

भौतिकशास्त्र



प्रकरण १३.

द्रव्य व द्रव्याच्या अवस्था

भौतिक शास्त्रामध्ये द्रव्य, ऊर्जा, ध्वनी, उष्णता, यांत्रिकी, चुंबकत्व इत्यादी घटकांचा यांचा अभ्यास केला जातो.

द्रव्य (Matter)

- सृष्टीतील सर्व पदार्थ द्रव्यापासून बनलेले असतात.
- द्रव्याला आकारमान नसते.
- द्रव्य जागा व्यापते.
- द्रव्याला वस्तुमान असते.
- द्रव्य अनेक सूक्ष्मकणांनी बनलेले असतात व परस्परांना आकर्षित करतात.

द्रव्याच्या अवस्था पुढीलप्रमाणे आहेत.

१. स्थायू:-

- स्थायू पदार्थांना विशिष्ट आकार व आकारमान असते.
- स्थायू पदार्थातील रेणू अधिक जवळ असतात व एकमेकांना आकर्षित करतात.
- परिणामी त्यांच्यामधील अंतर कमी असते.
- स्थायू पदार्थांचे स्वरूप कठीण असते.

२. द्रव:-

- द्रव पदार्थांना आकार नसतो पण विशिष्ट आकारमान असते.
- द्रव पदार्थ वाहू शकतात या गुणधर्माला प्रवाहिता म्हणतात.
- स्थायू पदार्थांच्या तुलनेत यांच्यामध्ये कमी आकर्षण असते.

३. वायु:-

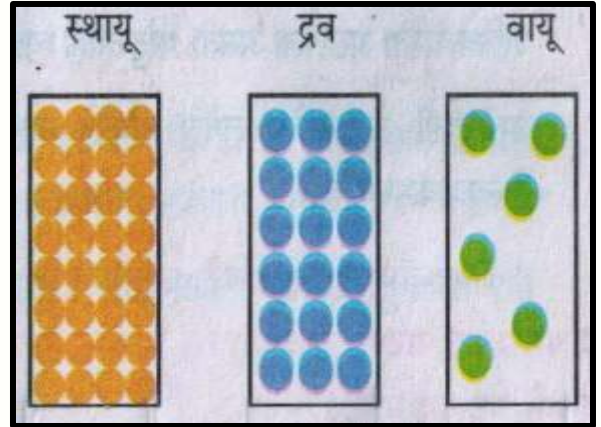
- या पदार्थांना विशिष्ट आकार व आकारमान नसते.
- वायु पदार्थांना सहजरित्या दाब दिला जाऊ शकतो.
- वायु पदार्थ जास्त दाबाकडून कमी दाबाकडे वाहतात.
- वायुंना प्रवाहिता, संपिडयता हे गुणधर्म देखील असतात.

४. अयनायू (प्लाझ्मा) :-

- ही द्रव्याची चौथी अवस्था आहे.
- या अवस्थेत इलेक्ट्रॉन अणूपासून मुक्त होऊन आयनांची निर्मिती होते व प्लाझ्मा अवस्था निर्माण होते.
- या अवस्थेत पदार्थ पूर्णतः स्थायू अथवा पूर्णतः द्रव नसतो. पदार्थांना ही अवस्था प्राप्त होण्यासाठी $600^{\circ}C$ जास्त तापमान लागते.

५. बोस आइनस्टाईन कंडेनसेट :-

- ही पदार्थांची पाचवी अवस्था आहे. भारतीय भौतिक शास्त्रज्ञ सत्येंद्रनाथ बोस यांनी पदार्थांच्या पाचव्या अवस्थेविषयी काही गवना केल्या होत्या. नंतर अल्बर्ट आइनस्टाईनने या नव्या अवस्थेची भविष्यवाणी केली होती.



➤ पदार्थाचे गुणधर्म:-

- **वस्तुमान :-** पदार्थांमध्ये असलेला द्रव्यसंचय म्हणजेच पदार्थाचे वस्तुमान होय.
- **जडत्व :-** आपली सद्यस्थिती स्वतःहून व बदलण्याच्या पदार्थाच्या प्रवृत्तीला जडत्व असे म्हणतात.
- **प्रत्यास्थता :-** पदार्थावर लावलेले बल कडून घेताच आपला मूळ आकार व मूळचे आकारमान प्राप्त करण्याचा पदार्थाची प्रवृत्ती
- **कठीणता :-** काचेच्या तुकड्याने तांब्यांच्या तुकड्यावर ओरखडा पडतो. परंतु तांब्याच्या तुकड्याने काचेवर ओरखडा ओढू शकत नाही. काचेच्या या गुणधर्माला कठीणता म्हणतात.
- **वर्धनियता :-** पदार्थाचे पत्र्यात रुपांतर करण्याच्या प्रक्रियेला वर्धनियता म्हणतात.
- उदा. सोने, चांदी, तांबे यांचा पत्रा तयार करता येतो.
- **ठिसुळपणा :-** एखादा पदार्थ टणक पृष्ठभागावर टाकला असता त्याचे तुकडे होतात. पदार्थाच्या या गुणधर्माला ठिसुळपणा असे म्हणतात.
- **तन्यता :-** पदार्थाच्या ज्या गुणधर्मांमुळे पदार्थाची बारीक तार काढता येते त्यास तन्यता असे म्हणतात.
- **सच्छिद्रता :-** यामध्ये पदार्थाला रंध्रे असतात आणि हा पदार्थ पाण्यात टाकला असता त्याच्या रंध्रामधून हवा बाहेर येते. यालाच सच्छिद्रता असे म्हणतात. उदा. खडू, वीट इत्यादी



१. वस्तुमान (Mass)



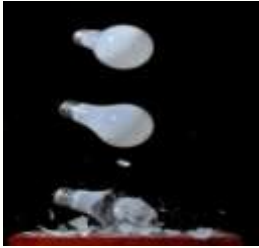
२. जडत्व (Inertia)



३. कठीणता (Hardness)



४. प्रत्यास्थता (Elasticity)



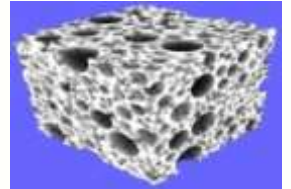
५. ठिसूळपणा (Brittleness)



६. तन्यता (Ductility)



७. वर्धनियता (Malleability)



८. सच्छिद्रता (Porosity)

➤ अवस्थांतर (पदार्थांच्या अवस्थेत होणारा बदल) :-

- या क्रियेमध्ये पदार्थाचे केवळ भौतिक गुणधर्म बदलतात. रासायनिक गुणधर्म मात्र सारखेच असतात.
- तापमानमध्ये वाढ अथवा घट झाली असता पदार्थांच्या अवस्थेत बदल होतो.

बाष्पीभवन	संघनन	संप्लवन
या प्रक्रियेत उत्कलनबिंदूच्या खालील कोणत्याही तापमानाला द्रवरूप पदार्थांचे रुपांतर वायुरूप पदार्थात होते. जेव्हा पदार्थातील अणू आणि रेणू द्रवापासून दूर घेऊन वाफेत रुपांतरीत होतात तेव्हा ही प्रक्रिया घडते. सर्व द्रव पदार्थांचे सामान्य तापमानाला आणि हवेच्या दाबाला बाष्पीभवन होवू शकते.	या क्रियेत वाफेपासून द्रवाचे थेंब तयार होतात. जेव्हा ढग तयार होतात तेव्हा बाष्पीभवनामुळे पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरून ओढली गेलेली उष्णता वातावरणात सोडली जाते. या प्रक्रियेमुळे पृथ्वीवरील हवामान थंड राहते.	स्थायुरूप पदार्थांचे द्रवरूप पदार्थात रुपांतर न होता सरळ वायुरूप पदार्थात होते. यालाच संप्लवन म्हणतात. उदा. कापुर, नवसागर



प्रकरण १४. भौतिक राशी व त्यांचे मापन

➤ **भौतिक राशी व त्यांचे मापन :-** भौतिक राशीचा अभ्यास करण्यासाठी त्यांचे मापन अचुकरीत्या करता येणे अतिशय महत्वाचे आहे. मापन म्हणजेच पदार्थाच्या माहीत नसलेल्या वस्तुमानाच्या राशीची तुलना प्रभावित व विश्वसनीय मापकाशी करणे होय.

१. प्रमाणित मापनपध्दती :-

एखाद्या राशीचे विविध परिणामांच्या सहाय्याने मापन केले जाते. ते वेगवेगळे असते. एखाद्या प्रयोगासाठी मात्र एखाद्या विशिष्ट राशीचे मापन सर्व स्थळी व सर्वकाळी सारखे असावे लागते. यासाठी काही राशींना मूलभूत राशी मानून त्यांचे मापन विशिष्ट एककांमध्ये करण्यात येते.

२. मुलभूत राशी आणि त्यांची एकके :-

लांबी, वस्तुमान, काल या तीन भौतिक राशी मुलभूत मानल्या जातात व त्यांच्या 'एककास मूलभूत एकक' असे म्हणतात. या तिन्ही मुलभूत राशींच्या मापनाकरता दोन पध्दती वापरतात.

