

बल व बलाचे वर्गीकरण (Force and Its Types)

बल (Force) - एखाद्या वस्तूच्या विराम अवस्थेत किंवा सरळ रेषेतील एकसमान गतीमान अवस्थेत बदल घडवून आणणारी किंवा बदल घडवून आणण्याची प्रवृत्ती असणारी राशी म्हणजे बल होय.

एखाद्या वस्तूची स्थिरता बदलायची असेल म्हणजेच ती गतिमान करायची असेल तर तिला बल लावावे लागेल. एखादी वस्तू गतिमान असेल आणि जर तिला स्थिर करायचे असेल तेव्हा सुद्धा बल आवश्यक आहे. वस्तूची गती किंवा गतीची दिशा बदलण्यासाठी बलाचा उपयोग होतो. बलामुळे वस्तूचा आकारही बदलू शकतो. वास्तविक बल ही दोन वस्तुमधील आंतरक्रिया आहे. म्हणून ते डोळ्यांनी पाहू शकत नाही. तर तिचे परिणाम पाहू शकतो. वस्तूवर कार्य करत असणाऱ्या बलांची सदिश बेरीज ही त्या वस्तूचे वस्तुमान आणि तिचे त्वरण यांच्या गुणाकाराइतकी असते.

$$\text{बल} = \text{वस्तुमान} \times \text{त्वरण}$$

$$\text{Force (F)} = \text{mass (m)} \times \text{acceleration (a)}$$

SI पद्धतीत बलाचे एकक न्यूटन आहे. न्यूटन = कि.ग्रॅ x मीटर / सेकंड² = kg. m/s²

CGS पद्धतीत बलाचे एकक डाईन आहे. डाईन = ग्रॅम x सेमी/ (सेकंद)² = gm.cm/s²

$$1 \text{ न्यूटन (N)} = 10^5 \text{ डाईन}$$

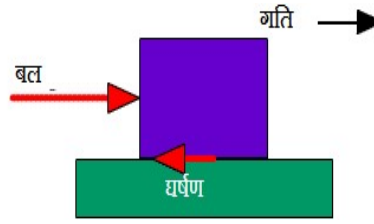
बलाचे वर्गीकरण

- 1) **संतुलित बल (Balanced force)** - एखादी वस्तू संतुलित असेल म्हणजेच स्थिर असेल तर तिच्यावर संतुलित बल प्रयुक्त असते. एखाद्या टेबलवर वस्तू ठेवली असता ती स्थिर असते कारण तिच्यावर दोन सारखेच पणविरुद्ध दिशेने बल प्रयुक्त असते. एक म्हणजे लंबरूप खालच्या दिशेने गुरुत्वबल; दुसरे म्हणजे टेबलाच्या पृष्ठभागाचे विरुद्ध बल. म्हणजेच स्थिर वस्तूवर संतुलित बल प्रयुक्त असते. जेव्हा एखाद्या वस्तूवर प्रयुक्त होणाऱ्या दोन बलांचे परिणाम सारखे आणि दिशा विरुद्ध असतात, तेव्हा वस्तूवर प्रयुक्त होणारे एकूण बल शून्य असते. दोन्ही बले संतुलित असतात त्यामुळे वस्तू स्थिर अवस्थेत राहते.

बल व बलाचे वर्गीकरण (Force and Its Types)

2) **असंतुलित बल (Unbalanced force)** - जर एखाद्या वस्तूची जागा बदलायची असेल किंवा ती गतिमान करायची असेल तर त्या वस्तूवर असंतुलित बल लावावे लागते. असंतुलित बलामुळे वस्तूच्या वेगात बदल होतो किंवा दिशा बदलते. वस्तूच्या गतीला त्वरित करण्यासाठी असंतुलित बल आवश्यक आहे. असंतुलित बलामुळे वस्तूच्या वेगात बदल होतो किंवा गतीची दिशा बदलते. वस्तूच्या गतीला त्वरित करण्यासाठी असंतुलित बल आवश्यक असते.

