொருள் B உமிழும்.

வெப்ப இயக்கவியல்

அறிமுகம்:

நாம் முந்தைய பிரிவுகளில் வெப்பம், வெப்பநிலை மற்றும் பொருள்களின் வெப்பப்பண்புகளைப் பற்றி பயின்றோம். வெப்ப இயக்கவியல் என்பது இயற்பியலின் ஒரு பிரிவாகும். இப்பிரிவு வேலையை வெப்பமாகவும் மற்றும் வெப்பத்தை வேலையாகவும் மாற்றுவதில் உள்ள விதிகளை விவரிக்கிறது. வெப்ப இயக்கவியலின் விதிகள் பாயில், சார்லஸ், பெர்னூலி, ஜூல், கிளாசியஸ், கெல்வின், கார்னோ மற்றும் ஹெல்ம்ஹோல்ட்ஸ் போன்ற அறிவியல் அறிஞர்களின் மூன்று நூற்றாண்டு கால ஆய்வுகளின் அடிப்படையில் முறைப்படுத்தப்பட்டதாகும்.

அன்றாட வாழ்வில் நம்மைச்சுற்றி நடைபெறும் அனைத்து நிகழ்வுகளும் ஏன் நமது உடலியக்க நிகழ்வுகள் கூட வெப்ப இயக்கவியல் விதிகளுக்கு உட்பட்டு நடைபெறுகின்றது. எனக் கூறினால் அது மிகையாகாது. எனவே வெப்ப இயக்கவியல் என்பது இயற்பியலின் ஓர் இன்றியமையாத பிரிவாகும்.

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு:

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு (Thermodynamic system) என்பது இப்பிரபஞ்சத்தில் வரையறுக்கப்பட்ட ஒரு பகுதியாகும். மேலும் அழுத்தம் (P), பருமன் (V), மற்றும் வெப்பநிலை (T) போன்ற முக்கிய எண்ணிக்கையிலடங்கிய துகள்களின் (அணுக்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகள்) தொகுப்பே வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பாகும். மீதமுள்ள இப்பிரபஞ்சத்தின் பகுதியே சூழல் (Surrounding) எனப்படும். இவ்விரண்டும் ஓர் எல்லையால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

எடுத்துக்காட்டுகள்:

ஓர் வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு என்பது, திட, திரவ, வாயு மற்றும் கதிர்வீச்சு போன்ற எந்த வடிவிலும் இருக்கலாம்.

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு	சூழல்
வாளியில் உள்ள தண்ணீர்	திறந்தவெளி
அறை ஒன்றினுள் உள்ள காற்று மூலக்கூறுகள்	அறைக்கு வெளியில் உள்ள காற்று
மனித உடல்	திறந்தவெளி
கடலில் உள்ள மீன்	கடல் நீர்

வெப்பச்சமநிலை (Thernal equilibrium):

அறை ஒன்றில் ஒரு கோப்பையில் சூடான தேநீர் வைக்கப்பட்டால், தேநீரிலிருந்து வெப்பம் சூழலுக்குக் கடத்தப்படும். சிறிது நேரத்திற்கு பின்பு சூடான தேநீர் சூழலின் வெப்பநிலைக்கு சமமான வெப்பநிலையை அடையும். இதன் பின்பு தேநீரிலிருந்து சூழலுக்கோ அல்லது சூழலிலிருந்து தேநீருக்கோ வெப்பப் பரிமாற்றம் ஏற்படாது. தேநீரும் சூழலும் வெப்பச்சமநிலையை அடைந்த விட்டதை இது காட்டுகிறது.

இரு அமைப்புகள் ஒன்றுக்கொன்று வெப்பச்சமநிலையில் உள்ளது எனில் அவ்விரண்டு அமைப்புகளும் ஒரே வெப்பநிலையில் இருக்க வேண்டும். மேலும் அது நேரத்தைப் பொருத்து மாறாமல் இருக்க வேண்டும்.

எந்திரவியல் சமநிலை (Mechanical equilibrium):
பிஸ்டனுடன் உள்ள வாயு அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ள கொள்கலன் ஒன்றைக் கருதுக. அப்பிஸ்டனின் மீது நிறை ஒன்றை வைக்கும் போது கீழ்நோக்கிய புவியீர்ப்பு விசையின் காரணமாக பிஸ்டன் கீழ்நோக்கி நகர்ந்து சில ஏற்ற இறக்கத்திற்குப் பின்பு நிற்கும். பிஸ்டன் ஒரு புதிய இடத்தை அடையும். வாயுவின் மேல் நோக்கி விசை, கீழ்நோக்கி புவியீர்ப்ப விசையை சமன் செய்யும். இந்நிலையில் இவ்வமைப்பை எந்திரவியல் சமநிலையில் உள்ளது எனக்கூறலாம். அமைப்பு ஒன்று எந்திரவியல் சமநிலையில் உள்ளது எனில், எவ்விதமான சமன்செய்யப்படாத விசையும் வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் மீது செயல்படக்கூடாது.

வேதிச்சமநிலை(Chemical equalibrium):

ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்பிலுள்ள இரண்டு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்புகளுக்கிடையே எவ்வித தொகுபயன் வேதிவினையும் நடைபெறவில்லை. எனில் அவ்விரு அமைப்புகளும் வேதிச்சமநிலையில் உள்ளது எனலாம்.

வெப்ப இயக்கவியல் சமநிலை (Thermodynamic equilibrium):

இரண்டு அமைப்புகள் வெப்ப இயக்கவியல் சமநிலையில் உள்ளன எனில், அவ்விரண்டு அமைப்புகளும் ஒன்றுக்கொன்று வெப்ப, எந்திரவியல் மற்றும் வேதிச் சமநிலையில் இருக்க வேண்டும். வெப்ப இயக்கவியல் சமநிலையில் மீப்பெரு (Macroscopic) மாறிகளான அழுத்தம், பருமன் மற்றும் வெப்பநிலை ஆகியவை ஒரு நிலையான மதிப்பினைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். மேலும் அவை காலத்தைப் பொறுத்து மாறாமல் இருக்க வேண்டும்.

வெப்ப இயக்கவியல் நிலை (Thermodynamic state variablies):

இயந்திரவியலில் திசைவேகம், உந்தம் மற்றும் முடுக்கம் போன்றவை இயங்கும் பொருளொன்றின் நிலையை விளக்கப்பயன்படுகின்றன. (தொகுதி 1 இல் இவற்றைப் பற்றி புரிந்துகொண்டிருப்பீர்கள்) வெப்ப இயக்கவியலில், வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு ஒன்றின் நிலையை விவரிக்கும் மாறிகளின் தொகுப்பிற்கு வெப்ப இயக்கவியல் மாறிகள் என்று பெயர்.

எடுத்துக்காட்டுகள்: அழுத்தம், வெப்பநிலை, பருமன், அக ஆற்றல் போன்றவை.

இந்த மாறிகளின் மதிப்பு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் சமநிலையை முழுவதுமாக விவரிக்கின்றன. வெப்பம் மற்றும் வேலை இவை வெப்ப இயக்கவியல் நிலை மாறிகள் அல்ல மாறாக இவை செயல்மாறிகள் ஆகும். (Process variables).வெப்ப இயக்கவியல் மாறிகள் இரண்டு வகைப்படும் அவை: அளவுச் சார்புள்ள மாறி (Extensive variable) மற்றும் அளவுச் சார்பற்ற மாறி (Internsive variable).
எடுத்துக்காட்டு: பருமன், மொத்த நிறை, என்ட்ரோபி (Entropy), அக ஆற்றல், வெப்ப ஏற்புத்திறன் போன்றவை.
அளவுச் சார்பற்ற மாறி வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் அளவு அல்லது நிலையைச் சார்ந்திருக்காது.

எடுத்துக்காட்டு: வெப்பநிலை, அழுத்தம், தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன், அடர்த்தி போன்றவை.
நிலைச் சமன்பாடு (Equation of state):

நிலை மாறிகளை ஒரு குறிப்பிட்ட முறையில் தொடர்புபடுத்தும் சமன்பாடு, நிலைச்சமன்பாடு என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்நிலைச்சமன்பாடு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பொன்றின் சமநிலையில் நிலை மாறிகளுக்கு இடையே உள்ள தொடர்பை முழுவதுமாக விவரிக்கிறது. வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு சமநிலையில் இல்லையெனில், இந்நிலைச் சமன்பாடு அமைப்பின் நிலையை விவரிக்காது. வெப்ப இயக்கச்சமநிலையில் உள்ள நில்லியல்பு வாயு (idealgas) ஒன்று $PV = NkT$ என்ற நிலைச் சமன்பாட்டினால் குறிப்பிடப்படுகிறது. இங்கு நான்கு பேரளவு மாறிகளும் (P, V,T மற்றும் N)

நிலைச்சமன்பாட்டினால் ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளன. இச்சமன்பாட்டிலுள்ள ஏதேனும் ஒரு மாறியை மட்டும் மாற்ற இயலாது. எடுத்துக்காட்டாக வாயு நிரம்பியுள்ள கொள்கலனின் பிஸ்டனை அழுத்தும் போது, வாயுவின் பருமன் குறையும். ஆனால் அதன் அழுத்தம் அதிகரிக்கும் அல்லது வாயுவை வெப்பப்படுத்தும்போது அதன் வெப்பநிலை உயரும். வாயுவின் அழுத்தம் மற்றும் பருமனும் உயரலாம்.

நிலைச்சமன்பாட்டிற்கான மற்றொரு எடுத்துக்காட்டு வான்டர்வால்ஸ் சமன்பாடு ஆகும். வெப்ப இயக்கச் சமநிலையில் உள்ள இயல்புவாயுக்கள் (Real gases) இச்சமன்பாட்டிற்கு உட்படும்.

அறை ஒன்றிலுள்ள காற்று மூலக்கூறுகள் வான்டர்வால்ஸ் நிலைச்சமன்பாட்டிற்கு முழுவதுமாக கட்டுப்படுகின்றன. இருப்பினும் அறைவெப்பநிலையில் குறைந்த அடர்த்தியுள்ள காற்று மூலக்கூறுகளை நாம் தோராயமாக நல்லியல்பு வாயுவாக்க (Ideal gas) கருதுகிறோம்.

வெப்ப இயக்கவியலின் சுழி விதி (Zeroth Law of Thermodynamics):

வெப்ப இயக்கவியலின் சுழி விதியின்படி,A மற்றும் B, என்ற இரண்டு அமைப்புகள் C, என்ற மூன்றாவது அமைப்புடன் வெப்பச்சமநிலையில் இருப்பின் A மற்றும் B என்ற இரண்டு அமைப்புகளும் ஒன்றுக்கொன்று வெப்பச் சமநிலையில் இருக்கும்.

தொடக்கத்தில் வெவ்வேறு வெப்பநிலையில் உள்ள A, B மற்றும் C என்ற மூன்று அமைப்புகளைக் கருதுக. A மற்றும் B இரண்டு அமைப்புகளும் ஒன்றுடன் ஒன்று எவ்விதமான வெப்பத்தொடர்பையும் பெற்றிருக்க வில்லை.

ஆனால், அவை ஒவ்வொன்றும் C என்ற மூன்றாவது அமைப்புடன் தனித்தனியே வெப்பத்தொடர்பில் உள்ளன. சிறிது நேரத்திற்குப்பிறகு A மற்றும் B என்ற இரண்டு அமைப்புகளும் தனித்தனியே C யுடன் வெப்பச் சமநிலையில் இருக்கும்.

அடைந்திருப்பதை இது காட்டுகிறது. இம்மூன்று அமைப்புகளும் ஒருமுறை வெப்பச்சமநிலையை அடைந்தபின்பு அவற்றிற்கிடையே எவ்விதமான வெப்பப் பரிமாற்றமும் இருக்காது ஏனெனில் அம்மூன்றும் ஒரே வெப்பநிலையில் இருக்கும். இதனை கணிதமொழியில் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம். $T_A = T_C$மற்றும் $T_B = T_C$எனில்,$T_A = T_B$ஆகும். இங்கு T_A, T_Bமற்றும் T_Cஎன்பவை A, B மற்றும் C என்ற மூன்று அமைப்புகளின் வெப்பநிலைகளாகும்.

அமைப்புகள் ஒன்றுடன் ஒன்று வெப்பச்சமநிலையில் உள்ளனவா இல்லையா என்பதைக்காட்டும் ஒரு பண்பே வெப்பநிலையாகும்.

வெப்ப இயக்கவியலின் சுழி விதியானது வெப்பநிலையைக் கண்டறியப்பயன்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக வெப்பநிலைமானி ஒன்றை நாக்கின் அடியில் வைத்துக் கொள்ளும் போது வெப்பநிலைமானி உடலுடன் வெப்பச்சமநிலையை அடையும். இந்நிபந்தனையின்படி வெப்பநிலைமானியின் வெப்பநிலை உடல் வெப்பநிலைக்குச் சமமாக இருக்கும் இதன் அடிப்படையில்தான் நமது உடலின் வெப்பநிலை கண்டறியப்படுகிறது.

பொருளொன்றைத் தொட்டுப்பார்க்கும் போது அப்பொருள் எவ்வளவு சூடாக அல்லது குளிர்ச்சியாக இருப்பதை அறிய வெப்பநிலை துணைபுரிகிறது. நம் உணர்வு உறுப்புகளைப் பயன்படுத்தி பொருளின் வெப்பநிலையைக் கண்டறிய முடியுமா?

நமது வெறும் கால்களில் ஒன்றை தரைவிரிப்பின் மீதும் மற்றொரு காலை வழுவழுப்பான ஓடுகள் பதிக்கப்பட்ட தரையின் (Tiled floor) மீதும் வைக்கும்போது, வழுவழுப்பான தரையில் வைத்துள்ள கால், தரைவிரிப்பின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ள காலை விட அதிகக் குளிர்ச்சியை உணரும்.
ஆனால் இங்கு தரை மற்றும் தரைவிரிப்பு இரண்டும் ஒரே அறைவெப்பநிலையில் இருப்பதை கவனிக்க வேண்டும். இதற்குக் காரணம் தரைவிரிப்பை விட வழுவழுப்பான தரைக்கும் நம் காலுக்குமிடையே மிக வேகமாக வெப்பப்பரிமாற்றம் ஏற்பட்டது என்பதையே கணிக்கிறது. வெப்பநிலைமானி ஒன்றை தரை மற்றும் தரைவிரிப்பின் மீது வைத்து பார்க்கும்போது இரண்டும் ஒரே வெப்பநிலையில் உள்ளதை அறியலாம்.

அக ஆற்றல் (U)

வெப்ப இயக்க அமைப்பு ஒன்றின் அக ஆற்றல் என்பது அமைப்பின் நிறைமையத்தைப் பொருத்து அமைப்பிலுள்ள அனைத்து கூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலை ஆற்றல்களின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.

இடப்பெயர்வு இயக்கம், சுழற்சி இயக்கம் மற்றும் அதிர்வியக்கம் ஆகியவற்றை உள்ளடக்கிய மூலக்கூறு இயக்கத்தினால் ஏற்படும் ஆற்றல், அக இயக்க ஆற்றல் (EK) எனப்படும்.

மூலக்கூறுகளுக்கிடையே ஏற்படும் கவர்ச்சி மற்றும் விலக்கு விசையால் எற்படும் ஆற்றல், அக நிலையாற்றல் (E_P) எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு: பிணைப்பாற்றல் (Bond energy)

எனவே அக ஆற்றலானது பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

எனவே அக ஆற்றலானது பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

$$U = E_K + E_P$$

- நல்லியல்பு வாயுமூலக்கூறுகளுக்கிடையே எவ்விதமான இடைவினையும் இல்லை என்று கருதுவதால் அவற்றின் அக ஆற்றல் முழுவதும் அக இயக்க ஆற்றல் வடிவிலேயே இருக்கும். இது வெப்பநிலை, துகள்களின் எண்ணிக்கை ஆகியவற்றைச் சார்ந்திருக்கும். ஆனால் இது பருமனைச் சார்ந்ததல்ல. ஆனால் வான்டர் வால்ஸ் வாயுக்கள் போன்ற இயல்பு வாயுக்களுக்கு இது பொருந்தாது.

- அக ஆற்றல் ஒரு நிலைமாறி ஆகும். இது வெப்ப இயக்க அமைப்பின் இறுதிநிலை மற்றும் தொடக்கநிலை இவற்றை மட்டுமே சார்ந்திருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக தண்ணீரின் வெப்பநிலை 30°C இல் இருந்து 30°C ஆக வெப்பப்படுத்துவதன் மூலமாகவோ அல்லது கலக்குவதன் மூலமாகவோ உயர்த்தப்படுகிறது. அதன் இறுதி அக ஆற்றலானது, தண்ணீர் எவ்வாறு 40°C வெப்பநிலையை அடைந்தது என்ற வழிமுறையை சார்ந்திருக்காமல் அதன் இறுதி வெப்பநிலையை மட்டுமே சார்ந்திருக்கும்.

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் அக ஆற்றலானது அமைப்பிலுள்ள ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தினால் ஏற்படும் இயக்க ஆற்றலையும், அவற்றின் வேதியியல் அமைப்பினால் ஏற்படும் நிலையாற்றல் இவற்றை மட்டுமே சார்ந்திருக்கும் என்பதை நன்கு புரிந்து கொள்ள வேண்டும். அமைப்பு முழுவதற்குமான மொத்த இயக்க ஆற்றல் அல்லது அமைப்பின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் போன்றவை அமைப்பின் அக ஆற்றலின் ஒரு பகுதி என்று தவறாகக் கருதக்கூடாது.

a. ஒரே வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றலுடைய இரண்டு வாயு நிரப்பப்பட்ட கொள்கலன்களைக் கருதுக. அவற்றில் ஒன்று தரையிலும், மற்றொன்று இயக்கத்திலுள்ள இரயில் வண்டியிலும் வைக்கப்படுகிறது. இரயில் வண்டியில் உள்ள வாயுக்கொள்கலன் இரயிலின் வேகத்தில் இயங்கினாலும் அதன் உள்ளே உள்ள வாயு மூலக்கூறுகளின் அக ஆற்றலில் எவ்வித உயர்வும் ஏற்படவில்லை.

b. ஒரே வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றலுடைய இரண்டு வாயு நிரப்பப்பட்ட கொள்கலன்களைக் கருதுக. அற்றில் ஒன்று தரையிலும், மற்றொன்று h உயரத்திலும் வைக்கப்படுகின்றது. h உயரத்திலுள்ள வாயுக் கொள்கலனின் ஈர்ப்புநிலை ஆற்றல் அதிகமெனினும் இந்த அதிகரிப்பு, வாயுவின் அக ஆற்றலில் எவ்வித மாற்றத்தையும் எற்படுத்தாது.

எடுத்துக்காட்டு

ஒரு வாளி முழுவதும் உள்ள சாதாரண நீருடன், ஒரு குவளை சுடுநீரை கலக்கும் போது வெப்பம் எத்திசையில் பரவும்?

உனது விடைக்கு உரிய விளக்கம் தருக.

வாளியில் உள்ள சாதாரண நீரைக்காட்டிலும், குவளையில் உள்ள சூடான நீரின் வெப்பநிலை அதிகம் இருப்பினும் குவளையில் உள்ள சுடுநீரின் அக ஆற்றலை விட வாளி நீரின் அக ஆற்றல் அதிகம்.

ஏனெனில் அக ஆற்றல் ஓர் அளவுச் சார்புள்ள வெப்ப இயக்கவியல் மாறி ஆகும். அது அமைப்பின் அளவு அல்லது நிறையைச் சார்ந்ததாகும்.

வாளி நீரின் அக ஆற்றல் அதிகம் எனினும், குவளையில் உள்ள சுடுநீரில் இருந்து வெப்பம் வாளி நீருக்கு பாயும். இதற்குக்காரணம் வெப்பம் எப்போதும் உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து தாழ் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளுக்குப் பாயும். மேலும் இது அமைப்பின் அக ஆற்றலைச் சார்ந்ததல்ல. பொருளுக்கு வெப்பம் மாற்றப்பட்ட உடன் அவ்வெப்பம் பொருளின் அக ஆற்றலாக மாறிவிடும். எனவே பொருள் வெப்பத்தை பெற்றுள்ளது என்பதைவிட "பொருள் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு அக ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளது" என்று கூறுவதே சரியான முறையாகும். அமைப்பு ஒன்றின் அக ஆற்றலை அதிகரிப்பதற்கு ஒரு சிறந்த வழிமுறை வெப்பப்படுத்துவது ஆகும். இது பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இங்கு மிக முக்கியமாக கவனத்தில் கொள்ள வேண்டியது வெப்பம் எப்போதும் அக ஆற்றலை அதிகரிக்க வேண்டும் என்ற அவசியம் இல்லை. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் (Isothermal நல்லியல்பு வாயுவின் உள்ளே வெப்பம் பாய்ந்தாலும் அதன் அக ஆற்றலில் எவ்வித உயர்வும் ஏற்படாது என்பதை நாம் பின்னால்க கற்க உள்ளோம்.

ஜூலின் வெப்ப இயந்திரவியல் சமானம் (Joule's Mechanical Equivalent of Heat):

பொருளொன்றின் வெப்பநிலையை அதனை வெப்பப்படுத்துவதன் மூலம் உயர்த்தலாம் அல்லது அப்பொருளின் மீது வேலை செய்வதன் மூலம் உயர்த்தலாம். பதினெட்டாம் நூற்றாண்டில் ஜேம்ஸ் ஜூல் என்ற அறிவியல் அறிஞர் இயந்திர ஆற்றலை அக ஆற்றலாகவும், அக ஆற்றலை இயந்திர ஆற்றலாகவும் மாற்ற முடியும் என்று நிரூபித்தார். அவரின் ஆய்வின் காட்டியுள்ளவாறு இரண்டு நிறைகள் கயிறு ஒன்றின் வழியே துடுப்பு சக்கரத்துடன் (Paddle wheel) இணைக்கப்பட்டுள்ளன. புவியீர்ப்பு விசையால் இரண்டு நிறைகளும் h தூரத்திற்கு கீழேவரும்போது 2 அபா அளவு நிலை ஆற்றலை இரண்டு நிறைகளும் இழக்கின்றன.

நிறைகள் கீழே வரும் போது நீரினுள் உள்ள துடுப்பு சக்கரம் சுற்றும். எனவே துடுப்பு சக்கரத்திற்கும் நீருக்கும் இடையே ஒரு உராய்வு விசைத்தோன்றும். இது நீரின் வெப்பநிலையை உயர்த்தும். இங்கு ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் (Gravitational potential energy) நீரின் அக ஆற்றலாக மாற்றமடைவதை இது உணர்த்துகிறது. புவியீர்ப்பு விசையால் செய்யப்பட்ட வேலையினால் நீரின் வெப்பநிலை உயர்ந்துள்ளது. உண்மையில் வெப்பத்தை கொடுப்பதால் ஏற்படும் அதே விளைவை இயந்திரத்தைக் கொண்டு செய்யப்படும் வேலையினால் ஏற்படுத்த முடியும் என்று ஜூல் நிரூபித்துள்ளார். 1 கிராம் நிறையுடைய நீரின் வெப்பநிலையை 1°C உயர்த்த 4.186 J ஆற்றல் தேவைப்படும் என்று ஜூல் கண்டறிந்தார். பழங்காலங்களில் வெப்பமானது கலோரி (Calorie) என்ற அலகினால் அளக்கப்பட்டது.

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

இதற்கு ஜூலின் வெப்ப இயந்திரவியல் சமானது என்று பெயர்.

ஜேம்ஸ் ஜூலின் காலத்திற்கு முன்பு, வெப்பம் என்பது கலோரிக் (Caloric) என்ற பாய்ந்தோடும் ஓர் திரவம் என்றும் மக்கள் கருதினார்கள். இத்திரவம் உயர் வெப்பநிலையில் உள்ள பொருளிலிருந்து, குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளுக்கு பாயும் எனவும் கருதினார்கள். கலோரிக் திரவக் கருத்தின்படி உயர் வெப்பநிலைப்பொருளில் அதிக கலோரிக் திரவமும், குளிர்ச்சியான பொருளில் குறைந்த கலோரிக் திரவமும் உள்ளன. ஏனெனில் வெப்பம் என்பது ஓர் அளவு என்று அவர்கள் கருதியதேயாகும். ஆனால் தற்காலத்தில் நாம் வெப்பம் என்பது ஓர் அளவு அல்ல அது பரிமாற்றிக் கொள்ளப்படும் ஓர் பரிமாற்ற ஆற்றல் என்று புரிந்து கொண்டிருக்கிறோம். எனவே "வெப்ப இயந்திரவியல் சமானம்" என்பது ஓர் தவறான பிரயோகமாகும். ஏனெனில் இயந்திர ஆற்றல் என்பது ஓர் அளவாகும். எந்த ஒரு பொருளும் அதிகமாகவோ அல்லது குறைவாகவோ இயந்திர ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கலாம். ஆனால் வெப்பத்திற்கு இது பொருந்தாது. ஏனெனில் வெப்பம் என்பது ஓர் அளவு அல்ல. இருந்தபோதிலும் இந்தப் பிரயோகம் தொன்று தொட்டே நடைமுறையில் இருந்துவருவதால் அது தற்போதும் பின்பற்றப்படுகிறது. இதன் சரியானப் பிரயோகம் "ஜூலின் அக ஆற்றல் -

இயந்திரவியல் ஆற்றல் சமானம்” என்பதேயாகும். அடிப்படையில் ஜூல் இயந்திர ஆற்றலையே அக ஆற்றலாக மாற்றியுள்ளார். ஜூலின் துடுப்பு சக்கர ஆய்வில் நிறைகளின் ஈர்ப்புநிலை ஆற்றல், துடுப்பு சக்கரத்தின் சுழல் இயக்க ஆற்றலாக மாற்றமடைந்து, பின்னர் நீரின் அக ஆற்றலாக மாற்றமடைகிறது.

எடுத்துக்காட்டு:

மாணவர் ஒருவர் காலைச் சிற்றுண்டியாக 200 உணவு கலோரி (foodcalorie) ஆற்றலுடைய உணவை உண்கிறார். அவர் அவ்வாற்றலை கிணற்றிலிருந்து தண்ணீரை இறைத்து பள்ளியில் உள்ள மரங்களுக்கு ஊற்றுவதன் மூலம் செலவழிக்கலாம் எனக் கருதுகிறார். அவ்வாறு செலவழிக்க வேண்டுமென்றால் எத்தனை மரங்களுக்கு அவர் தண்ணீரை ஊற்ற முடியும்? இங்கு கிணற்றின் ஆழம் 25 m, குடத்தின் கொள்ளளவு 25 L, ஒவ்வொரு மரத்திற்கும் ஒரு குடம் நீர் ஊற்ற வேண்டும் என்க. (நடக்கும் போது செலவழிக்கப்படும் ஆற்றலையும், குடத்தின் நிறையையும் புறக்கணிக்கவும்) $g = 10 m s^{-2}$ எனக் கருதுக.

தீர்வு:

கிணற்றிலிருந்து 25 L தண்ணீரை இறைப்பதற்கு அவரின் அக ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி புவியீர்ப்பு விசைக்கு எதிராக வேலை செய்ய வேண்டும்.

தண்ணீரின் நிறை = 25 L = 25 kg (1 L = 1 kg)

25 kg நிறையுடைய தண்ணீரை இறைக்க செய்ய வேண்டிய வேலை = தண்ணீரால் பெறப்படும் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல்

$$W = mgh = 25 \times 10 \times 25 = 6250 J$$

காலைச் சிற்றுண்டியால் பெறப்பட்ட ஆற்றல் = 200 உணவு கலோரி = 200 kcal.

$$1 kcal = 10^3 \times 4.186 J$$

$$= 200 \times 10^3 \times 4.186 J = 8.37 \times 10^5 J$$

இவ்வாற்றலைக் கொண்டு மாணவர் 'n' குடங்கள் நீரை கிணற்றிலிருந்து இறைக்கிறார் எனக் கருதுக. மாணவரால் செலவழிக்கப்படும் மொத்த ஆற்றல் = $8.37 \times 10^5 J = nmgh$

எனவே

$$n = \frac{8.37 \times 10^5 J}{6250 J} \approx 134$$

இங்கு n என்பது தண்ணீர் ஊற்றப்பட வேண்டிய மரங்களின் எண்ணிக்கையை கூட குறிக்கிறது.

காலைச் சிற்றுண்டி மட்டும் உண்டு விட்டு 134 குடம் நீரை இறைக்க முடியுமா? நிச்சயம் முடியாது. உண்மையில் மனித உடல் உணவு ஆற்றல் முழுவதையும் வேலையாக மாற்றாது. ஏனெனில் தோராயமாக மனித உடலின் பயனுறுதிறன் 20% ஆகும்.அதாவது 200 உணவு கலோரியில் 20% மட்டுமே வேலையாக மாற்றமடையும். எனவே 134 குடங்களில் 20% என்பது 26 குடங்கள் மட்டுமே. எனவே அம்மாணவர் உண்ட சிற்றுண்டிக்கு இணையாக செய்ய முடிந்த வேலையின் அளவு 26 குடங்கள் நீரை இறைப்பதே ஆகும்.

மீதமுள்ள ஆற்றல் இரத்த ஓட்டத்திற்கும் மற்ற உடலின் மற்ற உறுப்புகளின் இயக்கத்திற்கும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மேலும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு உணவு ஆற்றல் வீணாக இழக்கப்படும் என்பதை நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

நமது உடலின் பயனுறுதிறன் ஏன் 100% இல்லை? இதற்கான விடையை நீங்கள் பிரிவு 8.9 இல் அறிந்து கொள்வீர்கள்.

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி:

ஆற்றல் மாறாவிதியின் கூற்றே வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி ஆகும். நியூட்டனின் இயக்கவியலில் ஆற்றல் மாறாத்தன்மை பெரிய பொருள்களின் இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலை ஆற்றலை உள்ளடக்கியுள்ளது. ஆனால் வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி வெப்பத்தையும் உள்ளடக்கியுள்ளது. இவ்விதியின் படி அமைப்பின் அக ஆற்றல் மாறுபாடானது (ΔU), அமைப்பிற்குக்

கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்திற்கும் (Q) சூழலின் மீது அவ்வமைப்பு செய்த வேலைக்கும் (W) உள்ள வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும். கணிதமொழியில் இதனைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

இதனைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\Delta U = Q - W$$

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் அக ஆற்றலை, வெப்பப்படுத்தியோ அல்லது வேலை செய்தோ மாற்ற இயலும். இதனை கீழே உள்ள அட்டவணையில் காணலாம்.

அமைப்பின் உள்ளே வெப்பம் பாய்தல்	அக ஆற்றல் அதிகரிக்கும்
அமைப்பிலிருந்து வெப்பம் வெளியேறுதல்	அக ஆற்றல் குறையும்
அமைப்பின் மீது வேலை செய்யப்படும் போது	அக ஆற்றல் அதிகரிக்கும்
அமைப்பினால் வேலை செய்யப்படும் போது	அக ஆற்றல் குறையும்

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியை பயன்படுத்துவதற்கான குறியீட்டு மரபினை அறிமுகப்படுத்தலாம். இது கீழே உள்ள அட்டவணை மற்றும் குறிப்பிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ளது.

வெப்ப இயக்கவியல் முதல் விதியைப் பயன்படுத்துவதற்கான குறியீட்டு மரபு

அமைப்பு வெப்பத்தைப் பெறும் போது	Q நேர்க்குறி
அமைப்பு வெப்பத்தை இழக்கும் போது	Q எதிர்க்குறி
அமைப்பின் மீது வேலை செய்யப்படும் போது	W எதிர்க்குறி
அமைப்பு வேலை செய்யும் போது	W நேர்க்குறி

பொதுவாக வாயுக்களைக் கொண்டே, வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதி விளக்கப்படுகிறது. ஆனால் இவ்விதி எல்லாவற்றிற்கும் பொதுவானது. மேலும் திரவங்கள் மற்றும் திடப்பொருள்களக்கும் இவ்விதியைப் பயன்படுத்த முடியும்.

சில புத்தகங்களில் $\Delta U = Q + W$ என வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதி குறிப்பிட்டிருக்கும். இங்கு அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை எதிர்க்குறியாகவும், அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை நேர்க்குறியாகவும் கருதப்படும். இவை இரண்டுமே சரியான குறியீட்டு மரபுகள் தான். இவற்றில் ஏதேனும் ஒரு குறியீட்டு மரபினை நாம் பின்பற்றலாம்.

எடுத்துக்காட்டு

மனிதரொருவர் 2 kg நிறையுடைய நீரினை துடுப்பு சக்கரத்தைக் கொண்டு கலக்குவதன் மூலம் 30 kJ வேலையைச் செய்கிறார். ஏறத்தாழ 5 kcal வெப்பம் நீரிலிருந்து வெளிப்பட்டு கொள்கலனின் பரப்பு வழியே வெப்பக்கடத்தல் மற்றும் வெப்பக் கதிர்வீச்சின் மூலம் சூழலுக்குக் கடத்தப்படுகிறது எனில் அமைப்பின் அக ஆற்றல் மாறுபாட்டைக் காண்க.

தீர்வு:

அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை (நீரினைக் கலக்குவதன் மூலம் மனிதரால் செய்யப்பட்ட வேலை) $W = -30\ kJ = -30{,}000\ J$

அமைப்பிலிருந்து வெப்பம் வெளிப்படுகிறது, $Q = -5$

$$kcal = 5 \times 4184\ J = -20920\ J$$

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியைப் பயன்படுத்தும்போது

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = -20{,}920\ J - (-30{,}000)\ J$$

$$\Delta U = -20{,}920\ J + 30{,}000\ J = 9080\ J$$

இங்கு, அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைவிட வெப்ப இழப்பு குறைவாக உள்ளது. எனவே அக ஆற்றல் மாறுபாடு நேர்க்குறியாகும். இது அமைப்பின் அக ஆற்றல் அதிகரித்ததைக் காட்டுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு

மெல்லோட்டப் பயிற்சியை (Jogging) தினமும் செய்வது உடல்நலத்தை பேணிக்காக்கும் என்பது நாமறிந்ததே. நீங்கள் மெல்லோட்டப் பயிற்சியில்

ஈடுபடும் போது 500 kJ வேலை உங்களால் செய்யப்படுகிறது. மேலும் உங்கள் உடலிலிருந்து 230 kJ வெப்பம் வெளியேறுகிறது எனில், உங்கள் உடலில் ஏற்படும் அக ஆற்றல் மாறுபாட்டைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை (நமது உடலை அமைப்பு என்று கருதுக)

$W = + 500\ kJ$

அமைப்பிலிருந்து (நமது உடல்) வெளியேற்றப்பட்ட வெப்பம் $Q = -230\ kJ$

உடலில் ஏற்படும் அக ஆற்றல் மாறுபாடு

$= \Delta U = - 230\ kJ – 500\ kJ = - 730\ kJ$

எதிர்க்குறியானது நமது உடலின் அக ஆற்றல் குறைந்தது என்பதைக் காட்டுகிறது.

மீமெது நிகழ்வு (Quasi – static Process) :

V பருமன்,P அழுத்தம் மற்றும் T வெப்பநிலையில் உள்ள நல்லியல்பு வாயு அமைப்பினைக் கருதுக. நல்லியல்பு வாயு அடைக்கப்பட்ட உருளையின் பிஸ்டன் வெளிநோக்கி நகர்த்தும்போது நல்லியல்பு வாயுவின் பருமனில் மாற்றம் எற்படும். இதன் விளைவாக வெப்பநிலையிலும் அழுத்தத்திலும் மாற்றம் ஏற்படும். ஏனெனில், இம்மூன்று மாறிகளும் (P.T மற்றும் V) $PV = NkT$ என்ற நிலைச்சமன்பாட்டினால் தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளன. நிறை ஒன்றினை பிஸ்டனின் மீது வைக்கும் போது, அது பிஸ்டனை திடீரென கீழ்நோக்கி அழுத்தும். இந்நிலையில் பிஸ்டனுக்கு மிக அருகே உள்ள பகுதியின் அழுத்தம், அமைப்பின் மற்ற பகுதிகளில் உள்ள அழுத்தத்தை விட அதிகமாக இருக்கும். இது வாயுவின் சமநிலையற்றத்தன்மையைக் (non-equilibrium) காட்டுகிறது. வாயு சமநிலையை மீண்டும் அடையும் வரை அவ்வாயுவின் அழுத்தம், வெப்பநிலை அல்லது அக ஆற்றலைக் கண்டறிய இயலாது. ஆனால் பிஸ்டனை மிக மெதுவாக அழுத்தும் போது ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் அமைப்பு, சூழலுடன் சமநிலையில் இருக்கும். இந்நிலையில் நாம் நிலைச் சமன்பாட்டைக் கொண்டு அமைப்பின் அக ஆற்றல், அழுத்தம் அல்லது வெப்பநிலையைக் கணக்கிட இயலும். இவ்வகையான நிகழ்விற்கு மீமெது நிகழ்வு என்று பெயர்.

மீமெது நிகழ்வு என்பது மிகமிக மெதுவாக நடைபெறும் ஓர் நிகழ்வாகும். இந்நிகழ்வு முடியும்வரை அமைப்பு, சூழலுடன் வெப்பச்சமநிலை, இயந்திரச் சமநிலை மற்றும் வேதிச்சமநிலையில் இருக்கும்படி தன்னுடைய மாறிகளான (P.V.T) ஆகியவற்றின் மதிப்புகளை மிக மெதுவாக மாற்றிக்கொள்ளும். வரையறுக்க இயலாத அளவு மெதுவாக ஏற்படும் இம்மாற்றத்தினால் அமைப்பு எப்போதும் சமநிலைத்தன்மையை ஒட்டியே காணப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு:

மீமெது நிகழ்விற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டுத் தருக.

பருமன் V, அழுத்தம் P மற்றும் வெப்பநிலை T உடைய வாயு ஒன்று கொள்கலனில் அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ளது என்க. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு பிஸ்டன் மீது ஒவ்வொரு மணல்துகளாகப் போடும்போது பிஸ்டன் உள்நோக்கி மிக மெதுவாக நகரும். இந்நிகழ்வினை கிட்டத்தட்ட மீமெது நிகழ்வாகக் கருதலாம்.

(ஒவ்வொரு மணல்துகளாகப் பிஸ்டனின் மீது போடும்போது ஏற்படும் மீமெது நிகழ்வு)

பருமனில் மாற்றம் ஏற்படும் போது செய்யப்பட்ட வேலை:

நகரும் பிஸ்டனைக் கொண்ட வாயு நிரப்பப்பட்ட உருளை ஒன்றைக் கருதுக. மீமெது நிகழ்வில் உள்ளவாறு வாயு விரிவடைந்து பிஸ்டனை dx தொலைவு மெதுவாகத் தள்ளுகிறது.

இங்கு மீமெது நிகழ்வின் அடிப்படையில் வாயு விரிவடைகிறது. எனவே ஒவ்வொரு கணத்திலும் அழுத்தம், வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றல் ஆகியவை ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பினைப் பெற்றிருக்கும். வாயுவால் பிஸ்டன் மீது செய்யப்பட்ட சிறிய வேலை

$$dW = Fdx$$

வாயுவால் பிஸ்டனின் மீது செலுத்தப்பட்ட விசை F = PA. இங்கு A என்பது பிஸ்டனின் பரப்பையும் P என்பது வாயு பிஸ்டனின் மீது செலுத்தும் அழுத்த்தையும் குறிக்கிறது.

சமன்பாடு பின்வரும் மாற்றியமைக்கலாம்

$$dW = PA\, dx$$

ஆனால்,Adx = dV = வாயுவின் விரிவினால் ஏற்பட்ட பருமன் மாறுபாடு எனவே வாயு விரிவடைந்ததால் செய்யப்பட்ட சிறிய வேலை

$$dW = PdV$$

இங்கு dV நேர்க்குறி என்பதை கவனிக்க வேண்டும். ஏனெனில் பருமன் அதிகரிக்கிறது.

பொதுவாக வாயுவின் பருமன் V_i லிருந்து V_f வரை அதிகரிப்பதால் செய்யப்பட்ட வேலையை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$w = \int_{v_i}^{v_f} PdV$$

அமைப்பின் மீது வேலை செய்யப்பட்டிருப்பின் w எதிர்க்குறி மதிப்பைப் பெறும்.

சமன்பாடு அழுத்தம் P, தொகைக் குறியீட்டிற்கு உள்ளே உள்ளதைக் கவனிக்க வேண்டும். அமைப்ப வேலை செய்யும் போது அழுத்தம்ட மாறிலியாக இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை என்பதை இது உணர்த்துகிறது. தொகையீட்டு மதிப்பினைக் காண நிலைச் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி அழுத்தத்தை பருமன் மற்றும் வெப்பநிலையின் சார்பாகக் குறிப்பிட வேண்டும்.

PV **வரைபடம்:**

அழுத்தம்P மற்றும் பருமன் V இவைகளுக்கு இடையே வரையப்படும் ஓர் வரைபடமே PV வரைபடமாகும். வாயு விரிவடையும் போது அவ்வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலையை PV வரைபடத்தைக் கொண்டு கணக்கிடலாம் அல்லது வாயு அமுக்கப்படும் போது அவ்வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கணக்கிடலாம். அலகு 2 நாம் கற்றபடி வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு சிறும எல்லையிலிருந்து பெரும எல்லைவரை உள்ள சார்பின் தொகையீட்டு மதிப்பைத் தரும். இதேபோன்று PV வரைபடத்தின் கீழே உள்ள பரப்பு வாயு விரிவடையும் போது அல்லது அமுக்கப்படும் போது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கொடுக்கும். PV வரைபடத்தின் வடிவம் வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வின் தன்மையைச் சார்ந்தது.

எடுத்துக்காட்டு

நிலையான வளிமண்டல அழுதத்தத்தில் உள்ள வாயுவின் பருமன் $1m^3$லிருந்து $2m^3$ஆக விரிவடைகிறது எனில், பின்வருவனவற்றைக் காண்க.

a. வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

b. இவ்வேலைக்கான PV வரைபடம்

தீர்வு:

அழுத்தம் $P = 1$ atm = 101 kPa, $V_f = 2\ m^3$மற்றும் $V_i = 1\ m^3$

சமன்பாடு இருந்து

$$W = \int_{v_i}^{v_f} PdV = P\int_{v_i}^{v_f} dV$$

இங்கு P என்பது ஓர் மாறிலியாகும். எனவே இது தொகையீட்டிற்கு வெளியே உள்ளது.

$$W = P(V_f - V_i) = 101 \times 10^3 \times\ (2 - 1) = 101\ kJ$$

அழுத்தம் மாறிலியாக உள்ளதால் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு PV வரைபடம் ஓர் நேர்க்கோடாக இருக்கும். அந்த நேர்க்கோட்டுக்கு கீழே உள்ள பரப்பு செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும்.

வாயுவின் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்:

கொடுக்கப்பட்ட அமைப்பின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் அவ்வமைப்பின் கட்டமைப்பு மற்றும் மூலக்கூறுகளின் தன்மையைக் கண்டறிவதில் முக்கியப் பங்காற்றுகின்றது. திடப்பொருள் மற்றும் திரவங்களுக்கு மாறாக வாயுக்கள் இரண்டு தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்களைப் பெற்றுள்ளன. அவை, அழுத்தம் மாறாத் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் (s_p) மற்றும் பருமன் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (s_v).

தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்:

அழுத்தம் மாறாத் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் (S_p)

அழுத்தம் மாறா நிலையில் 1 மப நிறையுடைய பொருளின் வெப்பநிலையை 1K அலலது 1°C உயர்த்தத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவு அழுத்தம் மாறாத்தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் என அழைக்கப்படும். அமைப்பினை வெப்பப்படுத்தும் போது வாயுவிற்கு வெப்பம் அளிக்கப்படுகிறது. மாறா அழுத்தத்தில் வாயு விரிவடைகிறது.