३. मीटर – किलोग्रॅम सेकंद पध्दती :-

- मीटर – लांबी
- कि. ग्रॅ. – वस्तुमान
- सेकंद - काल

या प्रभावित एककांचा वापर केला जातो. या पध्दतीस आंतरराष्ट्रीय मान्यता असल्याने या पध्दतीस SI असेही म्हणतात.

४. से.मी.- ग्रॅम सेकंद पध्दती :-

MKS व CGS पध्दतीत सेकंद हे कालाचे एक सारखेच असते.

- से.मी. – लांबी
- ग्रॅम – वस्तुमान

सेकंद - काल ही प्रमाणित एकके आहेत.

$$\square 1\text{m} = 100\text{cm}$$

$$\square 1\text{kg} = 1000\text{Gm}$$

MKS व CGS पध्दतीत सेकंद हे कालाचे एक सारखेच असते.

□ लांबी :-

मीटर हे लांबीचे MKS पध्दतीत एकक आहे. ते 'M' या चिन्हाने दर्शवितात. मोजपट्टीचे लघुत्तम मापन म्हणतात.

□ लघुत्तम माप :- एखाद्या मापनसाधनाने जे बिनचुक लघुत्तम मापन घेता येते त्या लघुत्तम मापनाला त्या साधनाचे लघुत्तम माप असे म्हणतात.

- मीटर पट्टी:- १mm
- व्हर्निअर कैवार:- १mm किंवा ०.०१cm
- स्कू प्रमापी:- ०.०१mm किंवा ०.००१cm
- व्हर्निअर कैवार- शोध- सर पिअर व्हर्निअर
- मापन क्षमता- १mm किंवा ०.००१cm
- मापन करण्यात येणाऱ्या वस्तू:- नाणे किंवा पेन्सिलचा व्यास, काचेच्या चिपेची जाडी, नळीचा अंतर्व्यास.



➤ स्क्व प्रमापी :-

- मापन क्षमता:- ०.०१mm/ ०.००१cm
- मापन करण्यात येणाऱ्या वस्तू:- कागदाची जाडी, टाचणी अथवा बारीक तारेचा व्यास

➤ क्षेत्रफळ :-

- क्षेत्रफळाच्या प्रमाणित एककाशी त्या क्षेत्रफळाची तुलना करणे म्हणजेच क्षेत्रफळ होय.
- MKS एकक - चौरस मीटर m^2
- CGS एकक - चौरस मीटर cm^2
- अनियमित आकाराच्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ आलेख कागदाच्या सहाय्याने ठरविता येते.

➤ स्नायू पदार्थाचे आकारमान :-

- अद्रावणीय स्नायूचे आकारमान दर्शवताना असा स्थायू पदार्थ त्या द्रवात बुडविला असता तो स्वतःच्या आकारमाना इतकी जागा त्या द्रवात व्यापतो व आपल्या आकारमानाइतका द्रव विस्थापित करतो.
- म्हणूनच एखाद्या स्थायू पदार्थाचे आकारमान त्याने विस्थापित केलेल्या द्रवाच्या आकारमाना इतके असते असे म्हणतात.

➤ कालमान :-

- आपल्या दैनंदिन व्यवहारात काल या राशीस अतिशय महत्व आहे. कार्यालये, शाळा, रेल्वे व इतर अनेक व्यवहार एका निश्चित वेळापत्रकाप्रमाणे चालत असतात.
- काही घटना ठराविक काळाने पुन्हा - पुन्हा घडत असतात.
- उदा. सूर्योदय-सूर्यास्त, हृदयाची स्पंदने अशा घटकांना पुनरवर्ती घटना असे म्हणतात. अशा घटनांचा कालमापनासाठी उपयोग करता येतो.

➤ सौर दिन व कालमापन :-

- प्रत्येक दिवशी दुपारी बारा वाजता सूर्य बरोबर डोक्यावर येतो या वेळेला मध्यान्ह असे म्हणतात. लागोपाठच्या दोन मध्यान्हीमधील कालांतराला सौर दिन असे म्हणतात.
- सौर दिनाचा काल दररोज किंचित बदलतो म्हणून संपूर्ण वर्षाच्या सौर दिनांच्या कालावधीवरून मध्य सौर दिन ठरवितात.

➤ दोलक- दोलनकाल व कालमापन:-

- गॅलिलिओ या प्रसिध्द शास्त्रज्ञाने सर्वप्रथम दोलकाच्या दोलनकालाचा कालमापनासाठी वापर केला. चर्चमधील लॉंबकळणारे दिव्यांच्या दोलनकाल त्याने आपल्या नाडीच्या ठोक्यांचा वापर करून मोजला व त्याच्या असे लक्षात आले की प्रत्येक दोलनासाठी लागणारा काळ समान होता.
- गॅलिलिओ या प्रयोगावर सरल दोलक आधारित आहे. या प्रयोगात एका लांब दोऱ्याच्या सहाय्याने धातूचा गोळा आधारकाला पक्का टांगतात. गोळा एका बाजूस घेऊन सोडल्यास दुसऱ्या बाजुकडे येण्यासाठी लागणाऱ्या वेळेस त्याचा दोलनकाल असे म्हणतात. या प्रयोगावरून पुढील निष्कर्ष निघतात.
 १. दोलकाची लांबी कायम असेपर्यंत दोलनकालसारखाच असतो.
 २. दोलकाची लांबी वाढविली असता दोलनकाल वाढतो.
 ३. दोलकाची लांबी कमी केली असता दोलनकाल कमी होतो.

➤ आकारमान :-

- पदार्थाने व्यापलेल्या जागेला त्या पदार्थाचे आकारमान म्हणतात. एक मीटर बाजू असलेल्या घनाकृती ठोकळ्याचे आकारमान हे MKS - चौरस मीटर पद्धतीतील आकारमानाचे प्रमाणित एकक असते.
- MKS एकक m^3
- CGS एकक cm^3
- द्रव पदार्थाचे आकारमान मोजण्यासाठी निरनिराळ्या धारकतेची भांडी वापरतात. भांड्याच्या आतील बाजूस त्या भांड्यांची धारकता असे म्हणतात.
- लीटर हे भांड्यांच्या धारकतेचे प्रमाणित एकक होय.

राशींचे प्रकार

सदिश राशी

अदिश राशी

अदिश राशी

- ही राशी व्यक्त करताना परीमाणाची आवश्यकता असते व दिशेची आवश्यकता नसते.
- अंकगणिताचे नियम वापरून बेरीज वजाबाकी करता येते.
- उदा.- लांबी, वस्तुमान, काल, तापमान, घनता, चाल, कार्य, दाब, ऊर्जा

महत्वाच्या अदिश राशी :-

१. वस्तुमान :-

वस्तुमान म्हणजेच पदार्थात असलेले द्रव्यसंचय
एकक:- MKS - किलोग्रॅम CGS - ग्रॅम

mass → kg



२. घनता:-

पदार्थाचे वस्तुमान व त्याचे आकारमान यामधील गुणोत्तराला त्या पदार्थाची 'घनता' असे म्हणतात.

$$\text{घनता} = \frac{\text{वस्तुमान}}{\text{आकारमान}}$$

एकक = MKS – KG/m³ CGS – g/cm³

३. चाल:-

एकक कालावधीत वस्तूने आक्रमिलेल्या अंतरास त्या वस्तूची चाल असे म्हणतात.

$$\text{चाल} = \frac{\text{अंतर}}{\text{काल}} \quad \frac{\text{मीटर}}{\text{सेकंद}}$$

एकक = MKS – m/s CGS – cm/s

एकसमान चाल जर एखादी वस्तू एकसमान चालीने जात असेल तर त्या वस्तूची चाल एकसमान आहे असे म्हणतात. जर वस्तू विराम अवस्थेत असेल तर त्या वस्तूला अचल वस्तू असे म्हणतात.

चल- चाल:-

प्रत्येक समान कालावधीत वस्तू असमान अंतर कापीत असेल तर तिच्या चालीस चल चाल असे म्हणतात.

४. कार्य:-

बल आणि बलाच्या क्रियेच्या रेषेत होणारे विस्थापन यांच्या परिणामांच्या गुणाकारास कार्य म्हणतात.

$$W = F \times S \text{ (Force X Displacement)}$$

$$= \text{न्यूटन} \times \text{मीटर}$$

एकक:-

- जेम्स ज्युल या शास्त्रज्ञानाच्या सन्मानार्थ कार्याचे MKS पध्दतीतील एकक 'ज्यूल' या नावाने ओळखतात व ते J या अक्षराने दर्शवितात.
- CGS – डाईन. cm मात्र या एककास अर्ग असे संबोधतात.

➤ धन कार्य :-

पदार्थाचे विस्थापन गुरुत्व बलाच्या दिशेने होते त्यावेळी बलाने केलेले कार्य धन असते.