घर्षण बल (Frictional force) - घर्षणबल म्हणजे दोन पृष्ठभागावरील विरुद्ध दिशेने, दोन वस्तूच्या घर्षणामुळे तयार होणारे बल होय. ज्यावेळी आपण जमिनीवरून चालत असतो तेव्हा आपले पाय व जमीन या मध्ये घर्षणबल प्रयुक्त होते. घर्षणबलाची दिशा ही वस्तूच्या गतीच्या दिशेच्या विरुद्ध असते. उदा.: जमिनीवर चालणे, ब्रेक लावताना चाक व रस्ता यातील घर्षण इत्यादी.



जेव्हा एखादी वस्तू दुसऱ्या गतिमान वस्तूच्या गतीला विरोध करते त्यास घर्षण बल म्हणतात. आपण एखादा चेंडू जमिनीवर फेकला असता तो काही अंतर घरंगळत जाऊन थांबतो कारण त्याच्या गतीला जमिनीच्या घर्षण बलामुळे विरोध केला जातो.

घर्षण बलाचे स्थितीज घर्षण आणि गतीज घर्षण असे दोन प्रकार आहेत -

स्थितीज घर्षण नेहमी दोन स्थिर पृष्ठभागांमध्ये घडून येते.

गतीज घर्षण गतिमान पृष्ठभागांमध्ये घडून येते. गतीज घर्षणाची दिशा नेहमी गतीच्या विरुद्ध असते आणि त्यामुळे ऋण कार्य घडून येते. घर्षण बल पृष्ठभागाशी समांतर परंतु दिशा विरुद्ध असते.

निसर्गात आढळणाऱ्या आणि परस्परांपासून भिन्न असणाऱ्या सर्व बलांचे 4 मुख्य गटात वर्गीकरण-

1. गुरुत्व बल (Gravitational Force)
2. विद्युत चुंबकीय बल (Electromagnetic Force)
3. केंद्रकीय बल (Nuclear Force)
4. क्षीण बल (Weak Force)

बल व बलाचे वर्गीकरण (Force and Its Types)

1. गुरुत्व बल (Gravitational Force) –

न्यूटनच्या म्हणण्यानुसार; विश्वातील तसेच पृथ्वीवरील प्रत्येक वस्तु दुसऱ्या वस्तूला स्वतःकडे ओढते. पृथ्वी सर्व वस्तूंना स्वतःच्या केंद्राकडे आकर्षित करते यालाच पृथ्वीचे गुरुत्वबल किंवा गुरुत्वाकर्षण बल असे म्हणतात. कधी कधी स्थिर वस्तू हातातून सोडल्यावर जमिनीवर पडते; तसेच झाडाचे फळ खाली पडते; यामागे गुरुत्वबल असते. हे बल परस्परांकडे आकर्षित होणाऱ्या दोन वस्तूंच्या वस्तुमानावर अवलंबून असते. ओढणाऱ्या वस्तूंचे वस्तुमान जास्त असेल तर बलाचे परिमाणही जास्त असते. एखाधा वस्तूवर समान अंतरावर पृथ्वीचे गुरुत्वबल हे चंद्राच्या गुरुत्वबलापेक्षा अधिक असते. कारण चंद्राचे वस्तुमान पृथ्वीच्या वस्तुमानापेक्षा कमी असते. गुरुत्वबल दोन वस्तूंमधील अंतरावरदेखील अवलंबून असते. जर दोन वस्तूंमधील अंतर कमी असेल तर त्यांच्यातील गुरुत्वबल जास्त असते.

न्यूटनचा गुरुत्वाकर्षणाचा वैश्विक सिद्धांत – “न्यूटनचा गुरुत्वाकर्षणाचा नियम असे सांगतो की, विश्वातील कोणत्याही दोन वस्तू कोठेही असल्या तरी त्यांच्यावर परस्परांना आकर्षित करणारे गुरुत्वबल प्रयुक्त असते. हे बल त्या वस्तूंच्या वस्तुमानाच्या गुणकाराशी समानुपाती (Directly Proportional) असते व वस्तूंमधील अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्तानुपाती (Inversely Proportional) असते.”