இந்நிகழ்வில் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தின் ஒரு பகுதி வேலை செய்ய (விரிவடைய) பயன்படுகிறது. மேலும் மீதம் உள்ள பகுதி வாயுவின் அக ஆற்றலை அதிகரிப்பதற்குப் பயன்படுகிறது.

பருமன் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (S_v)

பருமன் மாறாநிலையில்1 kg நிறையுடைய பொருளின் வெப்பநிலையை 1 K அல்லது 1°C உயர்த்தத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவு, பருமன் மாற தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் என்று அழைக்கப்படும். வாயுவின் பருமன் மாறாத நிலையில் கொடுக்கப்படும் வெப்பம் அமைப்பின் அக ஆற்றல் அதிகரிப்பதற்கு மட்டுமே பயன்படுகிறது. காட்டியுள்ளவாறு எவ்வித வேலையும் செய்யப்படாது.

மாறா அழுத்தத்தில் வாயுவின் வெப்பநிலையை உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தை விட, மாறா பருமனில் உள்ள வாயுவின் வெப்பநிலையை உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பம் குறைவானது. வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் S_pஎப்போதும் S_vஐ விட அதிகமாகும்.

மோலார் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்கள்:

சில நேரங்களில் மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்களைக் (C_p, C_v) கணக்கிடுவது, நமக்கு மிகவும் பயனுள்ளதாக அமையும்.

மாறாப்பருமனில் 1 மோல் அளவுள்ள பொருளின் வெப்பநிலையை 1K அல்லது 1°C உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவே, பருமன் மாறா மோலார் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் (C_v) ஆகும். மாறா
அழுத்தத்தில் வெப்பநிலையை உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவு அழுத்தம் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (C_P)
மாறாப்பருமனில் μ மோல் அளவுள்ள வாயுவிற்குக் கொடுக்கப்படும் வெப்பத்தை Q என்றும், அதனால் ஏற்படும் வெப்பநிலை வேறுபாட்டை ΔT எனவும் கொண்டால்

$$Q = \mu Cv\Delta T$$

என எழுதலாம்.
இம் மாறாபரும நிகழ்விற்கு வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியைப் பயன்படுத்தினால் (W = 0, ஏனெனில் dV = 0),

$$Q = \Delta U - O$$

எனக் கிடைக்கும்.
இவற்றை ஒப்பிடும் போது

$\Delta U = \mu Cv\Delta T$ அல்லது $C_v = \frac{1\Delta U}{\mu\Delta T}$

ΔT யின் எல்லை சுழியினை அடையும் போது ($\Delta T \rightarrow 0$), நாம்

$$C_v = \frac{1dU}{\mu\, dT}$$

என எழுதலாம்.
இங்கு வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றல் இரண்டுமே நிலை மாறிகள். எனவே, மேகண்ட சமன்பாடு அனைத்து நிகழ்வுகளுக்கும் பொருத்தமானதாகும்.

மேயர் தொடர்பு(Meyar's Relation):

μ மோல் அளவுடைய நல்லியல்பு வாயு கொள்கலன் ஒன்றில் அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. அவ்வாயுவின் பருமன் V, அழுத்தம் P மற்றும் வெப்பநிலை T என்க. மாறாப்பருமனில் வாயுவின் வெப்பநிலை dT அளவு உயர்த்தப்படுகிறது. இங்கு வாயுவால் எவ்வித வேலையும் செய்யப்படவில்லை. எனவே அமைப்பிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பம் அக ஆற்றலை மட்டுமே அதிகரிக்கும். அக ஆற்றலில் ஏற்பட்ட மாற்றத்தை dU என்க.

C_vஎன்பது பருமன் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் எனில் சமன்பாடு பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$dU = \mu C_v dT$$

மாறா அழுத்தத்தில் வாயுவை வெப்பப்படுத்தும் போது, அவ்வாயுவின் வெப்பநிலை உயர்வு dT எனவும், அமைப்பிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவு 'Q' எனவும். இந்நிகழ்வினால் பருமனில் ஏற்பட்ட மாற்றம் 'dV' எனவும் கொண்டால்

$$Q = \mu C_p dT$$

இந்நிகழ்வினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = PdV$$

ஆனால், வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதிப்படி

$$Q = dU + W$$

சமன்பாடுகள்

$$\mu C_p dT = \mu C_v dT + PdV$$

எனக் கிடைக்கும்
மோல் நல்லியல்பு வாயுவிற்கு நிலைச்சமன்பாட்டை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$PV = \mu RT \Rightarrow PdV + VdP = \mu RdT$$

இங்கு அழுத்தம் மாறாது, எனவே $dP = 0$.

$$PdV = \mu RdT$$

$$C_P dT = C_v dT = RdT$$

$$C_p = C_v + R \text{ (or) } C_P - C_V = R$$

இத்தொடர்பிற்கு மேயர் தொடர்பு என்று பெயர்.
மாறா அழுத்தத்தில் நல்லியல்பு வாயுவின் மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன், பருமன் மாறா மேலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் மற்றும் R ஆகியவற்றின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும் என்பதை இத்தொடர்பு நமக்குக் காட்டுகிறது.

மேலும் இத்தொடர்பிலிருந்து, அழுத்தம் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (C_p), பருமன் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனைவிட (C_v) என்போதும் அதிகம் என்பதை நாம் புரிந்து கொள்ளலாம்.

வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வுகள் (Thermodynamic Processes):

வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு (Isothermal process):

இந்நிகழ்வில் வெப்பநிலை ஓர் மாறா மதிப்பினைப் பெற்றிருக்கும். ஆனால் வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் அழுத்தமும், பருமனும் மாற்றமடையும்.

நாமறிந்தபடி நல்லியல்பு வாயுச்சமன்பாடு

$$PV = \mu RT$$

இந்நிகழ்வில் T ஓர் மாறிலி. எனவே வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கான நிலைச்சமன்பாடு

$$PV = \text{மாறிலி}$$

இந்த சமன்பாடு நமக்கு உணர்த்துவது
வாயு ஒரு சமநிலை நிலையிலிருந்து (P_1, V_1) மற்றொரு சமநிலை நிலைக்குச் (P_2, V_2) செல்லும் போது பின்வரும் தொடர்பு பொருந்தும் என்பதே

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

இங்கு PV = மாறிலி. எனவேP, ஆனது V யுடன் எதிர் விகிதத்தொடர்பைப் பெற்றுள்ளது. அதாவது $(P \propto \frac{1}{V})$ இதிலிருந்து PV வரைபடம் ஓர் அதிபரவளையம் (hyperbola) என அறியலாம்.

மாறா வெப்பநிலையில் வரையப்படும் அழுத்தம் - பருமன் வரைபடத்தை வெப்பநிலை மாறா வரைபடம் (Isotherm) என்றே அழைக்கலாம்.

மீமெது வெப்பநிலை மாறா விரிவு மற்றும் மீமெது வெப்பநிலை மாறா அமுக்கம் இவற்றிற்கான PV வரைபடங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன.
நாம் அறிந்தபடி நல்லியல்பு வாயு ஒன்றின் அக ஆற்றல் அவ்வாயுவின் வெப்பநிலையை மட்டும் சார்ந்துள்ளது.

எனவே, ஓர் வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் அக ஆற்றலும் ஓர் மாறிலியாகும் ஏனெனில் வெப்பநிலை இங்கு மாறாமல் உள்ளது. எனவே dU அல்லது $\Delta U = 0$. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கான வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

$$Q = W$$

சமன்பாடு இருந்து வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் வாயுவிற்குக் கொடுக்கப்படும் வெப்பம் புறவேலைக்கு மட்டுமெ பயன்படுகிறது என்பதை நமக்கு உணர்த்துகிறது. அமைப்பு ஒன்றினுள் வெப்பம் பாயும் போது அவ்வமைப்பின் வெப்பநிலை எப்போதும் உயரும் என்ற தவறான புரிதல் உள்ளது. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் இது உண்மையல்ல. வெப்பநிலை மாறா அமுக்கம் ஏற்படும் போது உருளையின் உள்ளே பிஸ்டன் தள்ளப்படுகிறது. இது அக ஆற்றலை அதிகரிக்கும். ஆனால் இந்த அக ஆற்றல் அதிகரிப்பு வெப்பத்தொடர்பினால் அமைப்பிற்கு வெளியே சென்று விடுகிறது.

எடுத்துக்காட்டுகள்:

1. தண்ணீரை வெப்பப்படுத்தும் போது, அதன் கொதிநிலையில் தண்ணீருக்கு எவ்வளவு வெப்பத்தை அளித்தாலும் தணணீர் முழுவதுமாக நீராவியாக மாறும் வரை அதன் வெப்பநிலை உயருவதில்லை. இதேபோன்று உறைநிலையில் உள்ள பனிக்கட்டி உருகி தண்ணீராக மாறும் போதும் பனிக்கட்டிக்கு வெப்பத்தைக் கொடுத்தாலும் அதன் வெப்பநிலை உயருவதில்லை.

2. நமது உடலின் அனைத்து வளர்சிதை மாற்றங்களும் ஒரு மாறா வெப்பநிலையிலேயே (37°C) நடைபெறுகின்றன.

வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை:

நல்லியல்பு வாயு ஒன்றினைக் கருதுக. மாறா வெப்பநிலையில், மீமெது நிகழ்வில் என்ற தொடக்க நிலையிலிருந்து என்ற இறுதிநிலைக்கு அதனை விரிவடைய அனுமதிக்கவும். இந்நிகழ்வில் வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலையை நாம் பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்.

சமன்பாடு இருந்த வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை,

$$W = \int_{v_i}^{v_f} PdV$$

இந்நிகழ்வு மீமெது நிகழ்வாக உள்ளதால் ஒவ்வொரு நிலையிலும் வாயுவானது சூழலுடன் சமநிலையில் இருக்கும். இங்கு வாயு நல்லியல்பு வாயுவாகவும் ஒவ்வொரு நிலையிலும் சூழலுடன் சமநிலையில் உள்ளதாலும் நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டை இங்கு நாம் பயன்படுத்தி அழுத்தத்தை பருமன் மற்றும் வெப்பநிலையின் சார்பாக எழுதலாம்.

$$P = \frac{\mu RT}{V}$$

சமன்பாடு இல் பிரதியிடும் போது

$$W = \int_{v_i}^{v_f} \frac{\mu RT}{V} dV$$

$$W = \mu RT \int_{v_i}^{v_f} \frac{dV}{V}$$

சமன்பாடு T தொகையீட்டிற்கு வெளியே வைத்திருக்கக் காரணம் வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு முழுமைக்கும் இது மாறிலியாகும்.
சமன்பாடு தொகைப்படுத்தும் போது
இங்கு ஏற்பட்ட பருமன் விரிவு ஓர் வெப்பநிலை மாறா விரிவாகும்.

$$W = \mu RT\, In\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

மேலும் $\frac{V_f}{V_i} > 1$ என்பதால் $In\left(\frac{V_f}{V_i}\right) > 0$ ஆகும்.

எனவே, வெப்பநிலை மாறா விரிவில் வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை நேர்க்குறி ஆகும்.

சமன்பாடு வெப்பநிலை மாறா அழுக்கத்திற்கும் பொருந்தும், ஆனால் வெப்பநிலை மாறா அழுக்கத்தில் $\frac{V_f}{V_i} < 1$ எனவே $\ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) < 0$ எனவே, வெப்பநிலை மாறா அழுக்கத்தில் வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை எதிர்க்குறி ஆகும். PV வரைபடத்தில், வெப்பநிலைமாறா விரிவின் போது வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை வரைபடத்திற்குக் கீழே உள்ள பரப்பிற்குச் சமம் என்பது காட்டப்பட்டுள்ளது.

இதேபோன்று வெப்பநிலை மாறா அழுக்கத்தில் PV வரைபடத்திற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலைக்குச்சமமாகும். இது எதிர்குறியில் குறிப்பிடப்படும்.

வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலையைக் கணக்கிடும்போது, நிகழ்வு ஒரு மீமெது நிகழ்வு என நாம் கருதுனோம். இது ஒரு மீமெது நிகழ்வாக இல்லையெனில் நிலைச் சமன்பாடு $P = \frac{\mu RT}{V}$ யை சமன்பாடு பிரதியிட இயலாது. ஏனெனில் நல்லியல்பு வாயு விதி சமநிலையற்ற நிகழ்வுகளுக்குப் பொருந்தாது. ஆனால் சமன்பாடு மீமெதுவாக நிகழாத வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வுகளுக்கும் பொருந்தும். ஏனெனில் அழுத்தம் மற்றும் பருமன் போன்ற நிலைமாறிகள் நல்லியல்பு வாயுவின் தொடக்க மற்றும் இறுதி நிலைகளை மட்டுமே சார்ந்திருக்கும், இறுதிநிலைகளை அடைந்த வழிமுறையை சார்ந்திருக்காது. சமன்பாடு தொகைப்படுத்துவதற்கு மட்டுமே நாம் மீமெது நிகழ்வாக கருதினோம்.

எடுத்துக்காட்டு:

300 K வெப்பநிலையிலுள்ள 0.5 மோல் வாயு ஒன்று தொடக்கப்பருமன் 2L இல் இருந்து இறுதிப்பருமன் 6 L க்கு வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் விரிவடைகிறது எனில், பின்வருவனவற்றைக் காண்க.

1. வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை?
2. வாயுவிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவு?
3. வாயுவின் இறுதி அழுத்தம்? (வாயுமாறிலி,R = 8.31 J mol^{-1} K^{-1})

தீர்வு:
நாம் அறிந்தபடி வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை ஓர் வெப்பநிலை மாறா விரிவாகும்.

இங்கு $\mu = 0.5$

$$W = 0.5 \text{ mol} \times \frac{8.31J}{mol.K} \times 300K \times \ln\left(\frac{6L}{2L}\right)$$

$$W = 1.369 \text{ kJ}$$

இங்கு வேலை நேர்க்குறியில் உள்ளதைக் கவனிக்க வேண்டும். ஏனெனில் வாயுவால் வேலை செய்யப்பட்டுள்ளது.

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதிப்படி, வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் அமைப்பிற்குக் கொடுக்கப்படும் வெப்பம் வேலை செய்வதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

எனவே,$Q = W = 1.369$ kJ

இங்கு Q வும் நேர்க்குறியாகும். ஏனெனில் வெப்பம் அமைப்பிற்குள் செல்கிறது.

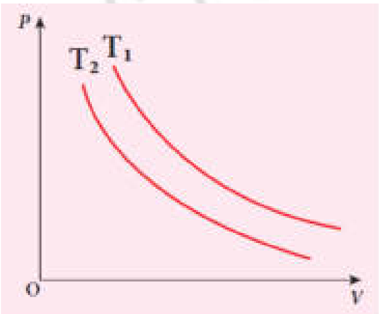
வெப்ப நிலை மாறா நிகழ்விற்கு

$$P_iV_i = P_fV_f = \mu RT$$

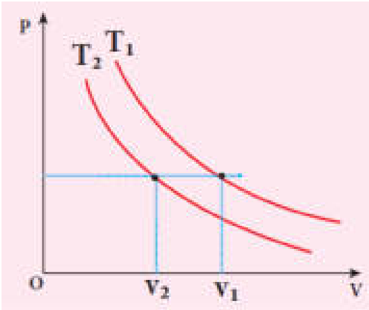
$$P_f = \frac{\mu RT}{V_f} = 0.5mol \times \frac{8.31J}{mol.K} \times \frac{300K}{6 \times 10^{-3} m^3}$$

$$= 207.75 \text{ kPa}$$

எடுத்துக்காட்டு:
கீழே காட்டப்பட்டுள்ள PV வரைபடம் வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் நடைபெறும் இரண்டு வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வுகளைக் குறிக்கின்றன. இரண்டு வெப்பநிலைகளில் உயர்ந்த வெப்பநிலை எது என்பதைக் கண்டறிக.



தீர்வு:
உயர் வெப்பநிலை வளைகோட்டைக் காண்பதற்கு படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு x அச்சுக்கு இணையாக கிடைத்தளக் கோட்டினை வரைய வேண்டும். இது மாறா அழுத்ததிற்கான கோடு ஆகும்.



மாறா, அழுத்தக் கோட்டினை வெட்டும் செங்குத்துக் கோடுகளுக்கான பருமன்கள் V_1மற்றும் V_2 ஆகியவை, ஒரே அழுத்தத்தில் உள்ள பருமன்களைக் குறிக்கின்றன.

மாறா அழுத்தத்தில் அதிக பருமனுள்ள வாயுவில் வெப்பநிலையும் அதிகமாக இருக்கும். படத்திலிருந்து $V_1 > V_2$எனவே,$T_1 > T_2$என அறியலாம். பொதுவாக வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வுகளில் வெப்பநிலை குறைவாக உள்ள வளைகோடுகள் ஆதிப்புள்ளிகள் அருகே அமையும்.

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு (Adiabatic Process):

இந்நிகழ்வில் எவ்விதமான வெப்பமும் அமைப்பிற்கு உள்ளேயோ அல்லது அமைப்பிலிருந்து வெளியேவா செல்லாது (Q = O) ஆனால் வாயு தன்னுடைய அக ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி விரிவடையும் அல்லது வெளிப்புற வேலையினால் வாயு அமுக்கமடையும். எனவே வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் அமைப்பின் அழுத்தம், பருமன் மற்றும் வெப்பநிலை இவற்றில் மாற்றம் ஏற்படலாம்.

ஒரு வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கு வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி $\Delta U = W$ என எழுதலாம். இதிலிருந்து நாம் அறிந்துகொள்வது என்னவென்றால் வாயு அதன் அக ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி வேலை செய்யும் அல்லது வாயுவின் மீது வேலை செய்யப்பட்டு அதன் அக ஆற்றல் அதிகரிக்கும்.

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வினை பின்வரும் முறைகளைப் பயன்படுத்தி நிகழ்த்த இயலும்.

1. அமைப்பு வெப்ப ஆற்றலை சூழலுக்குக் கடத்தாதவாறும் அல்லது சூழலிலிருந்து எவ்விதமான வெப்ப ஆற்றலும் அமைப்பிற்குள் செல்லாதவாறும் அமைப்பினை வெப்பக்காப்பு (Thermally insulating) செய்ய வேண்டும்.
   எடுத்துக்காட்டாக, வெப்பக்காப்பு செய்யப்பட்ட உருளையில் உள்ள வாயு வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் அமுக்கப்படுகிறது அல்லது வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் விரிவடைகிறது.

2. எவ்வித வெப்பக்காப்பும் அற்ற நிலையில் சூழலுக்கு வெப்பத்தைக் கடத்த இயலாதவாறு மிகக் குறுகிய நேரத்தில் மிக வேகமாக நிகழ்வு ஏற்பட்டால் அதுவும் ஒரு வெப்பபரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு.

(a) மற்றும் (b) இவற்றை விளக்குகின்றன.

எடுத்துக்காட்டுகள்: வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான நிலைச் சமன்பாடு

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான நிலைச் சமன்பாடு

$$PV^{\gamma} = \text{மாறிலி}$$

இங்கு γஎன்பது வெப்பபரிமாற்றமில்லா அடுக்குக்குறி ஆகும். ($\gamma = C_p/C_v$) இது வாயுவின் இயல்பைப் பொருத்ததாகும்.

சமன்பாடு இருந்து நாம் அறிவது என்னவென்றால், வாயு ஒரு சமநிலை நிலையிலிருந்து (P_i, V_i) மற்றொரு சமநிலை நிலைக்கு (P_f, V_f) வெப்பபரிமாற்றமில்லா முறையில் செல்லும்போது அவ்வாயு பின்வரும் நிபந்தனைக்கு உட்படும்.

$$P_i V_i^{y} = P_f V_f^{y}$$

வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா விரிவு மற்றும் அமுக்க நிகழ்விற்கான வரைபடத்தையும் வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா வளைகோடு (adiabat) என்றே அழைக்கலாம். வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கான PV வரைபடம் மற்றும் காட்டப்பட்டுள்ள வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான PV வரைபடமும் கிட்டத்தட்ட ஒரே மாதிரியாக உள்ளன. ஆனால் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான வளைகோடு, வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கான வளைகோட்டைவிட சற்றே செங்குத்தாக காணப்படும்.

T மற்றும் V ஐப் பொருத்து சமன்பாடு நாம் சற்றே மாற்றியமைக்கலாம். நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டிலிருந்து அழுத்தம்

இதனை சமன்பாடு பிரதியிட, நமக்கு கிடைப்பது $\frac{\mu RT}{V}V\gamma$ = மாறலி (அல்லது) $\frac{T}{V}V\gamma = \frac{\text{மாறிலி}}{\mu R}$ எனக் கிடைக்கும்.

இங்கு μR என்பதும் ஒரு மாறிலி, எனவே இதனைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$TV^{\gamma-1}$= மாறிலி

வாயு ஒன்று தொடக்கச் சம நிலையிலிருந்து (T_i, V_i) இறுதி சம நிலைக்கு (T_f, V_f) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் செல்லும்போது அது பின்வரும் சமன்பாட்டை நிறைவு செய்யும்.

$$T_iV_i^{\gamma-1} = T_fV_f^{\gamma-1}$$

என்பதை சமன்பாடு நமக்கு உணர்த்துகிறது.

வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான நிலைச் சமன்பாட்டை T மற்றும் P யினைப் பொருத்தும் எழுதலாம்.

$T^{\gamma} P^{1-\gamma}$= மாறிலி (8.39)

சமன்பாடு (8.39) ற்கான நிரூபணத்தை நீங்களே முயற்சிக்கலாம்.

கைகளினால் அழுத்தப்படும் பம்பினைப் பயன்படுத்தி மிதிவண்டிச் சக்கரத்திற்கு காற்றடிப்பதை நாம் அனைவரும் அறிந்திருப்போம். பம்பின் உள்ளே உள்ள V பருமனுடைய காற்றை, வளிமண்டல அழுத்தத்திலுள்ள மற்றும் 27°C அறை வெப்பநிலையில் உள்ள வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு என்று கருதுக. மிதிவண்டி சக்கரத்தில் காற்றைச் செலுத்தும் முனை மூடப்பட்டுள்ளது. என்று கருதுக. காற்றானது அதன் தொடக்கப்பருமனிலிருந்து நான்கில் ஒரு பங்கு இறுதிப்பருமனுக்கு அழுத்தப்படுகிறது என்றால் அதன் இறுதி வெப்பநிலை என்ன? சக்கரத்தின் காற்று செலுத்தும் முனை மூடப்பட்டுள்ளதால் காற்று சக்கரத்தினுள் செல்ல முடியாது. எனவே இங்கு காற்றடிக்கும் நிகழ்வினை வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அழுக்கமாகக் கருதலாம். காற்றுக்கு (γ= 1.4)

தீர்வு:

காற்றடிக்கும் நிகழ்வு வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அமுக்கமாக கருதப்படுகிறது. பருமன் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே வெப்பநிலையைக் கணக்கிட வேண்டும். இங்கு சமன்பாடு (8.38) ஐப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

$$T_iV_i^{\gamma-1} = T_fV_f^{\gamma-1}$$

$$T_i = 300K\,(273+27°C = 300\,K)$$

$$V_i = V\,\&\,V_f = \frac{V}{4}$$

$$T_f = T_i\left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} = 300\,K\times 4^{1.4-1} = 300K\times 1.741$$

T2 ≈ 522 K அல்லது 249°C

இந்த இறுதி வெப்பநிலை நீரின் கொதிநிலையை விட அதிகம். எனவே மிதிவண்டியில் சக்கரத்திற்கு கைப்பம்பினைப் பயன்படுத்தி காற்றடிக்கும் போது காற்று நிரப்பும் முனையைத் தொடுவது ஆபத்தானதாகும்.

பிஸ்டனை மிக வேகமாக அழுத்தும்போது உருவாகும் வெப்பத்தினை குறுகிய நேரத்தில் சூழலுக்குக் கடத்த இயலாது. எனவே வாயுவின் வெப்பநிலை விரைவாக உயரும். இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இத்தத்துவம் டீசல் இயந்திரங்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. காற்று-பெட்ரோல் கலவையை வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் மிக வேகமாக அமுக்கும்போது அக்கலவையின் வெப்பநிலை தீப்பற்றும் அளவுக்கு மிக வேகமாக உயரும்.

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை முழுமையாக வெப்பக்காப்புச் செய்யப்பட்ட சுவர், அடிப்பரப்பு கொண்ட உருளையினுள் உள்ள μ மோல் நல்லியல்பு வாயுவைக் கருதுக. A குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு கொண்ட உராய்வற்ற வெப்பக்காப்புப் பெற்ற பிஸ்டன் உருளையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா முறையில் அமைப்பு (P_i, V_i, T_i) என்ற தொடக்க நிலையிலிருந்து (P_f, V_f, T_f) என்ற இறுதிநிலையை அடையும்போது செய்யப்பட்ட வேலை W என்க.

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV \qquad (8.40)$$

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா இந்நிகழ்வு ஒரு மீமெது நிகழ்வு எனக்கருதுக, ஒவ்வொரு நிலையிலும் நல்லியல்பு வாயு விதி இங்கு பொருந்தும்.

இந்நிபந்தனையின் அடிப்படையில், வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வின் நிலைச் சமன்பாடு PV^γ = மாறிலி (அல்லது) $P = \frac{\text{மாறிலி}}{V^\gamma}$ இதனை சமன்பாடு (8.40)இல் பிரதியிடும்போது

$$W = PdV$$

$$\therefore W_{adia} = \int_{V_i}^{V_f} \frac{\text{மாறிலி}}{V^\gamma} dv$$

$$= \text{மாறிலி} \int_{V_i}^{V_f} V^{-\gamma}$$

$$= \text{மாறிலி} \left[\frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1} \right]_{V_i}^{V_f}$$

$$= \frac{\text{மாறிலி}}{1-\gamma} \left[\frac{1}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_i^{\gamma-1}} \right]$$

$$= \frac{1}{1-\gamma} \left[\frac{\text{மாறிலி}}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{\text{மாறிலி}}{V_i^{\gamma-1}} \right]$$

$$= \frac{\text{மாறிலி}}{1-\gamma} \left[\frac{1}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_i^{\gamma-1}} \right]$$

$$\therefore W_{adia} = \frac{1}{1-\gamma}\left[\frac{P_f V_f^{\gamma}}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{P_i V_i^{\gamma}}{V_i^{\gamma-1}}\right]$$

$$W_{adia} = \frac{1}{1-\gamma}\left[P_f V_f - P_i V_i\right]$$

நல்லியல்பு வாயு விதியிலிருந்து,

$P_f V_f = \mu R T_f$ மற்றும் $P_i V_i = \mu R T_i$

இதனைச் சமன்பாடு (8.41) இல் பிரதியிடும்போது

$$\therefore W_{adia} = \frac{\mu R}{\gamma-1}\left[T_i - T_f\right]$$

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவில், வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை W_{adia} ஒரு நேர்க்குறி மதிப்பாகும். இங்கு $T_i > T_f$, எனவே வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவில் வாயு குளிர்ச்சியடையும்.

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அமுக்கத்தில், வாயுவின் மீது வேலை செய்யப்படும் அதாவது W_{adia} ஒரு நேர்க்குறி மதிப்பாகும். இங்கு $T_i > T_f$, எனவே வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவில் வாயு குளிர்ச்சியடையும்.

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அமுக்கத்தில், வாயுவின் மீது வேலை செய்யப்படும் அதாவது W_{adia} ஒரு எதிர்க்குறி மதிப்பாகும். இங்கு $T_i < T_f$, எனவே வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அமுக்கத்தில் வாயுவின் வெப்பநிலை உயரும்.

குறிப்பு

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு ஓர் மீமெது நிகழ்வாகக் கருதி சமன்பாடு (8.41) மற்றும் (8.42) ஆகிய இரண்டும் சமன்பாடுகளை நாம் வருவித்தோம். இந்நிகழ்வு மீமெது நிகழ்வாக இல்லையென்றாலும் இவ்விரண்டு சமன்பாடுகளும் பொருத்தமான சமன்பாடுகளேயாகும். ஏனெனில் நிலைமாறிகள் P, V மற்றும் T ஆகியவை தொடக்க மற்றும் இறுதி நிலைகளை மட்டுமே சார்ந்தவை. அவை இறுதிநிலையை அடைந்த வழிமுறையைச் சார்ந்ததல்ல. தொகையிடலுக்காக மட்டுமே நாம் மீமெது நிகழ்வு என்று கருதினோம். படம் (8.32) இல் காட்டப்பட்டுள்ள வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் PV வரைபடத்திற்கு கீழே உள்ள பரப்பு, இந்நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலையைக் கொடுக்கும்.

வெப்பநிலை மாறா வளைகோடு மற்றும் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா வளைகோடு இவற்றிற்கிடையேயான வேறுபாட்டை புரிந்து கொள்ளவே T_i மற்றும் T_f வெப்பநிலைகளுக்கான வெப்பநிலை மாறா வளைகோட்டுடன், சேர்த்து வெப்பப்பரிமாற்ற மற்ற வளைகோடும் படம் (8.32) இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான வளைகோடு, வெப்பநிலை மாறா வளைகோட்டை விட செங்குத்தாக இருக்கும். ஏனெனில் எப்போதும் $\gamma > 1$ ஆகும்.

அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு

(Isobaric Process)

இது மாறாத அழுத்தத்தில் ஏற்படும் ஒரு வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வாகும். இந்நிகழ்வில் அழுத்தம் மாறிலியாக இருந்தாலும், வெப்பநிலை, பருமன் மற்றும் ஆக ஆற்றல் போன்றவை மாறிலிகள் அல்ல. நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டிலிருந்து.

$$V = \left(\frac{\mu R}{P}\right) T$$

$$\text{Here } \frac{\mu R}{P} = \text{மாறிலி}$$

அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில், கெல்வின் வெப்பநிலை பருமனுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$V \propto T$(அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு) (8.44)

அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் V - T வரைபடம் ஆதிப்புள்ளி வழியேச்செல்லும் ஓர் நேர்க்கோடாக அமையும் என்பதை மேற்கண்ட சமன்பாடு உணர்த்துகிறது.

வாயு ஒன்று (V_i,T_i) என்ற நிலையிலிருந்து (V_f,T_f) என்ற நிலைக்கு மாறா அழுத்தத்தில் செல்லும்போது பின்வரும் சமன்பாட்டை நிறைவு செய்யும்.

$$\frac{T_f}{V_f} = \frac{T_i}{V_i}$$

அழுத்தம் மாறா நிகழ்விற்கான எடுத்துக்காட்டுகள் வாயுவை வெப்பப்படுத்தும்போது வாயு வெப்பமடைந்து பின்னர் அது பிஸ்டனைத் தள்ளுகிறது. எனவே வாயுவானது வளிமண்டல அழுத்தம் மற்றும் புவியீர்ப்பு விசை இவற்றின் கூடுதலுக்குச் சமமான ஓர் விசையை பிஸ்டனின் மீது செலுத்துகிறது எனில் இந்நிகழ்வு ஓர் அழுத்தம்மாறா நிகழ்வாகும்.

நமது வீட்டு சமையல் அறையில் நடைபெறும் பெரும்பாலான சமையல் நிகழ்வுகள் அழுத்தம் மாறா நிகழ்வுகள் ஆகும். திறந்த பாத்திரத்தில்

உணவினை சமைக்கும்போது உணவிற்கு மேலே உள்ள அழுத்தம் எப்போதும் வளிமண்டல அழுத்தத்திற்குச் சமமாகும்.

படம் 8.35இல் காட்டியுள்ளவாறு அழுத்தம் மாறா நிகழ்விற்கான PV வரைபடம் பரும அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் ஓர் கிடைத்தளக் கோடாகும். பருமன் குறையும் அழுத்தம் மாறா நிகழ்வினை படம் 8.35 (a) காட்டுகிறது.

பருமன் அதிகரிக்கும் அழுத்தம் மாறா நிகழ்வினை படம் 8.35 (b) காட்டுகிறது.

அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dv \qquad (8.46)$$

$$W = P\int_{V_i}^{V_f} dv \qquad (8.47)$$

அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில், அழுத்தம் ஓர் மாறிலியாகும். எனவேP தொகையீட்டிற்கு வெளியே உள்ளது.

$$W = P[V_f - V_i] = P\Delta V \qquad (8.48)$$

இங்கு,ΔV என்பது பருமனில் ஏற்பட்ட மாற்றத்தைக் குறிக்கிறது. ΔV எதிர்க்குறியாக இருந்தால்,W எதிர்க்குறியா இருக்கும். இது வாயுவின் மீது வேலை செய்யப்படுகிறது என்பதைக் காட்டுகிறது. ΔV நேர்க்குறியாக இருந்தால், W நேர்க்குறியாகும். இது வாயுவால் வேலை செய்யப்படுகிறது என்பதைக் காட்டுகிறது.

சமன்பாடு (8.48)ஐ நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி மாற்றி அமைக்கலாம்.

$PV = \mu RT$ அல்லது $V = \dfrac{\mu RT}{P}$

இதனைச் சமன்பாடு (8.48) இல் பிரதியிடும்போது

$$W = \mu RT_f \left(1 - \frac{T_i}{T_f}\right) \qquad (8.49)$$

எனக் கிடைக்கும்.

PV வரைபடத்தல், அழுத்தம் மாறா வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு, அழுத்தம் மாறா நிகழ்வினால் செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும். படம் 8.36 இல் காட்டப்பட்டுள்ள நிழலிடப்பட்ட பகுதி வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும்.

அழுத்தம் மாறா நிகழ்விற்கான வெப்ப இயக்கவியல் முதல் விதியை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\Delta U = Q - P\Delta V \qquad (8.50)$$

இரண்டு வெவ்வேறு அழுத்தங்களில் நடைபெறும் அழுத்தம் மாறா நிகழ்வுகளுக்கான V - T வரைபடம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது. இவற்றுள் எந்நிகழ்வு உயர் அழுத்தத்தில் நடைபெறும் என்று கண்டறிக.

தீர்வு

நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டிலிருந்து,

$$V = \left(\frac{\mu R}{P}\right) T$$

V – T வரைபடம் ஆதிப்புள்ளி வழியேச் செல்லும் ஓர் நேர்க்கோடாகும்.

அதன் சாய்வு $= \dfrac{\mu R}{P}$

V – T வரைபடத்தின் சாய்வு, அழுத்தத்திற்கு எதிர்விகிதத் தொடர்புடையது ஆகும். சாய்வு பெருமமாக இருப்பின், அழுத்தம் குறைவானதாகும். இங்கு P_1 இன் சாய்வு P_2 வை விட அதிகம். எனவே$P_2 > P_1$.

T யினை x அச்சிலும் V யினை y அச்சிலும் வைத்து இவ்வரைபடத்தை வரைந்திருந்தால்,$P_2 > P_1$ஆக இருக்குமா? சிந்தித்து உனது விடையைக் கூறுக.

எடுத்துக்காட்டு 8.20

27°C வெப்பநிலையில் உள்ள 1 மோல் நல்லியல்பு வாயு 1 MPa அழுத்தத்தில் உருளை ஒன்றினுள் அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் பருமன் இருமடங்காகும் வரை அதனை விரிவடைய அனுமதித்து பின்னர் கீழ்க்கண்டவற்றைக் கணக்கிடுக.

(a) (i)இப்பரும விரிவு வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் நடந்தால், வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை என்ன?

(ii) இப்பரும விரிவு அழுத்தம் மாறா முறையில் நடந்தால், வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை என்ன?

(iii) இப்பரும் விரிவு வெப்பநிலை மாறா முறையில் நடந்தால், வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை என்ன?

(b) மேற்கண்ட மூன்று நிகழ்வுகளிலும், எந்நிகழ்வில் அக ஆற்றலில் பெரும் மாற்றம் அடைகிறது மற்றும் எந்நிகழ்வில் சிறும மாற்றம் ஏற்படுகின்றது.

(c) இம்மூன்று நிகழ்வுகளுக்கான PV வரைபடத்தை வரையவும்.

(d) இம்மூன்று நிகழ்வுகளில் எந்நிகழ்வில் வெப்பம் வாயுவுக்கு அதிக வெப்பம் அளிக்கப்பட்டிருக்கும் மற்றும் எந்நிகழ்வில் வாயுவுக்கு குறைவாக வெப்பம் அளிக்கப்பட்டிருக்கும்?

$\gamma = \frac{5}{3}$ மற்றும் $R = 8.3\ J\ mol^{-1}K^{-1}$

தீர்வு:

(a) (i) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W_{adia} = \frac{\mu R}{\gamma - 1}\left[T_i - T_f\right]$$

இறுதி வெப்பநிலை T_fஐக் கண்டறிய வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிலைச்சமன்பாடு.

$T_f V_f^{\gamma-1} = T_i V_i^{\gamma-1}$ஐப் பயன்படுத்த வேணடும்.

$$T_f = T_i\left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} = 300\times\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 0.63\times 300K = 189.8\,K$$

$$W = 1\times 8.3\times\frac{3}{2}\left(300-189.8\right) = 1.37\text{ kJ}$$

(ii) அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = P\Delta V = P(V_f - V_i)$$

மேலும் $V_f = 2V_i$ எனவே $W = 2PV_i$ V_iஐக் கணக்கிட, நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டை தொடக்கநிலைக்கும் பயன்படுத்த வேண்டும் $P_iV_i = RT_i$

$$V_i = \frac{RT_i}{P_i} = 8.3\times\frac{300}{1}\times 10^{-6} = 24.9\times 10^{-4}m^3$$

அழுத்தம் மாறா நிகழ்வின் போது செய்யப்பட்ட வேலை $W = 2\times 10^6\times 24.9\times 10^{-4} = 4.9$ KJ

(iii)வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = \mu RT\,1\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் தொடக்க அறை வெப்பநிலை ஒரு மாறிலியாகும்.

எனவே$W = 1\times 8.3\times 300\times ln(2) = 1.7$ kJ

(b) இம்மூன்று நிகழ்வுகளையும் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்போது அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை, பெருமமதிப்பையும், வெப்பப்பரமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை சிறுமதிப்பையும் பெற்றுள்ளன.

(c) இம்மூன்று நிகழ்வுகளுக்கான PV வரைப்படம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது.

AB வளையோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = அழுத்தம் மாறா நிகழ்விவல் செய்யப்பட்ட வேலை

AC வளை கோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

AD வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

PV வரைபடத்தில் AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு மற்ற வளைகோடுகளின் பரப்பைவிட அதிகம். எனவே அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை பெருமமதிப்பையும் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை மதிப்பையும் பெற்றுள்ளன.

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் அமைப்பிற்கு எவ்விதமான வெப்பமும் செல்லவில்லை அதேபோன்று அமைப்பிலிருந்து எவ்விதமான வெப்பமும் வெளியேறவும் இல்லை. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வுடன் ஒப்பிடும்போது அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை அதிகம் எனவே வெப்பமும் அதிகம்.

பருமன் மாறா நிகழ்வு
(Isochoric process)

அமைப்பின் பருமனை மாறா மதிப்பாகக் கொண்டு செய்யப்படும் வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வு பருமன் மாறா நிகழ்வு என்று அழைக்கப்படும். இந்நிகழ்வில் அழுத்தம், வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றல் ஆகியவை தொடர்ந்து மாற்றமடையும்.

பருமன் மாறா நிகழ்விற்கான அழுத்தம் - பருமன் வரைபடம், அழுத்த அச்சுக்கு இணையாக வரையப்படும் ஒரு இணைக் கோடாகும்.

பருமன் மாறா நிகழ்விற்கான நிலைச் சமன்பாட்டை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$P = \left(\frac{\mu R}{V}\right)T \qquad (8.51)$$

இதிலிருந்து அழுத்தம், வெப்பநிலைக்கு (கெல்வின்) நேர்த்தகவில் இருக்கும் என நாம் அறியலாம். பருமன் மாறா நிகழ்விற்கான P-T வரைபடம் ஆதிப்புள்ளி வழியேச் செல்லும் ஓர் நேர்க்கோடாகும். (P_i,T_i) என்ற தொடக்கப்புள்ளியிலிருந்து வாயு (P_f,T_f) என்ற இறுதிப்புள்ளிக்கு மாறாப்பருமனில் செல்லும்போது அமைப்பு பின்வரும் சமன்பாட்டை நிறைவு செய்கிறது.

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f} \qquad (8.52)$$

பருமன் மாறா நிகழ்வில், $\Delta V = 0$ எனவே $W = 0$ வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதியானது

$$\Delta U = Q \qquad (8.53)$$

என்று எழுதப்படுகிறது.

இதிலிருந்து நாம் அறிவது என்னவென்றால் அமைப்பிற்குக் கொடுக்கப்படும் வெப்பம் அக ஆற்றலை மட்டுமே அதிகரிக்கும். இதன் விளைவாக வெப்பநிலை உயரும் மேலும் அழுத்தமும் அதிகரிக்கும்.

அமைப்பு ஒன்று மாறா பருமனில் தனது வெப்பத்தை வெப்பம் கடத்தும் சுவரின் மூலமாக சூழலுக்குக் கொடுக்கிறது எனில், அமைப்பின் அக ஆற்றல் குறையும். இதன் பயனாக வெப்பநிலை குறையும். மேலும் அழுத்தமும் குறையும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

1. கீழே உள்ள படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு மூடப்பட்ட பாத்திரத்தில் உணவு பாத்திரத்தின் மூடி நிராவியானல் சிறிது மேல் நோக்கித்தள்ளப்படும். இதற்குகாரணம் பாத்திரத்தை மூடியைக்கொண்டு மூடிய பின்பு பருமன் ஒரு மாறா மதிப்பினைப்பெறும் வெப்பம் தொடர்ந்து அளிக்கப்படும்போது அழுத்தம் அதிகரிக்கும் இதனால் நீராவி மேல் நோக்கிச் சென்று மூடியை மேல்நோக்கித் தள்ள முயற்சிக்கும்.