उदा.- जमिनीच्या दिशेने येणारे पदार्थ

➤ ऋण कार्य :-

पदार्थाचे विस्थापन गुरुत्व बलाच्या विरुद्ध दिशेने होते तेव्हा गुरुत्व बलाने केलेले ऋण कार्य असते.

उदा.- पदार्थ जमिनीपासून वर उचलला जाणे.

५. ऊर्जा:-

- एखाद्या पदार्थात कार्य करण्याची असलेली क्षमता म्हणजे त्या पदार्थाची ऊर्जा होय. पदार्थाकडून होणाऱ्या कार्याच्या स्वरूपात ऊर्जेचे मापन केले जाते, म्हणूनच कार्याचे एकक म्हणजेच ऊर्जेचे एकक असे म्हणतात.
- एकक:- MKS:- ज्यूल (न्यूटन मीटर) MKS:- अर्ग (डाईन से.मी.)
- ऊर्जेचे यांत्रिक, रासायनिक, विद्युत, प्रकाश, उष्णता असे विविध प्रकार आहेत.
- यांत्रिक ऊर्जेचे = गतिज ऊर्जा व स्थितीज ऊर्जा हे प्रकार पडतात.

➤ गतिज ऊर्जा:-

- गतिमान अवस्थेमुळे पदार्थात असणाऱ्या ऊर्जेला 'गतिज ऊर्जा' असे म्हणतात.
- गतिज ऊर्जा = $\frac{1}{2} MV^2$ या सूत्राने काढता येते.

$$M = \text{वस्तुमान} \quad V = \text{वेग}$$

- उदा. १) ब्रेक दाबल्यानंतर वाहन थोडे पुढे जाऊन थांबणे.
२) हातोड्याचा आघात झाल्याने खिळा भिंतीत घुसणे.

➤ स्थितीज ऊर्जा:-

- एखाद्या संस्थेतील निरनिराळ्या घटकांच्या परस्पर सापेक्ष स्थितीमुळे व त्या घटकांच्या अन्योन्यक्रियेमुळे त्या संस्थेत जी ऊर्जा सामावलेली असते तिला या संस्थेची 'स्थितीज ऊर्जा' असे म्हणतात.

- स्थितीज ऊर्जा PE = Mgh या सूत्राने काढता येते.

$$M = \text{वस्तुमान} \quad G = \text{गुरुत्वबल} \quad h = \text{ऊंची}$$

• उदाहरणे:-

१. धनुष्यात बाण सोडण्यापूर्वी धनुष्याची दोरी व धनुष्याची दोरी व धनुष्याची दोरी व धनुष्याची दोरी यांच्या विशिष्ट स्थितीमुळे.
२. बॉम्बमध्ये भरण्यात येणाऱ्या स्फोटक मिश्रणात विविध रसायनांच्या रूपात साठवलेली ऊर्जा ही स्थितीज ऊर्जाच असते. धरणाच्या साठवलेल्या पाण्यातील ऊर्जा स्थितीज ऊर्जा असते.

- **ऊर्जेचे रूपांतरण** : एका ऊर्जेचे रूपांतर दुसऱ्या प्रकाराच्या ऊर्जेत करता येते. स्थितीज ऊर्जेचे रूपांतर गतिज ऊर्जेत होते.

- **ऊर्जा अक्षय्यतेचा नियम** :- ऊर्जा निर्माण करता येत नाही व नष्टही करता येत नाही. तिचे एका प्रकारातून दुसऱ्या प्रकारात रूपांतर करता येते. तथापि विश्वातील एकूण ऊर्जा सदैव अक्षय राहते.

➤ **ऊर्जेची काही रूपे:-**

१. **विद्युत ऊर्जा**:- विद्युत धारा म्हणजे इलेक्ट्रॉनचे वहन ही ऊर्जा आपण जनित्रापासून, विद्युत घटापासून किंवा विजेरी संचापासून मिळवू शकतो.

२. **उष्णता**:- लाकूड, बायोगॅस, घरगुती गॅस (LPG गॅस) यांच्या साहाय्याने उष्णता मिळवून अन्न शिजवू शकतो.

३. **सौर ऊर्जा**:- सुर्यापासून मिळणारी ऊर्जा म्हणजे सौर ऊर्जा. उष्णता व प्रकाश या रूपात ऊर्जा मिळते.

४. **रासायनिक ऊर्जा**:- रासायनिक अभिक्रियेमुळे रासायनिक ऊर्जा मिळू शकते.

५. **शक्ती (POWER)** :- कार्य करण्याच्या दरास शक्ती असे म्हणतात.

$$\text{शक्ती} = \frac{\text{कार्य}}{\text{काल}} = \frac{\text{Work}}{\text{Time}} = \frac{\text{ज्यूल}}{\text{सेकंद}}$$

$$\text{एकक} = \text{MKS} - \text{ज्यूल/सेकंद} \quad \text{ज्यूल/सेकंद वॉट असे संबोधतात व W अक्षराने दर्शवितात}$$

$$\text{CGS} - \text{अर्ग/सेकंद}$$

- शास्त्रात शक्ती मोजण्यासाठी अश्वशक्ती हे एकक प्रचलित आहे.

- १ अश्वशक्ती = ७४६ वॉटस

- बल व वेग यांच्या गुणाकारासही शक्ती असे म्हणतात.

- शक्ती = बल X वेग

- POWER = F X V

सदीश राशी

व्याख्या व एकके :-

१. विस्थापन :-

- दोन ठिकाणांमधील विशिष्ट दिशेने चाललेल्या एक रेषीय लांबीला विस्थापन म्हणतात. वस्तूच्या विस्थापनाचा उल्लेख करताना त्या दिशेने अंतर मोजायचे आहे, त्या दिशेने निर्देश करणे जरूरीचे असते. विस्थापन ही सदिश राशी आहे. मुळ स्थान व अंतिम स्थान यांना जोडणाऱ्या किरणाने दिशा निश्चित होते. विस्थापन लांबीच्या एककामध्ये मोजतात.
- एकक= MKS मीटर CGS से.मी.

२. अंतर:-

- आक्रमिलेल्या मार्गाची प्रत्यक्ष लांबी म्हणजे अंतर होय. अशाप्रकारे जेव्हा एखादी वस्तू एखाद्या ठिकाणापासून दुसऱ्या ठिकाणापर्यंत जाते तेव्हा त्या दोन ठिकाणांमधील लांबीला अंतर असे म्हणतात. अंतर ही अदिश राशी आहे. दोन बिंदूच्या दरम्यान, गतिमान असताना वस्तूने प्रत्यक्ष केलेले मार्गक्रमण म्हणजे अंतर.

३. वेग:-

- एखाद्या वस्तूच्या विस्थापनाचा दर म्हणजे त्या वस्तूचा वेग होय. वस्तूची चाल माहित असल्यास ती वस्तू जलद गतीने स्थानांतर करते हे कळते. त्या वस्तूच्या स्थानांतराची दिशा मात्र कळत नाही. एखाद्या वस्तूची अचूक स्थिती माहित करून घेण्यासाठी वस्तूची चाल आणि त्या वस्तूच्या हालचालीची दिशा माहित असणे आवश्यक असते. एखाद्या वस्तूने एकक काळात एखाद्या विशिष्ट दिशेने कापलेल्या अंतरास त्या वस्तूचा वेग म्हणतात.
- वेग = $\frac{\text{विस्थापन}}{\text{वेळ}}$
- एकक:- MKS(SI) पद्धतीत वेग m/s मध्ये व CGS पद्धतीत वेग cm/s मध्ये मोजतात. खूप जास्त अंतरासाठी km/hr हे एकक वापरतात.
- वस्तूचा वेग बदलण्याच्या पध्दती पुढीलप्रमाणे आहेत :-
 - चाल बदलून आणि दिशा तिच ठेवून.
 - दिशा बदलून आणि चाल तिच ठेवून.
 - चाल व गतीची दिशा दोन्ही ही बदलून.
- एकसमान वेग:- एखादी वस्तू सरळ रेषेमध्ये समान अंतर समान कालावधीमध्ये कापत असेल तर त्या वस्तूच्या वेगास एकसमान वेग असे म्हणतात.

४. त्वरण:- वस्तूच्या वेगामध्ये सतत बदल होत असतो. त्यावेळी वस्तूमध्ये त्वरण निर्माण होतो. वेग बदलाचा दर म्हणजे त्वरण होय.

- त्वरण = $\frac{\text{वेग बदल}}{\text{काळ}}$
- अंतिम वेग = $\frac{\text{सुरुवातीचा वेग}}{\text{लागलेला कालावधी}}$
- $a = \frac{v - u}{t}$

या प्रकारच्या गतीला त्वरित गती म्हणतात. जेव्हा एखाद्या वस्तूचा वेग बदलतो तेव्हा त्या वस्तूच्या गतीला त्वरणीय गती म्हणतात. त्वरणाचे एकक = MKS – m/s² CGS – cm/s²

- धनत्वरण:- वस्तूचा वेग वाढत असेल तर वस्तूला धन त्वरण असते.
- ऋणत्वरण:- वस्तूचा वेग कमी होत असेल तर वस्तूला ऋण त्वरण असते. ऋण त्वरणाला अवत्वरण असेही म्हणतात.