समजा, दोन वस्तूंचे वस्तुमान m_1 व m_2 आहे व त्यामधील अंतर r आहे.

गुरुत्व बल (F) = $m_1 m_2$ (समानुपाती)

गुरुत्व बल (F) = $1/r^2$ (व्यस्तानुपाती)

वरील दोन्ही समीकरणे एकत्र केल्यावर;

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad G = \text{गुरुत्वीय स्थिरांक (Gravitational Constant)}$$

SI पद्धतीत $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$; CGS पद्धतीत $G = 6.67 \times 10^{-8} \text{ dyne.cm}^2/\text{g}^2$

पृथ्वीचे गुरुत्व त्वरण (Acceleration due to gravity) - त्वरण म्हणजे वेगामध्ये बदल करणारी राशी होय. एखादी वस्तू विशिष्ट उंचीवरून हवेतून खाली सोडली तर ती सरळ खाली येते. खाली येताना वेग वाढतो. याचा अर्थ त्याच्यात त्वरण निर्माण होते. यालाच ‘गुरुत्व त्वरण’ असे म्हणतात.

बल व बलाचे वर्गीकरण (Force and Its Types)

एकाच वेळी वेगवेगळ्या वस्तुमानाचे दगड गॅलिलियोने खाली सोडले व असा निष्कर्ष काढला की गुरुत्व त्वरण हे वस्तूच्या वस्तुमानवर अवलंबून नसते. गुरुत्वत्वरण हे पृथ्वीच्या वस्तुमानावर आणि पृथ्वीच्या केंद्रकापासून वस्तूपर्यंतच्या अंतरावर अवलंबून आहे, पण वस्तूच्या वस्तुमानावर नाही. आपण पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर राहतो म्हणून आपले पृथ्वीच्या केंद्रकापासूनचे अंतर हे पृथ्वीच्या त्रिज्येएवढेच असते.

$$g = GM/R^2$$

पृथ्वीचे वस्तुमान (M) = 6×10^{24} kg; पृथ्वीची त्रिज्या; (R) = 6.4×10^6 m; गुरुत्व त्वरण $g = 9.8$ m/s² (सरासरी)

गुरुत्व त्वरण बाबतीत काही निष्कर्ष -

उंचीनुसार - जसजसे पृथ्वीच्या पृष्ठभागाकडून दूर जावे तसतसे R ची किंमत वाढत जाते म्हणून g ची किंमत कमी होते. (उंचीवर g ची किंमत 9.8 m/s पेक्षा कमी असते).

पृथ्वीच्या आकाराप्रमाणे - I) ध्रुवाजवळ (at Pole) => पृथ्वी ध्रुवाजवळ थोडी चपटी असते म्हणजे R कमी असेल म्हणून g जास्त असते. ($g = 9.83$ m/s² at pole)

II) विषुववृत्त (Equator) => पृथ्वी विषुववृत्ताजवळ थोडी फुगीर आहे, R ची किंमत जास्त आहे म्हणून g ची किंमत कमी आहे. ($g = 9.78$ m/s² at equator)

मुक्तपतन (Free Fall) - झाडाचे वाळलेले पान, पिकलेले फळ हे केवळ गुरुत्वाकर्षणामुळे खाली येतात. त्याला आपण मुक्तपतन असे म्हणतो. मुक्तपतनाच्या वेळी हवा या वस्तूला विरोध करते. कारण वस्तूचे आणि हवेचे घर्षण होते. खर्यात अर्थाने मुक्त पतन हे फक्त निर्वातातच शक्य आहे.

वस्तुमान (Mass) - कोणत्याही वस्तूचे वस्तुमान म्हणजे त्यामध्ये असणारा द्रव्यसंचय होय. वस्तुमान हो अदिश राशि असून SI एकक kg आहे. वस्तुमान सगळीकडे सारखेच आहे. ते कधीही बदलत नाही. वस्तुमान कधीही शून्य होत नाही. जितके वस्तुमान जास्त, तितके जडत्वही जास्त असते. दुकानामधील तराजू फक्त वस्तुमानांची तुलना करू शकतो.