2. மோட்டார் சைக்கிள், கார் போன்ற தானியங்கி வாகனங்களில் உள்ள பெட்ரோல் இயந்திரம் நான்கு நிகழ்வுகளை மேற்கொள்ளும். முதலில படம் (a) ல் காட்டியுள்ளவாறு பிஸ்டன் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வின் மூலம் ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனுக்கும் சுருங்கும். இரண்டாவதாக படம் (b) இல் காட்டியுள்ளவாறு (காற்று + எரிபொருள்) கலவையின் பருமனை மாறிலியாக வைத்துக்கொண்டு வெப்பம் கொடுக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாக வெப்பநிலையும் அழுத்தமும் அதிகரிக்கும். இது ஒரு பருமன் மாறா நிகழ்வாகும். மூன்றாவது நிகழ்வில் படம் (c) இல் காட்டியுள்ளவாறு வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா விரிவு ஏற்படுகிறது. நான்காவது நிகழ்வில் படம் (d) இல் காட்டியுள்ளவாறு பிஸ்டனை இயக்காமல் பருமன் மாறா நிகழ்வு மீண்டும் ஏற்பட்டு வெப்பம் வெளியேற்றப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 8.21

500g நீர், 30°C வெப்பநிலையிலிருந்து 60°C வெப்பநிலைக்கு வெப்பப்படுத்தப்படுகிறது எனில் நீரின் அக ஆற்றல் மாறுபாட்டைக் கணக்கிடுக. (இங்கு நீரின் விரிவினை புறக்கணிக்கவும் மேலும் நீரின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் 4184 $J\ kg^{-1}K^{-1}$)

தீர்வு

நீரின் வெப்பநிலையை 30°C இல் இருந்து 60°C க்கு உயர்த்தும்போது ஏற்படும் நீரின் விரிவை புறக்கனிக்கிறோம். எனவே இந்நிகழ்வினை ஓர் பருமன் மாறா நிகழ்வாகக் கருதலாம். பருமன் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்படும் வேலை சுழியாகும். மேலும் அளிக்கப்படும் வெப்பமானது அக ஆற்றலை அதிகரிப்பதற்கு மட்டுமே பயன்படுத்தப்படும்.

$$\Delta U = Q = ms_v\Delta T$$

நீரின் நிறை = 500 g = 0.5 kg

வெப்பநிலை மாற்றம் = 30 K

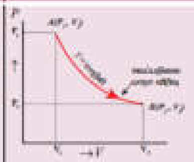
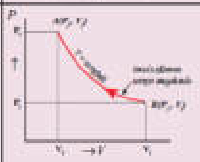
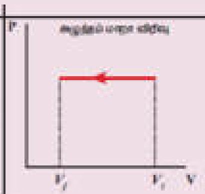
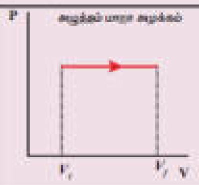
வெப்பம் $Q = 0.5 \times 4184 \times 30 = 62.76$ KJ

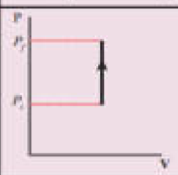
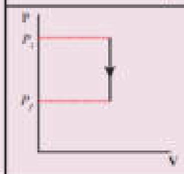
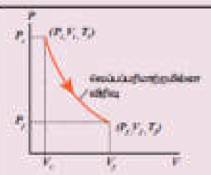
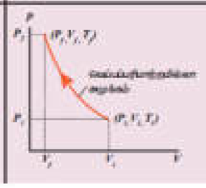
சுழற்சி நிகழ்வு (Cyclic Process)

இவ்வகை வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வில், வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு ஒரு நிலையிலிருந்து தொடர்ச்சியாக மாற்றமடைந்து இறுதியில் தனது தொடக்க நிலையை மீண்டும் அடையும். ஆமைப்பு தனது தொடக்க நிலையையே மீண்டும் அடைவதால்

பல்வேறு வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வுகளின் சுருக்கம்

வ.எண்	நிகழ்வு		வெப்பம்	வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றல்	அழுத்தம்
1.	வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு	விரிவு	$Q > 0$	மாறிலி	குறைகிறது
		அமுக்கம்	$Q < 0$	மாறிலி	அதிகரிக்கிறது
2.	அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு	விரிவு	$Q > 0$	அதிகரிக்கிறது	மாறிலி
		அமுக்கம்	$Q < 0$	குறைகிறது	மாறிலி
3.	பருமன் மாறா நிகழ்வு		$Q < 0$	அதிகரிக்கிறது	அதிகரிக்கிறது
			$Q < 0$	குறைகிறது	குறைகிறது
4.	வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு	விரிவு	$Q = 0$	குறைகிறது	குறைகிறது
		அமுக்கம்	$Q = 0$	அதிகரிக்கிறது	அதிகரிக்கிறது

பருமன்	நிலைச் சமன்பாடு	செய்யப்பட்ட வேலை (நல்லியல்பு வாயு)	(PV – வரைபடம்
அதிகரிக்கிறது	PV = மாறிலி	$W = \mu RT\ ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) > 0$	
குறைகிறது		$W = \mu RT\ ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) < 0$	
அதிகரிக்கிறது	$\frac{V}{T}$ = மாறிலி	$W = P[V_f - V_i] = P\Delta V > 0$	
குறைகிறது		$W = P[V_f - V_i] = P\Delta V < 0$	

மாறிலி	$\frac{P}{T}$ = மாறிலி	சுழி	 
அதிகரிக்கிறது	PV^{γ} = மாறிலி	$W = \frac{\mu R}{\gamma - 1}(T_i - T_f) > 0$	
குறைகிறது		$W = \frac{\mu R}{\gamma - 1}(T_i - T_f) < 0$	

அக ஆற்றலில் ஏற்பட்ட மாறுபாடு சுழியாகும். சுழற்சி நிகழ்வில் அமைப்பிற்குள் வெப்பம் செல்லும், அதே போன்று அமைப்பிலிருந்தும் வெப்பம் வெளியேறும். வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியிலிருந்து, அமைப்பிற்கு மாற்றப்பட்ட தொகுப்பயன் வெப்பம் வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும்.

$$Q_{net} = Q_{in} - Q_{out} = W \text{ (சுழற்சி நிகழ்விற்கு)}$$

சுழற்சி நிகழ்விற்கான PV வரைபடம்:

சுழற்சி நிகழ்விற்கான PV வரைபடம் ஒரு மூடப்பட்ட வளைகோடாகும்.

வாயுவானது சுழற்சி நிகழ்வினை மேற்கொள்கிறது எனக்கருதுக. இந்நிகழ்வில் வாயு ஒரு விரிவு மற்றும் அமுக்கத்திற்குப் பின்வு தனது தொடக்க நிலையை அடைகிறது.

பருமன் V_1 லிருந்து V_2க்கு வாயு விரிவடையும் போது வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை W_1 என்க. இவ்வேலை காட்டப்பட்டுள்ளள CBA வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பிற்குச் சமமாகும்.

பருமன் V_2 விலிருந்து V_1 க்கு வாயு சுருங்கும்போது வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை W_2 என்க. இவ்வேலை காட்டியுள்ளவாறு ADC வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பிற்குச் சமமாகும்.

இந்த சுழற்சி நிகழ்வின் மூலம் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை $= W_1 - W_2$காட்டப்பட்டுள்ளன வளையப்பாதையின் நடுவே உள்ள பச்சை நிறமிடப்பட்ட பரப்பிற்குச் சமமாகும்.

எனவே சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை சுழி அல்ல. பொதுவாக தொகுபயன் வேலை நேர்க்குறியில் அல்லது எதிர்குறியில் இருக்கும்.
தொகுபயன் வேலை நேர்க்குறியில் இருப்பின், அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை, அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையை விட அதிகமாக இருக்கும்.

தொகுபயன் வேலை எதிர்க்குறியில் இருந்தால் அமைப்பினால் செய்யப்பட்டால் வேலை, அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைவிடக் குறைவாக இருக்கும்.

மேலும் சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை நேர்குறியாக இருப்பின்

இந்நிகழ்வின் வரைபடம் வலஞ்சுழியாக அமையும். சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை எதிர்க்குறியாக இருப்பின் இந்நிகழ்வின் வரைபடம் இடஞ்சுழியாக அமையும்.
உள்ள நிகழ்வு வலஞ்சுழி திசையில் செயல்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் வரைபடங்கள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு சுற்று நிகழ்விற்குமான மொத்த வேலையைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:
நேர்வு a) மூடப்பட்டப் பாதையின் திசை இடஞ்சுழியாக உள்ளது. இதிலிருந்து, அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை, அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலையைவிட அதிகமாகும். BC வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கொடுக்கும் (அழுத்தம் மாறா அழுக்கம்). மேலும் DA வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலையைக் கொடுக்கும்.

BC வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = செவ்வகம் BC 12 வின் பரப்பு $= 1 \times 4 = -4$ J இங்கு எதிர்க்குறி அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் குறிக்கிறது.

DA வளைக்கோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு $= 1 \times 2 = +2$ J
சுற்று நிகழ்வினால் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை $= -4 + 2 = -2$J

நேர்வு(b): மூடப்பட்ட பாதையின் திசை வலஞ்சுழியாக உள்ளது. எனவே செய்யப்பட்ட வேலையின் தொகுபயன் மதிப்பு நேர்க்குறியாகும். அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை, அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலையை விடக் குறைவானது என்பதை இதிலிருந்து அறியலாம்.

BC வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கொடுக்கும் (அழுத்தம் மாறா அழுக்கம்) மேலும் AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலையைக் கொடுக்கும்.

AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = (BC12) செவ்வகத்தின் பரப்பு + (A B C) முக்கோணத்தின் பரப்பு $= (1\times 2) + \frac{1}{2}\times 1\times 2 = +3J$
BC வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு செவ்வகத்தின் பரப்பு $= 1 \times 2 = 2$J
சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை = 1 J இது ஒரு நேர்க்குறி மதிப்பாகும்.

நேர்வு (c) மூடப்பட்ட பாதையின் திசை இடஞ்சுழியாக உள்ளது. எனவே தொகுபயன் வேலை எதிர்க்குறியாகும். அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலையை விட அதிகம் என்று இதுகாட்டுகிறது. AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கொடுக்கும். (அழுத்தம் மாறா அழுக்கம்) மேலும் CA வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலையைக் கொடுக்கும்.

AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = செவ்வகத்தின் பரப்பு $= 4 \times 1 = -4$ J
CA வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = செவ்வகத்தின் பரப்பு முக்கோணத்தின் பரப்பு $= (1\times 2) + \frac{1}{2}\times 1\times 2 = +3J$
சுற்றுநிகழ்வினால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை = -1 J. இது ஒரு எதிர்க்குறி மதிப்பாகும்.

வெப்ப இயக்கவியல் முதல் விதியின் வரம்புகள்:

வெப்பம் மற்றும் வேலை இவை ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றாக மாற்றமடையும் தன்மையை வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி சிறப்பாக விளக்கியுள்ளது. ஆனால் அவை மாற்றமடையும் திசையினை விளக்கவில்லை.

எடுத்துக்காட்டாக,
சூடான பொருளுடன், குளிர்ந்த பொருளொன்றை வெப்பத்தொடர்பில் வைக்கும் போது வெப்பம் எப்போதும் சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ந்த பொருளுக்குப் பாயும். இதற்கு எதிர்த்திசையில் வெப்பம் பாயாது. ஆனால் வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதிப்படி வெப்பம் சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ந்த பொருளுக்கோ அல்லது குளிர்ந்த பொருளிலிருந்து சூடான பொருளுக்கோ பய முடியும். ஆனால் இயற்கையாகவே வெப்பம் எப்போதும் உயர் வெப்பநிலையிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலைக்குத்தான் பாயும்.

கார்களில் உள்ள பிரேக்குகளை அழுக்கும் போது ஏற்படும் உராய்வினால் கார் நின்று விடுகிறத. உராய்வுக்கு எதிராக செய்யப்படும் வேலை வெப்பமாக மாற்றமடையும். ஆனால் இவ்வெப்பம் காரின் இயக்க ஆற்றலாக மீண்டும் மாற்றமடைவதில்லை. எனவே வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி பெரும்பான்மையான இயற்கை நிகழ்வுகளை விளக்கப்போதுமானதாக இல்லை.

மீள் நிகழ்வு (Reversible process):

வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வு ஒன்று, அது நடைபெற்ற பாதைக்கு எதிர்த்திசையில் செயல்பட்டு, அமைப்பும் சூழலும் தன்னுடைய தொடக்க நிலையை அடைய முடியுமானால் அத்தகைய வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வை மீள் நிகழ்வு என்று அழைக்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டு: மீமெது வெப்பநிலை மாறா விரிவு, சுருள்வில்லில் மிக மெதுவாக நடைபெறும் அழுக்கம் மற்றும் விரிவு.

மீள் நிகழ்வு நடைபெறுவதற்கான நிபந்தனைகள்:

1. இச்செயல்முறை மிக மிக மெதுவாக நடைபெற வேண்டும்.
2. செயல்முறை நடைபெற்று முடியும் வரை அமைப்பும், சூழலும் தொடர்ந்து எந்திரவியல், வெப்பவியல் மற்றும் வேதியியல் சமநிலையில் இருக்க வேண்டும்.
3. உராய்வு விசை, பாகியல் விசை, மின்தடை போன்ற ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படுத்தும் விசைகள் ஏதும் இருக்கக்கூடாது.

அனைத்து மீள் நிகழ்வுகளும் மீமெது நிகழ்வுகள் தான். ஆனால் அனைத்து மீமெது நிகழ்வுகளும் மீள் நீகழ்வுகளாக இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை. எடுத்துக்காட்டா, பிஸ்டனை மிக மெதுவாக அழுத்தம் போது உருளையின் சுவருக்கும், பிஸ்டனுக்கும் இடையே உராய்வு விசை இருந்தால் சிறிதளவு ஆற்றல் சூழலுக்கு இழக்கப்படும். இவ்வாற்றலை மீண்டும் பெற இயலாது. எனவே இது மீமெது நிகழ்வாக இருந்தாலும் மீள் நிகழ்வு இல்லை.

மீளா நிகழ்வு (Irreversible process):

இயற்கை நிகழ்வுகள் அனைத்தும் மீளா நிகழ்வுகளாகும். இத்தகைய நிகழ்வுகளை PV வரைபடத்தில் குறிப்பிட இயலாது. ஏனெனில் மீளா நிகழ்வின் ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் அழுத்தம், வெப்பநிலை போன்றவற்றிற்கு குறிப்பிட்ட மதிப்பு இருக்காது.

வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வு ஒன்றின் ஆற்றல் மாறாத்தன்மைக்கான கூற்றே, வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியாகும். எடுத்துக்காட்டாக, சூடான பொருளொன்றை குளிர்ச்சியான பொருளின் மீது வைக்கும் போது, வெப்ப ஆற்றல் சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ச்சியான பொருளுக்கு பாய்கிறது. ஏன் வெப்பம் குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்த சூடான பொருளுக்கு பாயவில்லை? குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து சூடான பொருளுக்கு வெப்ப ஆற்றல் பாய்வதையும் வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி அனுமதிக்கிறது. எடுத்துக்காட்டாக 5 J ஆற்றல் சூடான பொருளிலிருந்து சூடான பொருளுக்கு

பாய்ந்தாலும் தொகுபயன் அமைப்பின் மொத்த ஆக ஆற்றல் மாறாது. ஆனால் 5 J வெப்பம் குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து வெப்பமான பொருளுக்கு எப்போதும் பாயாது.

இயற்கையாகவே இது போன்ற நிகழ்வுகள் ஒரு திசையின் மட்டுமே நடைபெறும். எதிர்த்திசையில் நடைபெறுவதில்லை. இந்நிகழ்வுகள் எந்தத் திசையில் நடைபெற்றாலும் அமைப்பின் மொத்த ஆற்றல் மாறாமல் இருக்கும். இருப்பினும் எதிர்திசையில் இந்நிகழ்வு நடைபெறாது என்பதை இங்கு கவனிக்க வேண்டும். வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி ஒரு இயற்கை நிகழ்வு எதிர்த்திசையில் ஏன் நடைபெறுவதில்லை என்பதற்கான விளக்கத்தைக் கொடுக்கவில்லை.

என்பதற்கான விளக்கத்தைக் கொடுக்கவில்லை.

பதினெட்டாம் நூற்றாண்டின் அறிவியல் மேதைகள் எதிர்த்திசையில் ஒரு நிகழ்வு நடைபெறாததற்கான விளக்கத்தைக் கொடுக்க முனைந்தார்கள். அதன் பயனாக இயற்கையின் ஒரு புதிய விதியினைக் கண்டறிந்தார்கள். அதுதான் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதி. இந்த இரண்டாம் விதியின்படி வெப்பம் எப்போதும் சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ச்சியான பொருளுக்குத் தானாகவே பாயும் இதனை வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியின் கிளாசியஸ் கூற்று என்று அழைப்பார்கள்.

எடுத்துக்காட்டு:
மீளா செயல்முறைக்கான சில எடுத்துக்காட்டுகளைக் கூறுக.
இயற்கையாக நடைபெறும் அனைத்து நிகழ்வுகளும் மீளா நிகழ்வுகள் ஆகும் சில ஆர்வமூட்டும் எடுத்துக்காட்டுகளை இங்கு காண்போம்.

1. வாயு அடைத்து வைக்கப்பட்ட குடுவையை திறந்தவுடன், குடுவையில் இருந்த வாயு மூலக்கூறுகள் மெதுவாக அறை முழுவதும் பரவுகின்றன. அவை மீண்டும் குடுவைக்கு வருவதில்லை.

2. பேனா மைத்துளி சொட்டு ஒன்றைத் தண்ணீரில் விடும்போது, மைத்துளி தண்ணீரில் மெதுவாக பரவும். இந்த பரவிய மைத்துளி மீண்டும் ஒன்று சேராது.

3. சற்றே உயரமான இடத்திலிருந்து விழும் பொருள் தரையை அடைந்த உடன், பொருளின் மொத்த இயக்க ஆற்றல் தரையின் மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றலாக மாற்றமடைகிறது. அதில் ஒரு சிறுபகுதி ஒலி ஆற்றலாக இழக்கப்படுகிறது. தரையின் ஆற்றலை மீண்டும் ஒன்றிணைத்து பொருள் தானாகவே மேலே செல்ல இயலாது.

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியின்படி மேலே கூறப்பட்ட அனைத்து நிகழ்ச்சிகளும் எதிர்த்திசையில் நடக்கவும் சாத்தியமுண்டு. ஆனால் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதி இந்நிகழ்ச்சிகளை எதிர்த்திசையில் நடக்க அனுமதிக்காது. இயற்கையின் முக்கிய விதிகளில் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியும் ஒன்றாகும். இவ்விதி இயற்கை நிகழ்வுகள் நடைபெறும் திசையை தீர்மானிக்கிறது.

வெப்ப இயந்திரம் (Heat Engine)
இந்த நவீன தொழில்நுட்ப உலகில், போக்குவரத்தில் தானியங்கி இயந்திரங்களின் பங்கு முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும். மோட்டார் சைக்கிள்கள் மற்றும் கார்களில் இயந்திரங்கள் உள்ளன. அவை பெட்ரோல் அல்லது டீசலை உள்ளீடாகப் பெற்றுக் கொண்டு சக்கரங்களை சுழற்றும் வேலையைச் செய்கின்றன. பெரும்பான்மையான இயந்திரங்களின் பயனுறுதிறன் 40% மேல் இல்லை. இயந்திரங்களின் பயனுறு திறனுக்கான அடிப்படை கட்டுப்பாடுகளை வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதிதான் தீர்மானிக்கிறது. எனவே இரண்டாம் விதியினைப் புரிந்து கொள்ள, வெப்ப இயந்திரங்களைப் புரிந்து கொள்வது அவசியமாகும்.

தேக்கி (Reservoir):
மிக அதிகமான வெப்ப ஏற்புத்திறன் கொண்ட வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு என்று இதனை வரையறுக்கலாம். தேக்கியிலிருந்து வெப்பத்தை எடுத்தாலும் அல்லது தேக்கிக்கு வெப்பத்தை அளித்தாலும் தேக்கியின் வெப்பநிலை மாறாது.

எடுத்துக்காட்டு:
ஒரு டம்ளர் சூடான நீரை, ஏரி நீரில் ஊற்றினால் ஏரியின் வெப்பநிலை உயராது. இங்கு இந்த ஏரியினை தேக்கியாகக் கருதலாம்.

ஒரு குவளையில் உள்ள சூடான தேநீர் திறந்த வெளியில் உள்ளபோது அது சூழலுடன் வெப்பச் சமநிலையை அடைகிறது. ஆனால் சூழலின் வெப்பநிலையில் குறிப்பிடத்தக்க எந்த மாற்றமும் ஏற்படவில்லை. எனவே சூழலை இங்கு தேக்கியாகக் கருதலாம்.
வெப்ப இயந்திரத்தை பின்வருமாறு வரையறை செய்யலாம்.

வெப்பத்தை உள்ளீடாகப் பெற்று, சுழற்சி நிகழ்வை மேற்கொள்வதன் மூலம் அவ்வெப்பத்தை வேலையாக மாற்றும் ஒரு கருவியே வெப்ப இயந்திரம் ஆகும் ஒரு வெப்ப இயந்திரத்திற்கு மூன்று பகுதிகள் உள்ளன அவை

1. வெப்ப மூலம்
2. செயல்படுபொருள்
3. வெப்ப ஏற்பி

ஒரு வெப்ப இயந்திரத்தின் திட்ட வரைபடம்
1. வெப்ப மூலம் இது இயந்திரத்திற்கு வெப்பத்தை அளிக்கும். இதனை எப்போது உயர் வெப்பநிலையிலேயே T_H வைத்திருக்க வேண்டும்.

2. செயல்படு பொருள் - இது வாயு அல்லது தண்ணீர் போன்ற ஒரு பொருளாகும். இது அளிக்கப்படும் வெப்பத்தை வேலையாக மாற்றும்.

   வெப்ப இயந்திரத்திற்கான ஓர் எளிய உதாரணம் நீராவி இயந்திரமாகும். பழங்காலத்தில் இரயில் வண்டிகளை இயக்க இந்நீராவி இயந்திரம் பயன்பட்டது. இதில் செயல்படு பொருளாக தண்ணீர் பயன்பட்டது. இது எரியும் நிலக்கரியிலிருந்து வெப்பத்தை பெற்று நீரை நீராவியாக மாற்றும். இந்த நீராவி இரயில் வண்டியின் சக்கரத்தைச் சுழற்றி இரயில் வண்டியை இயக்கும்.

வெப்ப ஏற்பி வெப்ப இயந்திரம் வேலை செய்தபின் சிறிதளவு வெப்பத்தை (Q_L) வெப்ப ஏற்பிக்கு கொடுக்கும். இதனை எப்போதும் தாழ் வெப்பநிலையிலேயே (T_L) வைத்திருக்க வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டாக, தானியங்கி இயந்திரங்களில் வெப்ப ஏற்பியாக செயல்படுவது அறைவெப்பநிலையிலுள்ள சுற்றுப்புறச் சூழலாகும். தானியங்கி இயந்திரம் சைலன்ஸசர் (புகைபோக்கி) வழியாக வெப்பத்தை சுற்றுபுறத்திற்கு வெளியேற்றும் வெப்ப சுற்றுபுறத்திற்கு வெளியேற்றும். வெப்ப இயந்திரம் சுழற்சி நிகழ்வில் (Cylic process) செயல்படுகிறது.

அறைவெப்பநிலையிலுள்ள சுற்றுபுறச் சூழலாகும். தானியங்கி இயந்திரம் சைலன்ஸசர் (புகைபோக்கி) வழியாக வெப்பத்தை சுற்றுபுறத்திற்கு வெளியேற்றும். வெப்ப இயந்திரம் சுழற்சி நிகழ்வில் (Cylic process) செயல்படுகிறது. சுழற்சி நிகழ்வு முடியுற்ற பின்னர் வெப்ப இயந்திரம் தொடக்க நிலைக்கு வரும். வெப்பத்தை வெளியேற்றிய பின்பு வெப்ப இயந்திரம் ஒரு சுற்று முடிந்து அதன் தொடக்க நிலைக்கு வருவதால் வெப்ப இயந்திரத்தின் அக ஆற்றல் மாற்றம் சுழியாகும். ($\Delta U = 0$)
ஒரு சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலைக்கும் (வெளியீடு) ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட வெப்பத்திற்கும் (உள்ளீடு) உள்ள விகிதம் வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் என வரையறை செய்யப்படுகிறது.

செயல்படு பொருளொன்று வெப்ப மூலத்திலிருந்து Q_Hஅலகு வெப்பத்தைப் பெற்று W அலகு வேலை செய்தபின், அது வெப்ப ஏற்பிக்கு அளித்த வெப்பம் Q_Lஅலகு என்க.

உள்ளீடு வெப்பம் = செய்யப்பட்ட வேலை + வெளியேற்றப்பட்ட வெப்பம்

$$Q_H = W + Q_L$$

$$W = Q_H - Q_L$$

எனவே வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறு திறன்

$$\eta = \frac{\text{வெளியீடு}}{\text{உள்ளீடு}} = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

இங்கு Q_H, Q_L மற்றும் W இவை அனைத்தும் நேர்குறியாக உள்ளதை இங்கு கவனிக்கவும். இந்த குறியீட்டு முறையைதான் நாம் இங்கு பின்பற்ற வேண்டும்.

இங்கு $Q_L < O_H$என்பதால் பயனுறுதிறன் எப்போதும் 1 ஐவிடக் குறைவாகவே இருக்கும். இதிலிருந்து ஏற்க்கப்பட்ட வெப்பம் முழுமையாக வேலையாக மாற்றமடையவில்லை என்பதை புரிந்து கொள்ளலாம். வெப்பம் முழுமையாக வேலையாக மாறுவதற்கு சில அடிப்படைக் கட்டுப்பாடுகளை வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம்விதி அளிக்கிறது. வெப்ப இயக்கவியல் இரண்டாம் விதியின் வெப்ப இயந்திரக்கூற்று அல்லது கெல்வின் ∴பிளாங்க் கூற்றை பின்வருமாறு வரையறை செய்லாம்.

கெல்வின் ∴பிளாங்க் கூற்று

ஒரு சுழற்சி வெப்ப நிகழ்வில் (Cyclic Process) ஏற்கப்பட்ட வெப்பம் முழுவதையும் வேலையாக மாற்றும் எந்த ஒரு வெப்ப இயந்திரத்தையும் நாம் வடிவமைக்க இயலாது.

இக்கூற்றிலிருந்து 100% பயனுறுதிறன் கொண்ட எந்த ஒரு வெப்ப இயந்திரமும் இப்பிரபஞ்சத்தில் சாத்தியம் இல்லை என்பதை நாம் அறிந்து கொள்ளலாம்.

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியின்படி, வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில். கொடுக்கப்பட்ட வெப்பம் முழுவதும் வேலையாக மாற்றமடைகிறது. (Q = W) எனில் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியின் கூற்றுக்கு முரணாக உள்ளதா? இல்லை. ஏனெனில் வெப்பநிலை மாறா விரிவு என்பது ஒரு சுழற்சி நிகழ்வு இல்லை (Non – Cyclic prosess) இந்நிகழ்வுகளின் மட்டுமே வெப்பம் முழுமையாக வேலையாக மாற்றமடைகிறது. ஆனால் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியின் படி சுழற்சி நிகழ்வில் (Cyclic Process) நடைபெறும் நிகழ்வுகளில் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு மட்டுமே வேலையாக மாற்றமடைகிறது $(\eta < 100\%)$"எனவே அனைத்து வெப்ப இயந்திரங்களும் சுழற்சி நிகழ்வில் இயங்குவதால் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தை முழுமையாக வேலையாக மாற்றுவதில்லை.

எடுத்துக்காட்டு:

ஒரு வெப்ப இயந்திரம் அதன் சுழற்சி நிகழ்வின் போது 500 து வெப்பத்தை வெப்பமூலத்திலிருந்து பெற்றுக்கொண்டு ஒரு குறிப்பிட்ட வேலையை செய்த பின்னர் 300 து வெப்பத்தை சூழலுக்கு (வெப்ப ஏற்பிக்கு) கொடுக்கிறது. இந்நிபந்தனைகளின்படி அந்த வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறு திறனைக் காண்க.

தீர்வு:

வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன்

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

$$\eta = 1 - \frac{300}{500} = 1 - \frac{3}{5}$$

$$\eta = 1 - 0.6 = 0.4$$

வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 40% இதிலிருந்து வெப்ப இயந்திரம் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தில் 40% மட்டுமே வேலையாக மாற்றியுள்ளது என்பதை அறியலாம்.

கார்னோ இலட்சிய வெப்ப இயந்திரம் (Carnot's Ideal heat engine):

ஒரு வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 100% இல்லை என முந்திய பிரிவில் நாம் பயின்றோம். அவ்வாறு இருக்கும் பட்சத்தில் ஒரு வெப்ப இயந்திரத்தின் அதிகபட்ச பயனுறுதிறன் என்ன? 1824 ஆம் ஆண்டு கார்னோ என்ற பிரெஞ்சு பொறியாளர், வெப்பமுலம் மற்றும் வெப்ப ஏற்பிக்களுக்கிடையே சுற்று செயல்முறையில் செயல்படும். மீள் நிகழ்வு வெப்ப இயந்திரம் (Reversible heat engine)

அதிகபட்ச பயனுறுதிறனைப் பெற்றள்ளது என நிரூபித்தார். இந்த இயந்திரமே கார்னோ இயந்திரம் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

இரண்டு வெப்பநிலைகளுக்கிடையே சுழற்சி நிகழ்வாக, செயல்படும் மீள்நிகழ்வு இயந்திரம் கார்னோ இயந்திரமாகும்.

கார்னோ இயந்திரம் நான்கு முக்கியப்பாகங்களைப் பெற்றுள்ளது. அவை பின்வருமாறு.

1. **வெப்ப மூலம்:** மாறா உயர்வெப்பநிலையில் உள்ள வெப்ப மூலமாகும். இதிலிருந்து வெப்பநிலைமாறாமல் எவ்வளவு வெப்பத்தையும் பெற முடியும்.

2. **வெப்ப ஏற்பி:** மாறாத குறைந்த வெப்பநிலையில் உள்ள ஒரு பொருளாகும். இது எவ்வளவு வெப்பத்தையும் ஏற்றுக்கொள்ளும்.

3. **வெப்பக்காப்பு மேடை**: முழுமையான வெப்பக் காப்பு பொருளினால் இம்மேடை செய்யப்பட்டிருக்கும். இம்மேடை வழியே வெப்பம் கடத்தப்படாது.

4. **செயல்படும் பொருள்**: முழுமையான வெப்பம் கடத்தாத சுவர்களையும் முழுமையான வெப்பம் கடத்தும் அடிப்பாகத்தையும் கொண்டுள்ள உருளையில் அடைத்துவைக்கப்பட்டுள்ள நல்லியல்பு வாயுவாகும். வெப்பக் கடத்தா மற்றும் உராய்வற்ற பிஸ்டன் ஒன்று உருளையுடன் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

கார்னோ சுற்று:
கார்னோ சுற்றி செயல்பாடு பொருள் நான்கு தொடர்ச்சியான மீள் நிகழ்வுகளை சுழற்சி முறையில் நிகழ்த்துகிறது.

செயல்பாடு பொருளின் தொடக்க அழுத்தம் மற்றும் பருமனை P_1, V_1என்க.
நிகழ்வு $A \rightarrow B$ (P_1, V_1, T_H) முதல் (P_2, V_2, T_H) வரையிலான மீமெது வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு: உருளை வெப்ப மூலத்தின் மீது வைக்கப்படுகிறது. வெப்பம் வெப்ப மூலத்திலிருந்து உருளையின் அடிப்பரப்பின் வழியே செயல்படு பொருளுக்கு (நல்லியல்பு வாயுக்கு) பாய்கிறது. இது ஒரு வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வாகும். எனவே செயல்படு பொருளில் அக ஆற்றல் எவ்வித மாற்றமும் ஏற்படாது. பெறப்பட்ட வெப்பத்தினால் வாயுவின் பருமன் அதிகரிக்கும். பிஸ்டனை மிக மெதுவாக மேலே வருவதற்கு அனுமதிக்க வேண்டும். (மீமெது நிகழ்வின் அடிப்படையில்) வாயுவின் பருமன் V_1லிருந்து V_2 க்கு அதிகரிக்கும். அதன் அழுத்தம் P_1லிருந்து P_2க்கு குறையும் போது வாயுவினால் செய்யப்பட்ட வேலை W எனக். இது PV - வரைபடத்தில் AB பாதையாக குறிக்கப்பட்டுள்ளது.

வாயுவினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$Q_H = W_{A\rightarrow B} = \int_{V_1}^{V_2} \mathrm{P}\, dV$$

இந்நிகழ்வு மீமெது நிகழ்வாக உள்ளதால் நல்லியல்பு வாயு அதன் இறுதி நிலையை அடையும் வரை வெப்பமூலத்துடன் சமநிலையில் இருக்கும்.

வெப்பநிலை மாறா விரிவினால் செய்யப்பட்ட வேலை சமன்பாடு குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.
$W_{A\rightarrow B} = \mu R T_H \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = AB$ வளை கோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு
இது காட்டப்பட்டுள்ளது.

நிகழ்வு $B \rightarrow C$ (P_2, V_2, T_H) முதல் (P_3, V_3, T_L) வரையிலான மீமெது வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவு.

உருளை வெப்பக்கடத்தா மேடை மீது வைக்கப்படுகிறது பிஸ்டனை மேல் நோக்கி நகர அனுமதிக்க வேண்டும். வாயு வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் விரிவடைவதால் அதன் பருமன் V_2லிருந்து V_3க்கு அதிகரிக்கும் அதன் அழுத்தம் P_2விலிருந்து P_3க்குக் குறையும் வெப்பநிலை T_Lஆகும். PV

வரைபடத்தில் இந்த வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவு BC வளைகோடாக காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு மீமெது நிகழ்வாக நடைபெற்றதால், நல்லியல்பு வாயு இந்நிகழ்வு முழுவதும் சமநிலையில் இருக்கும். மேலும் இது ஒரு மீள் நிகழ்வு என்பதையும் இது காட்டுகிறது.

சமன்பாடு இருந்து வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவினால் வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W_{B\to C} = \int_{V_2}^{V_3} PdV = \frac{\mu R}{\gamma - 1}[T_H - T_L] = BC$$

வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு

நிகழ்வு $C \rightarrow D$

(P_3, V_3, T_1) முதல் (P_4, V_4, T_L) வரையிலான மீமெது வெப்பநிலை மாறா அழுக்கம் காட்டப்பட்டுள்ளது. உருளை, வெப்ப ஏற்பியின் மீது வைக்கப்படுகிறது. வாயுவின் அழுத்தம் P_4 மற்றும் அதன் பருமன் V_4ஐ அடையும் வரை வாயு வெப்பநிலை மாறா அமுக்கத்திற்கு உட்படுகிறது. இது PV வரைபடத்தில் CD வளைகோட்டினால் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

$$\therefore W_{C\to D} = \int_{V_3}^{V_4} PdV = \mu RT_L \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right) = -\mu RT_L \ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right)$$

= -CD வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு

இந்த வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அமுக்கத்திலும் வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை எதிர்க்குறியாகும். காட்டப்பட்டுள்ளது.

செயல்படு பொருளின் மீது ஒரு முழு சுற்றில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை W என்க.

W = வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை – வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை

$= W_{A\rightarrow B} + W_{B\rightarrow C}$ $-W = W_{C\rightarrow D} - W_{D\rightarrow A}$

இங்கு $W_{B\rightarrow C} = W_{D\rightarrow A}$

$W = W_{A\rightarrow B} - W_{C\rightarrow D}$

முழு சுற்றுக்கு கார்னோ இயந்திரத்தால் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை

$W = W_{A\rightarrow B} - W_{C\rightarrow D}$

ஒரு முழு சுற்றுக்கு செயல்படு பொருளால் (நல்லியல்பு வாயு) செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை PV வரைபடத்தில் உள்ள ABCD எனற் மூடப்பட்ட வளைகோட்டினால் சூழப்பட்ட பரப்பிற்குச் சமம் என்பதை சமன்பாடு காட்டுகிறது.

மிக முக்கியமாக கவனிக்க வேண்டிய ஒன்று, ஒரு முழு சுற்றுக்குப் பின்னர் செயல்படு பொருள் தனது தொடக்க வெப்பநிலை T_Hஐ அடைகிறது. இதிலிருந்து நாம் அறிந்து கொள்வது என்னவென்றால் ஒரு முழு சுற்றுக்குப்பின்னர் செயல்படு பொருளின் (நல்லியல்பு வாயுவின்) அக ஆற்றல் மாறுபாடு சுழி என்பதாகும்.

கார்னோ இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன்

ஒரு முழு சுற்றுக்கு செயல்படு பொருளினால் (நல்லியல்பு வாயு) செய்யப்பட்ட வேலைக்கும், வெப்ப மூலத்திலிருந்து பெறப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவுக்கும் உள்ள விகிதம் கார்னோ இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் என்று வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$\eta = \frac{\text{செய்யப்பட்ட வேலை}}{\text{பெறப்பட்ட வெப்பம்}} = \frac{W}{Q_H}$$

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியிலிருந்து

$$W = Q_H - Q_L$$

$$\therefore \eta = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வின் நிபந்தனையை பயன்படுத்தும் போது

$$Q_H = \mu R T_H \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$
$$Q_L = \mu R T_L \ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right)$$

எனப் பெறலாம்.

இங்கு Q_L ல் எதிர்க்குறியால் நாம் குறிப்பிடவில்லை. ஏனெனில் வெப்ப ஏற்பிக்கு வெளியேற்றிய வெப்பத்தின் எண்ணளவிற்கு மட்டுமே முக்கியத்துவம் அளிக்கப்படுகிறது.

$$\therefore \frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L \ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right)}{T_H \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)}$$

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வின் நிபந்தனையை பயன்படுத்தும் போது

$$T_H V_2^{\gamma-1} = T_L V_3^{\gamma-1}$$
$$T_H V_1^{\gamma-1} = T_L V_4^{\gamma-1}$$

இவ்விரண்டு சமன்பாடுகயையும் வகுக்கும் போது

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1}$$

எனக் கிடைக்கும் இதிலிருந்து

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$

என அறியலாம்.

$$\frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L}{T_H}$$

எனக் கிடைக்கும்

பயனுறுதிறன் $\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H}$

குறிப்பு: T_Lமற்றும் T_Hஇவ்விரண்டும் கெல்வின் அலகில் மட்டுமே குறிக்கப்படுகின்றன.

முக்கிய முடிவுகள்:

1. ηஎப்பொழுதும் 1 ஐ விடக் குறைவாக இருக்கும். ஏனெனில் T_L ஆனது T_H ஐ விடக் குறைவு, இதிலிருந்து நாம் அறிந்துக்கொள்வது என்னவென்றால் பயனுறுதிறன் எப்போதும் 100% இருக்காது. T_L =OK (சுழி வெப்பநிலை) வெப்ப நிலையில் உள்ளபோது மட்டுமே பயனுறுதிறன் 1 அல்லது 100% ஆகும். இது நடைமுறையில சாத்தியமற்றதாகும்.

2. கார்னோ இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன், செயல்படு பொருளைச் சார்ந்ததல்ல. இது வெப்ப மூலம், வெப்ப ஏற்பி இவற்றின் வெப்பநிலைகளைச் சார்ந்ததாகும். இவ்விரண்டின் வெப்பநிலைகளின் வேறுபாடு பெருமமெனில், பயனுறுதிறனும் பெருமமாக இருக்கும்.

3. $T_H = T_L$என்ற $\eta = 0$ நிலையில் எனவே எந்த ஒரு இயந்திரமும் வெப்ப மூலமும், வெப்ப ஏற்பியும் ஒரே வெப்பநிலையில் உள்ள போது இயங்காது.

4. கார்னோ சுற்றின் அனைத்து நிகழ்வுகளும் மீள் நிகழ்வுகளாகும். எனவே கார்னோ இயந்திரம் ஒரு மீள் வெப்ப இயந்திரமாகும் (Reversible heat engine). எனவே அதன் பயனுறுதிறனும் பெருமமாகும். ஆனால் நடைமுறையில் உள்ள டீசல் இயந்திரம், பெட்ரோல் இயந்திரம் மற்றும் நீராவி இயந்திரங்களும் சுற்று நிகழ்வில் இயங்குகின்றன. ஆனால் அவை முழுமையான மீள் வெப்ப இயந்திரங்கள் அல்ல. எனவே அவற்றின் பயனுறுதிறன், கார்னோவின் பயனுறுதிறனைவிடக் குறைவாகவே இருக்கும். இதனைக் கார்னோ தேற்றத்தைக் கொண்டு வரையறை செய்யலாம்.

"மாறா வெப்பநிலையிலுள்ள இரண்டு வெப்பமூலங்களுக்கிடையே,கார்னோ இயந்திரம் மட்டுமே பெரும பயனுறுதிறனைப் பெற்றிருக்கும். மற்ற அனைத்து இயல்பு இயந்திரங்களின் பயனுறுதிறனும், கார்னோ இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறனைவிடக் குறைவாகவே இருக்கும்".

எடுத்துக்காட்டு:

250°C வெப்பநிலையிலுள்ள நீராவி இயந்திரத்தைப் பயன்படுத்தி தண்ணீர் நீராவியாக மாற்றப்படுகிறது. நீராவியினால் வேலை செய்யப்பட்டு, சூழலுக்கு 300 மு வெப்பநிலையில் வெப்பம் வெளியேற்றப்படுகிறது. எனில், நீராவி இயந்திரத்தின் பெரும பயனூறு திறனைக் காண்க.

தீர்வு:

நீராவி இயந்திரம் கார்னோ இயந்திரம் அல்ல. ஏனெனில் நீராவி இயந்திரத்தில் செய்யப்படும் சுழற்சி நிகழ்வுகள் அனைத்தும் முழுமையான மீள் நிகழ்வுகள் அல்ல. இருப்பினும் இதனை ஒரு கார்னோ இயந்திரம் எனக்கருதி அதன் பெரும பயனுறுதிறனைக் கணக்கிடலாம்.

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300K}{523K} = 0.43$$

நீராவி இயந்திரத்தின் பெரும பயனுறுதிறன் 43% ஆகும். கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தில் 43% மட்டுமே பயன்தரும் வேலையாக மாற்றப்படுகிறதுஎன்பதை இது காட்டுகிறது. மீதமுள்ள 57% வெப்பம் வெளியேற்றப்படுகிறது. ஆனால் நடைமுறையில் நிராவி இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 43% விடக் குறைவாகும்.

எடுத்துக்காட்டு:

A மற்றும் B என்ற இரண்டு கார்னோ இயந்திரங்கள் வெவ்வேறு வெப்பநிலையில் செயல்படுகின்றன. A கார்னோ இயந்திரத்தின் வெப்ப மூலம் மற்றும் வெப்ப ஏற்பியின் வெப்பநிலைகள் முறையே 150°C மற்றும் 100°C இதேபோன்று B இயந்திரத்திற்கு 350°C மற்றும் 300°C இவற்றுள் எந்த இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் குறைவானது?

தீர்வு:

A இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் $= 1 - \frac{373}{423} = 0.11$

A இயந்திரத்தின் பயனறுதிறன் 11% ஆகும்.

B இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் $1 - \frac{573}{623} = 0.08$

B இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 8% மட்டுமே.

இரண்டு இயந்திரங்களிலும் உள்ள வெப்ப மூலம் மற்றும் வெப்ப ஏற்பியின் வெப்பநிலை வேறுபாடுகள் சமமாக இருந்தாலும் அவற்றின் பயனுறுதிறன்கள் சமமில்லை. ஏனெனில் பயனுறுதிறன் வெப்பநிலைகளின் விகிதத்தைச் சார்ந்தவை, வேறுபாட்டைச் சார்ந்ததல்ல. எந்த இயந்திரம் குறைந்த வெப்பநிலையில் இயங்குகிறதோ அதன் பயனுறுதிறன் பெருமமாக இருக்கும்.

காரில் பயன்படுத்தப்படும் டீசல் இயந்திரங்கள் மற்றும் மோட்டார் வாகனங்களில் பயன்படுத்தப்படும் பெட்ரோல் இயந்திரங்கள், ஆகியவை அனைத்தும் நடைமுறை வெப்ப இயந்திரங்கள். டீசல் இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் அதிக பட்சமான 44% ஆகும். பெட்ரோல் இயந்திரத்தின் பெரும பயனுறுதிறன் 30% ஆகும். எனெனில் இவை நல் இயல்பு இயந்திரங்கள் (கார்னோ இயந்திரங்கள்) அல்ல. இவற்றின் பயனுறுதிறன் வெப்ப

இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.
தற்காலத்தில் மோட்டார் சைக்கிள் ஒன்று 1 L பெட்ரோலுக்கு 50 km தொலைவு பயணிக்கிறது. அதாவது 1L பெட்ரோலில் 30% மட்டுமே இயந்திர வேலையாக மாற்றமடைகிறது. மீதமுள்ள 70% பெட்ரோல் பயனற்ற வெப்பமாக சூழலுக்கு வெளியேற்றப்படுகிறது.