- एकसमान त्वरण :- हवेचा विरोध नसेल तर उंचीवरून सोडलेली वस्तु स्थिर एकसमान त्वरणाने पृथ्वीकडे गतिमान होते या स्थिर त्वरणास 'गुरुत्व त्वरण' असे म्हणतात. गुरुत्व त्वरण 9.8 m/s^2 अथवा 980 cm/s^2 असे मानतात. गुरुत्व त्वरणाचे सर्वात जास्त मुल्य 9.83 m/s^2 ध्रुवर असते. तर सर्वात कमी मुल्य 9.76 m/s^2 विषवृत्तावर असते. जमिनीपासून जसजसे उंच जावे तसतसे गुरुत्व त्वरण मुल्य कमी होते.
- शुन्य त्वरण :- शुन्य त्वरण एकसमान गतीशी संबंधित आहे.
- नैकसमान त्वरण :- जर समान कालावधीत वेगामध्ये असमान बदल होत असेल तर नैकसमान त्वरण होते.

५. बल :-

अचल वस्तू गतिमान करण्यासाठी किंवा वस्तूची सरळ रेषेतील एकसमान गती बदलण्यासाठी आवश्यक असणाऱ्या भौतिक राशीस 'बल' असे म्हणतात. बल हे एका रेषेत विशिष्ट दिशेने कार्य करत असते आणि त्याला काही परिमाण असते. म्हणून बलाचे वर्णन करताना परिमाण व त्याचबरोबर बल प्रयुक्त होण्याची दिशा या दोन्हीचे उल्लेख करावे लागते. म्हणून बल हे 'सदिश राशी आहे'.

बल = वस्तुमान \times त्वरण

एकक = MKS पद्धत - न्यूटन किंवा kg m/s^2

$$9 \text{ न्यूटन} = 9\text{Kg} \times \frac{9\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$9 \text{ न्यूटन} = 9\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$$

न्यूटन = 9kg वस्तुमान 9 m/s^2 त्वरण निर्माण करण्याच्या बलास 9 न्यूटन बल असे म्हणतात.

CGS पद्धत - डाईन किंवा $\text{gm} \cdot \text{cm/s}^2$

$$9 \text{ डाईन} = 9\text{gm} \times \frac{9\text{cm}}{\text{s}^2}$$

$$9 \text{ डाईन} = 9\text{gm} \cdot \text{cm/s}^2$$

बलाचे डाईनमधील मुल्य-

$$9 \text{ न्यूटन} = 9\text{kg} \cdot 9 \text{ m/s}^2 = 900\text{g} \cdot 900 \text{ m/s}^2$$

$$9 \text{ न्यूटन} = 90^4 \text{ डाईन}$$

❖ बलाचे प्रकार :-

१. **प्रतिक्रियात्मक बल** :- वस्तु पृष्ठभागावर ठेवली असता तिच्या वजनाएवढे बल त्या पृष्ठभागावर जमिनीच्या दिशेने लंबरूप कार्य करते. त्याचवेळी वस्तूच्या वजनाएवढे बल पृष्ठभागाकडून विरुद्ध दिशेने वस्तूला लागते. परस्पर विरुद्ध दिशेने कार्य करण्यासाठी दोन समान बलांचा परिणाम शुन्य होतो. म्हणून वस्तु पृष्ठभागावर स्थिर राहते.

२. **संतुलित बल** :- या बलामुळे वस्तूची गतिमान स्थिती किंवा गतिमान अवस्था यात बदल घडून येत नाही. जेव्हा वस्तुवर संतुलित बल प्रयुक्त केले जाते व त्यावर कोणताही परिणाम, बाह्य बल प्रयुक्त नसते तेव्हा ती वस्तू एकसमान गतीने गतिमान असते. परंतु वस्तुवर प्रयुक्त झालेले असंतुलित बल तिला गतिमान अवस्थेत आणतात.

३. **असंतुलित बल** :- या बलामुळे वस्तूच्या वेगात व गतीत बदल होतो. वस्तूच्या गतीला त्वरणीत करण्यासाठी असंतुलित बलाची आवश्यकता असते. असंतुलित बल वस्तुवर प्रयुक्त असेपर्यंत तिचा वेग सतत बदलत असतो.

४. **घर्षण बल** :- कोणत्याही गतिमान वस्तूच्या गतीला विरोध करणारे बल म्हणजे घर्षण बल होय. घर्षण बलाची दिशा गतीला विरुद्ध असते. गतिमान वस्तुवर काही तरी बल कार्यरत असते पण ते बल दृश्य नाही. पण परिणाम दृश्य आहे. एक पदार्थ दुसऱ्या पदार्थाच्या सापेक्ष गतिमान असण्याला होणारा रोध म्हणजे घर्षण बल. आयुष्यातील अनेक घडामोडींसाठी घर्षण बल आवश्यक असते. चालण्यासाठी घर्षण बल आवश्यक असते. घर्षण बल नसेल तर पाय घसरू शकतात.

५. अधोबल :- जेव्हा एखाद्या वस्तू आणि वातावरणाच्या संपर्कामुळे तयार होते. त्याला अधोबल असे म्हणतात.

६. उर्ध्वबल :- जेव्हा एखाद्या वस्तूवर वरच्या दिशेने बल प्रयुक्त केला जातो तेव्हा त्याला उर्ध्वबल म्हणतात.

७. वास्तविक बल :- जेव्हा बल एखाद्या वस्तू आणि वातावरणाच्या संपर्कामुळे तयार होते. त्याला वास्तविक बल म्हणतात.

८. काल्पनिक बल :- ज्या बलामध्ये वातावरणाशी कोणताही संपर्क होत नाही आणि अशा बलांना काल्पनिक बल म्हणतात. काल्पनिक बलाचे दोन प्रकार पडतात.

अ) अभिकेंद्री बल :- कोणत्याही वर्तुळाकार गतीने फिरणाऱ्या वस्तूला वर्तुळाकार गतीने फिरत ठेवण्यासाठी तिच्यावर एक बल वर्तुळाच्या केंद्राच्या दिशेने कार्य करत असते. त्या बलाला अभिकेंद्री बल असे म्हटले जातात.

ब) अपकेंद्री बल :- वर्तुळाकार गतीने फिरणाऱ्या वस्तूवर एक काल्पनिक बल कार्य करू लागते. त्या काल्पनिक बलाला अपकेंद्री बल असे म्हटले जातात.

❖ बलाचे वर्गीकरण:-

१. गुरुत्व बल :-

- जगातील प्रत्येक पदार्थ एकमेकांवर त्यांच्या वस्तुमानामुळे बल प्रयुक्त करते. पृथ्वीद्वारे जगातील प्रत्येक पदार्थावर जे गुरुत्व बल प्रयुक्त केले जाते. त्याला गुरुत्वाकर्षण बल किंवा गुरुत्व बल म्हटले जाते.
- साधारणपणे पृथ्वीचे सर्व वस्तुमान केंद्रात सामावलेले आहे.
- न्यूटनने शोध लावला की, उंचावर फेकलेली वस्तु पुन्हा जमिनीवर पडते. सर्व वस्तूंना पृथ्वी स्वतःकडे आकर्षित करीत असते. त्यामुळेच आपण सहज चालू शकतो, बसू शकतो.

□ न्यूटनचा गुरुत्वाकर्षणाचा नियम :-

- निसर्गातील कोणत्याही दोन वस्तू कोठेही असल्या तरी त्यांच्यात परस्परांना आकर्षणारे गुरुत्वबल असते.
- गुरुत्व बल वस्तुंच्या वस्तुमानाच्या गुणाकाराशी समानुपाती व वस्तुंमधील अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्तानुपाती असते.
- समजा दोन वस्तुचे वस्तुमान M_1 व M_2 त्यामधील अंतर r आहे.

□ गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमानुसार :-

$$F \propto M_1 M_2 \text{ (१)}$$

$$F \propto \frac{1}{r^2} \text{ (२)}$$

वरील दोन्ही समीकरणे एकत्र करुन

$$F \propto \frac{M_1 M_2}{r^2} \text{ (३)}$$

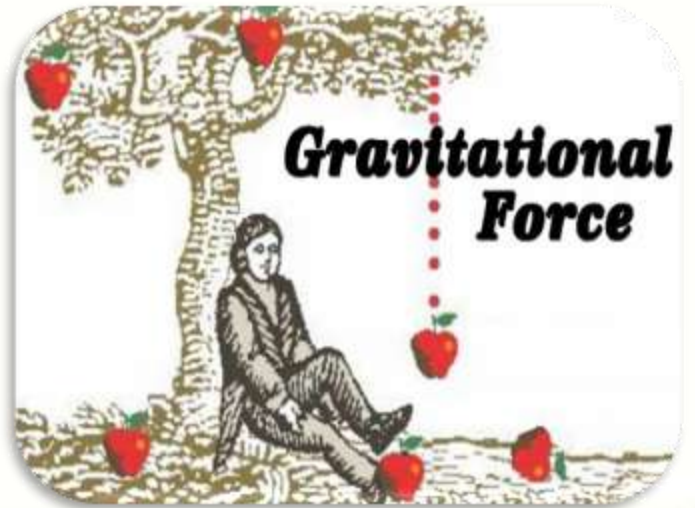
$$F = G \frac{M_1 M_2}{r^2}$$

‘G’ हा स्थिरांक आहे. त्याला गुरुत्वस्थिरांक म्हणतात.