बल व बलाचे वर्गीकरण (Force and Its Types)

वजन (Weight) - एखाद्या वस्तूला पृथ्वी ज्या बलाने आपल्या केंद्राच्या दिशेने ओढते त्याला वस्तूचे वजन म्हणतात. वस्तूचे वजन हे वस्तूवर कार्यरत असणारे पृथ्वीचे गुरुत्वबल होय. वजन ही सदिश राशी आहे. ($w=mg$); g ची किंमत सगळीकडे सारखी नाही. त्यामुळे वजनसुद्धा सगळीकडे सारखे नाही. वस्तूचे वजन धुवावर जास्तीत जास्त तर विषुवृत्तावर सर्वात कमी राहिल. गुरुत्व बलाच्या प्रभावापासून मुक्त अवकाशयानात अंतराळवीरांना वजनरहित अवस्थेचा प्रत्यय येतो. तो वजनदार वस्तु सहज उचलू शकतो. कारण तेथे प्रत्येक वस्तूचे वजन w शून्य असते.

2. विद्युत चुंबकीय बल (Electromagnetic Force) –

सामान्य पदार्थातील अणूंना व रेणूंना एकत्रित ठेवणार्या बलास 'विद्युत चुंबकीय बल' असे म्हणतात. विद्युतचुंबकीय बल गुरुत्वबलापेक्षा अनेक पटींनी मोठे आहे. हायड्रोजनच्या अणूमधील इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉनमधील विद्युत चुंबकीय बल जवळजवळ $10^{-7}N$ असते. इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन यांच्यावर प्रयुक्त गुरुत्वबल क्रमशः जवळपास $10^{-41}N$ आणि $10^{-34}N$ एवढे असते. लोखंडी खिळ्यावर लोहचुंबकामुळे प्रयुक्त झालेले बल हा विद्युतचुंबकीय बलाचा प्रकार आहे. विद्युतचुंबकीय बलामुळेच नुकत्याच वापरलेल्या कंगव्याने कागदाचे बारीक कपटे ओढले जातात.

अणूमधील इलेक्ट्रॉन आणि प्रोटॉन यांच्यातील परस्पर आकर्षणाला कारणीभूत बल हे विद्युतचुंबकीय बलच असते. त्यामुळे अणूंचे अस्तित्व टिकून असते. धनप्रभारीत आणि ऋणप्रभारीत असे दोन प्रकारचे कण विद्युतचुंबकीय बलात भाग घेतात. आपण निसर्गातील जी बहुतांश बले अनुभवतो, ती विद्युत चुंबकीय बलेच असतात. स्थिर विद्युतकण गतीमान असतील तरच चुंबकीयबल प्रयुक्त होते. विद्युतचुंबकीय बल आकर्षणबल किंवा प्रतिकर्षणबल असे शकते. गुरुत्वबल आणि विद्युतचुंबकीय बल ही दोन्ही बले; दोन वस्तु बऱ्याच अंतरावर असतानासुद्धा कार्यरत असतात. या दोन्ही बलांना दीर्घमर्यादा क्षेत्र असलेली किंवा लांब पल्ल्याची बले असे म्हणतात.

3. केंद्रकीय बल (Nuclear Force) -

अणूचे जवळजवळ सर्व वस्तूमान केंद्रकात साठवलेले असते. अणूच्या केंद्रकात असणाऱ्या वेगवेगळ्या कणांवर कार्यरत गुरुत्व किंवा विद्युत चुंबकीय या दोन बलाव्यतिरिक्त वेगळे बल केंद्रकात कार्यरत असते. या बलाला केंद्रकीय बल असे म्हणतात. या बलाची व्याप्ती केंद्रकापुरतीच मर्यादित असते.

बल व बलाचे वर्गीकरण (Force and Its Types)

केंद्रकीय बल केंद्रकातील कणांना एकत्र ठेवते. केंद्रकीय बल अगदी लहान मर्यादा क्षेत्र असणारे बल आहे. दोन कणांमधील अंतर 10^{-15}m पेक्षा कमी असल्यासच केंद्रकीय बल क्रिया करते. केंद्रकीय बलाचे परिमाण विद्युत चुंबकीय बलाच्या 100 पट असते.