என்ட்ரோபி (Entropy) மற்றும் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதி:

சமன்பாடு லிருந்து $\frac{Q_H}{T_H} = \frac{Q_L}{T_L}$ என்று அறிந்தோம். $\frac{Q}{T}$ என்ற இந்த அளவு என்ட்ரோபி என்று அழைக்கப்படுகிறத. வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் மிக முக்கியப்பண்புகளில் ஒன்று என்ட்ரோபி ஆகும். இது ஒரு நிலை மாறி ஆகும். $\frac{Q_H}{T_H}$ என்பது வெப்ப மூலத்திலிருந்து கார்னோ இயந்திரம் பெற்றுக்கொண்ட என்ட்ரோபி, என்பது கார்னோ இயந்திரம் வெப்ப ஏற்பிக்கு வெளியேற்றிய என்ட்ரோபி ஆகும். ஒரு மீள் நிகழ்வு இயந்திரத்திற்கு (கார்னோ இயந்திரம்) இவ்விரண்டு என்ட்ரோபிகளும் சமமாகும். எனவே ஒரு முழு சுற்றுக்கு கார்னோ இயந்திரத்தின் என்ட்ரோபி மாற்றம் சுழியாகும். இது சமன்பாடு நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. டீசல் மற்றும் பெட்ரோல் இயந்திரங்கள் போன்ற நடைமுறை இயந்திரங்கள் மீள் நிகழ்வு இயந்திரங்கள் அல்ல. அவை என்ற சமன்பாட்டை நிறைவு செய்கின்றன. இதன் அடிப்படையில் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியை வேறு வகையில் கூறலாம்.

"இயற்கையில் நடைபெறும் அனைத்து செயல்முறைகளிலும் (மீளாநிகழ்வுகள்), என்ட்ரோபி எப்போதும் அதிகரிக்கும். மீள் நிகழ்வுகளில் மட்டுமே என்ட்ரோபியின் மதிப்பு மாறாது. இயற்கை நிகழ்வுகள் நடைபெறும் திசையை என்ட்ரோபிதான் தீர்மானிக்கிறது.

நாம் மீண்டும் எற்கெனவே கேட்ட வினாவிற்கு வருவோம்.

ஏன் வெப்பம் எப்போதும் உயர் வெப்பநிலையிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலைக்குப் பாய்கிறது? ஏன் எதிர்த்திசையில் பாய்வதில்லை? ஏனெனில் வெப்பம் சூடான பொருளிலிருந்து, குளிர்ந்த பொருளுக்கு பாயும்போது என்ட்ரோபி உயரும். வெப்பம் குளிர்ந்தபொருளிலிருந்து சூடான பொருளுக்கு பாயும் போது எனட்ரோபி குறையும். அவ்வாறு என்ட்ரோபி குறைவது வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதிக்கு எதிரானது.

என்ட்ரோபியை ஒரு அமைப்பில் இருக்கும் "ஒழுங்கற்றத் தன்மையின் அளவீடு" என்றும் அழைக்கலாம். அனைத்து இயற்கை நிகழ்வுகள் நடைபெறும் பொழுதும் ஒழுங்கற்றத்தன்மை எப்போதும் உயர்ந்துகொண்டே செல்லும்.

வாயு அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ள கண்ணாடிக் குடுவை ஒன்றைக் கருதுக. குடுவையின் உள்ளே வாயு இருக்கும் வரை அதன் ஒழுங்கற்றத்தன்மை குறைவு. அவ்வாறு அறை முழுவதும் பரவிய பின்பு அதன் ஒழுங்கற்றத்தன்மை அதிகரிக்கும். வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் வாயு கண்ணாடி குடுவையில் இருக்கும் வரை அதன் என்ட்ரோபி குறைவு, அதே வாயு அறை முழுவதும் பரவிய பின்னர் அதன் என்ட்ரோபி அதிகம். வாயு மூலக்கூறுகள் குடுவைக்கு மீண்டும் வந்தால் என்ட்ரோபி குறையும். வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியின்படி இந்த நிகழ்வு சாத்தியமல்ல. இதே விளக்கம் தண்ணீரில் பரவும் மைக்கும் பொருந்தும். பேனா மை தண்ணீரில் பரவியவுடன் அதன் என்ட்ரோபி அதிகரிக்கும். பரவிய பேனா மை மூலக்கூறுகள் மீண்டும் ஒன்றிணைந்து மைத்துளியை உருவாக்காது. அனைத்து மீளா நிகழ்வுகளிலும் என்ட்ரோபி உயரும் வண்ணம் இயற்கை நிகழ்வுகள் நடைபெறுகின்றன.

குளிர்சாதனப் பெட்டி (Refrigerator):

எதிர்திசையில் செயல்படும் ஒரு கார்னோ இயந்திரமே குளிர்சாதனப் பெட்டியாகும்.
செயல்படுபொருள் T_Lஎன்ற குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள குளிர் பொருளிலிருந்து (வெப்ப ஏற்பி) Q_Lஅளவு வெப்பத்தை பெற்றுக் கொள்கிறது. அமுக்கியினால் (Compressor) பொருளின் மீது W என்ற குறிப்பிட்ட அளவு வேலை செய்யப்பட்டு,Q_Hஅளவு வெப்பத்தை வெப்ப மூலத்திற்கு செயல்படு பொருள் வெளியேற்றுகிறது. அதாவது T_Hவெப்பநிலையிலுள்ள சூழலுக்கு வெளியேற்றுகிறது.

இதை குளிர்சாதனப்பெட்டிக்கு பக்கத்தில் நிற்கும்போது வெதுவெப்பான காற்றை உணரலாம். வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியிலிருந்து

$$Q_L + W = Q_H$$

முடிவாக குளிர்சாதனப்பெட்டி மேலும் குளிர்ச்சி அடைகிறது. சூழல் (சமையலறை) அல்லது (வளிமண்டலம்) வெப்பமடைகிறது.

செயல்திறன் குணகம் (Coefficient of Performance) (COP)

குளிர்சாதனப் பெட்டியின் செயல்திறனை அளவிடுவது செயல்திறன் குணகமாகும் (COP). குளிர்பொருளிலிருந்து பெறப்பட்ட வெப்பத்திற்கு (வெப்ப ஏற்பி) அமுக்கியினால் செய்யப்பட்ட புற வேலைக்கும் (W) உள்ள தகவு செயல்திறன் குணகம் என்று வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$COP = \beta = \frac{Q_L}{W}$$

சமன்பாடு இருந்து

$$\beta = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$$

$$\beta = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_L} - 1}$$

ஆனால் நாம் அறிந்தபடி $\frac{Q_H}{Q_L} = \frac{T_H}{T_L}$

இச்சமன்பாட்டினை பிரதியிடும்போது பின்வரும் சமன்பாட்டினைப் பெறலாம்.

$$\beta = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

குளிர்சாதனப் பெட்டியின் செயல்திறன் குணகத்திலிருந்து பின்வருவனவற்றை நாம் அனுமானிக்கலாம்.

1. COP அதிகமாக இருந்தால் குளிர்சாதனப் பெட்டி சிறப்பாக இயங்கும். ஒரு நல்ல குளிர்சாதப்பெட்டியின் (COP) கிட்டத்தட்ட 5 முதல் 6 வரை இருக்கும்.

2. குளிர்சாதனப் பெட்டியின் குளிரூட்டும் பகுதியின் (Cooling camber) வெப்பநிலைக்கும், சூழலின் (அறையின்) வெப்பநிலைக்கும் உள்ள வேறுபாடு குறையாக இருந்தால், குளிர்சாதனப்பெட்டியின் COP அதிகமாக இருக்கும்.

3. குளிர்சாதனப்பெட்டியில் புறவேலை செய்யப்பட்டு, குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து வெப்பம் எடுக்கப்பட்டு வெப்பமான பொருளுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. புறவேலை இல்லாமல் வெப்ப ஆற்றல் குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து வெப்பமான பொருளுக்குப் பாயாது. இது வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதிக்கு எதிரானது அல்ல. ஏனெனில் வெப்பம் சுற்றுப்புறத்திலுள்ள காற்றுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. மேலும் மொத்த என்ட்ரோபி (குளிர்சாதனப்பெட்டி + சூழல்) எப்போதும் உயரும்.

குளிர்சாதனப்பெட்டி ஒன்றின் COP யானது 3 ஆகும். 200 J வெப்பத்தை குளிர்சாதனப்பெட்டியிலிருந்து வெளியேற்ற வேண்டுமெனில் எவ்வளவு வேலை செய்யப்பட வேண்டும்?

தீர்வு:

$$\text{COP} = \beta = \frac{Q_L}{W}$$

$$W = \frac{Q_L}{COP} = \frac{200}{3} = 66.67\,J$$

கோடைக்காலத்தில் நாம் மண்பானைத் தண்ணீரை குடிக்கப்பயன் படுத்துகிறோம். மண்பானையானது அதனுள்ளே ஊற்றப்பட்ட தண்ணீரின் வெப்பநிலையை குறைக்கிறது. மண்பானையை குளிர்சாதனப்பெட்டியாகக் (Refrigerator) கருதலாமா? கருதமுடியாது. ஏனென்றால் வெப்ப எந்திரத்திற்கோ அல்லது குளிர்சாதனப்பெட்டிக்கோ சுழற்சி நிகழ்வு (Cyclic process) மிக முக்கிய தேவை ஆகும். மண்பானையில் நடக்கும் குளிர்விக்கும் நிகழ்வானது ஒரு சுழற்சி நிகழ்வல்ல. பண்பானை சுவற்றில் உள்ள நுண்ணிய துளைகளிலிருந்து நீர் மூலக்கூறுகள் வெளியேறுவதால் உள்ளிருக்கும் நீரானது குளிர்விக்கப்படுகிறது. நீர் மூலக்கூறுகள் துளைவழியாக சுற்றுப்புறசூழலுக்கு வெளியேறியபின் திரும்பவும் பண்பானைக்குள் வருவதில்லை. மண்பானையில் வெப்பமானது குளிர்ந்த நீரிலிருந்து. வெளிப்புற வளிமண்டலத்துக்கு கடத்தப்பட்டாலும். இது வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதிக்கு முரணாக இல்லை. ஏனேனில் மண்பானைக்குள் இருக்கும் (தண்ணீர் + வெளிப்புற வளிமண்டலம்) சேர்ந்த ஒரு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பாக கருதினால் இதன் என்ட்ரோபி எப்போதும் அதிகரிக்கிறது.

பசுமை இல்ல விளைவு (Green house effect)

புவியில் மனிதன் உயிர் வாழ்வதற்கு புவியைச் சூழ்ந்துள்ள வளிமண்டலத்தின் பங்கு அளப்பறியது வளிமண்டலத்தின் மேற்பகுதியின் வெப்பநிலை -19°C அதன் அடிப்பகுதியின் வெப்பநிலை +14°C. வளிமண்டலத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து அடிப்பரப்புக்கு வரும்போது வெப்பநிலை 33°C அளவுக்கு உயருகின்றது. இதற்குக் காரணம் வளிமண்டலத்திலுள்ள சில வாயுக்களாகும். இவ்வாயுக்களுக்கு பசுமை இல்ல வாயுக்கள் என்று பெயர், இவ்விளைவிற்கு பசுமை இல்ல விளைவு என்று பெயர்.

பசுமை இல்ல வாயுக்களில் முதன்மையானவை CO_2, நீர் மூலக்கூறு,Ne, He, NO_2, CH_4, Xe, Kr, ஓசோன் மற்றும் NH_3போன்றவையாகும். CO_2, மற்றும் நீரம மூலக்கூறினைத் தவிர்த்து மற்ற மூலக்கூறுகள் சொற்ப அளவிலேயே வளிமண்டலத்தில் உள்ளன. சூரியனில் இருந்து வரும் நிறமாலையில் சூரியக்கதிர்வீச்சு கண்ணுரு பகுதியில் (Visible region) இருக்கிறது. இக்கதிர்வீச்சுகளை புவி உட்கவர்ந்து மீண்டும் அகச்சிவப்பு கதிர்களாக வெளியிடுகிறது.

CO_2மற்றும் நீரம மூலக்கூறுகள் அகச்சிவப்புக் கதிர்களை நன்கு உட்கவரும். ஏனெனில் அவை நைட்ரஜன் மற்றும் ஆக்ஸிஜனுடன் ஒப்பிடும் போது அதிக அதிர்வுறு சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளைப் பெற்றுள்ளன அவை அகச்சிவப்புக் கதிர்களை உட்கவர்வதால் தான் வளிமண்டலம் வெது வெதுப்பாக உள்ளது.

1900 இல் இருந்து மனிதனின் செயல்பாடுகளால் வளிமண்டலத்திலுள்ள CO_2 வின் அளவு 20% முதல் 40% வரை அதிகரித்துள்ளது. CO_2 உருவாவதற்கான முதன்மையான மூலம் புதைபடிம எரிபொருள்களை எரிப்பதாகும். உலகம் முழுவதும் தானியங்கி இயந்திரங்களின் பயன்பாடு அதிகரித்திருப்பதே இதற்குக் காரணமாகும். வளிமண்டலத்தில் இந்த CO_2 வின் அளவு அதிகரித்திருப்பதால:, புவியின் சராசரி வெப்பம் 1°C உயர்ந்துள்ளது. இதற்கு உலகவெப்பமயமாதல் (Global warming) என்று பெயர். ஆர்ட்டிக் மற்றும் அண்டார்டிக் பகுதிகளில் உள்ள பனிப்பாறைகள் உருகுவதற்கு இந்த உலக வெப்பமயமாதலே காரணமாகும். மேலும் CO_2 வின் அளவு கடலிலும் அதிகரித்துள்ளது. இது கடல்வாழ் உயிரினங்களுக்கு மிகவும் ஆபத்தானதாகும்.

CO_2உடன் சேர்த்து மற்றொரு மிக முக்கியமான பசுமை இல்ல வாயு குளோரோ புளோரோ கார்பனாகும் (CFC) இது குளிர்சாதப்பெட்டிகளில் குளிர்விப்பானாக உலகம் முழுவதும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மனிதன் உருவாக்கும் பசுமை இல்ல வாயுக்கள் 55 சதவீதம் CO^2, 24 சதவீதம் CFC வாயுக்கள்,6 சதவீதம் நைட்ரஜன் ஆக்ஸைடு மற்றும் 15 சதவீதம் மீத்தேன் ஆகும். ஊகுஊ வாயுக்கள் ஓசோன் படலத்தில் அதிக பாதிப்புகளை ஏற்படுத்துகின்றன.

CO_2, மற்றும் CFC வாயுக்களின் அளவைக் கட்டுப்படுத்துவதற்கான முயற்சிகளில் உலகிலுள்ள பல்வேறு நாடுகள் ஈடுபட்டுள்ன. புதைபடிம எரிபொருள்களுக்கு மாற்றாக புதைபடிமற்ற எரிபொருள்களை தானியங்கி எந்திரங்களில் பயன்படுத்துவதற்கான

ஆராய்ச்சிகள் தொடர்ந்து நடைபெற்று வருகின்றன. வளர்ச்சியடைந்த நாடுகளான ருளுயு மற்றும் ஐரோப்பிய யூனியன் நாடுகள் பெருமளவு CO_2ஐ வெளியிடுகின்றன.

2020 க்குள் CO_2, உமிழ்வை பெருமளவு குறைப்பதற்காக உலக நாடுகளுக்கிடையே பல்வேறு ஒப்பந்தங்கள் போடப்பட்டுள்ளன. இருப்பினும் உலக வெப்பமயமாதல் ஒரு தீங்கு விளைவிக்கும் நிகழ்வு என பெரும்பாலான நாடுகள் உணரவில்லை.

- சூடான பொருளிலிருந்து, குளிர்ச்சியான பொருளுக்கு பாயும் இருவகை பரிமாற்ற ஆற்றலே வெப்பமாகும். இருப்பினும் வெப்பம் சேமித்து வைக்கப்படும் ஓர் ஆற்றல் அளவல்ல.

- ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு ஆற்றலை மாற்றக்கூடிய செல்லே வேலை எனப்படும்.

- பொருளின் வெப்ப அளவை (Hotness) அளவிடுவது வெப்பநிலையாகும். வெப்பநிலையானது வெப்பம் பாயும் திசையைத் தீர்மானிக்கிறது.

- நல்லியல்பு வாயு விதி $PV = NkT$ அல்லது $PV = \mu RT$ ஆகும். வெப்ப இயக்கச் சமநிலைக்கு மட்டுமே நல்லியல்பு வாயு வதி பொருந்தும். வெப்ப இயக்கச் சமநிலையற்ற நிகழ்வுகளுக்கு இவ்விதி பொருந்தாது.

- நல்லியல்பு வாயு விதி $PV = NkT$ அல்லது $PV = \mu RT$ ஆகும். வெப்ப இயக்கச் சமநிலைக்கு மட்டுமே நல்லியல்பு வாயு விதி பொருந்தும். வெப்ப இயக்கச் சமநிலையில் நிகழ்வுகளுக்கு இவ்விதி பொருந்தாது.

- பொருளொன்றின் வெப்பநிலையை 1°C அல்லது 1K உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவே வெப்ப ஏற்புத்திறன் எனப்படும். இதுS குறிப்பிடப்படுகிறது.

- 1 மோல் அளவுள்ள பொருளின் வெப்பநிலையை 1°C அல்லது 1Kஉயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவே மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் ஆகும். அதுC எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது.

- வெப்பநிலை மாறுபாட்டினால் பொருளின் வடிவம், பரப்பு மற்றும் பருமன் போன்றவற்றால் ஏற்படும் மாற்றம் வெப்ப விரிவு எனப்படும்.

- தண்ணீர் முரண்பட்ட விரிவுப்பண்பைப் பெற்றுள்ளது.

- பொருளின் நிலைமாற்றத்திற்குத் தேவைப்படும் ஆற்றலின் அளவு அப்பொருளின் மறைவெப்ப ஏற்புத்திறன் எனப்படும்.

- வெப்ப இயக்க அமைப்பு ஒன்றினை வெப்பப்படுத்தும் போது, அவ்வமைப்பு ஏற்றுக்கொண்ட அல்லது அவ்வமைப்பிலிருந்து வெளியேற்றப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவை அளவிடும் முறைக்கு, வெப்ப அளவீட்டில் என்று பெயர்.

- வெப்பமாற்றமானது வெப்பக்கடத்தல், வெப்பச்சலனம் மற்றும் வெப்பக்கதிர்வீச்சு ஆகிய மூன்று முறைகளில் நடைபெறுகிறது.

- ஸ்டெ∴பான் - போல்ட்மென் விதி: $E = \sigma T^4$மற்றும் வியன் விதி $\lambda_{max} T = b$

- வெப்ப இயக்கச் சமநிலைகள்: வெப்பச்சமநிலை, இந்திரவியல் சமநிலை மற்றும் வேதிச்சமநிலை.

- வெப்ப இயக்க மாறிகள்: அழுத்தம், வெப்பநிலை, பருமன், அக ஆற்றல் மற்றும் என்ட்ரோபி.

- வெப்ப இயக்கவியலின் சுழிவிதி: இரண்டு வெவ்வேறு பொருள்கள் தனித்தனியே மூன்றாவது பொருளுடன் வெப்பச் சமநிலையில் இருந்தால், அவ்விரண்டு பொருள்களும் தனக்குள்ளேயே

வெப்பச்சமநிலையில் உள்ளது எனக் கருதலாம். இவ்விரண்டு அமைப்புகளின் வெப்பநிலை சமமாகும்.

- வெப்ப இயக்க அமைப்பிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலையாற்றில் இவற்றின் கூடுதலே அக ஆற்றலாகும்.

- ஜுல் இயந்திர ஆற்றலை, வெப்ப இயக்க அமைப்பின் அக ஆற்றலாக மாற்றிக்காட்டினார்.

- ஆற்றல் மாறாக் கூற்றின் ஒரு வடிவமே வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியாகும். இவ்விதி வெப்ப இயக்க அமைப்பின் வெப்பத்தை உள்ளடக்கியுள்ளது.

- மீமெது நிகழ்வு என்பது வரையறுக்க இயலாத அளவு மெதுவாக நடைபெறும் ஓர் நிகழ்வாகும். இந்நிகழ்வில் அமைப்பு எப்போதும் சூழலுடன் சமநிலையில் இருக்கும்.

- அமைப்பின் பருமன் மாறும்போது அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை $W = \int PdV$

- PV வரைபடத்தில் வளை கோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு, அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை அல்லது அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும்.

- ஆற்றல் மாறாக் கூற்றின் ஒரு வடிவமே

- வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு T = மாறிலி

- அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு P = மாறிலி

- பருமன் மாறா நிகழ்வு: V = மாறிலி

- வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு $Q = 0$

- அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை பெருமம் மற்றும் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை சிறுமமாகும்.

- சுழற்சி நிகழ்வு ஒன்றின் அக ஆற்றல் மாறுபாடு சுழியாகும்

- சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை,PV வரைபடத்தினுள் மூடப்பட்ட வளைகோட்டின் பரப்புக்குச் சமமாகும்.

- மீள் நிகழ்வு ஓர் இலட்சிய செயல்முறையாகும். நடைமுறையில் சாத்தியல்லை.

- இயற்கை நிகழ்வுகள் அனைத்தும் மீளா நிகழ்வுகளாகும்.

- ஒரு வெப்ப இயந்திரம் வெப்ப மூலத்திலிருந்து வெப்பத்தைப்பெற்று வேலை செய்து, குறைந்த அளவு வெப்ப ஆற்றலை வெப்ப ஏற்பிக்குக் கொடுக்கிறது.

- கார்னோ இயந்திரம் ஓர் மீள் நிகழ்வு இயந்திரமாகும் இதன் பயனுறு திறன் மிக அதிகம். வேறு எந்த நடைமுறை இயந்திரங்களுக்கும் கார்னோ இயந்திரத்தைப் போன்ற பயனுறுதிறன் இல்லை.

- குளிர்பதனப்பெட்டி என்பது எதிர்த்திசையில் செயல்படும் ஓர் கார்னோ இயந்திரமாகும் நடைமுறையில் பயன்படுத்தப்படும் குளிர்பதனப்பெட்டியின் செயல்திறன் குணகம் (COP), இலட்சியக் குளிர்பதனபெட்டியின் செயல்திறன் குணகத்தைவிடக் குறைவாகும்.

11th இயற்பியல்
தொகுதி 2
அலகு – 10
அலைவுகள்

தஞ்சாவூர் நடனப் பொம்மையை (தஞ்சாவூர் தலையாட்டிப் பொம்மை) இது ஓர் உலகப் புகழ்பெற்ற தமிழகக் கலாச்சாரப் பொம்மையாகும். இந்த பொம்மையை ஆட்டிவிட்டால் நிகழ்வது என்ன? பொம்மையின் தலை மற்றும் உடல் தொடர்ச்சியாக முன்னும் பின்னும் இயங்கி, பின்னர் இயக்கம் படிப்படியாக குறைந்து நிற்கிறது. இதே போல் நாம் சாலையில் நடக்கும் பொழுது, நம்முடைய கைகளும், கால்களும் முன்னும் பின்னும் இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் போது நிகழும். தாய் தன் குழந்தையை தூங்க வைப்பதற்காக தொட்டிலை ஆட்டும்பொழுது தொட்டிலானது முன்னும் பின்னும் இயக்கமடையும். முன்னர் விவாதித்த இயக்கங்களிலிருந்து இவ்வகையான அனைத்து இயக்கங்களும் வேறுபட்டவை. இந்த இயக்கங்கள் இத்தகைய இயக்கங்களை அலைவுறு இயக்கம் அல்லது அதர்வுறு இயக்கம் என்று அழைக்கின்றோம். இம்மாதிரியான இயக்கம் அணுக்களில் கூட நிகழ்கின்றது.

ஒரு திடப்பொருளின் வெப்பநிலை உயரும் பொழுது அணுக்கள் அதனுடைய நடுநிலை அல்லது சமநிலையைப் பொருத்து அதிர்வடைகிறது. கட்டிடங்களின் கட்டமைப்பு மற்றும் எந்திரவியல் கருவிகளை ஆகியவற்றை வடிவமைத்தல் போன்ற பொறியியல் பயன்பாடுகளில் அதிர்வு இயக்கம் பற்றிய கற்றல் மிகவும் முக்கியத்துவத்தை பெறுகிறது.

சீரலைவு மற்றும் சீரற்ற அலைவு இயக்கம்:

இயற்பியலில் இயக்கமானது, மீண்டும், மீண்டும் நிகழும் இயக்கம் சீரலைவு இயக்கம், எனவும் மீண்டும், மீண்டும் நிகழாத இயக்கம் சீரற்ற அலைவு இயக்கம் எனவும் இருவகையாக வகைப்படுத்தப்படுகிறது.

1. **சீரலைவு இயக்கம் (Periodic motion):**
   சீரான கால இடைவெளியில் தானாகவே மீண்டும், மீண்டும் நிகழும் எந்த ஒரு இயக்கமும் சீரலைவு இயக்கம் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டு ஊசல் கடிகாரத்தில் உள்ள முட்கள், தொட்டிலின் அலைவுகள், சூரியனைச் சுற்றிவரும் புவியின் இயக்கம், வளரும் மற்றும் தேயும் சந்திரன் மற்றும் சில.

2. **சீரற்ற அலைவு இயக்கம்**
   சீரான கால இடைவெளியில் தானாகவே மீண்டும், மீண்டும் நிகழாத எந்த ஒரு இயக்கமும் சீரற்ற அலைவு இயக்கம் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டு நில நடுக்க நிகழ்வு, எரிமலை வெடிப்பு போன்றவை.

அலைவுறு இயக்கம் (Oscillatory motion):

ஒரு பொருள் அல்லது துகளானது குறிப்பிட்ட கால இடைவெளியில் மீண்டும் மீண்டும் முன்னும் பின்னும் இயக்கத்தை அதிர்வியக்கம்) எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டுகள் நமது இதயதுடிப்பு, பூச்சியின் சிறகின் இயக்கம், தாத்தாவின் கடிகாரம் (Grand father's clock) ஊசல் கடிகாரம்) போன்றவை.

அனைத்து அலைவுறு இயக்கமும் சீரலைவு இயக்கமாகும். ஆனால் அனைத்து சீரலைவு இயக்கங்களும் அலைவுறு இயக்கமாகாது என்பதை கவனத்தில் கொள்ளவும்.

தனிச்சீரிசை இயக்கம் (SHM):

தனிச்சீரிசை இயக்கம் அலைவுறு இயக்கத்தின் சிறப்பு வகையாகும். இதில் துகளின் முடுக்கம் அல்லது விசையானது நிலையான புள்ளியிலிருந்து அது அடைந்த இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்த்தகவிலும். எப்பொழுதும் நிலையான புள்ளியை நோக்கியும் இருக்கும் எனலாம்.

ஒரு பரிமாண இயக்கத்தில் x என்பது துகள் அடைந்த இடப்பெயர்ச்சி மற்றும் a_xஎன்பது அத்துகளின் முடுக்கம் எனில்,

$$a_x \propto x$$
$$a_x = -b\,x$$
இங்கு b என்பது மாறிலி. இது முடுக்கம் மற்றும் இடப்பெயர்ச்சிக்கிடையேயான தகவினால் அளவிடப்படுகிறது. இதன் பரிமாணம் T^{-2} க்குச் சமம்.

இருபுறமும் துகளின் நிறை m– ஆல் பெருக்கி நியூட்டனின் இரண்டாவது விதியைப்பயன்படுத்த, விசையானது,

$$F_x = -kx$$

இங்கு k என்பது விசை மாறிலி ஆகும். இம்மாறிலி ஓரலகு நீளத்திற்கான விசை என வரையறுக்கப்படுகிறது. இடப்பெயர்ச்சியும், விசையும் (அல்லது முடுக்கம்) ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசையில் உள்ளதை எதிர்க்குறி காட்டுகிறது. துகளின் இடப்பெயர்ச்சி சமநிலை புள்ளியிலிருந்து வலதுபுறம் (x நேர்க்குறி மதிப்பு) நோக்கி உள்ளபோது விசையானது (அல்லது முடுக்கம்) சமநிலைப்புள்ளியை நோக்கியே (இடப்புறம் நோக்கி) இருக்கும். இதேபோல் துகளின் இடப்பெயர்ச்சியானது சமநிலைப் புள்ளியிலிருந்து இடதுபுறம் நோக்கி உள்ள போது (x எதிர்க்குறி மதிப்பு), விசையானது (அல்லது முடுக்கம்) சமநிலைப்புள்ளியை நோக்கியே (வலதுபுறம் நோக்கி) இருக்கும். இவ்வகையான விசையானது மீள் விசை எனப்படும். ஏனெனில் தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் துகளை, மீள்விசையானது எப்பொழுதும் தொடக்க நிலைக்கே (சமநிலை அல்லது நடுநிலை) கொண்டு வரும். இவ்விசையானது ஒருமையவிசை ஆகும். இது சமநிலைப்புள்ளியை நோக்கி செயல்படும் மைய கவர்ச்சி விசையாகும்.

இருபரிமாணம் மற்றும் முப்பரிமாணத்தில் இதனை நாம் வெக்டர் குறியீட்டில் எழுதலாம்.

$$\vec{F} = -k\,\vec{r}$$

இங்கு r என்பது எடுத்துக்கொண்ட ஆதிப்புள்ளியிலிருந்து துகளின் இடப்பெயர்ச்சியாகும். விசையும், இடப்பெயர்ச்சியும் நேர்போக்கு தொடர்பு கொண்டது என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. அதாவது விசையின் அடுக்கும், இடப்பெயர்ச்சியின் அடுக்கும் ஒன்றுக்கொன்றுச் சமம்.

(விசையின் எண்மதிப்பு $|\vec{F}|$) மற்றும் விளைவு (இடப்பெயர்ச்சியின் எண் மதிப்பு $|\vec{r}|$) இவற்றிற்கு இடையேயான தொடர்பை வரைபடத்தில் குறித்தால், இரண்டாம் மற்றும் நான்காம் கால்பகுதிகள் வழியே செல்லுமட் நேர்கோடாக அமையும். அக்கோட்டின் சரிவு k யை அளந்து, விசைமாறிலி $\frac{1}{k}$ - இன் எண்மதிப்பை கண்டறியலாம்.

சீரான வட்ட இயக்கத்தின் விட்டத்தின் மீதான வீழல் ஒரு தனிச்சீரிசை இயக்கம்:

m நிறை கொண்ட துகள் ஒன்று v என்ற சீரான திசைவேகத்தில் r ஆரம் கொண்ட வட்டத்தின் பரிதி வழியே இடஞ்சுழித்திசையில் இயங்குவதாகக் கருதுவோம். ஆய அச்சு அமைப்பின் ஆதிப்புள்ளியானது வட்டத்தின் மையம் O வுடன் பொருந்துவதாகக் கொள்க. துகளின் கோணத்திசைவேகம் எனவும் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரம் t இல் அத்துகளின் கோண இடப்பெயர்ச்சி θ எனவும் கொண்டால் சீரான வட்ட இயக்கத்தில் இருக்கும் ஒரு துகளின் நிலையை (Position), அந்த வட்டத்தினுடைய விட்டத்தில் விழச்செய்தால் அந்த வீழல் (Projection) ஒரு தனிச் சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும். இதன் மூலம் சீரான வட்ட இயக்கம் மற்றும் அதிர்வுறும் இயக்கம் ஆகியவற்றுக்கு இடையே உள்ள தொடர்பினை நாம் இணைக்க முடியும்.

இதேபோன்று எந்த ஒரு அதிர்வுறு இயக்கம் அல்லது சுழல் இயக்கத்தினை, சீரான வட்ட இயக்கத்துடன் இணைக்க முடியும். வேறுவிதமாக கூறினால் இவ்விரு இயக்கங்களும் ஒரே இயல்பை பெற்றுள்ளது.

வட்டப்பாதையில் இயங்கும் துகளின் நிலையை (position) அவ்வட்டப்பாதையின் செங்குத்து விட்டத்தின் மீது அல்லது செங்குத்து விட்டத்திற்கு இணையான கோட்டின் மீது வீழல் (projection) செய்வோம்.

இதேபோல், மேற்கூறிய நிகழ்வை கிடைத்தள அச்சு அல்லது கிடைத்தள அச்சுக்கு இணையான கோட்டில் நாம் வீழ்ச்சியடையச் செய்ய முடியும்.

ஒரு சுருள்வில் - நிறை அமைப்பை (அல்லது அலையுறும் ஊசல்) ஒரு குறிப்பிட்ட எடுத்துக்காட்டாகக் கருதுவோம். சுருள்வில் மேலும் கீழும் இயக்கும் போது (அல்லது ஊசல் முன்னும் பின்னும் அலைவுறும் போது) அதன் நிறை அல்லது ஊசல் குண்டின் இயக்கம் வட்ட இயக்கத்தில் உள்ள புள்ளிகளுடன் இணைத்து காட்டப்பட்டுள்ளது.

எனவே சீரான வட்ட இயக்கத்தில் துகளின் நிலையை அந்த வட்டத்தினுடைய விட்டத்தின் மீது (அல்லது விட்டத்திற்கு இணையான கோட்டின் மீது) விழச் செய்தால் (Projection) அவ்வியக்கம் நேர்கோட்டு இயக்கமாக அமையும். இதனையே தனிச்சீரிசை இயக்கம் எனக் கருதுகிறோம். இவ்வட்டம் தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் மேற்கோள் வட்டம் (circle of reference) எனப்படும்.

தனிச்சீரிசை இயக்கமானது ஒரு குறிப்பிட்ட வட்டத்தின் எந்த ஒரு விட்டத்தின் மீதும் இயங்கும் துகள் நிலையின் வீழ்வு (Projection of position) எனவும் வரையறுக்கப்படுகிறது.

தனிச்சீரிசை இயக்கத்தில் இடப்பெயர்ச்சி, திசைவேகம், முடுக்கம் மற்றும் அவற்றிற்கான வரைபட விளக்கம்

ஒரு குறிப்பிட்ட கண நேரம் t இல் அதிர்வடையும் துகளானது சமநிலைப்புள்ளியிலிருந்து கடந்த தொலைவு இடப்பெயர்ச்சி எனப்படும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட கண நேரம் t இல்,A ஆரம் கொண்ட வட்டத்தின் மீதான துகளின் நிலை P என்க. t என்ற கணத்தில் அதன் இடப்பெயர்ச்சி y-யை கீழ்க்கண்டவாறு தருவிக்கலாம்.

Δ OPN இல்

$$\sin\theta = \frac{ON}{OP} \Rightarrow ON = OP\sin\theta$$

ஆனால் $\theta = \omega t, ON = y$ மற்றும் OP = A

$$y = A\sin\omega t$$

$\sin\omega t = 1$ எனும் பொழுது இடப்பெயர்ச்சி y ஆனது பெரும மதிப்பை பெறும் (இந்த மதிப்பு A – க்குச் சமம்)

நடுநிலையிலிருந்து அதிர்வடையும் துகள் அடைந்த பெரும இடப்பெயர்ச்சி வீச்சு (A) எனப்படும். தனிச்சீரிசை இயக்கத்தில் வீச்சு மாறிலியாகும். பொதுவாக தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை தவிர மற்ற எந்த இயக்கத்திற்கும் வீச்சு மாறிலியாக இருக்க தேவையில்லை, இது காலத்தைப் பொறுத்து மாறலாம்.

திசைவேகம்:

இடப்பெயர்ச்சி மாறும் வீதம் திசைவேகம் ஆகும். காலத்தை சார்ந்து வகைப்படுத்த நாம் பெறுவது

$$v = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(A\sin\omega t)$$

வட்ட இயக்கத்தில் (மாறா ஆரம்) வீச்சு A மாறிலி, மேலும் சீரான வட்ட இயக்கத்திற்கு கோணத்திசைவேகம் ω மாறிலி, எனவே

$$v = \frac{dy}{dt} = A\omega\cos\omega t$$

$$\sin^2\omega t + \cos^2\omega t = 1 \Rightarrow \cos\omega t = \sqrt{1-\sin^2\omega t}$$

என்ற திரிகோண முற்றொருமையைப் பயன்படுத்த

$$v = A\omega\sqrt{1-\sin^2\omega t}$$

சமன்பாடு லிருந்து

$$\sin \omega t = \frac{y}{A}$$

$$v = A\omega\sqrt{1-\left(\frac{y}{A}\right)^2}$$

$$v = \omega\sqrt{A^2 - y^2}$$

இடப்பெயர்ச்சி y = O எனில் அதன் திசைவேகம் v = ωA (பெருமம்) மற்றும் பெரும இடப்பெயர்ச்சி y = A, எனில் அதன் திசைவேகம் = v = O (சிறுமம்). இடப்பெயர்ச்சியானது சுழியிலிருந்து பெருமத்திற்கு அதிகரித்தால் திசைவேகம் பெருமத்திலிருந்து சுழிக்கு குறையும். இது எதிர்திசையில் மீண்டும் நிகழும்.

திசைவேகம் ஒரு வெக்டர் அளவு ஆகையால், சமன்பாடு வெக்டர் கூறுகளைக் கண்டறிவதன் மூலமும் பெறலாம்.

வேறுபட்ட கணநேரத்தில் இடப்பெயர்ச்சி, திசைவேகம் மற்றும் முடுக்கம்

காலம்	0	$\frac{T}{4}$	$\frac{2T}{4}$	$\frac{3T}{4}$	$\frac{4T}{4}=T$
ωt	0	$\frac{\pi}{2}$	π	$\frac{3\pi}{2}$	2π
இடப்பெயர்ச்சி $y = A\sin\omega t$	0	A	0	-A	0
திசைவேகம் $v = A\omega\cos\omega t$	Aω	0	-Aω	0	Aω
முடுக்கம்a = α = -A ω^2 sin ωt	0	-Aω^2	0	Aω^2	0

முடுக்கம்:
திசைவேக மாறுபாடு முடுக்கம் எனப்படும். காலத்தைப் பொருத்து வகைப்படுத்த, நாம் பெறுவது

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(A\omega\cos\omega t)$$

$$a = -\omega^2 A\sin\omega t = -\omega^2 y$$

$$a = \frac{d^2y}{dt^2} = \omega^2 y$$

நாம் அறிவது நடுநிலைப்புள்ளியில் (y = 0) துகளின் திசைவேகம் பெருமம் ஆனால் துகளின் முடுக்கம் சுழியாகும். பெரும நிலையில் (y = ±A), துகளின் திசைவேகம் சுழி ஆனால் முடுக்கம் பெரும மதிப்புடன் (±Aω^2) எதிர்த்திசையில் செயல்படுகிறது.

தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் அலைவுநேரம், அதிர்வெண், கட்டம், கட்ட வேறுபாடு மற்றும் தொடக்கக் கட்டம்

1. அலைவுநேரம்
துகளொன்று ஒரு முழு அலைவிற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் அலைவுநேரம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. இது வழக்கமாக T என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படுகிறது. ஒரு முழுச்சுற்றுக்கு எடுத்துக்கொண்ட t = T, காலம் எனில்

$$\omega T = 2\pi \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$$

தனிச்சீரிசை இயக்கத்திற்கு உட்படும் துகளின் இடப்பெயர்ச்சியை சைன் (sine) அல்லது கொசைன் (cosine) சார்புகளாக குறிப்பிடலாம்.

$$y(t) = A \sin \frac{2\pi}{T} t \text{ அல்லது } y(t) = A \cos \frac{2\pi}{T} t$$

இங்குT என்பதுஅலைவுநேரம். காலம் tக்குபதிலாகt + Tஎனப் பிரதியிட்டால் அதன் சார்பானது,

$$y(t+T) = A\sin\frac{2\pi}{T}(t+T)$$

$$= A\sin(\frac{2\pi}{T}t + 2\pi)$$

$$= A\sin\frac{2\pi}{T}t + y(t)$$

$$y(t + T) = y(t)$$

எனவேஇச்சார்புஒருஅலைவுநேரத்திற்குபிறகும் மீண்டும் மீண்டும் நிகழும் சார்புஆகும். இந்த$y(t)$என்பதுசீரிசைச் சார்புக்கானஎடுத்துக்காட்டாகும்.

அதிர்வெண் மற்றும் கோணஅதிர்வெண்

துகளொன்றுஒருநொடியில் ஏற்படுத்தும் அலைவுகளின் எண்ணிக்கைஅதிர்வெண் எனப்படும். இதுfஎன்றஎழுத்தால் குறிக்கப்படுகிறது. இதன் SIஅலகுS^{-1}அல்லதுஹெர்ட்ஸ் ஆகும். (குறியீடுHz)

கணிதமுறையில் அதிர்வெண்,அலைவுகாலத்துடன் கீழ்க்கண்டவாறுதொடர்புபடுத்தப்படுகிறது.

இதன் SIஅலகுs^{-1}அல்லதுஹெர்ட்ஸ் ஆகும். (குறியீடுHz).

கணிதமுறையில் அதிர்வெண்,அலைவுகாலத்துடன் கீழ்க்கண்டவாறுதொடர்புபடுத்தப்படுகிறது.

$$f = \frac{1}{T}$$

ஒருநொடியில் ஏற்படும் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கைகோணஅதிர்வெண் எனப்படும். இதுவழக்கமாக ω (omega)என்றகிரேக்கச் சிறியஎழுத்தால் குறிப்பிடப்படுகிறது.

சமன்பாடுஆகியவற்றைஒப்படும் பொழுது,கோணஅதிர்வெண் மற்றும் அதிர்வெண்ணின் தொடர்பு.

$$\omega = \pi f$$

கோணஅதிர்வெண்ணின் SIஅலகுrad s^{-1}(ரேடியன் பெர் செகண்ட் எனவாசிக்கவும்)

கட்டம்

ஒருகுறிப்பிட்டகணத்தில் அதிர்வடையும் துகளின் கட்டம்,அக்கணத்தில் அத்துகளின் நிலையைமுழுமையாகக் குறிப்பிடுவதாகும்.

குறிப்பிட்டகணத்தில் சமநிலையைப் பொருந்துஅத்துகளின் நிலை (Position)மற்றும் இயக்கத்திசைஆகியவற்றைகட்டம் விவரிக்கிறது.

$$y = A \sin (\omega t + \varphi_0)$$

இங்கு $\omega t + \varphi_0 = \varphi$ என்பதுஅதிர்வடையும் துகளின் கட்டம் எனஅழைக்கப்படுகிறது.

t = 0s (தொடக்ககாலம்) இல், துகளின் கட்டம் தொடக்கக் கட்டம் $(\varphi = \varphi_0)$ எனஅழைக்கப்படுகிறது. என்பது φ_0 தொடக்கக் கட்டத்தின் கோணம் (angle ofepoch)எனஅழைக்கப்படுகிறது.

கட்டவேறுபாடு: தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் இரு துகள்களைக் கருதுவோம்.

அவற்றின் சமன்பாடுகள் $y_1 = A\sin(\omega t + \varphi_1)$ மற்றும் $y_2 = A\sin(\omega t + \varphi_2)$ எனில் அவற்றுக் கிடையேயானகட்டவேறுபாடு $\Delta\varphi = (\omega t + \varphi_2) - (\omega t + \varphi_1) = \varphi_2 - \varphi_1$

கோணசீரிசை இயக்கம்
கோணசீரிசையியக்கத்தின் அலை நேரம் மற்றும் அதிர்வெண்

கொடுக்கப்பட்டஅச்சைப்பற்றிதனித்துசுழலும் பொருளின் அலைவுகள்,கோணஅலைவுகள் எனப்படும்.

எந்தஒருபுள்ளியில் பொருளின் மீதுசெயல்படும் தொகுபயன் திருப்புவிசைசுழியாகின்றதோஅப்புள்ளிசமநிலைப்புள்ளிஎனப்படும்.

பொருள் சமநிலைப்புள்ளியிலிருந்து இடபெயர்ச்சிக்குள்ளாகும் போது,செயல்படும் பயனுறுதொகுபயன் திருப்புவிசைகோண இடப்பெயர்ச்சிக்குநேர்தகவில் இருக்கும் மற்றும் இத்திருப்புவிசையானதுஅப்பொருளைசமநிலைக்குகொண்டுவரமுயற்சிக்கும்.