समजा $M_1 = M_2 = 1$, $r = 1$ आहे तर-

$$F = G \frac{1 \times 1}{1^2}$$

$$F = G/G = F$$



□ गुरुत्व स्थिरांक:-

दोन एकक वस्तुमानांमधील अंतर जर एक एकक असेल तर त्यामध्ये असणारे आकर्षण बल म्हणजे गुरुत्व स्थिरांक होय. 'G' ची किंमत वस्तुचा आकार व प्रकार यावर अवलंबून नसते व दोन वस्तुमानांमधील माध्यमावरही अवलंबून नसते. म्हणून त्याला 'विश्व गुरुत्व स्थिरांक' असे म्हणतात.

$$G = \frac{F r^2}{M_1 M_2} = \frac{\text{न्यूटन} \times \text{मीटर}^2}{\text{किलोग्रॅम} \times \text{किलोग्रॅम}}$$

$$= \text{NM}^2/\text{kg}^2$$

$$G = \text{NM}^2/\text{kg}^2$$

G चे एकक आहे.

G ची किंमत:- अनेक प्रयोगांती SI पध्दतीतील G ची किंमत

$$6.67 \times 10^{-11} \text{ NM}^2/\text{kg}^2 \text{ व CGS } 6.67 \times 10^{-8}$$

dy ne. cm² g⁻² पध्दतीत आहे.

□ गुरुत्वाकर्षण नियमाचे महत्व :-

वरील नियमामुळे आपण खालील गोष्टी सहज समजू शकतो.

1. पृथ्वी आपल्यावर प्रयुक्त करत असलेले गुरुत्व बल.
2. चंद्राचे पृथ्वीभोवती फिरणे.
3. ग्रहांचे सूर्याभोवती फिरणे.
4. चंद्र व सूर्यामूळे समुद्राला येणारी भरती व ओहोटी.

□ पृथ्वीचे गुरुत्व त्वरण :-

- कोणतीही वस्तू हवेतून खाली येत असेल तर त्यामध्ये एकसमान त्वरण निर्माण होते. कारण त्यावर पृथ्वीचे गुरुत्व बल कार्य करत असते. यालाच गुरुत्व त्वरण असे म्हणतात. व ते 'g' ह्या अक्षराने संबोधले जाते.
- कोणतीही वस्तू हवेतून खाली येत असेल तर त्यामध्ये एकसमान त्वरण निर्माण होते. कारण त्यावर पृथ्वीचे गुरुत्व बल कार्य करत असते. यालाच गुरुत्व असे म्हणतात.
- समजा आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे 'M' वस्तुमानाची वस्तू 'R' या अंतरावरून पृथ्वीच्या केंद्राकडे हवेतून येत आहे 'M' हे पृथ्वीचे वस्तुमान आहे तर न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षण नियमानुसार,

$$F = G \frac{M_1 M_2}{r^2}$$

$$F = G \frac{M \times M}{r^2} \text{ (G हा गुरुत्व स्थिरांक आहे.)}$$

$$\text{पण त्वरण} = \frac{\text{बल}}{\text{वस्तुमान}} = \frac{F}{M}$$

$$g = \frac{1}{m} \times \frac{G}{1}$$

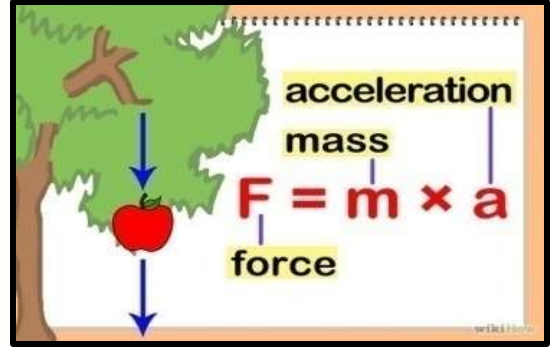
समीकरण १ ला २ मध्ये ठेवले तर,

$$g = \frac{1}{m} \times \frac{GmM}{R^2}$$

$$g = \frac{GmM}{mR^2}$$

$$g = \frac{GmM}{R^2} \text{ (३)}$$

या समीकरणावरून असे लक्षात येते की गुरुत्वत्वरण हे फक्त पृथ्वीच्या वस्तुमानावर व वस्तुच्या उंचीवर अवलंबून आहे. पण वस्तुच्या वस्तुमानावर नाही. म्हणून वस्तू हलकी किंवा जड असेल तरीही ती खाली पडत असताना त्यामध्ये निर्माण होणारे त्वरण सारखेच असते.



पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर 'g' चे मुल्य

पृथ्वीचे वस्तुमान (M) 6×10^{24} kg व त्रिज्या (R) 6.37×10^6 मीटर आहे या किंमती वर दिलेल्या समीकरण (३) मध्ये ठेवा.

समीकरण (३),

$$g = \frac{GM}{R^2} = \frac{6 \times 10^{24} \times 6.67 \times 10^{-11}}{(6.37 \times 10^6)^2}$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

गुरुत्व त्वरणाची दिशा नेहमी पृथ्वीच्या केंद्राकडे असल्याने 'g' ची किंमत नेहमी ऋण घ्यावी. कारण जेव्हा वस्तू वर फेकली जाते त्याची गती ही गुरुत्वकर्षणाच्या विरुद्ध दिशेने असल्याने त्यामध्ये अवत्वरण किंवा मंदन निर्माण होते. म्हणून त्याचा वेग कमी कमी होत जाऊन मग ती वस्तू सरळ खाली येण्यास सुरुवात करते. कारण त्यावर पृथ्वीचे गुरुत्व त्वरण कार्य करते म्हणून त्याचा वेग सतत वाढत जातो.

गुरुत्वत्वरणात होणारे बदल

उंची नुसार	खोलीनुसार	पृथ्वीच्या आकाराप्रमाणे
पृथ्वीच्या केंद्रापासून दूर जात असताना गुरुत्व त्वरणाचे मूल्य कमी होत जाते.	जसे जसे केंद्राजवळ जाऊ तसे तसे गुरुत्व त्वरणाचे मूल्य कमी होत जाते. अर्थात गुरुत्व त्वरणाचे मूल्य सर्वात जास्त पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर असते.	पृथ्वीचा आकार अगदी गोल नसून ध्रुवाजवळ थोडा चपटा आहे. तर विषुववृत्तावर थोडासा फुगीर आहे. म्हणून ध्रुवाजवळ $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ तर विषुववृत्तावर $g = 9.78 \text{ m/s}^2$ आहे. परंतु साधारण सरासरी त्याची किंमत 9.8 m/s^2 घेतली जाते.

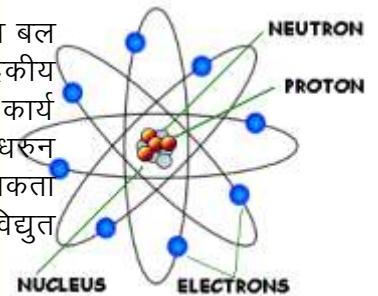
२. विद्युत चुंबकीय बल :-

- वस्तुमधील अणू व रेणूंना एकत्रित ठेवणाऱ्या बलास विद्युत चुंबकीय बल असे म्हणतात. यामध्ये अणुमधील इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉनमधील विद्युत चुंबकीय बलामुळे परस्पर आकर्षण निर्माण होतो. त्यामुळे वस्तुचे अस्तित्व टिकून राहते. विद्युत चुंबकीय बलामध्ये धन व ऋण प्रभारीत असे दोन कण भाग होतात. विद्युत चुंबकीय बल गुरुत्व बलापेक्षा 10^{36} ते 10^{40} पटीने जास्त असते. गुरुत्व बल व विद्युत चुंबकीय बल ही दोन्ही बले दोन वस्तू बऱ्याच अंतरावर असताना सुध्दा कार्य करत असतात. म्हणून या बलांना लांब पल्ल्याची किंवा दीर्घ मर्यादा क्षेत्र असलेली बले असे म्हणतात.



३. केंद्रकीय बल :-

- अणूच्या केंद्रकात असलेल्या वेगवेगळ्या कणांना एकत्र ठेवणाऱ्या बलाला केंद्रकीय बल असे म्हणतात. गुरुत्व बल व विद्युत चुंबकीय बल या दोन बलांच्या तुलनेत केंद्रकीय बल जास्त तीव्र असते. विद्युत चुंबकीय बलामुळे सगळे धनप्रभारित प्रतिकर्षी बल कार्य करते. पण गुरुत्व बलाचे परिणाम खूप कमी असल्याने ते या कणांना एकत्र धरून ठेवण्यास असमर्थ असते. म्हणून या दोन बलांसोबत केंद्रकीय बलाचीही आवश्यकता असते. हे बल गुरुत्व बलापेक्षा 10^{38} ते 10^{42} पटीने जास्त आहे. गुरुत्व बल, विद्युत चुंबकीय बल व केंद्रकीय बलांच्या सापेक्ष तीव्रता पुढीलप्रमाणे आहेत.