பொருளின் கோண இடபெயர்ச்சி $\bar{\theta}$ எனவும் பொருளின் மீதுசெயல்படும் தொகுபயன் திருப்புவிசை $\bar{\tau}$ எனவும் கொண்டால்,

$$\bar{\tau} \propto \bar{\alpha}$$
$$\bar{\tau} = -\kappa\bar{\theta}$$

இங்கு κ என்பதுமிள்திருப்புவிசைமாறிலி. இதுஓரலகுகோண இடப்பெயர்ச்சிக்கானதிருப்புவிசையாகும். Iஎன்பதுஒருபொருளின் நிலைமத்திருப்புத்திறன் மற்றும் $\vec{\alpha}$ என்பதுகோணமுடுக்கம் எனில்

$$\bar{\tau} = I\vec{\alpha} = -\kappa\bar{\theta}$$

ஆனால் $\dot{\alpha} = \frac{d^2\dot{\theta}}{dt^2}$

எனவே,

$$\frac{d^2\dot{\theta}}{dt^2} = -\frac{\kappa}{I}\dot{\theta}$$

இச்சமன்பாடுதனிச்சீரிசைவகைக்கெழுச் சமன்பாடுபோல் உள்ளது. ஆகையால் தனிச்சீரிசை இயக்கச்சமன்பாடுஉடன் ஒப்பிடநாம் பெறுவது

$\omega = \sqrt{\frac{\kappa}{I}}\ rad\ s^{-1}$ எனநாம் பெறலாம்.

கோணச்சீரிசை இயக்கத்தின் அதிர்வெண்

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{I}}Hz$$

அலைவு நேரம்

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

தனிச்சீரிசை இயக்கம் மற்றும் கோணச்சீரிசை இயக்கம் ஒப்பீடு:

நேர்கோட்டுதனிச்சீரிசை இயக்கத்தில்,பொருளின் இடப்பெயர்ச்சியானதுநேர்கோட்டு இடப்பெயர்ச்சி $\dot{r}$ ஆல் அளவிடப்படுகிறது.

APPOLO STUDY CENTRE

மீள்விசை $\vec{F}=-k\vec{r}$ இங்கு κ என்பது சுருள் மாறிலிஅல்லதுவிசைமாறிலியாகும். இதுஓரலகு இடப்பெயர்ச்சிக்கானவிசைக்குச் சமம். நேர்கோட்டுசீரிசை இயக்கத்தில் பொருளின் நிலைமக்காரணிஎன்பதுபொருளின் நிறைஆகும்.

கோணசீரிசைஅலை இயக்கத்தில்,பொருளின் இடப்பெயர்ச்சி $\bar{\theta}$ கோண இடப்பெயர்ச்சி ஆல் அளவிடப்படுகிறது. இங்குசுருள்காரணிஎன்பதுதிருப்புவிசைமாறிலிஆகும். அதாவதுஓரலகுகோண இடப்பெயர்ச்சிக்கான இரட்டையின் திருப்புத் திறனாகும் அல்லதுஓரலகுகோண

தனிச்சீரிசை இயக்கம் மற்றும் கோணச்சீரிசை இயக்கம் ஒப்பீடு:

வ.எண்	தனிச்சீரிசை இயக்கம்	கோணச்சீரிசை இயக்கம்
1.	துகளின் இடப்பெயர்ச்சிநேர்க்கோட்டு இடப்பெயர்ச்சி $\dot{r}$ ஆல் அளவிடப்படுகிறது.	துகளின் இடப்பெயர்ச்சிகோண இடப்பெயர்ச்சி $\bar{\theta}$ ஆல் அளவிடப்படுகிறது. (சுழற்சிகோணம் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது)
2.	துகளின் முடுக்கம் $\bar{a}=-\omega^2\bar{r}$	துகளின் கோணமுடுக்கம் $\bar{a}=-\omega^2\bar{\theta}$
3.	விசை, $\vec{F}=-m\bar{a}$ இங்கு m என்பதுதுகளின் நிறைஆகும்	திருப்புவிசை, இங்குஎன்பதுபொருளின் நிலைமத்திருப்புத்திறன்
4.	மீள்விசை $\vec{F}=-k\vec{r}$, இங்கு κ என்பதுமீள்விசைமாறலி	மீள் திருப்புவிசை $\bar{\tau}=I\bar{\alpha}$, இங்குK என்பதுதிருப்புவிசைமாறிலி (கிரேக்கஎழுத்துK ஐ 'kappa'என்றுஉச்சரிக்கவும்) இம்மாறிலிஒருகுறிப்பிட்டமுறுக்கு இழையைபொருத்துஅமையும்.
5.	கோண $\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}rads^{-1}$ அதிர்வெண்	கோண $\omega=\sqrt{\frac{k}{I}}$ அதிர்வெண்

இடப்பெயர்ச்சிக்கானமீள் திருப்புவிசையாகும். கோணசீரிசை இயக்கத்திற்குஉட்படும் பொருளின் நிலைமக் காரணிஎன்பதுபொருளின் நிலைமத் திருப்புத் திறன் ஆகும்.

நேர்போக்குசீரிசைஅலையியற்றி(LHO):
சுருள்வில் - நிறைஅமைப்பின் கிடைத்தளஅலைவுகள்

நிறையற்றசுருள்வில்லுடன் mநிறைகொண்டபொருள் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தசுருள்வில் - நிறைஅமைப்பானதுஉராய்வற்றகிடைத்தளத்தின் மீதுவைக்கப்பட்டுள்ளதுஎனக்கொள்க. சுருள்வில்லின் விறைப்புமாறிலிஅல்லதுவிசைமாறிலிஅல்லதுசுருள்வில் மாறிலிkஆகும். இந்தஅமைப்பின் மீதுவிசைசெலுத்தப்படாதபோதுநிறைm ன் சமநிலைப்புள்ளி,அல்லதுநடுநிலைப்புள்ளிx_0என்க. நிறையை,சமநிலையில் இருந்துவலப்புறமாகxதொலைவிற்கு இடம்பெயரச் செய்துபின்புவிடுவித்தால்,நிறையானதுநடுநிலைப்புள்ளிx_0 ஐப் பொருத்துமுன்னும் பின்னும் அலையுறும்.

சுருள்வில்லின் நீட்சியால் ஏற்படும் மீள்விசைFஎன்க. இவ்விசையானதுநிறையின் இடப்பெயர்ச்சிக்குநேர்த்தகவில் இருக்கும்.

ஒருபரிமாண இயக்கத்திற்கு

$$F \propto x$$
$$F = - kx$$
எனக் கணிதவியல் முறையில் நாம் பெறலாம்.இங்கு,மீள்விசையானதுஎப்பொழுதும் இடப்பெயர்ச்சிக்குஎதிர்திசையில் செயல்படும் என்பதைஎதிர்க்குறிகாட்டுகிறது.

இச்சமன்பாடு ஹூக் விதிஎன்றுஅழைக்கப்படுகிறது இங்குமீள்விசையானது இடப்பெயர்ச்சியுடன் நேர்போக்கில் உள்ளதைகவனத்தில் கொள்க (அதாவதுவிசைமற்றும் இடப்பெயர்ச்சியின் அடுக்கு(exponent) ஒன்றாகும்). இதுஎப்பொழுதும் சரியாக இருப்பதில்லை,ஏனென்றால் சிலநேர்வுகளில் அதிகமானஅளவு இழுவிசையைநாம் செலுத்தும் போது,அலைவுகளின் வீச்சுகள் அதிகமாகஅமையும். (அதாவதுவிசையும், இடப்பெயர்ச்சியும் xன் அதிகஅடுக்குகளுக்குநேர்த்தகவாகஅமையும்) எனவே இந்தஅமைப்பின் அலைவுகள் நேர்போக்குஅலைவுகளாக இருப்பதில்லைஎன்பதால் இவை நேர்போக்குஅல்லாதஅலைவுகளாகும். இதுவரைநம்முடையவிவாதங்களின் படிநேர்போக்குஅலைவுகள் மட்டுமேவிவாதிக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் அடிப்படையில் ஹூக் விதிஏற்புடையதாகஅமைகின்றது. அதாவது (விசைமற்றும் இடப்பெயர்ச்சிநேர் போக்குதொடர்புடையவை)

நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்கவிதியிலிருந்துதனிச்சீரிசை இயக்கத்திற்குஉட்படும் துகளின் சமன்பாட்டைகீழ்க்கண்டவாறுநாம் எழுதமுடியும்.

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x$$

தனிச்சீரிசை இயக்கச் சமன்பாடு உடன் ஒப்பிட, நாம் பெறுவது

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

அதாவது அலையியற்றியின் கோண அதிர்வெண் அல்லது இயல்பு அதிர்வெண்

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} rad\ s^{-1}$$

அலையியற்றியின் அதிர்வெண்

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} Hz$$

மற்றும் அலைவுகளின் அலைவுநேரம்

$$T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} s$$

தனிச்சீரிசை இயக்கத்தில் அலைவுகளின் அலைவுநேரம் வீச்சைப் பொருத்தது அல்ல என்பதைக் கருத்தில் கொள்க. இது அலைவுகள் தோராயமாக சிறிய அளவில் உள்ள போது மட்டுமே பொருந்தும். தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் வகைக்கெழுச் சமன்பாட்டின் தீர்வைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$x(t) = A\sin(\omega t + \varphi)$$

அல்லது

$$x(t) = A\cos(\omega t + \varphi)$$

இங்கு A, ω மற்றும் φ ஆகியவை மாறலிகள். வகைக்கெழுச் சமன்பாடு பொதுத்தீர்வு

$x(t) = A\sin(\omega t + \varphi) B\cos(\omega t + \varphi)$ ஆகும். இங்கு A, B மாறிலிகள்.

நிறையற்ற விசை மாறிலி அல்லது சுருள்வில் மாறிலி k(spring constant) கொண்ட சுருள்வில்லானது கூரையின் மேற்பகுதியில் இணைக்கப்படுவதற்கு முன்பு சுருள்வில்லின் நீளம் L என்க. சுருள்வில்லின் மற்றொரு முனையில் நிறை m இணைக்கப்படும்போது சுருள்வில்லினாது l நீளத்திற்கு விரிவடைகிறது. சுருள்வில்லின் நீட்சி காரணமாக ஏற்படும் மீள்விசை F_1 என்க.

நிறை m– ல் செயல்படும் ஈர்ப்பு விசையானது செங்குத்தாக கீழ்நோக்கி செயல்படும்.

இந்த அமைப்பிற்கு தனித்த பொருளின் விசைப்படம் நாம் வரைய முடியும்.

காட்டப்பட்டுள்ளது. அமைப்பானது சமநிலையில் உள்ள போது,

$$F_1 + mg = 0$$

ஆனால் சுருள்வில் lஇடப்பெயர்ச்சிக்கு நீட்சியடைந்துள்ளது. எனவே

$$F_1 \propto l \Rightarrow F_1 = -kl$$

பிரதியிட நாம் பெறுவது

$$-kl + mg = 0$$

அல்லது

$$\frac{m}{k} = \frac{l}{g}$$

மிகச்சிறிய அளவிலான புற விசையை நிறைமீது நாம் செலுத்தினால், அந்த நிறை மேலும், கீழ்நோக்கிய திசையில் இடப்பெயர்ச்சி y– க்கு நீள்கிறது. பிறகு அது மேலும், கீழும் அலைவுறுகிறது. இப்பொழுது சுருள்வில்லின் நீட்சி $(y + l)$ சுருள்வில்லின் மொத்த நீட்சி காரணமாக ஏற்படும் மீள்விசை.

$$F_2 \propto (y + l)$$

$$F_2 = -k(y + l) = -ky - kl$$

$\frac{d^2y}{dt^2}$ என்ற முடுக்கத்துடன் இயங்கும் நிறைக்கு தனித்த விசைப்படம் வரைந்தால், நாம் பெறுவது

$$-ky - kl + mg = m\frac{d^2y}{dt^2}$$

நீட்சியின் காரணமாக நிறை மீது செயல்படும் மொத்த விசை

$$F = F_2 + mg$$

$$F = -ky - kl + mg$$

ஈர்ப்புவிசையானதுமீள்விசைக்குஎதிராகஅமையும்,பிரதியிட,நாம் பெறுவது

$$F = -ky - kl + kl = -ky$$

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்த

$$m\frac{d^2y}{dt^2} = -ky$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{k}{m}y$$

இச்சமன்பாடுதனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் வகைக்கெழுச் சமன்பாட்டின் வடிவமாகும். எனவே

அலைவுநேரம் $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}s$

பயன்படுத்தி,அலைவுநேரத்தைவேறுவடிவில் எழுதினால்

வேறுவடிவில் எழுதினால்

அலைவு நேரம் $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

இச்சமன்பாட்டிலிருந்துபுவிஈர்ப்புமுடுக்கம் gயின் மதிப்பைபெறலாம்.

$$g = 4\pi^2\left(\frac{l}{T^2}\right)ms^{-2}$$

சுருள்வில்களின் தொகுப்புகள்:

சுருள்வில்லின் விறைப்புத் தன்மையானது,சுருள்மாறிலிஅல்லதுவிசைமாறிலிஅல்லதுவிறைப்புமாறிலியால் அளவிடப்படுகிறது.

சுருள்மாறிலியின் மதிப்புஅதிகமெனில் சுருள்வில்லானதுவிறைப்பாக இருக்கும். சுருள்வில்லைநீட்சியடையச் செய்யவோஅல்லதுஅமுக்கச் செய்யவோஅதிகவிசையைசெலுத்தவேண்டும் என்பதை இது உணர்த்துகின்றது. இதேபோல் சுருள்மாறிலியின் மதிப்புகுறைவெனில் குறைந்தவிசையைசெலுத்திசுருள்வில்லைநீட்சியடையச் செய்யவோஅல்லதுஅமுக்கவோமுடியும்.

இருசுருள்வில்களை இரு வழிகளில் இணைக்கமுடியும். ஒன்றுதொடரிணைப்பில் இணைத்தல் மற்றொன்றுபக்க இணைப்பில் இணைத்தல்.

1. சுருள்வில்கள் தொடரிணைப்பில் உள்ளபோதும்
2. சுருள்வில்கள் பக்க இணைப்பில் உள்ளபோதும்

தொகுபயன் சுருள்மாறிலியைகீழ்க்காணும் துணைப்பிரிவுகளில் நாம் கணக்கிடலாம்.

தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளசுருள்வில்கள்

இரண்டுஅல்லதுஅதற்குமேற்பட்டசுருள்வில்கள் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளனஎன்க. தொடரிணைப்பில் உள்ளசுருள்வில்கள் ஏற்படுத்தும் நிகரவிளைவிற்குச் சமமானவிளைவைஏற்படுத்தும் ஒருசுருள்வில்லை (தொகுபயன் சுருள்வில்) அச்சுருள்வில் தொகுப்புக்குபதிலாகநாம் பயன்படுத்தலாம்.

தனித்தனிசுருள்மாறிலிகளின் மதிப்புகள் k_1, k_2, k_3, (தெரிந்தஅளவுகள்),மற்றும் தொகுபயன் சுருள்மாறிலிk_s (தெரியாதஅளவுகள்) ஆகியவற்றுக்கிடையேகணிதவியல் தொடர்பினைநாம் பெறலாம். எளிமைக்காகk_1, k_2 சுருள் மாறிலிகொண்ட இரு சுருள்வில்களைமட்டும் கருதுவோம். அ என்றநிறையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளதாககொள்க. இதன் மூலம் பெறப்படும் முடிவினைப் பயன்படுத்திதொடரிணைப்பில் எந்தஒருஎண்ணிக்கையிலும் இணைக்கப்படும் சுருள் வில்களுக்கானபொதுவானமுடிவைப் பெறலாம்.

புறவிசைFவலதுபுறம் நோக்கிசெலுத்தப்படுவதாகக் கொள்வோம். ஒவ்வொருசுருள்வில்லின் சுருள்மாறிலிவெவ்வெறானவைமேலும் அற்றுக்கிடையேயனாபிணைப்பு இறுக்கமாக(rigid) இருப்பதில்லை. ஆதலால் அவைவெவ்வேறுநீளத்திற்குநீட்சியடைகின்றன.

செலுத்தப்பட்டவிசைF– ன் காரணமாகசுருள்கள் அதனுடையசமநிலையிலிருந்து (நீட்சியடையாநிலை) நீட்சியடைந்ததொலைவுகள் முறையேx_1மற்றும் x_2என்க.

எனவே,நிறைப் புள்ளியின் மொத்த இடப்பெயர்ச்சி

$$x = x_1 + x_2$$

ஹுக்கின் விதியிலிருந்து

$$F = - k_s (x_1 + x_2) \Rightarrow x_1 + x_2 = - \Rightarrow \frac{F}{k_s}$$

சுருள்வில்கள் தொடரிணைப்பில் உள்ளதால்

$$-k_1x_1 = -k_2x_2 = F$$

$$\Rightarrow x_1 = -\frac{F}{x_1} and\ x_2 = -\frac{F}{k_2}$$

எனவேசமன்பாடுபிரதியிட்டுதொகுபயன் சுருள்மாறிலியைக் கணக்கிடமுடியும்.

$$-\frac{F}{k_1} - \frac{F}{k_2} = -\frac{F}{k_s}$$

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{2}{k_2}$$

அல்லது

$$k_s = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} Nm^{-1}$$

"n" சுருள்வில்களைதொடரிணைப்பில் இணைப்பதாகக் கொண்டால் தொடரிணைப்பின் தொகுபயன் சுருள் மாறிலி

அனைத்து சுருள் மாறிலிகளும் சமம் எனில் அதாவது

$$k_s = \frac{n}{k} \Rightarrow k_s = \frac{k}{n}$$

தொகுபயன் சுருள்மாறிலி"n"மடங்குகுறையும் என்பதை இது காட்டுகிறது.

ஆகவே, சுருள்வில்கள் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்படும் பொழுது தொகுபயன் சுருள்மாறிலியானது தனித்த சுருள் மாறிலியைவிட குறைவாக இருக்கும்.

சமன்பாடு லிருந்து நாம் பெறுவது

$$k_1x_1 = k_2x_2$$

இறுக்கப்பட்ட நீளம் அல்லது நீட்சியடைந்த நீளம் x_1மற்றும் x_2-க்கான தகவு

$$\frac{x_2}{x_1} = \frac{k_1}{k_2}$$

முதல் மற்றும் இரண்டாவது சுருள்வில்லில் தேக்கி வைக்கப்பட்டுள்ள மீள் நிலையாற்றல் முறையே $U_1 = \frac{1}{2}k_1x_1^2$ மற்றும் $U_2 = \frac{1}{2}k_2x_2^2$ எனில் அவற்றின் தகவு

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{1}{2}k_1x_1^2}{\frac{1}{2}k_2x_2^2} = \frac{k_1}{k_2}\left(\frac{x_1}{x_2}\right)^2 = \frac{k_2}{k_1}$$

பக்க இணைப்பில் சுருள்வில்கள்

இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட சுருள்வில்கள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன பக்க இணைப்பில் உள்ள சுருள்வில்கள் ஏற்படுத்தும் நிகர விளைவிற்குச் சமமான விளைவை ஏற்படுத்தும் ஒரு சுருள்வில்லை (தொகுபயன் சுருள்வில்) அச்சுருள்வில் தொகுப்புகளுக்கு பதிலாக நாம் பயன்படுத்தலாம்.

தனித்தனி சுருள் மாறிலிகளின் மதிப்புகள் k_1, k_2, k_3, (தெரிந்த மதிப்புகள்), மற்றும் தொகுபயன் சுருள் மாறிலி k_p (தெரியாத அளவு) ஆகியவற்றுக்கிடையேயான கணிதவியில் தொடர்பினை நாம் பெற முடியும்.

எளிமைக்காக k_1 மற்றும் k_2 சுருள் மாறிலி கொண்ட இரு சுருள்வில்கள்களை மட்டும் கருதுவோம். m என்ற நிறையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கொள்க.

இதன் மூலம் பெறப்படும் முடிவினைப் பயன்படுத்தி பக்க இணைப்பில் எந்த ஒரு எண்ணிக்கையிலும் இணைக்கப்படும் சுருள்வில்களுக்கான பொதுவான முடிவைப் பெறலாம்.

விசை F– ஐ வலது புறமாக செலுத்துவதாக கொள்வோம்.
இந்நேர்வில், இரு சுருள்களும் ஒரே அளவிலான நீட்சி அல்லது இறுக்கத்தினை அடைகின்றது.
நிறை m அடைந்த இடப்பெயர்ச்சி எனில்

$$F = -k_px$$

இங்கு k_pஎன்பது தொகுபயன் சுருள்மாறிலி ஆகும். முதல் சுருளில் x நீட்சியை ஏற்படுத்தும் விசை F_1 எனவும். இரண்டாவது சுருளில் அதே அளவு x நீட்சியை ஏற்படுத்தும் விசை F_2 எனவும் கொண்டால், தொகுபயன் விசையானது.

$$F = k_1x - k_2x$$

சமன்பாடு மற்றும் ஆகியவற்றை சமன்செய்ய நாம் பெறுவது

$k_p = k_1 + k_2$

பொதுவாக n சுருள்வில்கள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டிருப்பின்,

$$k_p = \sum_{i=1}^{n} k_i$$

அனைத்து சுருள்வில் மாறிலியின் மதிப்பும் சமமெனில் அதாவது

$$k_1 = k_2 = \ldots = k_n = k$$
$$k_p = n\,k$$

தொகுபயன் சுருள்மாறிலி ெ மடங்குஅதிகரிக்கும் என்பதை இது காட்டுகிறது. ஆகவேசுருள்வில்கள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டிருப்பின் தொகுபயன் சுருள் மாறலிதனித்தனி சுருள் மாறிலியின் மதிப்பினைவிடஅதிகமாக இருக்கும்.

தனிச்சீரிசை இயக்கத்தில் தனி ஊசலின் அலைவுகள் மற்றும் தனி ஊசலின் விதிகள்
தனி ஊசல்:

தனி ஊசல் என்பது சீரலைவு இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் ஒரு இயந்திரவியல் அமைப்பாகும். நீளமான கயிற்றில் (நிறையற்ற மீட்சித் தன்மையற்றதாக கருதுக) m நிறை கொண்ட ஊசல்குண்டு ஒரு முனையில் தொங்கவிடப்பட்ட நிலையில் மறு முனையானது காட்டியுள்ளவாறு தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. சமநிலையில், தனி ஊசல் அலைவுறாமல் செங்குத்தாக கீழ்நோக்கி தொங்கிக் கொண்டிருக்கும். இந்நிலை சம நிலைப்புள்ளி அல்லது நடுநிலைப்புள்ளி எனப்படும். தனி ஊசலானது சமநிலைப் புள்ளியிலிருந்து சிறிய இடப்பெயர்ச்சிக்கு உட்படுத்தப்பட்டு விடப்படும் போது, ஊசல் குண்டானது முன்னும் பின்னும் இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும். தனி ஊசலின் நீளம் lஎன்பது தொங்கவிடப்பட்ட புள்ளிக்கும் ஊசல் குண்டின் ஈர்ப்பு மையதிற்கும் இடைப்பட்ட தொலைவு ஆகும்.

ஊசல் குண்டின் மீது எந்த ஒரு இடம் பெயர்ந்த நிலையிலும் இரு விசைகள் செயல்படுகின்றன.

1. ஈர்ப்பியல் விசை $\vec{F} = m\vec{g}$ செங்குத்தாக கீழ்நோக்கி செயல்படுகிறது.
2. தொங்கவிடப்பட்ட புள்ளியை நோக்கி கயிற்றின் வழியாக செயல்படும் இழுவிசை $\dot{T}$

ஈர்ப்பியல் விசையின் இருகூறுகளாவன

1. செங்குத்து கூறு: கயிற்றின் வழியாக இழுவிசைக்கு எதிர்திசையில் செயல்படும் கூறு. $F_{as} = mg \cos\theta$
2. தொடுவியல் கூறு: கயிற்றிற்கு செங்குத்தாக உள்ள கூறு அதாவது வில்லின் தொடுகோட்டு திசையில் உள்ள கூறு $F_{ps} = mg \sin\theta$

எனவே,
கயிற்றின் வழியே விசையின் செங்குத்துக் கூறு

$$T - F_{as} = m\frac{v_2}{l}$$

இங்கு v என்பது ஊசல் குண்டின் வேகம்

$$T - mg\cos\theta = m\,\frac{v^2}{l}$$

நாம் உற்று நோக்கும்போது ஈர்ப்பியல் விசையின் தொடுகோட்டு கூறானது எப்பொழுதும் சமநிலை நோக்கியே அமையும். அதாவது ஈர்ப்பியல் விசையானது, ஊசல் குண்டின் சமநிலைப்புள்ளியிலிருந்து அடைந்த இடப்பெயர்ச்சியின் எதிர்திசையில் அமையும். இந்த தொடுவியல் விசையே மீள் விசையாகும். தொடுவியல் விசையை நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியின் மூலம் நாம் பெறலாம்.

$$m\frac{d^2s}{dt^2}+F_{ps}=0 \Rightarrow m\frac{d^2s}{dt^2}=-F_{ps}$$

$$m\frac{d^2s}{dt^2}=-mg\sin\theta$$

இங்கு s என்பது ஊசல் குண்டிள் இடப் பெயர்ச்சியாகும். இது வட்டவில்லின் வழியே அளவிடப்படுகிறது.

வட்ட வில்லின் நீளத்தை கோண இடப்பெயர்ச்சியின் வாயிலாக பெறலாம். அதாவது

$s = l\,\theta$

இதன் முடுக்கம்

$$\frac{d^2s}{dt^2}=l\frac{d^2\theta}{dt^2}$$

சமன்பாடு பிரதியிட

$$l\frac{d^2\theta}{dt^2}=-g\sin\theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2}=-\frac{g}{l}\sin\theta$$

மேற்கண்ட வகைக்கெழு சமன்பாட்டில் $\sin\theta$ இருப்பதனால், இச்சமன்பாடு நேர்போக்கற்ற (இரண்டாம் வரிசை ஒருபடித்தான) சமன்பாடாகும். சிறிய அலைவுகளுக்கு தோராயமாக $\sin\theta \approx \theta$ என்பதால் மேற்கொண்ட வகைக்கெழு சமன்பாடு நேர்போக்கு வகைக்கெழுச் சமன்பாடாகிறது.

$$\frac{d^2\theta}{dt^2}=-\frac{g}{l}\theta$$

இதுநன்குஅறிந்தஅலையியக்கத்திற்கானவகைக்கெழுசமன்பாடு. எனவேஅலையியற்றியின் கோணஅதிர்வெண்ணானது (அமைப்பின் இயல்புஅதிர்வெண்)

$$\omega^2=\frac{g}{l}$$

$$\omega=\sqrt{\frac{g}{l}}\,rad\,s^{-1}$$

அலையியக்கத்தின் அதிர்வெண்

$$f=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}\,Hz$$

அலையியக்கத்தின் அலைவு நேரம்

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\,s$$

தனிஊசலின் விதிகள்

தனிஊசலின் அலைவுநேரமானது

கீழ்க்கண்டவிதிகளின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ளது.

நீளத்தின் விதி:

கொடுக்கப்பட்டபுவிஈர்ப்புமுடுக்கத்தின் மதிப்பிற்கு,தனிஊசலின் அலைவுநேரம் தனிஊசலின் நீளத்தின் இருமடி மூலத்திற்குநேர்த்தகவில் அமையும்.

$$T \propto \sqrt{l}$$

முடுக்கத்தின் விதி

கொடுக்கப்பட்டதனிஊசலின் நீளம் மாறாதிருக்கும் போதுஊசலின் அலைவுநேரம் புவிஈர்ப்புமுடுக்கத்தின் இருமடி மூலத்திற்குஎதிர்தகவில் அமையும்.

$$T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$$

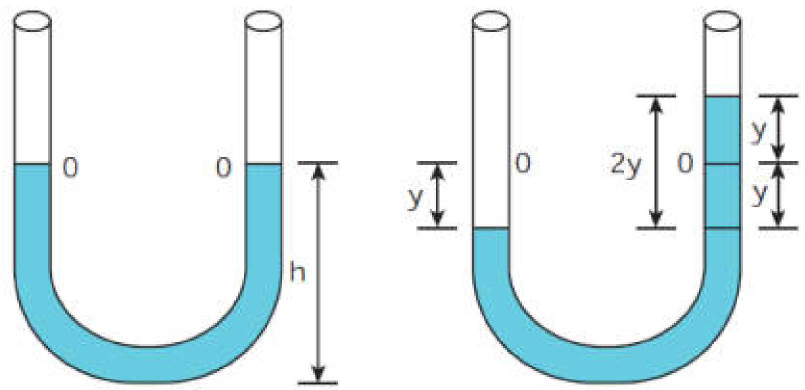
பின்வரும் காரணிகளைச் சார்ந்திருக்காது

1. **ஊசல் குண்டின் நிறை:**
   தனிஊசலில் ஊசல் குண்டின் அலைவுநேரம் நிறையைசார்ந்திராது. இதுதானேகீழேவிழும் பொருளின் இயக்கத்தைபோன்றது. எனவேமாறாதநீளம் கொண்டதனிஊசலில் ஊசல் குண்டாகயானைஊசலுற்றாலும் எறும்புஊசலுற்றாலும் அலைவுக் காலம் பாதிக்காது. இரண்டும் ஒரே அலைவுக்காலத்தைபெற்றிருக்கும்.

2. **அலைவுகளின் வீச்சு:**
   சிறியகோணஅளவுகளில் தனி ஊசல் (கோண இடப்பெயர்ச்சிசிறியதாகஉள்ளபோது) அலைவுற்றால் அலைவுநேரம் வீச்சினைசார்ந்திராது.

3.

U வடிவக் குழாயின் திரவத்தம்பத்தின் அலைவுகள்:



படம் 10.22 U– வடிவ கண்ணாடிக் குழாய்

ஒருசீரானகுறுக்குவெட்டுப்பரப்புAகொண்டதிறந்தபுயங்களைக் கொண்டU வடிவ கண்ணாடிக் குழாயைகருதுக. பாகுநிலையற்ற,அமுக்க இயலாதρஅடர்த்திகொண்டதிரவமானதுUவடிவக் குழாயின் பயங்களில் h உயரத்திற்குநிரப்பப்பட்டுள்ளதாககொள்க. குழாயும் திரவமும் அசைவற்றநிலையில் உள்ளதெனில் திரவத்தம் மட்டம் சமநிலைப் புள்ளிO வில் இருக்கும். திரவத்தின் மீதுஎந்தஒருபுள்ளியில் அழுத்தத்தைஅளவிட்டாலும் சமமாக இருக்கும். மேலும் புயங்களின் மேற்பகுதியிலும் அழுத்தம் (குழாயின் இருபுறங்களின் உள்ளமுனைகளில்) சமமாக இருக்கும். இவ்வழுத்தம் வளி மண்டலஅழுத்தத்திற்குச் சமம். இதனால் குழாயின் புயங்களில் திரவமட்டங்கள் சமநிலையில் இருக்கும். ஏதேனும் ஒருபுயத்தில் நாம் காற்றைஊதுவதன் மூலம் தேவையானவிசையைசெலுத்துவதால் சமநிலைப் புள்ளிOவிலிருந்துதிரவமட்டம் மாறுபடுகிறது. அதாவதுஒருபுயத்தில் ஊதப்பட்டகாற்றின் அழுத்தம் மற்றொருபுயத்தைவிடஅதிகம். இந்தஅழுத்தமாறுபாடுதிரவத்தைநடுஅல்லதுசமநிலைப் பொருத்துசிறிது நேரம் அலைவுகளைஉருவாக்குகிறது பின் இறுதியாகஅமைதிநிலைக்குதிரும்புகிறது. இதன் அலைவுநேரம்.

$$T = T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{2g}} \text{ விநாடி}$$

இங்கேlஎன்பதுU வடிவ குழாயில் உள்ளதிரவத்தம்பத்தின் மொத்தநீளம்

தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் ஆற்றல்:

நிலைஆற்றலுக்கானசமன்பாடு

தனிச்சீரிசை இயக்கத்தில் விசைக்கும் இடப்பெயர்ச்சிக்கும் இடையேயானதொடர்பு ஹுக் விதியின்படி

$$\vec{F} = -k\bar{r}$$

பொதுவாகவிசைஎன்பதுவெக்டர் அளவுஆதலால் முப்பரிமாணத்தில் இது மூன்று கூறுகளைகொண்டது. மேலும் மேற்கண்டசமன்பாட்டில் விசையானதுஆற்றல் மாற்றாவிசையாகும். இந்தவிசையைஒருகூறுகொண்ட ஸ்கேலார் சார்பிலிருந்துதருவிக்கமுடியும். ஒருபரிமாண இயக்கத்தில்

$$F = -k\,x$$

தொகுதி 1,அலகு4 இல் விவாதித்ததுபோல் ஆற்றல் மாற்றாவிசைப்புலத்தினால் செய்யப்பட்டவேலைபாதையைச் சார்ந்திராது. கீழ்க்கண்டசமன்பாட்டிலிருந்துஅதன் நிலையாற்றலைக் கணக்கிடமுடியும்.

தொகுதி 1,அலகு4 இல் விவாதித்ததுபோல் ஆற்றல் மாற்றாவிசைப்புலத்தினால் செய்யப்பட்டவேலைபாதையைச் சார்ந்திராது. கீழ்க்கண்டசமன்பாட்டிலிருந்துஅதன் நிலையாற்றலைக் கணக்கிடமுடியும்.

$$F = \frac{dU}{dx}$$

தொகுதி 1,அலகு4 இல் விவாதித்ததுபோல் ஆற்றல் மாற்றாவிசைப்புலத்தினால் செய்யப்பட்டவேலைபாதையைச் சார்ந்திராது.

$$-\frac{dU}{dx} = -kx$$

$$dU = k\,x\,dx$$

ஓப்புமாறி

தொகையீட்டுமாறிலிx′என்பதுஒப்புமாறியாகும்.

$$\int_0^y t dt = \int_0^y x dx = \int_0^y p dp = \frac{y^2}{2}$$

மாறிt, xமற்றும் p என்பனஒப்புமாறிகள் ஏனெனில் தொகையீட்டின் போதுt, xஅல்லதுp ஆகியஎந்தமாறிகளைவைத்துதொகையீட்டைநாம் செய்யும்போதுஒரேவிடைகிடைக்கப்பெறும்.

சிறிய இடப்பெயர்ச்சிdx– ஐ மேற்கொள்ளFஎன்றவிசையினால் செய்யப்பட்டவேலைநிலைஆற்றலாகசேகரிக்கப்படுகிறது.

$$U(x) = \int_0^x k\,x'\,dx' = \frac{1}{2}k(x')^2\Big|_0^x = \frac{1}{2}kx^2$$

விசை மாறிலியின் மதிப்பு $k = m\,\omega^2$யை சமன்பாடு நாம் பிரதியிட

$$U(x) = \frac{1}{2}m\omega^2 x^2$$

இங்கு, ω என்பது அலைவுறு அமைப்பின் இயல்பு அதிர்வெண். சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் துகள்களுக்கு, நாம் பெறுவது

$$x = A\sin\omega t$$

U(t) = $\frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2 \omega t$

இயக்க ஆற்றலுக்கான சமன்பாடு

இயக்க ஆற்றல்

$$KE = \frac{1}{2}mv_x^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{dx}{dt}\right)^2$$

துகளானது சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்கிறது எனில், சமன்பாடு லிருந்து

x = A sin ωt

எனவே திசைவேகமானது

$$v_x = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos \omega t$$

$$= = A\omega\sqrt{1-\left(\frac{x}{A}\right)^2}$$

எனவே,

KE = $KE = \frac{1}{2}mv_x^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 (A^2 - x^2)$

KE = $KE = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2 \omega t$

மொத்த ஆற்றலுக்கான சமன்பாடு

இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலை ஆற்றல் இவற்றின் கூடுதல் மொத்த ஆற்றல் ஆகும்.

E = KE + U

$$E = \frac{1}{2}m\omega^2 (A^2 - x^2) + \frac{1}{2}m\omega^2 x^2$$

எனவே,x^2 ஐ நீக்க,

$E = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$ = மாறிலி

மறுதலையாக சமன்பாடு மற்றும் சமன்பாடு லிருந்து நாம் பெறும் மொத்த ஆற்றல்

லிருந்து நாம் பெறும் மொத்த ஆற்றல்

$$E = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2 \omega t + \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2 \omega t$$

$$= = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 (\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t)$$

திரிகோணமிதி முற்றொருமையிலிருந்து,

$(\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t) = 1$

$E = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 =$ மாறிலி

U(t) + K(t)

எனவேமொத்தஆற்றலைக் கொண்டுபெறப்படும் சீரிசைஅலையியற்றியின் வீச்சு

$$A = \sqrt{\frac{2E}{m\omega^2}} = \sqrt{\frac{2E}{k}}$$

அலைவுகளின் வகைகள்

கட்டற்றஅலைவுகள்:

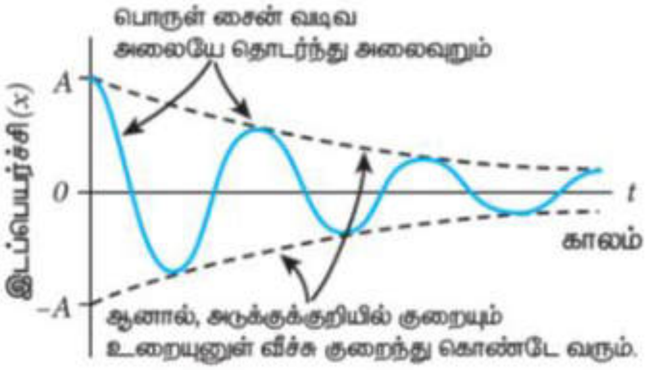
அலையியற்றியைஅதன் சமநிலைப்புள்ளியிலிருந்து இடம்பெயரச் செய்துஅலைவுறச் செய்தால் அதுஅலைவுறும் அதிர்வெண்ணானது இயல்புஅதிர்வெண்ணிற்குசமமாக இருக்கும். இவ்வகைஅலைவுகள் அல்லதுஅதிர்வுகள் கட்டற்றஅலைவுகள் அல்லதுகட்டற்றஅதிர்வுகள் எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்:

1. இசைக்கவையின் அதிர்வுகள்
2. இழுத்துக்கட்டப்பட்டகம்பியின் அதிர்வுகள்
3. தனிஊசலின் அலைவுகள்
4. சுருள்வில் நிறைஅமைப்பின் அலைவுகள்

தலையுறுஅலைவுள்:

தனி ஊசல் அலைவுறும் போது (முந்தையநிகழ்வில்) அலைவின் வீச்சானதுமாறிலிஎனவும் அலையியற்றியின் மொத்தஆற்றல் மாறாததுஎனவும் எடுத்துக் கொள்கிறோம். ஆனால் உண்மையில் ஊடகத்தின் ஊராய்வுமற்றும் காற்றின் இழுவையால் காலம் அதிகரிக்கும் போதுவீச்சுகுறைகின்றது. இதன் அலைவுகள் நிலைநிறுத்தப்படாமல் இருக்கும் மற்றும் சீரிசைஅலையியற்றின் ஆற்றல் படிப்படியாககுறைகின்றது. இந்தஆற்றல் இழப்புஅலையியற்றி சூழ்ந்துள்ள ஊடகம் உட்கவர்தலால் ஏற்படுகிறது. இந்தவகைஅலை இயக்கம் தடையுறுஅலைவுகள் எனஅழைக்கப்படுகின்றது. வேறுவிதமாக கூறினால் அலையின் வீச்சுகுறைகின்றதுமற்றும் அலையியற்றியின் ஆற்றல் ஊடகத்தின் தடைக்குஎதிராகசெய்யப்பட்டவேலையாகமாற்றப்படுகிறது. இவ்வகை இயக்கம் தடையுறு இயக்கம் எனஅழைக்கப்படுகிறதுமற்றும் இந்நிகழ்வில் உராய்வுவிசை (தடையுறுவிசை) அலையியற்றியின் திசைவேகத்திற்குநேர்தகவில் இருக்கும்.



தடையுறுசீரிசைஅலையியற்றி–காலம் அதிகரிக்கும் போதுவீச்சுகுறைகிறது.

எடுத்துக்காட்டுகள்:

1. தனிஊசலின் அலைவுகள் (காற்றின் தடையுடன்) அல்லதுஎண்ணெய் நிரப்பப்பட்டகலனிற்குள் தனிஊசலின் அலைவுகள்

2. தொட்டிச் சுற்றில் ஏற்படும் மின்காந்தஅலைவுகள்

3. கால்வனாமீட்டரில் ஏற்படும் தடையுறுஅலைவு

நிலைநிறுத்தப்பட்டஅலைவுகள்:

ஊசலில் ஆடிக் கொண்டிருக்கும்போதுஒருசிலஅலைவுகளுக்குபிறகுஅலைவுநிறுத்தப்படும். இதற்குகாரணம் தடையுறுவிசையாகும். இதனைத் தவிர்க்கதள்ளுவிசையைச் செலுத்திஅலைவுகளானதுநிலைநிறுத்தப்படுகிறது.

புற மூலத்திலிருந்துஆற்றலைபயன்படுத்திஅலையியற்றிக்குஅளிப்பதனால் அலைவுகளின் வீச்சுமாறாமல் இருக்கும். இவ்வகைஅதிர்வுகளைநிலைநிறுத்தப்பட்டஅதிர்வுகள் என்கிறோம்.

எடுத்துக்காட்டு:

அதிர்வுறும் இசைக்கலவையின் ஆற்றலைமின்கலஅடுக்குஅல்லதுமின் மூலத்திலிருந்துபெறச்செய்தல்

திணிப்பு அதிர்வுகள்:

எந்த ஒரு அலையியற்றி, தான் இழந்த ஆற்றலை புறச்சீரலைவு அமைப்பினால் பெற்று தொடர்ந்து இயங்குகின்றதோ அந்த அலையியற்றியை திணிப்பு அலையியற்றி அல்லது இயக்கப்பட்ட அலையியற்றி என அழைக்கின்றோம்.

இவ்வகை அதிர்வுகளில், பொருளானது ஆரம்பத்தில் இயல்பு அதிர்வெண்ணில் அதிர்வுறும் பின்னர் புற சீரலைவு விசையின் காரணமாக புற சீரலைவு விசையின் அதிர்வெண்ணில் அதிர்வுறும். இத்தகைய அதிர்வுகள் திணிப்பு அதிர்வுகள் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு:
கம்பி இசைக் கருவிகளில் பெறப்படும் அதிர்வுகள்

ஒத்ததிர்வு:

ஒத்ததிர்வுதிணிப்புஅதிர்வின் சிறப்புநிகழ்வுஆகும். இங்குபுறசீரலைவுவிசையின் (அல்லது இயக்கிவிசையின்) அதிர்வெண்ணும் அதிர்வுறும் பொருளின் இயல்புஅதிர்வெண்ணும் சமமாக இருக்கும். இதன் விளைவினால் அதிர்வுறும் பொருளின் வீச்சுஅதிகரிக்கஆரம்பித்துபெரும் வீச்சுநிலையைப் பெறும். இந்தநிகழ்வைஒத்ததிர்வுஎனவும் அதன் அதிர்வுகள் ஒத்திசைவுஎனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு:
ஒலியால் கண்ணாடிஉடைதல்

ஒத்திசைவுஅதிர்வுகள் பாலத்தில் ஏற்படுவதைதவிர்க்கபாலத்தின் மீது இராணுவவீரர்கள் அணிவகுத்துகடந்துசெல்லஅனுமதிக்கப்படமாட்டார்கள்.

இராணுவவீரர்கள் பாலத்தைக் கடந்துசெல்லும்போது,அவர்கள் பாலத்தின் மீதுகாலடிஎடுத்துவைக்கும் அதிர்வெண் பாலத்தின் இயல்புஅதிர்வெண்ணிற்குசமம் எனில் இப்பாலம் ஒத்திசைஅதிர்வுகளைபெறலாம். வீச்சின் மதிப்புமிகப்பெரியதுஎன்பதால் பாலம் இடிந்துவிழவாய்ப்புள்ளது.

11^{TH}இயற்பியல்
தொகுதி–II
அலகு– 11
அலைகள்

அறிமுகம்:

முந்தைய அலகில் நாம் ஒரு துகளின் அலைவினைப் பற்றி விவாதித்தோம். துகள்களின் தொகுப்பைக் கொண்டஓர் ஊடகத்தைக் (medium) கருதுவோம். ஒரு முனையில் இடர்பாட்டை (disturbance) உருவாக்கினால் அது முன்னேறிச் சென்று மறுமுனையை அடைகிறது. அதாவது முதல் புள்ளி நிறையில் ஏற்படுத்திய இடர்பாடானது அருகில் உள்ள அடுத்த புள்ளி நிறைக்கு அடுத்தடுத்து பரப்பப்படுகிது. இங்கு கவனிக்க வேண்டியது யாதெனில், மாறுபாடு மட்டுமே பரப்பப்படுகிறது. புள்ளி நிறைகள் அல்ல. இதுபோன்று நாம் வெளிப்படுத்தும் பேச்சானது நமது தொண்டையில் உள்ளகுரல் வளையின் அதிர்வினால் தோன்றுகிறது. இதன் காரணமாக சுற்றுப்புற காற்று மூலக்கூறுகள் அதிர்வடைந்து அதனால் பேச்சின் விளைவு (தகவல்கள்) வெளியில் (space) உள்ள ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு ஊடகத்தின் துகள்களை எடுத்துச் செல்லாமல் பரப்பப்படுகிறது.

எனவே வெளியில் ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு ஊடகம் மாற்றப்படாமல் ஆற்றல் மற்றும் உந்தத்தை எடுத்துச் செல்லும் நிகழ்வு அலைஎனப்படும்.

கடற்கரைக்கு அருகில் நின்றால் ஒருவர் கடலில் இருந்து கடல் நீர் ஒரே அலை வடிவத்தில் ஏற்ற இறக்கத்துடன் கடற்கரையை அடைவதைக் காண இயலும். எனவேஅது கடல் அலைகள் எனப்படும். ஒருரப்பர் பேண்ட் சுண்டப்பட்டால் அது நிலையான அலைகள் எனப்படும் அலை வடிவத்தில் அதிர்வுறும். நாம் மின்காந்த அலையாகிய ஒளியின் மூலமாக அழகிய இயற்கையைக் காண்கிறோம். நாம் இனிமையான மெல்லிசைப் பாடல்களை ஒலி அலைகள் மூலமாகக் கேட்கிறோம். அன்றாட வாழ்வில் கைப்பேசி தகவல் தொடர்பு முதல் லேசர் அறுவைசிகிச்சை வரை அலைகளின் ஏராளமான பயன்பாடுகள் உள்ளன.

நிலையாக உள்ள ஒரு நீர்ப்பரப்பில் நாம் ஒரு கல்லை எரிந்தால், நீரின் மேற்பரப்பில் கல் மோதிய இடத்தில் ஒரு மாறுபாடு உருவாவதைக் காணலாம். இந்த இடர்பாடானது தொடர்ந்து அதிகரிக்கும் ஆரங்கள் கொண்டுள்ள ஒரு மைய வட்டங்களாக வெளிப்புறமாக விரிவடைந்து மேற்பரப்பின் எல்லையில் மோதுவதைக் காணலாம். ஏனென்றால் கல்லின் இயக்க ஆற்றலின் ஒரு பகுதி மேற்பரப்பில் உள்ள நீர் மூலக்கூறுகளுக்கு ஏனென்றால் கல்லின் இயக்க ஆற்றலின் ஒரு பகுதி மேற்பரப்பில் உள்ள நீர் மூலக்கூறுகளுக்கு மாற்றப்படுகிறது. உண்மையில் நீரானது (ஊடகம்) இடர்பாட்டுடன் வெளியே நகராது. இதனை நீரின் மேற்பரப்பில் ஒருகாகிதத் துண்டினை வைப்பதன் மூலம் காண இயலும். இடர்பாடானது (அலை) நீரின் மேற்பரப்பில் செல்லும் போது அந்த துண்டு மேலும் கீழுமாக நகரும். நீரின் மூலக்கூறுகள் அவற்றின் சமநிலையைப் பொருத்து அதிர்வியக்கத்தை மேற்கொள்வதை இது காட்டுகிறது.

இழுத்துக்கட்டப்பட்டமெல்லியகம்பியில் அலைகள் தோன்றுதல்:

ஒரு நீளமான மெல்லிய கம்பியை எடுத்துக்கொண்டு அதன் ஒரு முனையை சுவற்றில் கட்டுவோம். திடீரென சுண்டினால் கயிற்றில் ஒரு மாறுபாடு உருவாகிறது. இந்த மாறுபாடு திடீரென தோன்றியது மேலும் அது குறைந்த நேரத்திற்கே நீடிக்கும். எனவே இந்த மாறுபாடு அலைத்துடிப்பு எனப்படும். தொடர்ச்சியாக சுண்டப்பட்டால் நிலையான அலைகள் உருவாகிறது. கிட்டாரின் (Guitar) சுண்டப்பட்ட கம்பியின் (Plucked sting) மூலம் இது போன்ற அலைகள் உருவாக்கப்படுகிறது.

இசைக்கவையில் அலைகளின் உருவாக்கம்:

ஒரு இரப்பர் துண்டில் ஒரு இசைக்கவையை அடித்தால் இசைக்கவையின் புயங்கள் அதன் மையப்புள்ளியைப் பொருத்து அதிர்வுறும். புயம் ஒருமையப் புள்ளியைப் பொறுத்து அதிர்வுறும் என்பதன் அர்த்தம் வெளிப்புறம் மற்றும் உட்புறம் செல்லுதல் ஆகும். புயமானது வெளிப்புறமாக நகரும் போது அதன் அருகில் உள்ள காற்று அடுக்கை அதுதள்ளுகிறது. அதாவது இப்பகுதியில் அதிகமானகாற்று மூலக்கூறுகளின் தேக்கம் உள்ளது. எனவே அடர்த்தி மற்றும் அழுத்தமும் கூட மிக அதிகமாகும் இப்பகுதிகள் இறுக்கப்பட்ட பகுதிகள் அல்லது இறுக்கங்கள் எனப்படும். இறுக்கப்பட்ட

காற்று அடுக்கு முன்னோக்கி நகர்ந்து அருகில் உள்ள அடுத்தகாற்று அடுக்கை இறுக்கும். இதே முறையில் ஒரு இறுக்கத்தின் அலை காற்றின் வழியே முன்னேறிச் செல்லுகிறது. புயமானது உட்புறமாக நகரும் போது வலப்புறமாக நகர்த்த ஊடகத்தின் துகள்கள் தற்போது பின்புறமாக காற்றின் மீட்சிப்பண்புகாரணமாக இடதுபுறமாகநகருகிறது. இந்தப் பகுதியில் அடர்த்திமற்றும் அழுத்தம் இரண்டும் குறைவாகஉள்ளது. இதுதளர்ச்சிஅல்லதுநீட்சிஎனப்படும்.

அலை இயக்கத்தின் பண்புகள்:

- அலைகளின் பரவலுக்கு ஊடகமானது நிலைமம் (inertia) மற்றும் மீட்சிப்பண்பைக் (elastic) கொண்டிருக்கவேண்டும்.
- கொடுக்கப்பட்ட ஊடகத்தில் அலையின் திசைவேகம் மாறிலியாகும். அதே சமயம் ஊடகத்தில் உள்ளதுகள்கள் வெவ்வேறு நிலைகளில் மாறுபட்டதிசை வேகங்களுடன் இயங்கும். அவற்றின் நடுநிலையில் பெரும திசைவேகமும் விளிம்பு நிலைகளில் திசைவேகம் சுழியாகவும் இருக்கும்.
- அலைகளானது எதிரொளிப்பு, விலகல், குறுக்கீட்டுவிளைவு, விளிம்பு விளைவு மற்றும் தளவிளைவு ஆகியவற்றிற்கு உட்படும்.

இயந்திரஅலை இயக்கம் மற்றும் அதன் வகைகள்:

1. **இயந்திரஅலை** – பரவுவதற்கு ஒரு ஊடகம் தேவைப்படும் அலைகள் இயந்திர அலைகள் எனப்படும்.
   எடுத்துக்காட்டு: ஒலி அலைகள், நீரின் மேற்பரப்பில் உருவாகும் சிற்றலைகள் முதலியன.

2. **இயந்திரவியல் அல்லாத அலை** – பரவுவதற்கு எவ்வித ஊடகமும் தேவைப்படாத அலைகள் இயந்திரவியல் அல்லாத அலைகள் எனப்படும்.

மேலும், அலைகளை இரண்டு வகைப்படுத்தலாம்
1. குறுக்கலைகள்
2. நெட்டலைகள்

குறுக்கலை இயக்கம் (Transverse wave motion):

குறுக்கலை இயக்கத்தில், ஊடகத்தின் துகள்கள் அதன் நடுநிலையைப் பொருத்து அலைபரவும் திசைக்கு (ஆற்றல் மாற்றப்படும் திசைக்கு) செங்குத்துத் திசையில் அலையுறும் அல்லது அதிர்வடையும். அலைபரவும் திசையானது அதிர்வுறும் தளத்திற்கு (ஊடகத்தின் துகள்கள் அதிர்வுறும் தளத்திற்கு) செங்குத்தாகஅமையும்.
எடுத்துக்காட்டு: ஒளி (மின்காந்தஅலைகள்)

அதிர்வுறும் தளத்திற்கு (ஊடகத்தின் துகள்கள் அதிர்வுறும் தளத்திற்கு) செங்குத்தாகஅமையும்
எடுத்துக்காட்டு: ஒளி (மின்காந்தஅலைகள்)

நெட்டலை இயக்கம் (Longitudinal wave motion):

நெட்டலை இயக்கத்தில் ஊடகத்தின் துகள்கள் அதன் நடுநிலையைப் பொருத்து அலை பரவும் திசைக்கு இணையான திசையில் (ஆற்றல் மாற்றப்படும் திசையில்) அலைவுறும் அல்லது அதிர்வடையும்
எடுத்துக்காட்டு: ஒலி

ஆசிரியருடன் ஆலோசனைசெய்க:

- சுனாமி (ஜப்பானியமொழியில் சூ - னா - மீ என உச்சரிக்கப்படுகிறது) என்பது துறைமுக அலைகள் என்ற பொருள்படும். சுனாமி என்பது அதிக வேகத்துடனும் மிகப்பெரும் விசையுடனும் தொடர்ச்சியாக வரும் பெரிய இராட்சச அலைகளாகும். 2004 ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் மாதம் 26 ஆம் தேதி இந்தியாவின் தென்பகுதியில் என்னநடந்தது.
- ஈர்ப்பு அலைகள் - LIGO (Laser Interferometer Gravitational wave Observatory) ஆய்வு

இயற்பியலுக்கானநோபல் பரிசு 2017
1. பேராசிரியர் ரெய்னர் வெய்ஸ்

2. பேராசிரியர் பேரிசிபேரிஸ்
3. பேராசிரியர் கிப் எஸ் தார்னே
"LIGO ஆய்வகத்தில் ஈர்ப்புஅலைகளின் ஆய்வுப்பணியில் உறுதியானபங்களிப்பிற்காக" வழங்கப்பட்டது.

குறுக்கலைகள் மற்றும் நெட்டலைகள் ஒப்பிடுதல்

வ.எண்	**குறுக்கலைகள்**	**நெட்டலைகள்**
1.	ஊடகத்தின் துகள்கள் அதிர்வடையும் திசை, அலைகள் பரவும் திசைக்கு செங்குத்தாகஉள்ளது.	ஊடகத்தின் துகள்கள் அதிர்வடையும் திசை, அலைகள் பரவும் திசைக்கு இணையாக உள்ளது.
2.	மாறுபாடுகளானது அகடுகள் மற்றும் முகடுகள் வடிவில் உள்ளன	மாறுபாடுகளானது இறுக்கங்கள் மற்றும் தளர்ச்சிகள் வடிவில் உள்ளன.
3.	மீட்சி ஊடகத்தில் குறுக்கலைகள் பரவ இயலும்	அனைத: துவகை ஊடகத்திலும் (திடம், திரவம் மற்றும் வாயு) நெட்டலைகள் பரவ இயலும்

குறிப்பு:

1. ஊடகம் இல்லாதநிலை வெற்றிடம் எனப்படும். மின்காந்த அலைகள் மட்டுமே வெற்றிடத்தின் வழியேபரவும்.
2. ராலே அலைகள் (Rayleigh Waves) என்பவை குறுக்கலை மற்றும் நெட்டலை ஆகிய இரண்டும் சேர்ந்ததாகக் கருதப்படுகிறது.

அலை இயக்கத்தில் பயன்படும் பதங்கள் மற்றும் வரையறைகள்:

இரு அலைகளும் சைன் வடிவமாக இருந்தால் அவை இரண்டிற்கும் இடையே நிறைய வேறுபாடுகள் உள்ளன. எனவே ஒரு அலையை மற்றொன்றிலிருந்து வேறுபடுத்த நாம் சில அடிப்படைச் சொற்களை (Terminologies) வரையறை செய்யவேண்டும்.

இழுத்துக்கட்டப்பட்டகம்பியில் ஏற்படும் அலைஒன்றைக் கருதுக.

நாம் உருவாகும் அலைகளின் எண்ணிக்கையில் ஆர்வம் கொண்டால்,ஓர் சுட்டு அல்லது மேற்கோள்மட்டத்தை (இடைநிலை அல்லது அமைதிநிலை) கருதுவோம். இங்கு இடைநிலை என்பது காட்டப்பட்டுள்ள கிடைமட்ட கோடாகும். நிழலிட்ட பகுதியின் மேல்மட்டப் புள்ளிமுகடுஎனவும்,நிழலிடப்படாதபகுதியின் கீழ்மட்டப்புள்ளிஅகடுஎனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இந்தஅலையானதுOவிலிருந்துBபகுதியைமீண்டும் மீண்டும் ஏற்படுத்துகிறது. இந்தசிறியபகுதியின் நீளத்தைஒருஅலைநீளம் எனவரையறுக்கலாம்.

ஒருஅலைநீளத்தைக் குறிப்பதற்குகிரேக்கஎழுத்துலேம்டா(lambda) λ வைப் பயன்படுத்துகிறோம். குறுக்கலைக்குகாட்டியவாறு,அடுத்தடுத்த இரு முகடுகளுக்கு இடைப்பட்டதொலைவு (அ) அடுத்தடுத்த இரு அகடுகளுக்கு இடைப்பட்டதொலைவுஒருஅலைநீளமாகும். நெட்டலைக்குஅடுத்தடுத்த இரு இறுக்கங்கள் அல்லதுதளர்ச்சிகளுக்கு இடைப்பட்டதொலைவுஒருஅலைநீளமாகும். அலைநீளத்தின் SIஅலகுமீட்டர்.

அதர்வெண், அதிர்வு நேரம் அகியவற்றை அறிந்துகொள்ளகாட்டிய அலையைக் (3 அலை நீளங்களை உடையது) கருதுவோம். நேரம் $t = 0$ ல் அலை இடதுபுறமிருந்து A புள்ளியை அடைகிறது.
நேரம் $t = 1s$ இல் Aயைகடக்கும் அலைகளின் எண்ணிக்கை இரண்டு ஆகும். எனவே அதிர்வெண் என்பது1 வினாடியில் கடக்கும் அலைகளின் எண்ணிக்கை" என வரையறுக்கப்படுகிறது. அதன் அலகுஹெர்ட்ஸ், குறியீடுHz.

இந்தஉதாரணத்தில்

$$f = 2\ \text{Hz}$$

இரு அலைகள் A புள்ளியை கடந்து செல்ல ஆகும் நேரம் ஒரு வினாடி (நேரம்) எனில் ஒரு அலை A புள்ளியைகடக்க ஆகும் நேரம் அலை வினாடியாகும். இதுவே ஒரு அலைவு நேரம் (T) ஆகும்.

$$T = \frac{1}{2} = 0.5\,s$$

அதிர்வெண்ணும் அலை நீளமும் எதிர்தகவில் இருக்கும் எனஅறியலாம்.

$$T = \frac{1}{f}$$

அலைவுநேரம் (T) என்பது, ஒருபுள்ளி வழியாக ஒரு அலைகடக்க ஆகும் நேரம் ஆகும்.

குறிப்பு:

1. ஓரலகு நேரத்தில் சுழற்சிகளின் (சுற்றுக்களின்) எண்ணிக்கை கோண அதிர்வெண் எனப்படும்.
   கோண அதிர்வெண் $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ (அலகுரேடியன் /வினாடி)

2. ஓரலகுநீளத்தில் சுழற்சிகளின் எண்ணிக்கைஅல்லதுஓரலகுநீளத்தில் அலைகளின் எண்ணிக்கைஅலைஎண் எனப்படும்.

   அலைஎண் $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ (அலகுரேடியன் /மீட்டர்)

   திசைவேகம் v,கோணஅதிர்வெண் ωமற்றும் அலைஎண் kஆகியவற்றிற்கு இடையேயானதொடர்பு

   திசைவேகம் $v = \lambda f = \frac{\lambda}{2\pi}(2\pi f) = \frac{(2\pi f)}{2\pi/\lambda} = f\lambda$

அலையின் வீச்சு(Amplitude of the wave):

அலைகள் அனைத்தும் சமஅலைநீளம்,சமஅதிர்வெண் மற்றும் சமஅலைவுநேரம் கொண்டுசமதிசைவேகத்தில் செல்கின்றன இந்தஅலைகளுக்கிடைப்பட்டஒரேவேறுபாடுஅகடுஅல்லதுமுகடுகளின்உரயங்கள். இதிலிருந்துநாம் உணர்வதுஅகடுஅல்லதுமுகடின் உயரமும் அலையின் பண்பைநிர்ணயிப்பதில் முக்கியபங்குவகிக்கிறது. எனவே,வீச்சுஎன்றஒரு இயற்பியல் அளவினைஅலைகளுக்குவரையறுக்கவேண்டியுள்ளது. அலையின் வீச்சைகுறிப்புஅச்சைப் பொறுத்துஊடகத்தின் பெரும இடப்பெயர்ச்சிஎனவரையறுக்கலாம் (உதாரணமாக இந்தநேர்வில் x அச்சு) இங்குஅதுAஎனக் குறிக்கப்படுகிறது.

வெவ்வேறுஊடகங்களில் அலையின் திசைவேகம்:

நீண்டதண்டவாளத்தில் சுத்தியலால் அடிக்கும் போது,சற்றுதொலைவில் தண்டவாளத்தில் காதுவைத்துகேட்டுகும்போது இரு ஒலிகள் (ஒரேகணத்தில் அல்ல) கேட்கும். தண்டவாளத்தின் வழியாக (திண்மஊடகம்) கேட்கும் ஒலிமுன்பாகவும்,காற்றின் வழியேகேட்கும் அதேஒலிசற்றுதாமதமாகவும் கேட்கும். எனவே,வெவ்வேறுஊடகங்களில் ஒலியின் திசைவேகம் ஒன்றல்ல.

இந்தபகுதியில்,அலைகளின் திசைவேகத்தை இரு வேறுநிலைகளில் வருவிருப்போம்.

1. நீட்டப்பட்டகம்பியில் ஏற்படும் குறுக்கலைகளின் திசைவேகம்.
2. மீட்சித்தன்மைகொண்டஊடகத்தில் நெட்டலைகளின் திசைவேகம்

நீட்டப்பட்டகம்பியில் ஏற்படும் குறுக்கலையின் திசைவேகம்:

கம்பிஒன்றில் இயங்கும் குறுக்கலையின் திசைவேகத்தைகணக்கிடுவோம். கம்பியின் இடதுமுனையைமேல்நோக்கிசொடுக்கினால்,அந்தத்துடிப்புவலதுமுனைநோக்கிvஎன்றதிசைவேகத்தில் நகரும் இதற்குப் பொருள் ஒய்வுநிலையில் உள்ளகுறிப்பாயத்தில் உள்ளபார்வையாளரைப் பொருத்துநகர்கிறது.

கம்பியில் ஒருஅடிப்படைப் பகுதியைக் கருதுவோம். கம்பியில் A,Bஎன்றபுள்ளிகளை இக்கணத்தில் கருதுவோம்,dl, dmஎன்பதுகம்பியின் சிறுபகுதிநீளம் மற்றும் நிறைஎன்போம். வரையறையின்படிநீள் நிறைஅடர்த்தி(μ) ஆனதுபின்வருமாறுஎழுதப்படுகிறது.

$$\mu = \frac{dm}{dl}$$
$$dm = \mu dl$$

அடிப்படைபகுதிABஆனதுவட்டத்தின் ஒருபகுதிபோல்,O வை மையமாககொண்டுRஆரத்துடன் வளைந்துகோணம் θ வை வளைகோடுமையம் Oவில் ஏற்படுத்துகிறது.θவை வளைகோடுAB ன் நீளம் dlமற்றும் ஆரம் Rயைப் பயன்படுத்திபின்வருமாறுஎழுதலாம்.

$$\theta = \frac{dl}{R}$$

கம்பியின் இழுவிசைதரும் மையநோக்குமுடுக்கம் (எண் மதிப்பு)

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R}$$

மையநோக்குவிசை

$$F_{cp} = \frac{(dm)v^2}{R}$$

இந்தக் கம்பியின் சிறுபகுதி(elemental string)உணரும் மையநோக்குவிசையைபிரதியிடுவதன் மூலம் கணக்கிடலாம்.

$$\frac{(dm)v^2}{R} = \frac{\mu v^2 dl}{R}$$

இழுவிசைTஆனது,கம்பியின் சிறுபகுதிநீளம் ABயின் தொடுகோட்டின் வழியேசெயல்படுகிறது. வளைகோடுABயின் நீளம் மிகச்சிறியது. எனவே இழுவிசைTயில் ஏற்படும் மாறுபாடுபுறக்கணிக்கத்தக்கது.

இழுவிசைTயைகிடைமட்டக்கூறு $T\cos\left(\frac{\theta}{2}\right)$ மற்றும் செங்குத்துக்கூறு $T\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$என இரு கூறுகளாகப் பகுக்கலாம். A, Bயில் கிடைமட்டக் கூறுகள் சமஎண்மதிப்பில் எதிர்திசையில் செயல்படுகின்றன. எனவே,அவைஒன்றைஒன்றுசமன் செய்கின்றன. நீளம் Abயைமிகச்சிறியதாககருதுவதால்,செங்குத்துக்கூறுகள் A, Bயில் செங்குத்துதிசையில் வளைவின் மையம் நோக்கி இருப்பதால் அவற்றைக் கூட்டவேண்டும். தொகுபயன் ஆர விசைF_rஆனது

$$F_r = 2T\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

கம்பியின் நீளத்துடன் ஒப்பிட,அலையின் வீச்சுமிகச்சிறியது. எனவே,சிறியகோணத்தின் சைன் மதிப்பைத் தோராயமாக $\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \approx \frac{\theta}{2}$ எனக் குறிக்கலாம்.

$$F_r = 2T \times \left(\frac{\theta}{2}\right) = T\theta$$

ஆனால், $\theta = \frac{dl}{R}$ எனவேநாம் பெறுவது

$$F_r = T\frac{dl}{R}$$

நியூட்டனின் இரண்டாவதுவிதியைகம்பியின் சிறுபகுதிநீளத்திற்கு ஆர வழியேசெயல்படுத்த,சமநிலையில் விசையின் ஆரத்திசை கூறு (radial),மையநோக்குவிசைக்குசமமாகும்.

$$T\frac{dl}{R} = \mu v^2 \frac{dl}{R}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

காட்சிப்பதிவுகள்:

கம்பியில் ஏற்படும் அலையின் திசைவேகம்

1. இழுவிசையின் இருமடி மூலத்திற்குநேர்த்தகவிலும்
2. நீள் நிறைஅடர்த்தி(Linear mass) யின் இருமடி மூலத்திற்குஎதிர்த்தகவிலும்
3. அலைவடிவத்தைச் சாராமலும் அமையும்

மீட்சித்தன்மைகொண்டஊடகத்தில் நெட்டலையின் திசைவேகம்:

நீண்டஉருளைவடிவக் குழாயில் குறுக்குவெட்டுப்பரப்புA,நிலையானநிறைகொண்டமீட்சித்தன்மைஊடகம் (இங்குகாற்றைக் கருதுக) P அழுத்தத்தில் உள்ளதுஎன்க. இந்தக் குழாயில் நெட்டலைகளைஓர் இசைக்கவையைஅதிரவைத்தோ,பிஸ்டன் ஒன்றைக் கொண்டுகாற்றைஅழுத்தியோஏற்படுத்தலாம். உருளையின் அச்சுக்கு இணையாகஅலைமுன்னேறுவதாகக் கொள்க. ஆரம்பத்தில் ஓய்வில் உள்ளஊடகத்தின் அடர்த்திρஎன்க. t = 0 நேரத்தில் பிஸ்டன் இடதுமுனையிலிருந்து,uதிசைவேகத்துடன் வலதுமுனைநோக்கிநகர்கிறது.

vஎன்பதுமீட்சிஅலையின் திசைவேகம் uமற்றும் பிஸ்டனின் திசைவேகம் என்க. நேர இடைவெளியில் பிஸ்டன் நகரும் தூரம் $\Delta d = u\Delta t$மீட்சித் தன்மைகொண்டமாறுபாடுநகர்ந்ததொலைவு$\Delta x = v\,\Delta t$.

Δtநேர இடைவெளியில் vதிசைவேகத்தைஅடைந்தகாற்றின் நிறைΔmஎன்க.

$$\Delta m = \rho A \,\Delta x = \rho A\,(v\,\Delta t)$$

பிஸ்டன் uஎன்றதிசைவேகத்தில் இயங்குவதால் ஏற்படும் உந்தம்

$$\Delta p = [\rho A\,(v\,\Delta t)\,]u$$

கணத்தாக்குஎன்பதுஉந்தமாறுபாடுஎன்பதால்,

நிகரகணத்தாக்கு

$$I = (\Delta P A)\,\Delta t$$

அல்லது$(\Delta PA)\,\Delta t = [\rho A(v\Delta t)]u$

$$\Delta p = \rho v u$$

காற்றின் வழியாக,ஒலிஅலைசெல்லும்போது,சிறியபருமன் உடையகாற்றுப்பகுதி,தொடர்ந்து இறுக்கங்களுக்கும்,தளர்ச்சிகளுக்கும் உட்படுகிறது.

$$\Delta P = B\frac{\Delta V}{V}$$

இங்கு,Vஎன்பதுகாற்றின் தொடக்கபருமன் மற்றும் Kஎன்பதுமீட்சிஊடகத்தின் பருமக்குணகம் (Bulk modulus).

ஆனால் $V = \Delta x = A\,v\,\Delta t$

மேலும் $\Delta V = A\,\Delta d = Au\,\Delta t$

எனவே

$$\Delta P = B\frac{Au\Delta t}{Av\Delta t} = B\frac{u}{v}$$

ஒப்பிடகிடைப்பது

$$\rho v u = K\frac{u}{v} \text{ அல்லது } v^2 = \frac{K}{p}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{K}{p}}$$

பொதுவாக,மீட்சிஊடகத்தில் நெட்டலையின் திசைவேகம் $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

இங்கு,Eஊடகத்தின் மீட்சிக்குணகம் (Modulus of elasticity).

நேர்வுகள்:திண்மத்திற்கு

1. ஒருபரிமாணதண்டு(1 dimensional rod):

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

இங்கு,Yஎன்பதுதண்டுச் செய்யப்பட்டபொருளின் யங்குணகம்,ρதண்டின் அடர்த்தி. ஒருபரிமாணதண்டுயங் குணகத்தைமட்டுமேபெற்றிருக்கும்.

2. முப்பரிமாணதண்டு(3 dimensional rod):

திண்மம் ஒன்றின் வழியேநெட்டலையின் வேகம்

$$v = \sqrt{\frac{B + \frac{4}{3}\eta}{\rho}}$$

இங்கு,µவிறைப்புக்குணகம்,Bபருமக் குணகம் மற்றும் தண்டின் அடர்த்தி.

நேர்வுகள்:திரவத்திற்கு:

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

இங்குK,பருமக் குணகம் மற்றும் ρ திரவத்தின் அடர்த்தி. பருமக் குணகம் Bஅல்லதுkஎன்றஎழுத்தால் குறிப்பிடலாம்.

குறுக்கலை,நெட்டலைகளின் திசைவேகம் மீட்சிப் பண்புகளைப் பொருத்தம் (கம்பியின் இழுவிசைT,பருமக்குணகம் Bபோன்றவை) மற்றும் நிலைமப் பண்புகளையும் (அடர்த்திஅல்லதுஓரலகுநீளத்திற்கானநிறை)

வெவ்வேறுஊடகங்களில் ஒலியின் வேகம்

வ.எண்	**ஊடகம்**	**வேகம்** m s^{-1}
	திண்மம்	
1	இரப்பர்	1600
2	தங்கம்	3240
3	பித்தளை	4700
4	தாமிரம்	5010
5	இரும்பு	5950
6	அலுமினியம்	6420
	திரவங்கள் (25˚C இல்)	
1	மண்ணெண்ணெய்	1324
2	பாதரசம்	1450
3	நீர்	1493
4	கடல் நீர்	1533

வாயு(0˚C இல்)		
1	ஆக்ஸிஜன்	317
2	காற்று	331
3	ஹீலியம்	972
4	ஹைட்ரஜன்	1286
வாயு (20˚C இல்)		
1	காற்று	343

ஒலிஅலையின் பரவல்:
ஒலிஅலையானதுநெட்டலையாகும்.அதுபரவும் ஊடகத்தில் இறுக்கங்களும்,தளர்ச்சிகளும் எற்படும். கீழ்க்கண்டபாடப்பகுதியில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகத்தைநியூட்டனின் முறையில் அளவிடலாம். பின்னர் அதன் மீதானலாப்லஸ் திருத்தத்தையும் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகத்தைபாதிக்கும் காரணிகளையும் விவாதிக்கலாம்.

காற்றில் ஒலியின் திசைவேகத்திற்கானநியூட்டனின் சமன்பாடு:

காற்றில் ஒலிபரவும் போதுஏற்படும் இறுக்கங்களும். தளர்ச்சிகளும் மிகமெதுவாகநடைபெறுகிறது. எனவே இந்தநிகழ்வைவெப்பநிலைமாறாநிகழ்வாகநியூட்டன் கருதினார். அதாவது இறுக்கத்தினால் (அழுத்தம் அதிகரிக்கிறது,பருமன் குறைகிறது) ஏற்படும் வெப்பம் மற்றும் நெகிழ்வினால் ஏற்படும் வெப்ப இழப்பு (அழுத்தம் குறையும்,பருமன் அதிகரிக்கும்) மெதுவாகநிகழ்வதால் வெப்பநிலைமாறாமல் இருப்பதாகநியூட்டன் கருதினார். எனவேகாற்று மூலக்கூறுகளைஒருநல்லியல்புவாயுவாககருதினால்,அழுத்த,பருமமாறுபாடுகள் பாயில் விதிக்குகட்டுப்படுகின்றன. கணிதப்படி,

$$PV = \text{மாறிலி}$$

யைவகைப்படுத்த,

$$PdV + VdP = 0$$

அல்லது $P = -V\dfrac{dP}{dV} = K_I$

இங்குK_Iகாற்றின் வெப்பநிலைமாறாபருமக்குணகம்,பிரதியிட,காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம்

$$v_T = \sqrt{\frac{B_T}{\rho}} = \sqrt{\frac{P}{\rho}}$$

P என்பதுகாற்றின் அழுத்தம்,NTP (இயல்புவெப்பநிலைமற்றும் அழுத்தம்) இல் P இன் மதிப்பு76செ.மீபாதரசஅழுத்தமாகும்.
எனவே,

$$P = h\rho g$$
$$P = 0.76 \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8)\ N\ m^{-2}$$
$$\rho = 1.293\ kg\ m^{-3}$$

காற்றில் ஒலியின் வேகம் (NTP)யில்

$$v_T = \sqrt{\frac{(0.76 \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8)}{1.293}}$$

$= 279.80\ m\ s^{-1} \approx 280\ ms^{-1}$(கணக்கீட்டு மதிப்பு)
ஆனால்,ஆய்வு மூலமாக0˚C யில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் 332 ms^{-1}எனஅளக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தமதிப்பு,கணக்கீட்டுமதிப்பைவிட16%அதிகம்.

சதவீதப் பிழை $\dfrac{(332-280)}{332} \times 100\% = 15.6\%$. இதுகுறைவானபிழைஅல்ல

லாப்லஸ் திருத்தம் (Laplace Correction):

1816 ல் லாப்லஸ்,மேலேகுறிப்பிட்டகுறைபாட்டை,"ஒலிஓர் ஊடகத்தில் பரவும்போதுதுகள்கள் மிகவிரைவாகஅலைவுறுவதால் இறுக்கங்களும்,தளர்ச்சிகளும் மிகவேகமாகஏற்படும்" எனக் கருத்தில் கொண்டுசரிசெய்தார். இறுக்கத்தினால் ஊடகத்திற்குகொடுக்கப்படும் அதிகவெப்பமும்,தளர்ச்சி மூலம் ஏற்படும் குளிர்ச்சிவிளைவும் சுற்றுப் புறத்துடன் சமன் செய்யப்படாது. ஏன் எனில் காற்று (ஊடகம்) ஓர் அரிதிற்கடத்தியாகும். வெப்பநிலைமாறாதுஎனக் கருதமுடியாததால், இது ஒருவெப்பபரிமாற்றமில்லாநிகழ்வுஆகும். வெப்பபரிமாற்றமில்லாவிளைவுஎனக் கருதுவதால்,வாயுபாய்சன் விதியைபின்பற்றுகிறது (நியூட்டன் கருதியதுபோல் பாயில் விதிஅல்ல). எனவே,

$$PV^{\gamma} = \text{மாறிலி}$$

இங்கு $\gamma = \dfrac{C_P}{C_v}$,

C_P –அழுத்தம் மாறாமோலார் தன் வெப்பஏற்புத்திறன்

C_V–பருமன் மாறாமோலார் தன் வெப்பஏற்புத்திறன்

வகைப்படுத்த,

$$V^{\gamma}\, dP + P(\gamma V^{\gamma-1}\, dV) = 0$$

$$\text{அல்லது}\ \gamma P = -V\frac{dP}{dV} = B_A$$

இங்குK_Aகாற்றின் வெப்பமாற்றீடற்றவிளைவில் பருமக் குணகம்.

பொருத்தகாற்றில் ஒலியின் திசைவேகம்

$$v_A = \sqrt{\frac{B_A}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \sqrt{\gamma v_T}$$

காற்றில் முக்கியமாகநைட்ரஜன்,ஆக்சிஜன்,ஹைட்ரஜன் மற்றும் பிற (இரட்டைஅணு மூலக்கூறு வாயு) இருப்பதால், $\gamma = 1.4$. எனவே,காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் $vA = \left(\sqrt{1.4}\right)(280ms^{-1}) = 331.30ms^{-1}$ இது ஆய்வுமுடிவுமதிப்பிற்குமிக இறுக்கமாகஉள்ளது.

வாயுவில் ஒலியின் திசைவேகத்தைபாதிக்கும் காரணிகள்

நல்லியல்புவாயுஒன்றைக் கருதுக. அதன் சமன்பாடு

$$PV = \mu R\, T$$

இங்குP - அழுத்தம்,V - பருமன்,T - வெப்பநிலை,μ - மோல்களின் எண்ணிக்கை,R– பொதுவாயுமாறிலி,கொடுக்கப்பட்டநிறைகொண்ட மூலக்கூறுக்குகீழ்க்கண்டவாறுஎழுதலாம்.

$$\frac{PV}{T} = \text{மாறிலி}$$

நிறைm யை,மாறிலியாகவைத்தால்,வாயுவின் அடர்த்தியானது,பருமனுக்கு எதிர்தகவில் மாறும்

$$\rho \propto \frac{1}{v}\ V = \frac{m}{\rho}$$

பொருந்தினால்,கிடைப்பது

$$\frac{P}{\rho} = cT$$

இங்குc ஒருமாறிலி.

கொடுக்கப்பட்டகாற்றில் ஒலியின் திசைவேகத்தைகீழ்க்காணுமாறுஎழுதலாம்.

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \sqrt{\gamma c T}$$

மேற்கண்டசமன்பாட்டிலிருந்துநாம் அறிவது,

அழுத்தத்தின் விளைவு:
ஒருநிலையானவெப்பநிலையில்,அழுத்தம் மாறுபடும்போது,அடர்த்தியும் நேர்விகிதத்தில் மாறுகிறது. அதாவது $\left(\frac{P}{\rho}\right)$நிலையாகஅமைகிறது. இதன் பொருள் நிலையானவெப்பநிலையில்,ஒலியின் திசைவேகம் அழுத்தத்தைசாராதது. ஒருமலையின் மேலும்,கீழும் வெப்பநிலைசமமாக இருந்தால்,ஒலியின் திசைவேகம் மாறாமல் இருக்கும். ஆனால் நடைமுறையில் மலையின் மேலும் கீழும் வெப்பநிலைசமமாக இருக்காது. எனவே,ஒலியின் திசைவேகமும் மாறுபட்டிருக்கும்.

$$\because v \propto \sqrt{T}$$

வெப்பநிலையின் விளைவு:

ஒலியின் திசைவேகம்,வெப்பநிலையின் (கெல்வின் மதிப்பு) இருமடி மூலத்திற்குநேர்தகவில் மாறுகிறது.

v_0என்பது0˚C அல்லது273 K இல் ஒலியின் திசைவேகம் vஎன்பதுஏதேனும் ஒருவெப்பநிலைT இல் ஒலியின் திசைவேகம் எனவும் கொண்டால்,

$$\frac{v}{v_0} = \sqrt{\frac{T}{273}} = \sqrt{\frac{273+t}{273}}$$

$$v = v_0\sqrt{1+\frac{t}{273}} \cong v_0\left(1+\frac{t}{546}\right)$$

(ஈருறுப்புவிரிவைபயன்படுத்தி)

0˚C ல் ஒலியின் திசைவேகம் $v_0 = 331\ ms^{-1}$என்பதால்,ஏதேனும் ஒருவெப்பநிலைt˚Cயில்

$$v = (331 + 0.60t)\ ms^{-1}$$

ஒவ்வொரு1˚Cவெப்பநிலைஉயர்வுக்கும் ஒலியின் திசைவேகம் 0.61 ms^{-1}அதிகரிக்கிறது.

குறிப்பு: வெப்பநிலைஅதிகரிக்கும் போது மூலக்கூறுகள் அக ஆற்றல் அதிகரிப்பால் வேகமாகஅதிர்வுறும். எனவேதிசைவேகம் அதிகரிக்கிறது.

அடர்த்தியின் விளைவு:

சமவெப்பநிலை,அழுத்தத்தில் உள்ளஒருவாயுக்களைகருதுக. அவற்றின் அடர்த்திமட்டும் வெவ்வேறுஎன்க. அந்தஒருவாயுக்களின் வழியேஒலியின் திசைவேகங்கள் முறையே,

$$v_1 = \sqrt{\frac{\gamma_1 P}{\rho_1}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{\gamma_2 P}{\rho_2}}$$

வகுக்க

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{\frac{\gamma_1 P}{\rho_1}}}{\sqrt{\frac{\gamma_2 P}{\rho_2}}} = \sqrt{\frac{\gamma_1 \rho_2}{\gamma_2 \rho_1}}$$

மதிப்புசமமானவாயுக்களுக்கு,

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}$$

எனவே,வாயுஒன்றின் வழியேஒலியின் திசைவேகம் அடர்த்தியின் இருமடி மூலத்திற்குஎதிர்த்தகவில் அமைகிறது.

ஈரப்பதத்தின் விளைவு(humidity):

ஈரப்பதம் உள்ளகாற்றின் அடர்த்திஉலர்ந்தகாற்றின் அடர்த்தியைப்போல் 0.625 மடங்குஆகும். அதாவதுஈரப்பதம்,காற்றின் அடர்த்தியைகுறைத்துவிடுகிறது. எனவே,ஈரப்பதம் உள்ளகாற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் அதிகரிக்கிறது.

ρ_1, v_1, மற்றும் ρ_2, v_2, என்பவைமுறையேஉலர்ந்தகாற்று,ஈரப்பதம் உள்ளகாற்றின் அடர்த்திமற்றும் ஒலியின் திசைவேகம் என்க.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{\frac{\gamma_1 P}{\rho_1}}}{\sqrt{\frac{\gamma_2 P}{\rho_2}}} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} \qquad (\gamma_1 = r_2 \text{ எனில்})$$

P என்பதுவளிமண்டலஅழுத்தமாதலால் கீழ்க்கண்டவாறுஎழுதலாம்.

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{P}{p_1 + 0.625\, p_2}$$

இங்கு,p_1, p_2, முறையேஉலர்ந்தகாற்றுமற்றும் நீராவியின் பகுதிஅழுத்தங்கள்.

$$v_1 = v_2 \sqrt{\frac{P}{p_1 = 0.625\, p_2}}$$

காற்றின் விளைவு:

காற்றுவீசுவதாலும் ஒலியின் திசைவேகம் மாறும். காற்றின் திசையில் ஒலிசெல்லும்போதுஅதன் திசைவேகம் அதிகரிக்கிறது. காற்றிற்குஎதிர்த்திசையில் ஒலியின் திசைவேகம் குறைகிறது.

ஒலிஅலைகளின் எதிரொலிப்பு:

ஒலிஅலைகள் ஒருஊடகத்திலிருந்துமற்றொருஊடகத்திற்குச் செல்லும்போது,கீழ்க்கண்டநிகழ்வுகள் ஏற்படும்.

1. **ஒலியின் எதிரொலிப்பு:** இரண்டாவதுஊடகம் மிகுந்தஅடர்த்தியுடையதாக (உறுதியானதாக) இருந்தால்,ஒலியானதுமுழுவதுமாகமுதல் ஊடகத்திற்குள்ளேயே (மீண்டுஎழுகிறது) எதிரொலிப்புஅடைகிறது.

2. **ஒலியின் விலகல்:**ஒலிஒருஊடகத்திலிருந்துமற்றொருஊடகத்திற்குசெல்லும்போது (இரண்டாவதுஊடகம் முதல் ஊடகத்தைவிடஅடர்த்திஅதிகமாகஉள்ளபோது) அதன் ஆற்றல் இரண்டாவதுஊடகத்தால் உட்கவரப்படுவதால்,ஆற்றல் இழப்புஏற்படுகிறது.

இந்தப் பாடப்பகுதியில் ஒலியின் எதிரொலிப்பைமட்டும் கருதுவோம். ஒளியைப் போல்,ஒலியும் எதிரொலிப்புவிதிகளுக்குஉட்படும். அவ்விதிகள்

1. ஒலியின் படுகோணம்,எதிரொலிப்புகோணத்திற்குச் சமம்
2. ஓர் பரப்பால் ஒலிஅலைஎதிரொலிக்கப்படும்போதுபடுபுள்ளியில் படுஅலை,எதிரொலிப்புஅலைமற்றும் குத்துக்கோடுஆகியவைஒரேதளத்தில் அமையும்.

ஆடி ஒன்றால் ஒளிஎதிரொளிக்கப்படுவதுபோல்,ஒலியும் ஓர் கடினமான,சமதளபரப்பில் எதிரொலிக்கப்படுவதுபளிங்கு(Specular)எதிரொலிப்புஎனப்படுகிறது. இதுஒலியின் அலைநீளம்,எதிரொலிப்புபரப்பைவிடபரப்பின் மேடு,பள்ளத்தைவிடசிறியதாக இருக்கும் போதுஏற்படுகிறது.

சமதளபரப்புகளில் ஒலியின் எதிரொலிப்பு:

ஒலிஅலைகள்,சமதளசுவர் மீதுமோதும்போது, (ஒளிஅலைகள் போலவே) அந்தசுவற்றிலிருந்துமீண்டெழுகின்றன(bounces off) ஒலிப்பான் ஒன்றுசுவற்றிற்குசாய்வாகஒருகுறிப்பிட்டகோணத்தில் வைக்கப்பட்டால், மூலத்திலிருந்து (ஒலிப்பான்) வரும் ஒலி (புள்ளிஒலி மூலம் எனக்கருதுக) யைகோளஅலைமுகப்பாககருதலாம். எனவே,சுவரால் எதிரொலிக்கப்படும் அலைமுகப்பும் கோளகஅலைமுகப்பாகவேஅமையும். அதனுடையவளைவுமையத்தை (இது சமதளபரப்பின் மறுபுறம் அமைந்திருக்கும்) ஒலி மூலத்தின் பிம்பமாககருதலாம் (மாய அல்லதுகற்பனைஒலிப்பான்) மேலும் இது தளத்தின் பின்புறம் அமைந்துள்ளதுஎனவும் கருதலாம்.