बल	सापेक्षा तीव्रता
गुरुत्व बल	1
विद्युत चुंबकीय बल	10^{33}
केंद्रकीय बल	10^{44}

४. क्षीण बल :-

- गुरुत्व बल, विद्युत चुंबकीय बल, केंद्रकीय बल या बलांपेक्षा क्षीण बल हे अत्यंत लहान मर्यादा क्षेत्र असलेले आहे. ही मर्यादा प्रोटॉनच्या आकारापेक्षा लहान आहे. किरणोत्सर्गी पदार्थांमध्ये हे बल प्रथम आढळते. क्षीण बलामुळे काही केंद्रके अस्थायी होतात.

९. संवेग :-

- वस्तुमान आणि वेग यांच्या गुणाकाराला संवेग असे म्हणतात.
- संवेग = वस्तुमान X वेग
- = Mass X Velocity
- = Kg X m/s
- = g X cm/s
- एकक = MKS - kg.m/s
- CGS - gcm/s
- संवेग अक्षय्यतेचा नियम - बाह्य बलाची क्रिया होत नसताना जेव्हा दोन वस्तूंची टक्कर होते तेव्हा त्या वस्तूंच्या आधातापूर्वी संवेग हा त्यांच्या आधातानंतरच्या संवेगाइतकाच असतो.

२. जडत्व:-

- वस्तूच्या विराम अवस्था किंवा सरळ रेषेतील एकसमान वेगाने गतिमान असल्याची अवस्था कायम ठेवण्यास प्रवृत्तीला 'जडत्व' असे म्हणतात. वस्तूचे वस्तुमान हे तिच्या जडत्वाचे निर्देशांक असते. वस्तुमान जेवढे जास्त तेवढे जडत्व जास्त असते.

जडत्वाचे प्रकार :-

- विराम अवस्थेचे जडत्व:- वस्तूच्या ज्या स्वाभाविक गुणधर्मांमुळे ती विराम अवस्थेत बदल करू शकत नाही त्यास विराम अवस्थेचे जडत्व म्हणतात.
- गतीचे जडत्व:- वस्तूच्या ज्या स्वाभाविक गुणधर्मांमुळे गतिमान अवस्थेत बदल होऊ शकत नाही त्यास गतीचे जडत्व म्हणतात.
- दिशेने जडत्व:- वस्तूच्या ज्या स्वाभाविक गुणधर्मांमुळे ती आपल्या गतीची दिशा बदलू शकत नाही त्याला दिशेचे जडत्व म्हणतात.

३. वस्तुमान:-

- वस्तूचे वस्तुमान म्हणजे त्यामध्ये असणारा द्रव्यसंचय होय.
- एकक = SI = कि. ग्रॅ.
- वस्तुमान सगळीकडे सारखेच असते.
- वजन:-
- एखाद्या वस्तूला पृथ्वी ज्या बलाने आपल्या केंद्राच्या दिशेने ओढते त्याला वस्तूचे वजन असे म्हणतात. थोडक्यात वस्तूचे वजन म्हणजे त्याचे वस्तुमान व त्यावर कार्य करणाऱ्या गुरुत्व त्वरणाचा गुणाकार होय.
- वजन = वस्तुमान X गुरुत्व त्वरण
- = m X g
- एकक = न्यूटन
- गुरुत्व त्वरण सगळीकडे सारखी नसल्याने वजनही सगळीकडे सारखे राहणार नाही. वस्तूचे वजन ध्रुवावर जास्तीत जास्त तर विषुववृत्तावर सर्वात कमी राहिल. वजन हे गुरुत्वत्वरणाच्या किंमतीशी समानुपती असल्याने वस्तूचे वजन ऊंच जागेवर कमी व पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर वस्तूचे वजन सर्वात जास्त राहिल.

४. मुक्त पतन:-

- एखादी वस्तु गुरुत्वाकर्षणाने खाली येत असेल तर त्याच्या गतीला आपण मुक्त पतन असे म्हणतो. मुक्त पतनाच्या वेळेस हवा वस्तूच्या गतीला विरोध करते. कारण वस्तूचे आणि हवेचे घर्षण होते. तसेच वस्तूवर उर्ध्वगामी बल ही कार्य करत असते. म्हणून खऱ्या अर्थाने मुक्त पतन हे हवेमध्ये होऊ शकत नाही. ते फक्त निर्वातात शक्य आहे. सर्व वस्तु निर्वातात सारख्या त्वरणाने खाली येतात.

$$F = m \cdot a \quad \text{बल} = \text{वस्तुमान} \times \text{त्वरण}$$

$$F = \frac{GM_1 M_2}{r^2}$$

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

$$p = m \times v \quad \text{संवेग} = \text{वस्तुमान} \times \text{वेग}$$

$$PW = m \cdot g \quad \text{वजन} = \text{वस्तुमान} \times \text{गुरुत्व त्वरण}$$

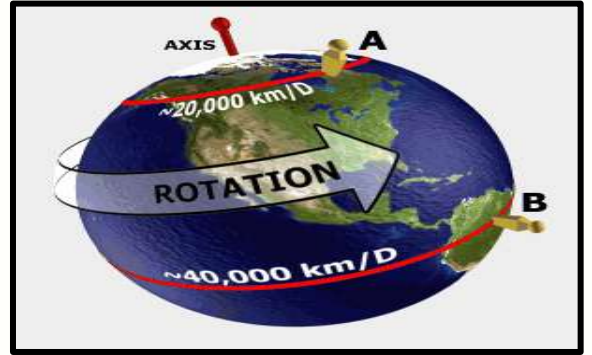
५. गति :-

आपल्या दैनंदिन जीवनात आपल्या सभोवताली अनेक गतिमान वस्तु असतात. सर्व वस्तु एका जागेहून दुसऱ्या जागेवर जात असतात. या क्रियेदरम्यान वस्तूचे जे विस्थापन घडून येते त्यास वस्तूची गती म्हणतात.

➤ गतीचे प्रकार :-

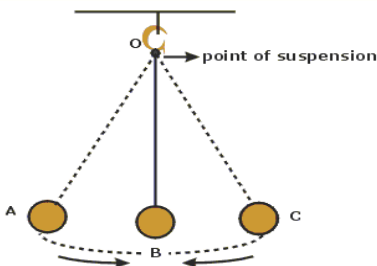
१) स्नानांतरणीय गती :- जेव्हा एखाद्या वस्तूचे विस्थापन सरळ अथवा वक्राकार मार्गाने होत असते व दिलेल्या कालावधीत वस्तूमधील प्रत्येक कणाचे विस्थापन समान अंतरातून होत असते तेव्हा त्या वस्तूच्या गतीला स्थानांतरणीय गती असे म्हणतात. उदा. आगगाडीची अथवा वाहनांची गती.

२) परिवलन गती:- जेव्हा वस्तूमधील सर्व कणांचे विस्थापन एखाद्या स्थिर बिंदूभोवती अथवा त्या वस्तूच्या आसाभोवती वर्तुळाकार कक्षेत होते तेव्हा त्या गतीला परिवलन गती असे म्हणतात. उदा. पंखा, भोवऱ्याची गती



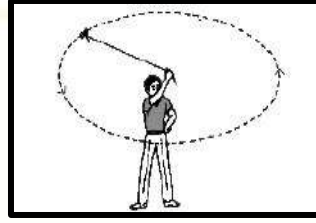
३) कंपनगती:- एखाद्या वस्तूमध्ये ठराविक कालावधीत पुन्हा पुन्हा एकाच मार्गाने मागे पुढे होणारी हालचाल म्हणजे कंपन गती होय. उदा. घडयाळाच्या दोलकाची गती, दोलकाचा दोलनकाल.

४) यादृच्छिक गती:- जेव्हा एखाद्या वस्तूची दिशा सतत बदलत असते तेव्हा त्या गतीला यादृच्छिक गती असे म्हणतात.



५) नियतकालिक गति:-

- एखादी गतीमान वस्तू एका ठराविक वेळेनंतर एका विशिष्ट बिंदूतून जाते त्या गतिला नियतकालिक गती म्हणतात.
- उदा. घडयाळाचे काटे.



न्यूटनचे गतिविषयक नियम

ब्रिटिश शास्त्रज्ञ आयझॅक न्यूटन याने आपल्या 'The Principia mathematica' या प्रसिध्द ग्रंथात गतिविषयक नियम प्रसिध्द केले.