வளைவுபரப்புகளில் ஒலியின் எதிரொலிப்பு:

ஒலியின் பண்புஎதிரொலிக்கப்பட்டபரப்பையும் பொருத்தது. குழி, குவி மற்றும் சமதளபரப்புகளால் எதிரொலிக்கப்பட்டஒலிஅலைகளின் பண்புகள் வெவ்வேறாகஉள்ளன. குவி பரப்பால் எதிரொலிக்கப்பட்டஒலிவிரிந்துசெல்வதால்,அதன் வலிமை (ஆற்றல்) குறைந்துவிடுகிறது.

அதேசமயம் குழி பரப்பால் எதிரொலிக்கப்பட்டஅலைஒருபுள்ளியில் குவிக்கப்படுவதால் எளிதாகபெருக்கமடையும் (வலிமை,ஆற்றல் அதிகரிக்கிறது). பரவளையஎதிரொலிப்பான்கள் (வளைவுஎதிரொலிப்பான்) ஒலிஅலைகளைகுறிப்பிட்டபுள்ளியில் குவிப்பதற்காகவடிவமைக்கப்படுகின்றன. இவை,அதிகதிசைபண்புடையநுண்ணியஒலிப்பான்களை(microphones) வடிவமைக்கப் பயன்படுகின்றன.

எந்தஒருபரப்பும் (வழுவழுப்பானதுஅல்லதுசொரசொரப்பானது) ஒலியைஉட்கவரும் எனநாம் அறிவோம். எடுத்துக்காட்டாகபெரியஅறைகள் அல்லதுகலையரங்கங்கள் அல்லதுதிரையரங்குகள் ஆகியவற்றில் ஏற்படுத்தப்படும் ஒலிஅதன் சுவர்கள்,மேற்கூரைகள், தரை மற்றும் இருக்கைகளால் பெரிதும் உட்கவரப்படுகிறது. இந்த இழப்பைதடுக்க,வளைவுஒலிபரப்புகள் (குழி பரப்புகள்) ஒலிப்பான் முன்பாகஅமைக்கப்படுகின்றன. இவை ஒலிப்பானிலிருந்துவரும் ஒலியைகேட்போர் கூட்டம் (audience) நோக்கிஎதிரொலிக்கின்றன. இந்தமுறைஎல்லாதிசைகளிலும் ஒலிபரவுவதைக் குறைத்து,அரங்கம் முழுவதும் சீராகஒலிபரவுவதைமேம்படுத்துகிறது. எனவேதான் அரங்கத்தில் எந்தப் பகுதியில் அமர்ந்திருப்பவருக்கும் ஒலியானதுஎந்தவிததடையுமின்றிசென்றடைகிறது.

ஒலிஎதிரொலிப்பின் பயன்கள்:

இதயத்துடிப்புமானி: இது ஒலியின் பன்மடங்கானஎதிரொலிப்பின் தத்துவத்தில் இயங்குகிறது.

இது மூன்றுபகுதிகளைகொண்டது.

1. இதயத்தின் மீதுவைக்கும் பகுதி
2. காதில் வைக்கும் பகுதி
3. ரப்பர் குழாய்

1. **இதயத்தின் மீதுவைக்கும் பகுதி:** இது சிறியதட்டுவடிவிலானஒத்ததிர்வுச் சவ்வு. இது ஒலியைமிகநுண்ணியமாகஉணரும். மேலும் உணர்ந்தஒலியைபெருக்கும்.

2. **காதில் வைக்கும் பகுதி:** இது உலோகக் குழாய்களால் ஆனது. இது இதயத்திலிருந்துஉணர்ந்தஒலியைகேட்கப் பயன்படுகிறது.

3. **ரப்பர் குழாய்:** இது இதயம் மீதுவைக்கும் பகுதியையும் காதில் வைக்கும் பகுதியையும் இணைக்கிறது. இதயம் மீதுவைக்கும் பகுதியின் சவ்வுஉணர்ந்தஒலியைகாதில் வைக்கும் பகுதிக்குஎடுத்துச் செல்கிறது. நுரையீரலின் சத்தம் அல்லது இதயத்தின் துடிப்புஅல்லதுஉடல் உள் உறுப்புகள் ஏற்படுத்தும் ஒலியைஉணர்ந்து,அதைகாதில் வைக்கும் பகுதிக்குரப்பர் குழாயில் ஏற்படும் பன்மடங்குஎதிரொலிப்பு மூலம் எடுத்துச் செல்கிறது.

4. **எதிரொலி:**சுவர் அல்லதுமலைஅல்லதுஎந்தவொருஒலித்தடைபரப்பினாலும் ஒலிஎதிரொலிக்கப்பட்டு,மீண்டும் மீண்டும் கேட்கப்படும் ஒலிஎதிரொலிஎனப்படும். $20^{\circ}C$ யில் காற்றில் ஒலியின் வேகம் 344 ms^{-1}. 344 m தொலைவிலுள்ளசுவற்றினைநோக்கிநாம்

சப்தம் செய்தால் அது 1 விநாடியில் சுவற்றைஅடையும். சுவற்றில் எதிரொலித்தபிறகு,மேலும் 1 வினாடிகழித்துஅந்தஒலிநம்மைஅடையும். எனவே, இருவினாடிகள் கழித்துஎதிரொலியைகேட்போம்.

அறிவியல் அறிஞர்களின் கணக்கீட்டின் படி,நாம் இரு ஒலிஅலைகளை,தெளிவாககேட்கக்கூடியமிகக் குறைந்த நேர இடைவெளி (மனிதசெவியின் தொடர் கேட்கும் திறன்) ஒருவிநாடியின் $\frac{1}{10}$ பகுதிஅதாவது0.1sஆகும்.

$$\text{திசைவேகம்} = \frac{\text{கடந்த தூரம்}}{\text{எடுத்து கொண்ட நேரம்}} = \frac{2d}{t}$$

2d = 344 0.1 = 34.4 m

d = 17.2 m

20˚C-யில் எதிரொலிகேட்க,எதிரொலி(echo)கேட்க,எதிரொலிக்கும் சுவர் (பரப்பு) அமையவேண்டியகுறைந்தபட்சத் தொலைவு17.2 m.

சோனார் (SONAR) : Sound Navigation and Ranging ஒலிஎதிரொலிப்பு மூலம் கடலினுள் தேடுதல் மற்றும் கண்டுபிடித்தல் கருவி.
சோனார் கருவிஒலியின் எதிரொலிப்பைப் பயன்படுத்திநீரினுள் உள்ளபொருளின் நிலைஅல்லது இயக்கத்தைஉணரப் பயன்படுகிறது. இதேமுறையில் தான் டால்பின்களும்,வவ்வால்களும் இருளில் கூட தாங்கள் செல்லவேண்டியவழியைதேர்ந்தெடுக்கின்றன.

எதிர் முழக்கம் (Reverberation):மூடியஅறைஒன்றினுள் ஒலிதொடர்ந்துசுவர்களினால் எதிரொலிக்கப்படும் போது,ஒலிமூலம் ஒலிஏற்படுத்துவதைநிறுத்தியபிறகும்,ஒலிகேட்கப்படும். இவ்வாறுஓர் அறையில் ஒலிமீதி(Reverberation) இருக்கும் நிகழ்வுஎதிர் முழக்கம் எனப்படும். ஒலி மூலம் ஒலிஏற்படுத்துவதைநிறுத்தியபிறகுஒலிகேட்கும் நேரம் "எதிர் முழக்க நேரம்'(Reverberation time) எனப்படும். எதிர் முழக்க நேரம் கூடத்தில் ஒலியின் தனியியல்பைப் பாதிக்கும். எனவே,அரங்கங்கள் உகந்தஅளவுஎதிர் முழுக்க நேரம் அமையுமாறுஅமைக்கப்படுகிறது.

குறிப்பு:
ஒலிஅலைகளின் வகைகள்:ஒலிஅலையின் அதிர்வெண் அடிப்படையில் ஒலிஅலைகளை 3 குழுக்களாகப் பிரிக்கலாம்.

1. கேளாஒலி (தாழ் அதிர்வெண் அலைInfrasonic) 20 Hz விடகுறைவானஅதிர்வெண் உடையஒலிஅலைகள் மனிதன் கேட்கமுடியாத (கேளா) ஒலிஎனப்படும். இந்தஅலைகள் நிலநடுக்கத்தின் போதுஏற்படும். பாம்புகள் இந்தஅதிர்வெண் உடையஒலிகளைகேட்கக்கூடியவை.

2. செவியுணர் ஒலி(Audible Waves):
20 Hzமுதல் 20 kHz (20,000 Hz)வரைஅதிர்வெண் உடையஒலிஅலைகள்மனிதசெவிஉணரும் அலைகள் எனப்படும். மேற்கண்டஅதிர்வெண் நெடுக்கஒலிஅலைகளைமனிதனின் செவியால் உணர இயலும்.

3. **மீயொலி (உயர் அதிர்வெண் ஒலிஅலைUltrasonic)**
20 kHzயைவிடஅதிகஅதிர்வெண் உடையஒலிஅலைகள் மீயொலிஎனப்படும். வவ்வால்கள் (Bats) இந்தஒலியைஏற்படுத்தவும்,கேட்கவும் கூடியவை.

சேணலைவேகம் (Supersonic speed)
ஒலியின் திசைவேகத்தைவிடஅதிகவேகத்தில் இயங்கும் பொருள் சேணலைவேகத்தில் (Supersonic speed) செல்வதாககருதப்படும்.

மாக் எண்
மூலத்தின் திசைவேகத்திற்கும்,ஒலியின் திசைவேகத்திற்கும் இடையேயானதகவேமாக் எண் எனப்படும்.

$$\text{மாக் எண்} = \frac{\text{மூலத்தின் திசைவேகம்}}{\text{ஒலியின் திசைவேகம்}}$$

முன்னேறுஅலைஅல்லது இயங்கும் அலை:

அலைஒன்றுஊடகத்தில் தொடர்ந்துமுன்னேறிச் சென்றால் அந்தஅலைமுன்னேறுஅலைஅல்லது இயங்கும் அலைஎன்றுபெயர்.

முன்னேறுஅலையின் பண்புகள்:

1. ஊடகத் துகள்கள் அதன் சமநிலைப்புள்ளியைமையமாகக் கொண்டுமாறாதவீச்சில் அதிர்வுறுகின்றன.
2. ஒவ்வொருதுகளின் கட்டமும் 0 முதல் 2π வரைமாறுகின்றன.
3. எந்தவொருதுகளும் தொடர்ந்துஓய்வில் இருப்பதில்லை. அலைமுன்னேறும் போதுஒவ்வொருகடைநிலைபுள்ளிகளில் மட்டும் இருமுறைஓய்வுநிலைக்குவருகின்றன.
4. முன்னேறுகுறுக்கலைகள் முகடுகள் அகடுகளாகவும்,முன்னேறுநெட்டலைகள் இறுக்கங்கள்,தளர்ச்சிகளாகவும் பரவுகின்றன.
5. துகள்கள் சமநிலைப்புள்ளியைகடக்கும்போதுசமஅளவுபெருமதிசைவேவகத்தில் செல்கின்றன.
6. $n\lambda$தொலைவில் (n - ஒரு முழு எண்) பிரிக்கப்பட்டதுகள்களின் இடப்பெயர்ச்சி,திசைவேகம்,முடுக்கம் சமமாகும்.

சமதளமுன்னேறுஅலைக்கானசமன்பாடு

t = 0s ல் இழுத்துக் கட்டப்பட்டகம்பியைசட்டென இழுத்துவிடு. கொடுக்கப்பட்டமாறுபாட்டினால் ஏற்பட்டதுடிப்புநேர்க்குறிxதிசையில் நிலையானவேகம் v ல் முன்னேறிச்செல்கிறது.

அலைத்துடிப்பின் வடிவத்தைகணிதமுறையில் t = 0வினாடியில் $y = y\ (x,0) = f(x)$எனகுறிக்கலாம். அலைத்துடிப்பின் வடிவம் அதன் முன்னேறும் பாதையில் மாறாதுஎனக் கருதுவோம். சிறிது நேரம் t க்குபிறகு,வலப்பக்கம் நகர்த்ததுடிப்பைx′எனக் குறிப்போம்

$$y = (x,t) = f(x') = f(x - vt)$$

இதேபோல்,அலைத்துடிப்புநிலையானதிசைவேகம் vயுடன் இடப்பக்கம் இயங்குவதாகக் கருதினால், $y = f(x + vt)$

இருஅலைகள் $y = f(x + vt)$ யும் $y = f(x - vt)$ யும் கீழ்க்கண்டஒருபரிமாணவகைக்கெழுசமன்பாட்டிற்குபொருந்தும்,அதுவேஅலைச் சமன்பாடுஎனப்படுகிறது.

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

இங்குகுறியீடு∂ பகுதி வகைக் கெழுவைக் (Partial derivative) குறிக்கிறது. மேற்கண்டசமன்பாட்டின் அனைத்துதீர்வுகளும் அலைக்குபொருந்தாதுஏனெனில் எந்தஒருஏற்கக்கூடியஅலையும் நிலையானமதிப்புகளைஅனைத்துxமற்றும் tக்குபெறவேண்டும். ஆனால்,ஒருசார்புஒருஅலையைகுறித்தால்,அதுமேற்கண்டவகைக்கெழுசமன்பாட்டிற்குபொருந்தவே ண்டும். ஒருபரிமாணத்தில் (ஒருதனிப்பட்டமாறி),x– ஐப் பொருத்தமொத்தவகைக்கெழுவும் பகுதிவகைக்கெழுவும் ஒன்றேஅதை
ஒருபரிமாணத்தில் (ஒருதனிப்பட்டமாறி),x- ஐப் பொருத்தமொத்தவகைக்கெழுவும் பகுதிவகைக்கெழுவும் ஒன்றே,அதை

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{1 d^2 y}{v^2 dt^2}$$

இதைஒருபரிமாணத்திற்குமேலும் (இரண்டு, மூன்று,மேலும்) எழுதலாம். எளிமைக்காகஒருபரிமாணஅலைச்சமன்பாட்டைமட்டும் கருதுவோம்.

அலைஒன்றின் வரைபடவடிவம்:
கீழ்க்கண்ட இரு வடிவ அலைமாறுபாடுகளைவரைபடமாககாட்டுவோம்.

1. வெளி (அல்லது இடஞ்சார்ந்த) மாறுபாடுவரைபடம் (space variation graph)
2. காலம் (அல்லதுநேரம்சார்ந்த) மாறுபாடுவரைபடம் (time variation graph)

வெளிமாறுபாடுவரைபடம்:

சைன் சார்புவரைபடம் $y = A \sin (kx)$நேரத்தைநிலையாகக் கொண்டு,xயைப் பொறுத்து இடப்பெயர்ச்சிமாறுபாடுவரையப்பட்டுள்ளது. $y = A \sin (kx)$ என்றசைன் சார்புவரைகோடுகாட்டப்பட்டுள்ளதைகருதுவோம். இங்குkஒருமாறிலி. λ அலைநீளம் என்பதுஒரேஅதிர்வுநிலையில் உள்ள இரு அடுத்தடுத்தபுள்ளிகளுக்கிடையேயானத் தொலைவு. $y = x$ மற்றும் $y = x + \lambda$ என்ற இரு முனைகளிலும் இடப்பெயர்ச்சிyஆனதுஒரேஅளவு. அதாவது,

$$y = A \sin (kx) = A \sin (k(x+\lambda))$$
$$= A \sin (kx + k\lambda)$$

சைன் சார்புஒருசீரான நேர முறையில் மாறும் (இங்கு நேர 2π) எனவே,

$$y = A \sin (kx + 2\pi) = A \sin (kx)$$

ஒப்பிட,

$$kx + k\lambda = kx + 2\pi$$

இதுகாட்டுகிறது,

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} rad m^{-1}$$

இங்குkஎன்பதுஅலைஎண். இது2πரேடியனில் எத்தனைஅலைகள் உள்ளனஎனக் காணவும் அல்லதுஎவ்வளவுவேகமாகஅலை,வெளியில் அலைவுறுகிறதுஎனக் காணவும் பயன்படுகிறது. அலையின் வெளிச்சார்ந்தமுறையானஅதிர்வு(Periodicity)

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} m$$

$t = 0$ s ல் $y(x,0) = y(x = \lambda, 0)$

ஏதேனும் ஒரு நேரம் tயில் $y(x, t) = y(x + \lambda, t)$

நேர மாறுபாடுவரைபடம் (Time variation graph)

நிலைமாறாமல் உள்ளபோது,நேரத்தைப் பொருத்து, இடப்பெயர்ச்சியில் ஏற்படும் மாறுபாடுவரைபடமாகவரையப்பட்டுள்ளது.$y = A \sin (\omega t)$ என்றசைன் சார்புவரைபடத்தைக் கருதுவோம். இங்குωகோணஅதிர்வெண். இதுநேரத்தைப் பொறுத்துஎவ்வளவுவிரைவாகஅலைஅலைவுறுகிறது,அல்லதுஒருவினாடிக்குஎத்தனைசுழற்சிகள் ஏற்படுகிறதுஎன்பதைக் காட்டுகிறது. நேரஞ்சார்ந்த இடைவெளிவிரைவதிர்வு(Periodicity)

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$$

கோணஅதிர்வெண்,அதிர்வெண்ணுடன் கீழ்க்கண்டவாறுதொடர்புபடத்தப்பட்டுள்ளது. $\omega = 2\pi f$ இங்குfஅதிர்வெண் ஊடகத்துகள் ஒருவிநாடியில் ஏற்படுத்தும் அலைவுகளின் எண்ணிக்கைஎனவரையறுக்கப்படுகிறது. அதிர்வெண்ணின் தலைகீழிஅலைவுநேரமாதலால்,

$$T = \frac{1}{f} s$$

Tஊடகத்துகள் ஒருஅலைவை (அதிர்வை) முடிப்பதற்கான நேரம். எனவே,அலையின் வேகத்தை,அலை 1 விநாடியில் கடக்கும் தொலைவுஎனவரையறுக்கலாம்.

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f \; ms^{-1}$$

துகள் திசைவேகம் மற்றும் அலைதிசைவேகம்:

சமதளமுன்னேறுஅலையில் (சீரிசை) ஊடகத்தின் துகள்கள் அவற்றின் சமநிலைப்புள்ளியைமையமாகக் கொண்டுதனிச்சீரிசையில் அலைவுறுகின்றன. துகள் ஒன்று இயக்கத்திலுள்ளபோது,எந்தஒருகணத்திலும் அதன் இடப்பெயர்ச்சிமாறும் வீதம் திசைவேகம் எனவரையறுக்கப்படுகிறது. இதுவேதுகளின் திசைவேகம்

$$v_p = \frac{dy}{dt} ms^{-1}$$

ஆனால், $y(x,t) = A\sin(k\,x - \omega t)$

இதேபோல், $\frac{dy}{dt} = \omega A\cos(k\,x - \omega t)$

இதேபோல் முன்னேறு (இயங்கும்) அலையின் திசைவேகத்தை (இங்குவேகம்) வரையறுக்கலாம். ஒருமுன்னேறுஅலையைக் கருதுவோம். இதுவலப்பக்கம் நோக்கி இயங்குகிறதுஎன்க. கணிதவடிவில் ஒருசைன் அலையாகக் காட்டலாம். P என்பதுஅதன் கட்டத்தில் ஓர் புள்ளஎன்க. y_pஎன்பதுசமநிலையிலிருந்துஅதன் இடப்பெயர்ச்சிஎன்க. எந்தவொருகணத்திலும் (t) இடப்பெயர்ச்சியானது

$$y = y(x, t) = A \sin (k\, x - \omega t)$$

அடுத்தகணம் $t' = t + \Delta t$யில் P ன் நிலை$x' = x + \Delta x$என்க. இந்தப்புதியகணகத்தில் (t) இடப்பெயர்ச்சி

$$y = y(x',t') = y(x+\Delta x, t+\Delta t)$$
$$= A\sin\,[k(x+\Delta x) - \omega(t+\Delta t)]$$

அலையின் வடிவம் மாறாததுஅதாவதுஅலையின் கட்டம் மாறாது (எனவேy இப்பெயர்ச்சிஒருமாறிலி) எனவேசமப்படுத்த,

கட்டம் மாறாது (எனவேy இடப்பெயர்ச்சிஒருமாறிலி) எனவேசமப்படுத்த,

$$y(x', t') = y(x,t),$$
$$A \sin [k(x + \Delta x) - \omega (t + \Delta t)] = A \sin (k\, x - \omega t)$$

அல்லது

$$k(x+\Delta x) - \omega(t+\Delta t) = k\,x - \omega t = \text{மாறிலி}$$

தீர்க்க,

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\omega}{k} = v_p$$

இங்குv_pஅலையின் திசைவேகம் (wave velocity) அல்லதுகட்டதிசைவேகம் (phase velocity) கோணஅதிர்வெண்,அலைஎண்களைஅதிர்வெண் மற்றும் அலைநீளம் மூலம் எழுத, இதன் மூலம் கோணஅதிர்வெண்,அலைஎண் மற்றும் திசைவேகங்களைகீழ்க்கண்டவாறுஎழுதலாம்.

திசைவேகங்களைகீழ்க்கண்டவாறுஎழுதலாம்

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

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

மேற்பொருந்துதல் தத்துவம்:

ஒருமுனையில் கட்டப்பட்டகம்பியின் ஒருமுனையைசட்டென்றுமேல் இழுத்துவிட்டால்,அலைத்துடிப்புஏற்படும். மேலும் அதுகம்பியில் முன்னேறிச் செல்கிறது. மாறாககம்பியின் இருமுனையையும் இருவர் பிடித்துக்கொண்டு, இருவரும் ஒரேகணத்தில் அம்முனைகளைசட்டென்றுமேல்

இழுத்துவிட்டால், இரண்டுஅலைத்துடிப்புகள் ஒன்றைநோக்கிஒன்றுநகர்ந்து,ஒருபுள்ளியில் சந்தித்து,அப்புள்ளியைகடந்துஅதேவடிவில் செல்லும். ஆனால்,குறுக்கிடும் புள்ளியில் மட்டும் அவற்றின் பண்புமுழுவதும் மாறுபட்டு,காட்டியவாறுகுறுக்கிடும் துடிப்புகள் ஒரேவடிவம் பெற்றுள்ளனவாஅல்லதுஎதிர் வடிவம் பெற்றுள்ளனவாஎன்பதைப் பொறுத்துஅமையும்.

ஒரே வடிவம் கொண்ட துடிப்புகள், குறுக்கிடும் போது தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி, தனிப்பட்ட இடப்பெயர்ச்சிகளின் கூடுதலாக அமைவதால், அங்கு வீச்சு, தனிப்பட்ட இருதுடிப்புகளின் வீச்சுகளை விட அதிகமாக இருக்கும். அதே நேரத்தில் இரு துடிப்புகளின் வீச்சுகள் சமமாக இருந்து, ஆனால் வடிவங்கள் 180 எதிர்கட்டத்தில் குறுக்கிட்டால், வீச்சுகள் ஒன்றையொன்று அழித்துக் கொண்டும், அப்புள்ளியைக் கடந்த பிறகு அதே வடிவத்தை மீண்டும் பெற்று எதிர் எதிராக முன்னேறுகின்றன. அலைகள் மட்டுமே இதுபோன்ற ஆச்சரியப்படும் பண்பை பெற்றுள்ளன. இந்நிகழ்வை நாம் மேற்பொருந்துதல் தத்துவம் என்கிறோம். அலைகள் குறுக்கிடும்போது ஏற்படும் தொகுபயன் பண்புகளை மேற்பொருத்துதல் தத்துவம் விளக்குகிறது.

இதை எத்தனை அலைகளுக்கு வேண்டுமானாலும் விரிவுபடுத்தலாம். அதாவது இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அலைகள் ஒரே நேரத்தில் ஓர் ஊடகத்தில் குறுக்கிட்டால், தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சியானது, தனிப்பட்ட அலைகளின் இடப்பெயர்ச்சிகளின் வெக்டர் கூடுதலாக அமையும். அலைகள் என்பது அலைச்சமன்பாட்டிற்கு பொருந்தி (அலைச் சமன்பாடு என்பது இருபடிபகுதிவகைக்கெழுநேர் சமன்பாடு) அமைந்துள்ளன. அவைநேராக இணையும் போது (அலைகளின் நேர் மேற்பொருந்துதல் எனஅழைக்கப்படுகிறது) தொகுபயனும் அதேவகைக்கெழுசமன்பாட்டுடன் பொருந்தும்.

கணிதமுறையில் புரிந்துகொள்ள இரு சார்புகளை,அலைகளின் இடப்பெயர்ச்சிகளைக் கருதுவோம். எடுத்துக்காட்டாக,

$$y_1 = A_1 \sin (kx - \omega t)$$

மற்றும்

$$y_2 = A_2 \cos (kx - \omega t)$$

y_1, y_2இரண்டும் அலைசமன்பாட்டுக்குஒத்துள்ளதால்,அதன் கூடுதல்,

$$y = y_1 + y_2$$

இதுவும் அலைச்சமன்பாட்டிற்குபொருந்துகிறது. அதாவது, இடப்பெயர்ச்சிகள் கூடுதலுக்குஉட்படும் தன்மையுடையவை. y_1,y_2வை ஒருமாறிலி மூலம் பெருக்கினால் அவற்றின் வீச்சுஅந்தமாறிலிமடங்குஅதிகரிக்கும்.

அதாவதுC_1, C_2என்றமாறிலிகளைக் கொண்டுமுறையே இடப்பெயர்ச்சிy_1,y_2யைபெருக்கினால்,தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி

$$y= C_1y_1 + C_2y_2$$

இதைஎத்தனைஅலைகளுக்குவேண்டுமானாலும் பொதுவாக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாகnஅலைகளைகருதினால்,மேலும் ஒருபரிமாணத்தைவிடஅதிகபரிமாணங்களில் கருதினால்,நாம் இடப்பெயர்ச்சியைவெக்டர் வடிவில் எழுதவேண்டும். இதன் அடிப்படையில் தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி,

$$\vec{y} = \sum_{i=1}^{n} C_i \vec{y}_i$$

மேற்பொருந்துதல் தத்துவம் கீழ்க்கண்டவற்றை விளக்குகிறது.

1. வெளி(அல்லது) வெளிசார்ந்தகுறுக்கீட்டுவிளைவு (இதுவேஎளிமையாககுறுக்கீட்டுவிளைவுஎனவும் கருதப்படுகிறது)

2. நேரம் அல்லதுநேரஞ்சார்ந்தகுறுக்கீட்டுவிளைவு (விம்மல்கள் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது)

3. நிலைஅலைகள் தத்துவம்

மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்திற்குஒத்துச் செல்லும் அலைகள் (வீச்சு,அலைநீளத்தைவிடமிகக்குறைவாகஉள்ளஅலைகள்) நேர் அலைகள் எனப்படும். அலையின் வீச்சுஅதிகமாக இருந்தால்,அந்தஅலைகள் நேர் தன்மையற்றஅலைகள் எனப்படும்.

இந்தஅலைகள் நேர் மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தைமீறும். எடுத்துக்காட்டு: லேசர், இந்தபாடத்தில் நாம் நேர் அலைகளைமட்டும் பார்ப்போம். கீழ்க்கண்டதுணைத் தலைப்புகளில் ஒன்றன்பின் ஒன்றாகவிவாதிப்போம்.

அலைகளின் குறுக்கீட்டுவிளைவு:

இருஅலைகள் மேற்பொருத்துவதால் அதன் தொகுப்புஅலையின் வீச்சில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு,குறைவுஅல்லதுவீச்சுமாறாமல் இருக்கும் விளைவுகுறுக்கீட்டுவிளைவுஎனப்படும்.

ஒரேஅதிர்வெண்ணும்,நிலையானகட்டவேறுபாடுமற்றும் ஒரேஅலைவடிவம் கொண்ட இரு சீரிசைஅலைகள் (ஓரியல் மூலங்கள் எனக் கருதலாம்) அவற்றின் வீச்சுகள் A_1, A_2எனில்

$$y_1 = A_1 \sin(kx - \omega t)$$

$$y_2 = A_2 \sin(kx - \omega t + \varphi)$$

ஒரே திசையில், ஒரே நேரத்தில் இயங்கினால் அலைகளின் குறுக்கீட்டு விளைவு (அதாவது இரு அலைகளும் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்துதல்) ஏற்படும் கணிதப்படி,

$$y = y_1 + y_2$$

பொருத்தநமக்குகிடைப்பது,

$$y = A_1 \sin(kx - \omega t) + A_2 \sin(kx - \omega t + \varphi)$$

திரிகோணமிதிப்படி

$$\sin(\alpha + \beta) = (\sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta)$$

எனவே

$$y = A_1 \sin(kx - \omega t) + A_2 [\sin(kx - \omega t)\cos\varphi + \cos(kx - \omega t)\sin\varphi]$$

$$y = \sin(kx - \omega t)(A_1 + A_2\cos\varphi) + A_2 \sin\varphi \cos(kx - \omega t)$$

$$A\cos\theta = (A_1 + A_2\cos\varphi)$$

மற்றும் $A\sin\theta = A_2\sin\varphi$

எனக் கொண்டால் சமன்பாடு மாற்றி எழுதலாம்

$$y = A\sin(kx - \omega t)\cos\theta + A\cos(kx - \omega t)\sin\theta$$

$$y = A(\sin(kx - \omega t)\cos\theta + \sin\theta\cos(kx - \omega t))$$

$$y = A\sin(kx - \omega t + \theta)$$

மற்றும் வை இருமடியாக்கி கூட்ட,

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\varphi$$

செறிவுஎன்பதுவீச்சின் இருமடிஎன்பதால் ($I = A^2$) தொகுபயன் செறிவுஅப்புள்ளியில் கட்டவேறுபாட்டைபொருத்துஅமையும்.

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\varphi$$

ஆக்கக் குறுக்கீட்டுவிளைவிற்கு:

ஒருஅலையின் முகடு,மற்றொருஅலையின் முகடுடன் மேற்பொருந்தும்போது,அவற்றின் வீச்சுகள் கூட்டப்பட்டு,ஆக்கக் குறுக்கீட்டுவிளைவுஏற்பட்டு,அதன் வீச்சுதனிப்பட்டஅலைகளின் வீச்சுகளைவிடஅதிகமாக இருக்கும்.

ஆக்ககுறுக்கீட்டுவிளைவுஒருபுள்ளியில் ஏற்பட்டால் அப்புள்ளியில் செறிவுபெருமமாக இருக்கும். அதாவது

$$\cos\varphi = +1 \Rightarrow \varphi = 0, 2\pi, 4\pi, ... = 2n\pi,$$

இங்கு$n = 0, 1, 2, ...$

இந்தகட்டவேறுபாட்டில், இரு அலைகள் மேற்பொருந்தினால்,ஆக்கக் குறுக்கீட்டுவிளைவுஏற்படும்.

$$I_{maximum} = \left(\sqrt{I_1}+\sqrt{I_2}\right)^2 = (A_1+A_2)^2$$

எனவே,தொகுபயன் வீச்சு,

$$A = A_1 + A_2$$

அழிவுகுறுக்கீட்டுவிளைவு:

ஒருஅலையின் அகடு,மற்றொருஅலையின் முகடுஉடன் சேர்ந்தால் (மேற்பொருந்தினால்) அங்குஅழிவுகுறுக்கீட்டுவிளைவுஏற்படும். அழிவுகுறுக்கீட்டுவிளைவுஏற்படும் புள்ளியில் செறிவுசிறுமமாக இருக்கும். அதாவது $\cos\varphi = -1 \Rightarrow \varphi = \pi, 3\pi, 5\pi, ... = (2n-1)\pi$, இங்குn = 0, 1, 2, …..இந்தக் கட்டவேறுபாட்டுடன் இரு அலைகள் மேற்பொருந்தும்போதுஅழிவுகுறுக்கீட்டுவிளைவுஏற்படும்.
எனவே,

$$I_{சிறுமம்} = \left(\sqrt{I_1}-\sqrt{I_2}\right)^2 = (A_1-A_2)^2$$

தொகுபயன் வீச்சு:

$$A = \left|A_1 - A_2\right|$$

அழிவுகுறுக்கீட்டுவிளைவுக்குஒருஎளியகாட்சிவிளக்கம் செய்துகாட்டலாம்.

Sஎன்றஒலிப்பானிலிருந்து(Speaker) ஒலிஅலைகள் P என்றகுழாய் மூலம் அனுப்பப்படுகிறது. P ஆனதுTவடிவிலானஒருசந்தியாகஉள்ளது. எனவேஒலிஅலையின் பாதிஆற்றல் ஒருதிசையிலும் மறுபாதிஆற்றல் எதிர் திசையிலும் செல்கிறது. இதேபோல் ஒலிஆற்றல் நோக்குநரையும் இருபாதைகளின் வழியேசென்றடைகிறது. ஒலிஅலையானதுஒலிப்பானிலிருந்து,நோக்குநரைஏதேனும் ஒருபாதைவழியேசென்றடையும் பாதைநீளம் rஎன்க. படத்திலிருந்துகீழ் பாதைநீளம் r_1நிலையானதுமேல்பாதைநீளம் ஆனது,மேலேஉள்ளநகரும் குழாய் மூலம் மாற்றக்கூடியது. இந்த இரு பாதைநீளங்களுக்கானவேறுபாடுபாதைவேறுபாடுΔrஎனப்படுகிறது.

பாதைவேறுபாடுλ, சுழியாகவோஅல்லதுஅலைநீளங்களின் (λ) முழு எண் மடங்குகளாகவோ இருக்கும்,எனில்

$\Delta r = n\lambda$

இங்கு,n = 0, 1, 2, 3….

r_1 r_2பாதைகளில் வரும் இவ்விருஅலைகள் எந்தவொருக்கணத்திலும் நோக்குநரைஒரேகட்டத்தில் (கட்டவேறுபாடு0° அல்லது2π) சந்திக்கும் போதுஆக்கக்குறுக்கீட்டுவிளைவைஏற்படுத்தும். இந்தநிகழ்வுகளில் (நோக்குநரால்) ஒலியின் செறிவுபெருமமாகஉணரப்படும்.

பாதைவேறுபாடுஅலைநீளத்தின் (λ) அரைஎண் மதிப்புகளாகஅமைந்தால்,கணிதப்படி,

$$\Delta r = n\frac{\lambda}{2} \qquad \text{இங்கு,n = 1, 3}$$

(n ஒற்றைஎண்)

இந்தநிலையில் காட்டியவாறு,r_1 r_2பாதைகளின் வழியேநோக்குநரைஎந்தஒருகணத்திலும் அடையும் ஒலிஅலைகள் எதிர் கட்டத்தில் (கட்டவேறுபாடு π அல்லது 180°) அமையும் போதுஅழிவுகுறுக்கீட்டுவிளைவுஏற்படும்.

இந்நிகழ்வுகளில்,நோக்குநரால் சிறுமசெறிவு (அல்லதுசுழிசெறிவுஅதாவதுஒலியே இருக்காது) உணரப்படும். பாதைவேறுபாடு,கட்டவேறுபாடுகளுக்கிடையேயானதொடர்பு

கட்டவேறுபாடு= $\frac{2\pi}{\lambda}$ (பாதைவேறுபாடு)

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta r \text{ அல்லது } \Delta r = \frac{\lambda}{2\pi}\Delta\varphi$$

DB = 10 m மற்றும் OC = $\frac{1}{2}$ (5) = 2.5

CD = OC - 1 = 2.5 m + 1 m = 1.5 m

$$x_1 = \sqrt{(10)^2 + (1.5)^2} = \sqrt{100 + 2.25}$$
$$= \sqrt{102.25} = 10.1m$$

செங்கோண முக்கோணம் EFB ல்

DB = 10 m மற்றும் OE = $\frac{1}{2}$ (5) = 2.5 m = FA

FB = FA + AB = 2.5 m + 1 m = 3.5 m

$$x_2 = \sqrt{(10)^2 + (3.5)^2} = \sqrt{100 + 12.25}$$
$$= \sqrt{112.25} = 10.6m$$

பாதை வேறுபாடு $\Delta x = x_2 - x_1 = 10.6m - 10.1\text{m}$ = 0.5 m. இந்த பாதை வேறுபாடு $\frac{\lambda}{2}$ விற்கு சமமாக வேண்டும்.

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2} = 0.5 \Rightarrow \lambda = 1.0m$$

ஒலி மூலத்தின் அதிர்வெண் காண,

$$v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343}{1} = 343Hz$$

= 0.3 kHz

ஒலிப்பான்கள், மூலத்திலிருந்துஎதிர்கட்டத்திலிருந்தால் பாதைவேறுபாடு $\frac{\lambda}{2}$ மேலும் $\frac{\lambda}{2}$ பாதைவேறுபாடுஉருவாகும்போது,மொத்தபாதைவேறுபாடுλ ஆகும். எனவேஅலைகள் ஒரேகட்டத்தில் அமைவதால்,B– ல் ஒலியின் செறிவுபெருமமாக இருக்கும்.

விம்மல்கள் தோன்றும் வீதம்:

சற்றேவேறுபட்டஅதிர்வெண் கொண்ட இரண்டுஅல்லதுஅதற்குமேற்பட்டஅலைகள் மேற்பொருந்துவதால்,ஒருபுள்ளியில் நேரத்தைப் பொருத்துவீச்சுமாறுபடுகின்றஒலிகேட்கும் இந்தவிளைவேவிம்மல்கள் எனப்படும். ஒருவினாடியில் ஏற்படும் வீச்சுபெருமங்களின் எண்ணிக்கையேவிம்மல் அதிர்வெண் எனப்படும். இரண்டுஒலி மூலங்கள் மட்டுமே இருந்தால்,அவற்றின் அதிர்வெண் வேறுபாடேவிம்மல் அதிர்வெண் எனப்படும். ஒருவினாடியில் விம்மல்களின் எண்ணிக்கை $n = |f_1 - f_2|$

நிலையானஅலைகள் (Stationary Waves)

நிலைஅலைகளுக்கானவிளக்கம்

அலைஒன்றுகடினமானஒன்றின் மீதுமோதும்போது,அதுமீண்டெழுந்துவந்துஅதேஊடகத்தில் எதிர்த்திசையில்,பழையஅலையுடன் (மோதியஅலை) மேற்பொருந்துவதால் கிடைக்கும் அலைவடிவமேநிலைஅலைகள் அல்லதுநிலையானஅலைகள் எனப்படும்.

ஒரேவீச்சு,ஒரேதிசைவேகம் கொண்ட இரு சீரிசைமுன்னேறுஅலைகள் (கம்பிஒன்றில் உண்டான) எதிர் எதிர் திசையில் இயங்குகின்றனஎன்க.

முதல் அலையின் (படுஅலை) இடப்பெயர்ச்சி,

$y_1 = A \sin (kx - \omega t)$

(வலதுபக்கம் நரும் அலை)

இரண்டாவதுஅலையின் (எதிரொலிப்புஅலை) இடப்பெயர்ச்சி

$y_2 = A \sin (kx + t)$

(இடதுபக்கம் நகரும் அலை)

மேற்பொருந்துதல் தத்துவப்படி, இரு அலைகளும் குறுக்கீடுஅடைந்து,தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி,

$$y = y_1 + y_2$$

சமன்பாடுபொருத்த,

$$y = A\sin(kx - \omega t) + A\sin(kx + \omega t)$$

திரிகோணமிதிவிதிகளைபயன்படுத்தியைமாற்றிஎழுத

$$y(x,t) = 2A\cos(\omega t)\sin(kx)$$

இதுவே,நிலைஅல்லதுநிலையானஅலைகள் எனப்படும். இதுமுன்னோக்கியோஅல்லது பின்னோக்கியோநகராது. ஆனால் முன்னேறுஅலைஅல்லது இயங்குஅலைமுன்னோக்கியோஅல்லதுபின்நோக்கியோநகரும்.

$$y(x,t) = A'\cos(\omega t)$$

இங்கு, $A' = 2A\sin(kx)$, இது அதிர்வுறுக்கம்பியின் குறிப்பிட்டபகுதி A' வீச்சுடன் தனிச்சீரிசை இயக்கத்திலுள்ளதைகுறிக்கிறது. $\sin(kx)$ பெருமமாகஉள்ளநிலையில், A' பெருமமதிப்பில் இருக்கும்.

$$\sin(kx) = 1 \Rightarrow kx = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, ... = m\pi$$

இங்குmஎன்பதுஅரை முழு எண் அல்லதுஅரைஎண் மதிப்புகள். வீச்சின் பெருமமதிப்புஉள்ளநிலையைஎதிர்க்கணுஎன்கிறோம்.

அலைஎண்ணைஅலைநீளத்தைபயன்படுத்திகுறிக்கும்போதுmஆனதுஎதிர் கணுவின் நிலையைகீழ்க்கண்டவாறுகுறிக்கலாம்.

$$x_m = \left(\frac{2m+1}{2}\right)\frac{\lambda}{2}$$, இங்குm = 0, 1, 2,

m = 0 எனில் பெருமத்தின் நிலை

$$x_0 = \frac{\lambda}{4}$$

m = 1 எனில்,பெருமத்தின் நிலை

$$x_1 = \frac{3\lambda}{4}$$

m = 2எனில் பெருமத்தின் நிலை

$$x_2 = \frac{5\lambda}{4}$$

என்றவாறுஅமையும்

அடுத்தடுத்தஎதிர் கணுக்களுக்கிடையேயான தூரத்தைகீழ்க்கண்டவாறுகணக்கிடலாம்.

$$x_m - x_{m-1} = \left(\frac{2m+1}{2}\right)\frac{\lambda}{2} - \left(\frac{(2m+1)+1}{2}\right)\frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{2}$$

A' ன் பெரும மதிப்பு வெளியின் சில புள்ளிகளிலும் சிறும மதிப்பு வெளியின் வேறு சில புள்ளிகளிலும் அமையும்.

$$\sin(kx) = 0 \Rightarrow kx = 0, \pi, 2\pi, 3\pi, ... = n\pi$$

இங்கு n ஒரு முழு எண் அல்லது முழு எண் மதிப்புகள். எந்தப் புள்ளிகளில் அதிர்வு இல்லையோ (இயக்கம் இல்லையோ) அப்புள்ளிகள் கணு எனப்படும்.

n ஆவது கணுவின் நிலை

$$x_n = n\frac{\lambda}{2}$$ இங்கு,n = 0, 1, 2

n = 0எனில் சிறுமம் ஏற்படும் நிலை

$$x_0 = 0$$

n = 1 எனில் சிறுமம் ஏற்படும் நிலை

n = 1எனில் சிறுமம் எற்படும் நிலை

$$x_1 = \frac{\lambda}{2}$$

n = 2 எனில் சிறுமம் ஏற்படும் நிலை

$$x_2 = \lambda$$

என்றவாறுஅயையும்.

அடுத்தடுத்தகணுக்களுக்கிடையேயானதொலைவைக் கீழ்க்கண்டவாறுகணக்கிடலாம்.

$$x_n - x_{n-1} = n\frac{\lambda}{2} - (n-1)\frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{2}$$

நிலைஅலைகளின் பண்புகள்:

1. இருதிடமானஎல்லைகளுக்கிடையேகட்டுப்படுத்தப்பட்டஅலை. எனவே இதுஊடகத்தில் முன்நோக்கியோபின்னோக்கியோநகராது. அதாவதுஅதனுடைய இடத்தில் நிலையாக இருக்கும். எனவே, இதுநிலைஅல்லதுநிலையானஅலைகள் எனப்படுகிறது.