१. न्यूटनचा पहिला गतिविषयक नियम :-

- 'एखाद्या वस्तूवर कोणतेही असंतुलित बल क्रिया करित नसेल तर ती वस्तू अचल अवस्थेत असल्यास अचल अवस्थेतच राहील अथवा सरळ रेषेत एकसमान गतीत असल्यास ती सतत त्या रेषेत एकसमान गतीत राहील.'
- वस्तुचे वस्तुमान म्हणजे त्या वस्तुत सामावलेल्या पदार्थाची एकंदर राशी. वस्तुमान हे वस्तुच्या जडत्वाचे गुणात्मक माप आहे. म्हणुन वजनदार वस्तुचे जडत्व अधिक असते. न्यूटनच्या या गतिविषयक नियमात पदार्थाच्या याच गुणधर्माचे वर्णन केले आहे. म्हणुन त्याला जडत्वाचा नियम असे म्हणतात. उदा. बस वेगाने येत असताना अचानक ब्रेक दाबल्यानंतर प्रवासी पुढे ढकलले जातात.



२. न्यूटनचा गतिविषयक दुसरा नियम :-

- 'संवेगक परिवर्तनाचा दर प्रयुक्त बलाशी समानुपाती असतो व संवेगाचे परिवर्तन बलाच्या दिशेने होते.' वस्तुमान किंवा वेग हा बलाचा पुरेसा परिणाम घडवून आणण्यास कारणीभूत नाही. पण त्यासाठी वस्तुचे वस्तुमान व वेग यांना एकत्र जोडणारा गुणधर्म अस्तित्वात असल्याचे दिसून येते.
- या गुणधर्मालाच न्यूटनने संवेग असे संबोधले. जर वस्तुवर प्रयुक्त केलेले असंतुलित बल वेगामध्ये बदल घडवून आणत असेल तर तेच बल संवेगातही बदल घडविते. वस्तुच्या संवेगात बदल घडवून आणण्यासाठी आवश्यक असणारे बल संवेग बदलाच्या दरावर अवलंबून असतो. न्यूटनचा दुसरा नियम संवेग बदलाचे स्पष्टीकरण देतो.
- उदा. समजा M वस्तुमान असणारी एक वस्तु सुरुवातीला u वेगाने जात असताना तिच्या गतीच्या दिशेने t इतके बल प्रयुक्त केले. समजा t इतक्या वेळानंतर वस्तुचा वेग v होतो. वस्तुचा सुरुवातीचा एकूण संवेग = mu आहे. t वेळानंतरचा अंतिम संवेग mv आहे.



→ A cricketer lowers his hands while catching the ball.

$$F = \frac{m(v-u)}{t}$$

न्यूटनच्या गतिविषयक दुसऱ्या नियमानुसार,

संवेग परिवर्तनाचा दर $\propto F$

$m \cdot a \propto F$

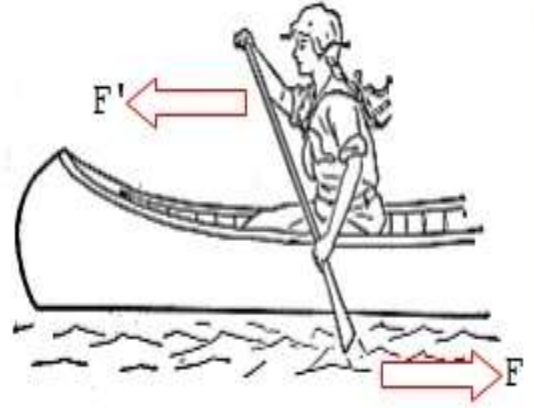
$F = k \cdot m \cdot a$ (k स्थिरांक)

संवेग परिवर्तनाचा दर = $\frac{\text{संवेगात होणारा बदल}}{\text{वेळ}}$

$$= \frac{mv - mu}{t} = \frac{m(v - u)}{t} = ma$$

३. न्युटनचा गतिविषयक तिसरा नियम:-

- ‘क्रिया बल आणि प्रतिक्रिया बल यांची परिमाणे समान असतात. परंतु त्याच्या दिशा परस्पर विरुद्ध असतात.’ बल हे दोन वस्तुंमधील अन्योनय क्रिया आहे.
- बल नेहमी जोडीनेच प्रयुक्त होत असतात. दोन वस्तुंमधील बले नेहमी समान परंतु विरुद्ध असतात. ही संकल्पना न्युटनच्या गतिविषयक तिसऱ्या नियमात मांडली आहे.
- कोणत्याही एका वस्तुवर बलाची क्रिया निर्माण होत असताना बल निर्माण करणाऱ्या दुसऱ्या वस्तुवर विरुद्ध दिशेने तेवढ्याच परिमाणाचे बल प्रतिक्रिया करीत असते.
- उदा. जेव्हा बंदुकीतून गोळी मारली जाते तेव्हा बंदुक गोळीवर बल प्रयुक्त करते आणि बंदुक कमी वेगाने विरुद्ध दिशेला गतिमान होते. अग्नीबाणाचे उड्डाण होताना इंधनाचे ज्वलन होऊन निर्माण झालेल्या उष्ण वायुमुळे दाब निर्माण होऊन त्याचे प्रक्षेपण घेते.



➤ गतिविषयक समीकरणे:-

u = सुरुवातीचा वेग

v = अंतिम वेग

t = कालावधी

a = त्वरण

s = विस्थापन

१. गतिविषयक पहिले समीकरण :- ह्या समीकरणावरून कोणत्याही गतिमान वस्तुचा कोणत्याही क्षणाला असणारा वेग काढता येतो.

त्वरण = $\frac{\text{वेगामधील बदल}}{\text{कालावधी}}$

$$= \frac{\text{अंतिम वेग} - \text{सुरुवातीचा वेग}}{\text{कालावधी}}$$

$$a = \frac{v - u}{t}$$

$$v = u + at \quad \dots (9)$$

२. गतिविषयक दुसरे समीकरण :- खालील समीकरणावरून ठराविक कालावधीत झालेले विस्थापन काढता येते.

$$\text{वस्तुचा सरासरी वेग} = \frac{u + v}{2}$$

सरासरी वेगाच्या व्याख्येवरून,

$$\text{सरासरी वेग} = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{कालावधी}}$$

$$= \frac{u + v}{2} = \frac{s}{t}$$

$$= s = \frac{u + v}{2} t$$

समीकरण (१) मधील $v = u + at$ ही किंमत घेऊन

$$s = \frac{u + u + at}{2} t$$

$$s = \left(\frac{2u + at}{2}\right) t$$

$$= \left(\frac{2u \times t}{2}\right) + \left(\frac{at \times t}{2}\right)$$

$$s = 2u + \frac{1}{2} at^2$$

३. गतिविषयक तिसरे समीकरण :-

खालील समीकरणावरून जर कापलेले अंतर व त्वरण माहित असेल तर पदार्थाचा अंतिम वेग काढता येतो.

$$v^2 = (u + at)^2$$

$$v^2 = u^2 + 2uat + a^2 t^2$$

$$v^2 = u^2 + 2a \cdot ut + \frac{2a \cdot at^2}{2}$$

$$v^2 = u^2 + 2a \left(at + \frac{1}{2} at^2\right)$$

परंतु समीकरण २ मधील $at + \frac{1}{2} at^2$ ही किंमत घेऊन

$$v^2 = u^2 + 2as \dots (३)$$

गतिविषयक समीकरण	सुत्र	
पहिले	$v = u + at$	वेग काढणे
दुसरे	$s = 2u + \frac{1}{2} at^2$	विस्थापन काढणे
तिसरे	$v^2 = u^2 + 2as$	अंतिम वेग काढणे

➤ दाब :-

एकक क्षेत्रफळाच्या पृष्ठभागावर लंब दिशेने क्रिया करणाऱ्या बलाच्या परिमाणाला त्या पृष्ठभागावरील दाब असे म्हणतात.

F = Force - बल

A = area - क्षेत्रफळ

दाबाची एकके

MKS = न्यूटन/ मी^२

CGS = डाईन/ cm^२



दाबमापी होणारे बदल मोजण्यासाठी दाबमापी हे साधे उपकरण वापरतात. एखाद्या वस्तुवर जेव्हा बल लावले जाते, तेव्हा त्या वस्तुवर होणारा बलाचा परिणाम बल लावलेल्या पृष्ठभागाच्या क्षेत्रफळावर अवलंबून असते. क्षेत्रफळ जितके अधिक तितका बलाचा परिणाम कमी व क्षेत्रफळ जितके कमी तेवढे बल अधिक असते.

➤ दाबामुळे होणारा परिणाम :-

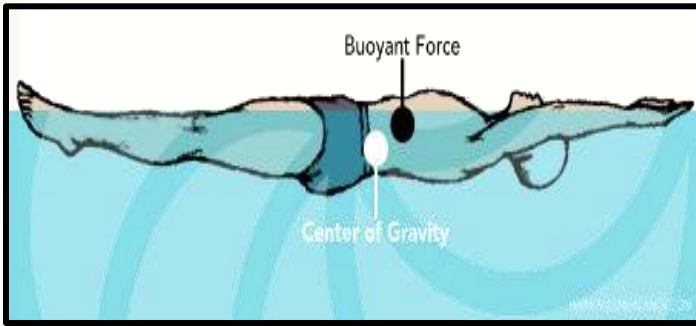
१. द्रवातील कोणत्याही बिंदूवरील दाब त्या बिंदूच्या द्रवातील खोलीवर अवलंबून असतो.
२. द्रवातील एखाद्या बिंदूचा दाब हा त्या द्रवाच्या घनतेवर अवलंबून असतो. द्रवाची घनता जास्त असेल तर बिंदूवरील दाब जास्त असतो.
३. द्रवातील कोणत्याही बिंदूच्या ठिकाणी दाब सर्व दिशांना सारखाच असतो.
४. द्रवाचा दाब क्षितिजसमांतर प्रतलात सर्वत्र सारखाच असतो.
५. द्रव पदार्थात एखाद्या बिंदूवर निर्माण होणारा दाब हा त्या बिंदूची उंची, घनता, गुरुत्व बल यांच्या गुणाकाराबरोबर असतो.

$$P = h \times d \times g$$

- द्रायुंवर दाबाचा होणारा परिणाम (द्रायु = द्रव + वायु):-
- द्रायु प्रवाही असतात.
- प्रवाही पदार्थातील बंदिस्त वस्तुमानामुळे प्रवाही पदार्थ सर्व दिशांना सारखा दाब प्रयुक्त करतात.
- प्रवाही पदार्थ नेहमी जास्त दाबाकडून कमी दाबाकडे वाहतात.

➤ प्लावी बल :-

- एखादा पदार्थ द्रवात अंशतः किंवा पूर्णतः टांगून ठेवला असता त्यावर त्याच्या वजनाच्या विरुद्ध दिशेने उर्ध्वगामी बल क्रिया करते. त्या बलाला त्या द्रवाचे प्लावक बल असे म्हणतात.
- प्लावी बल द्रवात बुडालेल्या वस्तुला दूर ढकलते. प्लावी या शब्दाचा अर्थ तरंगण्यास कारणीभूत ठरणारे असा होतो.
- समजा, एखादी वस्तु आपण द्रवात बुडवण्याचा प्रयत्न केला तर द्रव पदार्थ त्या वस्तुला विरोध करतो. द्रवाने त्या वस्तुच्या पृष्ठभागावर प्रयुक्त केलेले बल लंब असते आणि ते त्या ठिकाणचा दाब व क्षेत्रफळ यांच्या गुणाकाराएवढे असते. वस्तुवर प्रयुक्त होणारे प्लावक बल पुढील गोष्टींवर अवलंबून असते.
 - a. वस्तुचे आकारमान द्रवात बुडालेल्या वस्तुच्या आकारमानापेक्षा जास्त असल्यास प्लावक बल आधिक असते.
 - b. द्रवाची घनता – द्रवाची घनता जास्त असल्यास प्लावक बल अधिक असते.

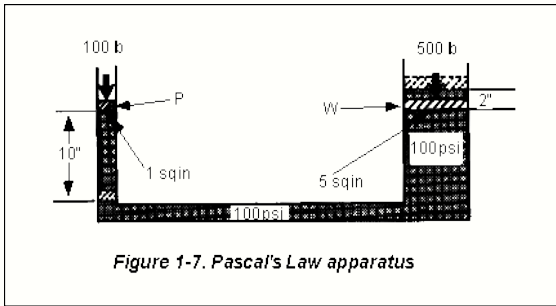


द्रवात एखादा पदार्थ तरंगणार की बुडणार हे प्लावक बल ठरविते.

1. वस्तुच्या वजनापेक्षा प्लावक बल जास्त असल्यास वस्तु तरंगते.
2. वस्तुच्या वजनापेक्षा प्लावक बल कमी असल्यास वस्तु बुडते.
3. प्लावक बल वस्तुच्या वजनाइतके असल्यास वस्तु आतमध्ये तरंगते.

➤ पास्कलच्या दाबाच्या पारंपणाचा नियम :-

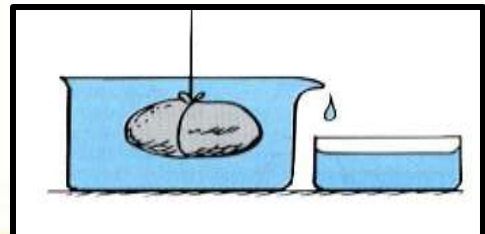
- ब्लेस पास्कल या फ्रेंच शास्त्रज्ञाच्या स्मरणार्थ दाबाचे एककाला पास्कल म्हटले जाते. बंदीस्त द्रवाला लावलेला दाब हा कमी न होता द्रवाच्या प्रत्येक भागावर सारखाच पारंपीत होतो. कोणत्याही बंद डब्यात भरलेल्या द्रवातील एका बिंदूवर दाब दिल्यास तो द्रव सर्व दिशांना समान प्रमाणात प्रवाहित होतो. उदा. द्रवचलित प्रेस, द्रवचलित ब्रेक, द्रवचलित द्वार.



- द्रवाची घनता दाबाच्या पारंपणाच्या तत्वाने काढता येते.
- द्रवाची घनता = $\frac{\text{जलस्तंभाची ऊंची}}{\text{द्रवस्तंभाची ऊंची}} \times \text{पाण्याची घनता}$
- द्रवाची घनता मोजण्यासाठी 'हेअरचे उपकरण' वापरतात.

➤ आर्किमिडीजचे तत्व :-

- ग्रीक शास्त्रज्ञ आर्किमिडीज यांनी या तत्वाचा शोध लावला. कोणताही पदार्थ कोणत्याही द्रवात अंशतः अथवा पूर्णतः बुडविला असता त्याचे वजन कमी होते. पदार्थाच्या वजनात येणारी तूट ही त्याच्या द्रव्य प्राप्त भागाने उत्सारलेल्या द्रवाच्या वजनाएवढी असते.



➤ **वातावरण व वातावरणाचा दाब :-**

- हवेला वजन असल्याने हवा पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर दाब निर्माण करते हा दाब म्हणजेच वातावरणाचा दाब होय. वातावरण हे भिन्न घनतेच्या हवेच्या थरांनी बनलेले असते. वरच्या थरांचे वजन खालच्या थरांवर क्रिया करीत असल्याने खालचे थर हे वरच्या थरापेक्षा संपिंडित असतात.
- पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून जसजशी ऊंची वाढत जाते व तसतशी हवेची घनता व वातावरणाचा दाब कमी कमी होत जातो. हवेचा दाब दर्शविणाऱ्या उपकरणाला 'साधा हवादाब' मापी म्हणतात. दाबमापीतील पाण्याची ऊंची हवेच्या त्या ठिकाणाचा दाब दर्शविते.
- समुद्रसपाटीवर हवेचा दाब ७६० मि. मि. किंवा ७६ सें.मी. पाण्याची ऊंची एवढा असतो. समुद्रसपाटीवर हवेचा दाब १,०१,४०० पास्कल किंवा १,०१,४०० Nm^2 एवढा भरतो.
 १ वातावरण दाब = ७६० mm Hg
 = ७६ cm Hg
 = १०१४०० पास्कल
 = १०m पाण्याची उंची
- वान्याऐवजी पाणी वापरल्यास समुद्रसपाटीवरून हवेचा दाब १०m पाण्याची ऊंची एवढा असतो. चंद्रावरील गुरुत्वाकर्षण पृथ्वीच्या सहा पट असल्याने तेथील हवेचा दाब नगण्य आहे.
- समुद्रसपाटी पासून जास्त ऊंचीवर गेल्यास नाकातून रक्तस्राव होतो. कारण हवेचा दाब खून कमी झाल्याने शरीरातील दाब व हवेचा दाब यातील फरक वाढतो. यामुळे शरीरातील रक्त बाहेर खेचले जाते. नाकातील रक्तवाहिन्या पातळ असल्याने त्या फुटून रक्तस्राव होतो.
- समुद्रसपाटीपासून वातावरणाचा विचार केल्यास वातावरणीय दाब पृथ्वीवर सगळीकडे सारखा नसल्याचे आढळून येते. काही प्रदेशात नेहमी जास्त दाब असतो. तर काही प्रदेशात तुलनेने नेहमीच कमी दाब असतो.
- ढोबळमानाने पाहिल्यास समुद्रसपाटीवरील हवेत समान दाबाचे आडवे पट्टेच तयार झाल्याचे दिसून येते. हे पट्टे म्हणजे त्या ठिकाणांचे विषुववृत्तापासूनचे अंतर पृथ्वीचे परिवलन इत्यादी घटकांची एकत्रित परिणाम होय.
- 'टॉस्पेली' या शास्त्रज्ञाने वातावरणाचा दाब मोजण्यासाठी पाऱ्याचा हवा दाबमापी तयार केला. फॉटीनची हवा दाबमापी हा पाऱ्याच्या हवा दाबमापीचाच एक सुधारित प्रकार असून त्याच्या सहाय्याने वातावरणाच्या दाबाचे अचूक मापन करता येते.