முன்னேறுஅலைகளுக்கும்,நிலைஅலைகளுக்குமிடையேயானஒப்பீடு:

வ.எண்	முன்னேறுஅலைகள்	நிலைஅலைகள்
1.	முன்னேறுகுறுக்கலையில் முகடும்,அகடும் ஏற்படும். முன்னேறுநெட்டலைகளில் இறுக்கமும்,தளர்ச்சிகளும் ஏற்படும். இந்தஅலைகள் ஓர் ஊடகத்தில் முன்நோக்கியோஅல்லதுபின்னோக்கியோநகர்ந்துகொண்டிருக்கும். அதாவதுஒருகுறிப்பிட்டதிசைவேகத்துடன் ஊடகம் ஒன்றில் முன்னேறிக் கொண்டிருக்கும்.	நிலைகுறுக்கலைகளில் முகடும்,அகடும் ஏற்படும் நிலைநெட்டலைகளில் இறுக்கமும்,தளர்ச்சிக்கும் ஏற்படும். இந்தஅலைகள் ஊடகத்தில் முன்னோக்கியோபின்னோக்கியோநகராது. இவைஊடகத்தில் முன்னேறாதஅலைகள்.
2.	அலைசெல்லும் திசையில் உள்ளஅனைத்துதுகள்களும் சமவீச்சுடன் அதிர்வுறும்	கணுவில் உள்ளதுகள்கள் தவிரமற்றஅனைத்துதுகள்களும் வெவ்வேறுவீச்சுகளுடன் அதிர்வுறும். வீச்சுகணுவில் சுழிஅல்லதுசிறுமம். எதிர்கணுவில் பெருமம்.
3	ஆற்றலைதாங்கிச் செல்லும்	ஆற்றலைக் கடத்துவதில்லை

2. பெருமவீச்சுநிலையிலுள்ளபுள்ளிகள் எதிர்க்கணுஎனவும்,சுழிவீச்சுநிலையிலுள்ளபுள்ளிகள் கணுஎனவும் அழைக்கப்படுகிறது.
3. அடுத்தடுத்த இரு கணுஅல்லதுஎதிர்க்கணுக்களுக்கிடையேயானதொலைவு $\frac{\lambda}{2}$
4. ஒருகணு,அதற்குஅடுத்தஎதிர்க்கணுவிற்கு இடையேயானதொலைவு $\frac{\lambda}{4}$
5. நிலையானஅலைகளின் வழியேகடத்தப்படும் ஆற்றல் சுழியாகும்.

சுரமானியில் ஏற்படும் நிலைஅலைகள்:

சுரம் என்பது ஒலியுடன் தொடர்புடையது. அதனால் சுரமானிஎன்பது ஒலிதொடர்பானவற்றை அளக்கப்பயன்படும் கருவி. கம்பிகளில் ஏற்படும் நிலையானகுறுக்கலைகளின் அதிர்வெண்,கம்பியின் இழுவிசை,அதிர் நீளம்,ஓரலகுகம்பியின் நிறைஆகியவற்றைகாட்சிவிளக்கம் செய்துஅளக்கபயன்படுத்தும் கருவியாகும்.

எனவே, இக்கருவியைபயன்படுத்திகீழ்க்கண்டஅளவுகளைஅளக்கலாம்.

1. இசைக்கவைஅல்லதுமாறுதிசைமின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண்
2. கம்பியின் இழுவிசை

3. தொங்கவிடப்பட்டபொருளின் நிறை

அமைப்பு:

சுரமானிஎன்பதுஒருமீட்டர் நீளமுள்ளஒருமரப்பெட்டிஅதன் மீதுசீரானஉலோகக்கம்பிபொருத்தப்பட்டிருக்கும். கம்பியின் ஒரு முனை ஒருகொக்கியுடனும்,மறுமுனை ஓரு உருளைகப்பிவழியேஓர் நிறைத்தாங்கியுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பியின் இழுவிசையைஅதிகரிக்கமறுமுனையில் நிறைகள் சேர்க்கப்படுகிறது. இரண்டுநகர்த்தக் கூடிய கூர் முனைகள் கம்பியைகீழேதொட்டவாறுசுரமானியின் பலகைமீதுவைக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றிற்கிடையேயானத் தொலைவைமாற்றிஅதிர்வுறும் கம்பியின் நீளத்தைமாற்றலாம்.

செயல்பாடு:

நிலையானகுறுக்கலைகள் கம்பியில் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. எனவே கூர்முனைP, Q, வில் கணுக்களும் உருவாகின்றன. அதிர்வுறும் கம்பியின் நீளம் lஎன்க.

$$l = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2l$$

அதிர்வுறும் கம்பியின் அதிர்வெண் fஎன்க. Tகம்பியின் இழுவிசை,μ என்பது ஓரலகு கம்பியின் நிறை எனில்,

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{\mu}} \text{ ஹெர்ட்ஸ்}$$

ρ என்பதுகம்பிப் பொருளின் அடர்த்தி,dகம்பியின் விட்டம் எனில் ஓரலகுகம்பியின் நிறை,

$$\mu = \text{பரப்பு} \times \text{அடர்த்தி} = \pi r^2 \rho = \frac{\pi \rho d^2}{4}$$

அதிர்வெண் $$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{\frac{\pi d^2 \rho}{4}}}$$

$$\therefore \qquad f = \frac{1}{ld}\sqrt{\frac{T}{\pi \rho}}$$

அடிப்படை அதிர்வெண் மற்றும் மேற்சுரங்கள்:

திடமான எல்லைகளை x = 0 மற்றும் x = L ஆக கருதுவோம். கம்பியை மையத்தில் இருந்து ஆட்டி (கிதார் கம்பி) நிலை அலைகள் ஏற்படுத்துக. அந்த நிலை அலைகள் குறிப்பிட்ட அலைநீளத்தை பெற்றிருக்கிறது. எல்லைகளில் வீச்சு குறைந்து மறைவதால், இடப்பெயர்ச்சிகள் கீழ்க்கண்ட நிபந்தனைக்கு உட்பட வேண்டும்.

$$y(x=0,t) = 0 \text{ மற்றும் } y(x=L,t) = 0$$

ஒவ்வொரு கணுவும் $\frac{\lambda_n}{2}$ இடைத்தொலைவில் அமைவதால் நமக்குn$\left(\frac{\lambda_n}{2}\right) = L$ இங்குn ஒரு முழு எண்,L என்பது எல்லைகளின் இடைத்தொலைவு, என்பது எல்லைக்குட்பட்ட நிபந்தனைகளை பூர்த்தி செய்யும் குறிப்பிட்ட அலை நீளமாகும்.

$$\lambda_n = \left(\frac{2L}{n}\right)$$

எனவே,குறிப்பிட்டஎல்லைக்குஅனைத்துஅலைநீளங்களும் ஏற்படாது,குறிப்பிட்டஅலைநீளம் மட்டுமேஏற்படும்.

n = 1,முதல் நிலைஅதிர்வுக்கு, $\lambda_1 = 2L$

n = 2, 2 ம் நிலைஅதிர்வுக்கு,

$$\lambda_2 = \left(\frac{2L}{2}\right) = L$$

n = 3, 3 ம் நிலைஅதிர்வுக்கு,

$$\lambda_3 = \left(\frac{2L}{3}\right)$$

இவ்வாறாகமற்றnமதிப்புகளுக்கும் அமையும். ஒவ்வொருநிலைஅதிர்வுக்குமான,அதிர்வெண் இயல்நிலைஅதிவெண் (Natural Frequency) எனப்படும். அதைகீழ்க்கண்டவாறுகணக்கிடலாம்.

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = n\left(\frac{v}{2L}\right)$$

இந்த இயல் அதிர்வெண்ணின்,மிகக் குறைந்தமதிப்புஅடிப்படைஅதிர்வெண் (Fundamental Frequency) எனப்படும்.

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \left(\frac{v}{2L}\right)$$

இரண்டாவது இயல் அதிர்வெண் முதல் மேற்சுரம் எனப்படும்.

$$f_2 = 2\left(\frac{v}{2L}\right) = \frac{1}{L}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

மூன்றாவது இயல் அதிர்வெண் 2வது மேற்சுரம் எனப்படும்.

$$f_3 = 3\left(\frac{v}{2L}\right) = 3\left(\frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{\mu}}\right)$$

மேலும் இதுபோன்றுஅமையும் எனவே,nவது இயல் அதிர்வெண்.

$f_n = nf_1$ இங்குnஒரு முழு எண்

இயல் அதிர்வெண்கள்,அடிப்படைஅதிர்வெண்ணின் முழு எண் மடங்குகளாகஅமையும் போது,அந்தஅதிர்வெண்கள் சீரிசைகள் எனப்படும். எனவே,முதல் சீரிசைஎன்பது $f_1 - f_1$ (அடிப்படைஅதிர்வெண் முதல் சீரிசைஎனப்படும்),
2வது சீரிசை$f_2 = 2f_1$, 3வது சீரிசை$f_3 = 3f_1$மற்றும் பிற.

இழுத்துக் கட்டப்பட்டகம்பியில் ஏற்படும் குறுக்கலைக்கானவிதிகள்:
மூன்றுவிதிகள்

1. நீளத்திற்கானவிதி:
   கொடுக்கப்பட்டகம்பியன், இழுவிசைT (நிலையானது) மற்றும் ஓரலகுநீளத்திற்கானநிறைμ (நிலையானது) எனில்,அதிர்வெண் அதிர்வுறும் கம்பியின் நீளத்திற்குஎதிர்த்தகவில் அமையும்.

இழுத்துக் கட்டப்பட்டகம்பியில் ஏற்படும் குறுக்கலைக்கானவிதிகள்:
மூன்றுவிதிகள்

நீளத்திற்கானவிதி:
கொடுக்கப்பட்டகம்பியின், இழுவிசைT (நிலையானது) மற்றும் ஓரலகுநீளத்திற்கானநிறை (நிலையானது) எனில்,அதிர்வெண் அதிர்வுறும் கம்பியின் நீளத்திற்குஎதிர்த்தகவில் அமையும்.

$$f \propto \frac{1}{l} \Rightarrow f = \frac{C}{l}$$

$\Rightarrow l \times f = C$, இங்குCமாறிலி

இழுவிசைக்கானவிதி:

கொடுக்கப்பட்டஅதிர்வுறும் கம்பியின் நீளம் l(நிலையானது) மற்றும் ஓரலகுநீளத்திற்கானநிறை μ (நிலையானது) எனில் அதிர்வெண் இழுவிசைT இன் இருமடி மூலத்திற்குநேர்தகவில் அமையும்.

$$f \propto \sqrt{T}$$

$$\Rightarrow f = A\sqrt{T}$$, இங்குAஒருமாறிலி

நிறைக்கானவிதி:

கொடுக்கப்பட்டஅதிர்வுறும் கம்பியின் நீளம் l(நிலையானது) மற்றும் இழுவிசைT (நிலையானது) எனில் அதிர்வெண்,ஓரலகுநீளத்திற்கானநிறைμ இன் இருமடி மூலத்திற்குஎதிர்த்தகவில் அமையும்.

$$f \propto \frac{1}{\sqrt{\mu}}$$

$$\Rightarrow f = \frac{B}{\sqrt{\mu}}$$ இங்குBஒருமாறிலி

செறிவு(Intensity) மற்றும் உரப்பு(Loudness):

ஓர் ஒலி மூலம் மற்றும் இரு கேட்பவரை (ஒலியைகேட்பவர்) கருதுக. ஒலி மூலம் ஒலியைஉமிழ்கிறதுமேலும் ஆற்றலைஎடுத்துச் செல்கிறது. யார் அளந்தாலும் ஒலியின் ஆற்றல்,அனைவருக்கும் ஒரேஅளவாகவே இருக்கும். எனவே,ஒலிஆற்றல் அப்பகுதியில் உள்ளகேட்பவரைச் சார்ந்தல்ல. ஆனால் இரு கேட்பவர்களைகருதினால் அவர்கள் உணரும் ஒலிமாறுபட்டது. இதுகாதின் உணர்திறன் போன்றசிலகாரணிகளைச் சார்ந்தது. இவற்றைஅளவிடசெறிவு,உரப்புஎன்ற இரு அளவுகளைவரையறுக்கிறோம்.

ஒலியின் செறிவு:

ஒலிமூலம் ஒன்றிலிருந்துஒலிஅலைகள் பரவும்போது,ஆற்றலானதுசுற்றியுள்ளஅனைத்து, (இயலக்கூடிய) வழிகளிலும் எடுத்துச்செல்லப்படும்.

ஓரலகுநேரத்தில் அல்லதுஒருவினாடியில் உமிழப்படும் அல்லதுஊடுருவும் சராசரிஒலிஆற்றலே,ஒலியின் திறன் எனப்படும்.

எனவே,ஒலிமுன்னேறும் திசைக்குசெங்குத்தாகஓரலகுபரப்பின் வழியேஊடுருவிச் செல்லும் ஒலித்திறனே,ஒலியின் செறிவு(Intensity) எனவரையறுக்கப்படுகிறது.

ஒருகுறிப்பிட்டஒலி மூலத்திற்கு (நிலையான மூலம்),அதன் ஒலிச்செறிவானதுஒலிமூலத்திலிருந்துதொலைவின் இருமடிக்குஎதிர்த்தகவில் அமையும்

$$I = \frac{\text{ஒலி மூலத்தின் திறன்}}{4\pi r^2} \Rightarrow I \propto \frac{1}{r^2}$$

இதுவே,ஒலிச்செறிவின் எதிர்விகித இருமடிவிதியாகும்.

ஒலியின் உரப்பு:

ஒரேசெறிவுகொண்ட இரு ஒலி மூலங்கள் ஒரேஒலிஉரப்புபெற்றிருக்கத் தேவையில்லை. எடுத்துக்காட்டாகபலூன் ஒன்றுஅமைதியான மூடப்பட்டஅறையில் வெடிக்கும் போதுஅதன் உரப்புஅதிகமாகவும்,அதேபலூன் சுத்தமானசந்தையில் வெடிக்கும் போதுஉரப்புமிகக்குறைவாகவும் இருக்கும். இங்குசெறிவுசமமாக இருப்பினும் உரப்புஅவ்வாறாக இல்லை. ஒலிச்செறிவுஅதிகரிக்கும் போதுஉரப்பும் அதிகரிக்கும். ஒலியின் செறிவைக் காட்டிலும் இங்கு கூடுதலாகஉற்றுநோக்குபவரின் நுட்பம் மற்றும் அனுபவம் அகியகாரணிகள் எவ்வளவுஅதிகஉரப்புஉள்ளஒலிஎன்பதைஅறிவதில் பங்குவகிக்கிறது. இதுவேஒலியின் உரப்புஎனப்படுகிறது. கேட்பவரின் உணர்திறனும் இங்குபங்குவகிக்கிறது. எனவே,ஒலிஉரப்பு,ஒலியின் செறிவுமற்றும் காதின் உணர்திறன் (இது தெளிவாககேட்பவரைப் பொறுத்தஅளவு. மேலும் இதுஒருவருக்குஒருவர் மாறுபடும்) ஆகியவற்றைப் பொருத்தது. ஆனால் ஒலிச்செறிவுகேட்பவரைப் பொறுத்ததுஅல்ல.

எனவே,ஒலிஉரப்புஎன்பது''ஒலியைகாதுஉணரும் திறனின் நிலைஅல்லதுகேட்பவரின் ஒலிஉணரும் திறன்" எனவரையறுக்கப்படுகிறது.

ஒலியின் செறிவுமற்றும் உரப்பு:

நமதுகாதுஉணரக்கூடியஒலியின் செறிவு இடைவெளி10^{-2} Wm^{-2}லிருந்து20 W m^{-2}வெபர் - பெக்னர் விதிப்படி''உரப்புமனிதர்களாலன்றிகருவிஒன்றின் மூலம் அளக்கப்பட்டசெறிவின் (I)மடக்கைமதிப்புக்குநேர்த்தகவில் இருக்கும்.

$$L \propto In\ I$$

$$L = k\ In\ I$$

இங்குkஒருமாறிலி. இதுஅளக்கும் அலகைச் சார்ந்தது. இரண்டுஉரப்புகள் L_1மற்றும் L_0இதற்கு இடையேயானவேறுபாடு,துல்லியமாகஅளிக்கப்பட்ட இருசெறிவுகளுக்கிடையேயானசார்புஉரப்புஆகும். கணிதப்படிஒலிச் செறிவுமட்டங்கள்

$$\Delta L = L_1 - L_0 = k\ In\ I_1 - k\ In\ I_0 = k\ In\left[\frac{I_1}{I_0}\right]$$

k = 1எனில்,ஒலிசெறிவுமட்டம் பெல் (bel)என்றஅலகால் அளக்கப்படுகிறது. (அலெக்ஸாண்டர் கிரகாம் பெல் நினைவாக)

k = 1 எனில் பெல்

k = 10 எனில் டெசிபெல்

$$\Delta L = In\left[\frac{I_1}{I_0}\right] \text{பெல்}$$

இதுநடைமுறையில் பெரியஅலகு. எனவேடெசிபல் (decibel) என்றசிறியஅலகைபயன்படுத்துகிறோம்.

$$1 \text{ டெசிபெல் } = \frac{1}{10} \text{பெல்}$$

எனவே, மேற்கண்ட சமன்பாட்டை 10 ஆல் பெருக்கி, 10 ஆல் வகுக்கக் கிடைப்பது.

$$\Delta L = 10\left(In\left[\frac{I_1}{I_0}\right]\right)\frac{1}{10} \text{பெல்}$$

$$\Delta L = 10 In\left[\frac{I_1}{I_0}\right] \text{டெசிபெல்} \quad (k = 10)$$

நடைமுறைப் பயன்பாட்டிற்காக, இயற்கைமடக்கைக்குபதிலாக 10 அடிமானமடக்கையைபயன்படுத்துகிறோம்.

$$\Delta L = 10\log_{10}\left|\frac{I_1}{I_0}\right| \text{டெசிபெல்}$$

காற்றுதம்பத்தின் அதிர்வு:

நாதஸ்வரம்,மற்றும் பிற இசைக்கருவிகள் காற்றுக் கருவிகள் எனப்படும். இவைகாற்றுத் தம்பஅதிர்வுகள் தத்துவத்தில் இயங்குகிறது. காற்றுகருவியின் எளியவடிவம் ஆர்கன் organ - கருவி, இசைப்பேழை) குழாய் ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக,புல்லாங்குழல்,கிளாடினெட்,நாதஸ்வரம்.

ஆர்கன் குழாய் இரு வகைப்படும்.

மூடியஆர்கன் குழாய்:

நாதஸ்வரம்,மற்றும் பிற இசைக்கருவிகள் காற்றுக் கருவிகள் எனப்படும். இவைகாற்றுத் தம்பஅதிர்வுகளகருவியின் எளியவடிவம் ஆர்கன் கருவி, இசைப்பேழை) குழாய் ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக,புல்லாங்குழல்,கிளாரினெட்,நாதஸ்வரம்.

ஆர்கன் குழாய் இரு வகைப்படும்.

மூடியஆர்கன் குழாய்:

கிளாரினெட் படத்தைபாருங்கள். இதுஒருபக்கம் மூடியமற்றொருபக்கம் திறந்தகுழாய். திறந்த முனை வழியாகவரும் ஒலி, மூடியபகுதியில் எதிரொலிக்கும் ஒலிஉள்ளேவரும் ஒலியுடன் 180°எதிர்கட்டத்தில் இருக்கும். எனவே, மூடியபகுதியில் துகள்களின் இடப்பெயர்ச்சிஎப்பொழுதும் சுழி. இடப்பெயர்ச்சிசுழியாவதால் மூடியபகுதியில் கணுவும். திறந்தபகுதியில் எதிர்க்கணுவும் ஏற்படுகின்றன. அதிர்வுறும் அதிர்வுஒலியின் எளியஅதிர்வுநிலையைஅடிப்படைஅதிர்வுநிலைஎன்போம். மூடியமுனையில் துகள்களின் இயக்கம் இல்லாததால் கணுவும் அடிப்படைஅதிர்வுநிலையில் திறந்தமுனையில் எதிர்க்கணுவும் உருவாகும். L குழாயின் நீளம்,ஏற்படும்

அலைகளின் அலைநீளம் λ_1 எனில்,

$$L = \frac{\lambda_1}{4} \, or \, \lambda_1 = 4L$$

ஒலியின் அதிர்வெண்

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{4L}$$

திறந்தமுனையில் காற்றைவலுவாகஊதுவதால்,அடிப்படைஅதிர்வெண்ணின் முழு எண் மடங்குகளால் ஆன அதிர்வுகளைஏற்படுத்தலாம். அந்தஅலைகள் மேற்சுரங்கள் எனப்படுகின்றன.

இரண்டாவதுநிலைஅதிர்வுகளை (முதல் மேற்சுரம்) காட்டுகிறது. இதில் இரு கணுக்களும் இரு எதிர்கணுக்களும் உள்ளது

$$4L = 3\lambda_2$$

$$L = \frac{3\lambda_2}{4} \text{ அல்லது } \lambda_2 = \frac{4L}{3}$$

அதிர்வெண்

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{3v}{4L} = 3f_1$$

இதுமுதல் மேற்சுரம் ஆகும். இந்தஅதிர்வெண் அடிப்படைஅதிர்வெண்ணின் மூன்றுமடங்குஎன்பதால் இது மூன்றாவதுசீரிசைஎனப்படும்.
மூன்றுகணுக்களும், மூன்றுஎதிர் கணுக்களும் உடைய மூன்றாவதுநிலைஅதிர்வு

$$4L = 5\lambda_3$$

$$L = \frac{5\lambda_3}{4} \text{ அல்லது } \lambda_3 = \frac{5L}{5}$$

அதிர்வெண்

$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{5v}{4L} = 5f_1$$

இது இரண்டாவதுமேற்சுரம் ஆகும். இந்தஅதிர்வெண் அடிப்படைஅதிர்வெண்ணைப் போல் ஐந்துமடங்காகஉள்ளதால், 5வது சீரிசைஎனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

எனவே மூடியஆர்கன் குழாயில் ஏற்படும் அதிர்வுகள் ஒற்றைப்படைவரிசைசீரிசைகளைக் கொண்டுள்ளது. சீரிசையின் அதிர்வெண் $f_n = (2n+1) f_1$மேற்சுரங்களின் அதிர்வெண்களின் தகவு.

$$f_1 : f_2 : f_3 : f_4 : \ldots = 1 : 3 : 5 : 7 \ldots$$

படத்தில் காட்டப்பட்டபுல்லாங்குழலைகாண்க. இது இருபுறமும் திறந்தகுழாய் இரு திறந்தமுனைகளிலும் எதிர்க்கணுக்கள் உருவாகின்றன. இங்குஏற்படும் மிகஎளியஅதிர்வுநிலையைகாண்போம். இந்நிலையேஅடிப்படைஅதிர்வுநிலைஎனப்படுகிறது. திறந்தமுனைகளில் எதிர்க்கணுக்கள் ஏற்படுவதால்,குழாயின் உள்ளேமையத்தில் ஒரேயொருகணுஉருவாகிறது. லிருந்து,Lஎன்பதுகுழாயின் நீளம் என்கஏற்படும் அலையின் அலைநீளம் காண,

$$L = \frac{\lambda_1}{2} \; or \; \lambda_1 = 2L$$

ஏற்படும் அதிர்வின்,அதிர்வெண்

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2L}$$

இதுவே,அடிப்படைஅதிர்வெண்

அடிப்படைஅதிர்வெண்ணைவிடஉயர் அதிர்வெண்களைஏற்படுத்ததிறந்தமுனையில் காற்றைவேகமாகஊதவேண்டும். இத்தகையஅதிர்வெண்கள் மேற்சுரங்கள் எனப்படும்

திறந்தஆர்கன் குழாயில் ஏற்படும் இரண்டாம் நிலைஅதிர்வைக் காட்டுகிறது. இது இரு கணுவையும் மூன்றுஎதிர்க்கணுவையும் உடையது.

$$L = \lambda_2 \; or \; \lambda_2 = L$$

அதிர்வெண்

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{L} = 2 \times \frac{v}{2L} = 2f_1$$

இதுமுதல் மேற்சுரம் எனப்படுகிறது. n = 2என்பதால் இது இரண்டாவதுசீரிசைஎனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

மூன்றாம் நிலைஅதிர்வு இதில் 3 கணுவும், 4 எதிர்க்கணுவும் உள்ளது.

$$L = \frac{3}{2}\lambda_3 \text{ அல்லது } \lambda_3 = \frac{2L}{3}$$

அதிர்வெண்

$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{3v}{2L} = 3f_1$$

இது3வது மேற்சுரம். n = 3என்பதால் இது 3வதுசீரிசைஎனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

எனவேதிறந்தஆர்கன் குழாய் அனைத்துசீரிசைகளையும் உடையது. nஆனதுசீரிசையின் அதிர்வெண் $f_n = nf_1$. எனப்படுகிறது. எனவேமேற்சுரங்கள் அதிர்வெண்களின் தகவு

ஒத்ததிர்வுகாற்றுத் தம்பக் கருவி:

ஒத்ததிர்வுகாற்றுதம்பக் கருவிஒருமீட்டர் நீளம் உடையகண்ணாடிஅல்லதுஉலோகக் குழாயால் ஆனது. காற்றுதம்பத்தில் ஏற்படும் ஒத்ததிர்வைக் கணக்கிட்டுஅதன் மூலம் சாதாரணவெப்பநிலையில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் காணபயன்படுகிறது. மேலும் காற்றுத் தம்பநீளத்தைமாற்றுவதன் மூலம் ஒத்ததிர்வுஅதிர்வெண் மாறுபடுவதைஅளக்கவும் பயன்படுகிறது. ஒருமுனையைத் திறந்ததாகவும் மறுமுனையை மூடியதாக இக்குழாயுடன் ரப்பர் குழாய் மூலம் இணைக்கப்பட்டநீர் சேமக்கலம் சு காண்பித்தவாறுஏற்படுத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த முழு அமைப்பும் அளவுகோல் பொருத்தப்பட்டசெங்குத்துதாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. ரப்பர் குழாயில் பாதியளவுநீர் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. நீர் மட்டத்தைசேமக்கலத்தின் (R)உயரத்தைமாற்றுவதன் மூலம்,தேவைக்குஏற்பமாற்றிக் கொள்ளலாம். நீரின் மேல் பரப்பு மூடியபகுதியாகவும் மறுமுனைதிறந்தமுனையாகவும் செயல்படும். எனவே, இது மூடியஆர்கன் குழாயாகசெயல்படுகிறது.

அலையின் கணுநீரின் மேற்பரப்பிலும் எதிர்கணுதிறந்தமுனையிலும் ஏற்படும். திறந்தமுனையில் இசைக்கவைஒன்றைஅதிர் வைத்துபிடித்தால் நெட்டலைகள் உருவாகிகாட்டியபடிகீழ்நோக்கிநகரும். நீரின் பரப்பைஅடைந்தவுடன் இந்தஅலைஎதிரொளிக்கப்படும் அலையுடன் மேற்பொருந்துவதால் நிலையானஅலைகள்ஏற்படும். அதன் நீளத்தைமாற்றி,காற்றுத் தம்பத்தின் அதிர்வெண், இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணுடன் (இசைக்கவையின் இயல் அதிர்வெண்) ஒத்ததிர்வடையச் செய்யும்போது,அதிகஉரப்புஉள்ளஒலிஏற்படும். இதன் பொருள் காற்றுத்தம்பத்தின் அதிர்வெண், இசைக்கலவையின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமாகி,ஒத்ததிர்வுக்கானநிபந்தனையைப் பெறும். இந்தநிலையானதுகாற்றுத் தம்பத்தின் நீளம்,ஒலிஅலையின் அலைநீளத்தின்

$\left(\frac{1}{4}\right)^{th}$ மடங்காகஅமையும் போதுஏற்படும். முதல் ஒத்ததிர்வானதுL_1நீளத்தில் ஏற்படுவதாககருதுவோம்.

$$\frac{1}{4}\lambda = L_1$$

ஆனால்,எதிர்க்கணுதுல்லியமாகதிறந்தமுனையில் ஏற்படுவதில்லை. எனவே,நாம் ஒருதிருத்தத்தைசெய்யவேண்டும். இதுவே முனை திருத்தம் எனப்படுகிறது. எதிர்கணுவானதுதிறந்தமுனையில் ஒருசிறிய தூரத்தில் ஏற்படுகிறதுஎன்க. எனவே,முதல் அதிர்வுநிலை,முனைத்திருத்தத்துடன்

$$\frac{1}{4}\lambda = L_1 + e$$

இப்பொழுதுகாற்றுத்தம்பத்தின் நீளத்தைமாற்றி இரண்டாவதுஒத்ததிர்வுநீளம் L_2விற்கு முனை திருத்தத்துடன்

$$\frac{1}{4}\lambda = L_1$$

ஒருசிறியதூரத்தில் ஏற்படுகிறதுஎன்க. எனவே,முதல் அதிர்வுநிலை,முனைத்திருத்தத்துடன்

$$\frac{1}{4}\lambda = L_1 + e$$

இப்பொழுதுகாற்றுத்தம்பத்தின் நீளத்தைமாற்றி இரண்டாவதுஒத்ததிர்வுநீளம் L_2விற்கு முனை திருத்தத்துடன்

$$\frac{3}{4}\lambda = L_2 + e$$

முனைத்திருத்தத்தைபுறக்கணிக்க,சமன்பாடுவேறுபாட்டைகண்டால்,

$$\frac{3}{4}\lambda - \frac{1}{4}\lambda = (L_2 + e) - (L_1 + e)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}\lambda = L_2 - L_1 = \Delta L$$

$$\Rightarrow \lambda = 2\Delta L$$

அறைவெப்பநிலையில் ஒலியின் திசைவேகத்தைகீழ்க்கண்டவாறுகணக்கிடலாம்.

$$v = f\lambda = 2f\Delta L$$

முனைத்திருத்தத்தைசமன்பாடுபயன்படுத்திகாண

$$e = \frac{L_2 - 3L_1}{2}$$

டாப்ளர் விளைவு:

இரயில் நிலையநடைமேடையில் நின்றுக்கொண்டு,நம்மைக் கடந்துசெல்லும் தொடர்வண்டியின் ஊதொலியைக் கேட்பதாகக் கற்பனைசெய்வோம். வண்டிநம்மைநெருங்கும்போதுஒலியின் சுருதி(Pitch)அல்லதுஅதிர்வெண் (Frequency) கூடுவதையும் வண்டிநம்மைவிட்டுவிலகிச் செல்கையில்,சுருதிகுறைவதையும் நம்மால் கேட்கமுடியும். இதுடாப்ளர் விளைவிற்குஓர் எடுத்துக்காட்டாகும்.

ஒலிமூலத்திற்கும் அவ்வொலியைக் கேட்பவருக்கும் இடையேஉள்ளசார்பு இயக்கத்தினால் இவ்விளைவுஏற்படுகிறது. இயக்கத்தினால் ஏற்படும் இத்தகையஅதிர்வெண் மாற்றத்தை ஆஸ்திரியநாட்டைச் சேர்ந்தகணிதவியலாளரும் இயற்பியலாளருமானயோகாண் கிறிஸ்டியன் டாப்ளர் (1803 – 1853) என்பவர் முதலில் ஆராய்ந்தர்.

ஒலி மூலத்திற்கும் கேட்பவருக்கும் இடையேஒருசார்பு இயக்கம் உள்ளபோதுஒலி மூலத்தில் இருந்துவரும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணும் அதைக் கேட்பவரால் உணரப்படும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணும் மாறுபட்டு இருக்கும். இதுவேடாப்ளர் விளைவுஎனப்படும்.

டாப்ளர் விளைவுஒருஅலைநிகழ்வாகும். ஆகவே,ஒலிஅலைகளுக்குமட்டுமின்றிஒளிஅலைகளுக்கும் பிறமின்காந்தஅலைகளுக்கும் டாப்ளர் விளைவுஏற்படுகிறது. ஒலிஅலைகளின் டாப்ளர் விளைவில் உள்ளபல்வேறுநேர்வுகள் மற்றும் கேட்பவரால் உணரப்படும் அதிர்வெண்ணிற்கானகோவையைதருவித்தல் பற்றி இப்பகுதியில் நாம் விவாதிக்கலாம்.

கேட்டுணர் அதிர்வெண்: நிலையான மூலம் மற்றும் இயக்கத்தில் உள்ளகேட்பவர்:

ஊடகத்தைப் (காற்று) பொருந்துஒய்வில் உள்ளபுள்ளிஒலி மூலம் (S)ஒன்றைக் கருதுவோம். ஒலி மூலம் வைக்கப்பட்டுள்ளஊடகமானது,சீராகவும் ஒய்வில் உள்ளதுஎனவும் கொள்வோம். ஒலி மூலம் வெளிவிடும் ஒலிஅலைகளின் அதிர்வெண் fமற்றும் அலைநீளம் λஆகும்.

ஒலி மூலத்திலிருந்துஆரவழியேவெளிச்செல்லும் கோளகஒலிஅலைகள் vஎன்றசமதிசைவேகத்தில் அனைத்துதிசைகளிலும் பரவுகின்றன. ஒலிஅலைகளின் இறுக்கங்கள் (அல்லதுஅலைமுகப்புகள்) ஒரு - மையவட்டங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன. அடுத்தடுத்த இரு இறுக்கங்களுக்கு இடையேயானதொலைவுஅதன் அலைநீளம் λ ஆகும். மேலும்.அலையின் அதிர்வெண்
கேட்பவர் நிலையாகஉள்ளபோது, மூலத்திற்கும் (s)கேட்பவருக்கும் (L) இடையேசார்பியக்கம் இருக்காது. uமற்றும் λ ஆகியவைமாறாமல் இருப்பதால்,கேட்பவரால் உணரப்படும் ஒலியின் அதிர்வெண்ணும் ஒலி மூல அதிர்வெண்ணும் சமமாக இருக்கும்.

நிலையான மூலத்தைநோக்கிகேட்பவர் நேராகநகர்வதாகக் கொள்வோம். கேட்பவரின் வேகம் v_Lஎனில்,கேட்பவரைப் பொருத்துஒலியின் சார்புவேகம் $v' = v + v_L$ஆகும்.அலைநீளம் மாறாமல் உள்ளதால் (மூலம் நிலையாக இருப்பதால்),கேட்பவர் உணரும் ஒலியின் அதிர்வெண் மாறுகிறது. கேட்டுணர் அதிர்வெண் f' ஆனதுபின்வரும் சமன்பாட்டால் பெறப்படுகிறது.

$$f' = \left(\frac{v + (-v_L)}{v}\right) f$$

$$f' = \left(\frac{v - v_L}{v}\right) f$$

(மூலத்தைவிட்டுகேட்பவர் விலகிச் செல்லும்போ)

ஆகவே,நிலையான மூலத்தைவிட்டுகேட்பவர் விலகிச் செல்கிறார் எனில், மூல அதிர்வெண்ணைவிடகேட்டுணர் அதிர்வெண் குறைவாக இருக்கும்.

கேட்டுணர் அதிர்வெண்: நகரும் மூலம் மற்றும் நிலையானகேட்பவர்
ஒலி மூலமும் (S)கேட்பவரும் (L)ஒய்வுநிலையில் இருப்பதாகக் கருதுவோம்.

அடுத்தடுத்த இரு இறுக்கங்கள் படத்தில் காட்டப்பட்டு, இரண்டுஒருமையவட்டங்களால் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இரண்டாவது இறுக்கம் சமீபத்தில் வெளியிடப்பட்டு, மூலத்திற்குஅருகில் உள்ளது. இவ்விரு இறுக்கங்களுக்கு இடைப்பட்டதொலைவுஒலியின் அலைநீளம் λ ஆகும். மூலத்தின் அதிர்வெண் fஆகையால், இவ்விரு இறுக்கங்கள் வெளியிடப்படும் கால இடைவெளி

$$T = \frac{1}{f} = \frac{\lambda}{v}$$

இப்போது நிலையான கேட்பவரை நோக்கி ஒலி மூலம் நேராக நகர்கிறது ஒலி மூலத்தின் வேகம் v_s என்கமற்றும் இந்தவேகம் ஒலியின் வேகத்தை v விடக் குறைவு ஆகும்.

T கால இடைவெளியில், முதல் இயக்கம் செல்லும் $vT = \lambda$ தொலைவு மற்றும் ஒலிமூலம் நகரும் தொலைவு v_sT ஆகும். இதன் விளைவாக, இரு இறுக்கங்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு λ - லிருந்து $\lambda' = \lambda - v_s T$ என்று குறைகிறது. எனவே, கேட்பவர் உணரும் அலை நீளம்

$$\lambda' = \lambda - v_s T = \lambda - \left(\frac{v_s}{f}\right)$$

கேட்டுணர் அதிர்வெண் ஆனது,

$$= \frac{v}{\left(\frac{v}{f}\right) - \left(\frac{v_s}{f}\right)}$$

ஆகவே நிலையான கேட்பவரை நோக்கி ஒலி மூலம் நகரும்போது, மூல அதிர்வெண்ணை விட கேட்டுணர் அதிர்வெண் அதிகமாக இருக்கும்.

நிலையான கேட்பவரை விட்டு ஒலி மூலம் விலகிச் செல்கிறது எனில்,v_s– க்கு எதிர்க்குறி இடுவதன் மூலம் கேட்டுணர் அதிர்வெண்ணைப் பெறலாம்.

$$f' = \left(\frac{v}{v + v_s}\right) f$$

ஆகவே, நிலையான கேட்பவரை விட்டு ஒலி மூலம் விலகிச் செல்கிறதுஎனில், மூல அதிர்வெண்ணைவிடகேட்டுணர் அதிர்வெண் குறைவாக இருக்கும்.

கேட்டுணர் அதிர்வெண் : ஒலி மூலம் மற்றும் கேட்பவர் இருவருமே இயக்கத்தில் உள்ளபோது

ஒலி மூலம் மற்றும் கேட்பவர் இருவருமே இயக்கத்தில் உள்ளபோது, கேட்டுணர் அதிர்வெண்ணிற்கான வாய்ப்பாடு இவ்விரு சமன்பாடுகளையும் ஒன்றிணைப்பதன் மூலம் பெறலாம்.

$$f' = \left(\frac{v + v_L}{v - v_s}\right) f$$

இங்கு நாம் பயன்படுத்தியுள்ள குறியீட்டு மரபில், ஒலி மூலம் அல்லது கேட்பவர் ஒன்றை நோக்கி மற்றொன்று நகரும் போது v_s மற்றும் v_L ஆகியவை நேர்க்குறி மதிப்புகளைப் பெறுகின்றன. அவ்வாறே, ஒலி மூலம் அல்லது கேட்பவர் ஒன்றை விட்டு மற்றொன்று விலகிச் செல்லும் போது அவை எதிர்க்குறி மதிப்புகளைப் பெறுகின்றன.

ஒலி மூலத்திற்கும் கேட்பவருக்குமிடையே சார்பியக்கம் காணப்படும் பல்வேறு சூழ்நிலைகளில் கேட்டுணர் அதிர்வெண்ணிற்கான வாய்ப்பாடுகள் தொகுத்து அளிக்கப்பட்டுள்ளன.

ஒலியின் வேகத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடு (ஒலி மூலம் ஓய்விலும் கேட்பவர் நகரும் போது) அல்லதுஒலியின் அலைநீளத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடு (கேட்பவர் ஓய்விலும் ஒலி மூலம் நகரும் போது) காரணமாகவேஅதிர்வெண் மாறுபாடு ஏற்படுகிறது என்பதை கவனிப்பது முக்கியமாகும்.

ஒலி மூலம் மற்றும் கேட்பவர் என இரண்டும் நகரும் போது,ஒலியின் வேகமாறுபாடு மற்றும் ஒலியின் அலைநீள மாறுபாடு ஆகிய இரண்டின் காரணமாக அதிர்வெண் மாறுபாடு ஏற்படுகிறது.

ஒலியை விடவேகமாக ஒலி மூலம் நகரும் போது (அதாவது சூப்பர்சானிக் வேகத்தில் மூலம் நகரும் போது), கேட்டுணர் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடஉதவும் சமன்பாடுகள் ஆகியவைபயன்படாது. மேலும் ஒலி மூலத்தின் முன்புறம் உள்ள நிலையான கேட்பவரால் ஒலியை கேட்கமுடியாது. ஒலி அலைகளானது மூலத்திற்கு பின்புறம் அமைவதே காரணமாகும்.

இத்தகைய வேகங்களில், புதிதாக உருவாகும் அலைகளும் முன் கணத்தில் உருவான அலைகளும் ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவினால் மிகப்பெரிய வீச்சுடன் கூடிய ஒலியை உருவாக்கின்றன. இதை 'ஒலிமுழக்கம்' (sonic boom) அல்லது அதிர்ச்சி அலை'(Shock wave) என்கிறோம்.

பல்வேறு சூழ்நிலைகளில் கேட்டுணர் அதிர்வெண்

வ.எண்	சூழ்நிலை	கேட்டுணர் அதிர்வெண்
1	நிலையானS– ஐ Lநகரும் போது	$f' = \left(\frac{v+v_L}{v}\right)f$
2	நிலையானS– ஐ விட்டுLவிலகிச் செல்லும் போது	$f' = \left(\frac{v-v_L}{v}\right)f$
3	நிலையானL– ஐ நோக்கிSநகரும் போது	$f' = \left(\frac{v}{v-v_s}\right)f$
4	நிலையானL– ஐ விட்டுSவிலகிச் செல்லும் போது	$f' = \left(\frac{v}{v+v_s}\right)f$
5	Sமற்றும் Lஒன்றையொன்றுநெருங்கும் போது	$f' = \left(\frac{v+v_L}{v-v_s}\right)f$
6	Sமற்றும் Lஒன்றையொன்றுவிலகிச்செல்லும் போது	$f' = \left(\frac{v-v_L}{v+v_s}\right)f$
7	L– ஐ Sதுரத்தும் போது	$f' = \left(\frac{v-v_L}{v-v_s}\right)f$
8	S– ஐ Lதுரத்தும் போது	$f' = \left(\frac{v+v_L}{v+v_s}\right)f$
9	Sமற்றும் Lஒன்றையொன்றுநெருங்குகின்றன,மேலும் ஒலியின் திசையில் V_mவேகத்துடன் ஊடகம் இயங்கும் போது	$f' = \left(\frac{(v+v_m)+v_L}{(v+v_m)-v_s}\right)f$

ஒலியில் ஏற்படும் டாப்ளர் விளைவுசமச்சீர் தன்மையற்றது. அதே வேளை, ஒளியில் ஏற்படும் டாப்ளர் விளைவு சமச்சீர் தன்மை கொண்டது. நிலையான கேட்பவரை நோக்கி ஒலி மூலம் நகரும் போது ஏற்படும் கேட்டுணர் அதிர்வெண் மற்றும் நிலையான ஒலி மூலத்தை நோக்கி அதே வேகத்தில் கேட்பவர் நகரும் போதுஏற்படும் கேட்டுணர் அதிர்வெண் ஆகியவைசமமாக இருப்பதில்லை. இவ்விருநிகழ்வுகளில் சார்புவேகம் ஒன்றாக இருந்தபோதிலும், கேட்டுணர் அதிர்வெண் வெவ்வேறாக உள்ளது. ஆகவே ஒளியில் ஏற்படும் டாப்ளர் விளைவுசமச்சீர் தன்மையற்றது என்கிறோம். ஒலி பரவலுக்கு ஊடகம் தேவை என்பது ஊடகத்தைப் பொருத்துஅதன் வேகம் அமைகிறது என்பதேகாரணம் ஆகும்.

ஒளிமற்றும் பிறமின்காந்தக் கதிர்வீச்சுகளைப் பொருத்தவரை இவ்விரு நேர்வுகளில் கேட்டுணர் (அல்லதுகண்டுணர்) அதிர்வெண் ஒன்றாகவே இருக்கும். ஆகவேஒளிமற்றும் பிறமின்காந்தக் கதிர்விச்சுகளில் ஏற்படும் டாப்ளர் விளைவு சமச்சீர் தன்மைகொண்டுள்ளது. ஏனெனில் ஒளியின் பரவல் ஊடகத்தைப் பொருத்து அமைவதில்லை.