4. क्षीण बल (Weak Force) -

इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन आणि न्युट्रॉन यांच्यात होणार्या अन्योन्य क्रियामध्ये प्रयुक्त होणारे बल हे चौथ्या प्रकारचे आहे. याला क्षीण बल म्हणतात. हे बल अत्यंत लहान मर्यादा क्षेत्र असलेले बल आहे. निसर्गात सापडणाऱ्या किरणोत्सर्गी पदार्थांमध्ये हे बल प्रथम आढळले.

न्यूटनचे गतीविषयक नियम (Newton's Laws of Motion) - भौतिकशास्त्रामध्ये न्यूटनचे गतीविषयक तीन नियम हे अभिजात यांत्रिकीचे (Classical Mechanics) मूलभूत नियम आहेत. हे नियम वस्तू आणि त्या वस्तूवर कार्य करत असणारी बल आणि या बलांमुळे वस्तूची होणारी हालचाल यातील संबंधांचे वर्णन करतात.

जडत्व - वस्तू ही स्थिर राहते कारण वस्तूमध्ये 'जडत्व' हा गुणधर्म असतो. म्हणजेच वस्तूचे जडत्व हे वस्तूच्या वस्तुमानाशी संबंधित असते. वस्तूची स्थिर अथवा गतिमान अवस्थेतील बदलाला विरोध करण्याची प्रवृत्ती म्हणजे जडत्व होय.

जडत्वाचे प्रकार -

1) **विराम अवस्थेचे जडत्व (Inertia at Rest)** - वस्तूच्या ज्या स्वाभाविक गुणधर्मांमुळे ती विराम अवस्थेत बदल करू शकत नाही त्यास "विराम अवस्थेचे जडत्व" म्हणतात.

अ) बस अचानक सुरु होते तेव्हा प्रवाशांना मागच्या दिशेला झटका बसतो.

ब) फांदी हलवल्यावर झाडावरून फळ खाली पडते.

क) सतरंजी झटकल्यावर, धुळीचे कण विराम अवस्थेत राहतात.

जडत्व हे नेहमी वस्तूच्या वस्तुमानावर अवलंबून असते. वस्तूचे वस्तुमान हे तिच्या जडत्वाचे निर्देशक असते. वस्तुमान जेवढे जास्त तेवढेच जास्त जडत्व.

बल व बलाचे वर्गीकरण (Force and Its Types)

2) गतीचे जडत्व (Inertia due to motion) - वस्तूच्या ज्या स्वाभाविक गुणधर्मांमुळे गतिमान अवस्थेत बदल होऊ शकत नाही त्यास “गतीचे जडत्व” म्हणतात.

- अ) विजेच्या पंख्याचे बटण बंद केले तरी काही काळ फिरत राहतो.
- ब) चालत्या बसमधून उतरणारा प्रवाशी पुढच्या दिशेने ढकलला जातो.
- क) बस अचानक थांबल्यावर प्रवाशांना पुढच्या दिशेने धक्का बसतो.

3) दिशेचे जडत्व (Inertia due to Direction) - वस्तूच्या ज्या स्वाभाविक गुणधर्मांमुळे ती आपल्या गतीची दिशा बदलू शकत नाही. त्यास दिशेचे जडत्व म्हणतात.

- अ) चाकूला धार करताना धार लावणाऱ्या चाकाच्या स्पर्शरिषेवरून ठिणग्या उडताना दिसतात.
- ब) वाहन गतिमान असताना चाकाला लागलेला चिखल चाकाच्या स्पर्शरिषेवरून उडतो. त्यामुळे वाहनाना मडगार्डस बसविलेले असतात.

न्यूटनचा गतिविषयक पहिला नियम -

जर एखाद्या स्थिर अवस्थेतील वस्तूवर कोणतेही बाह्य असंतुलित बल कार्यरत नसेल तर ती वस्तु स्थिर अवस्थेतच राहते. तसेच गतिमान वस्तु आहे त्याच वेगाने सतत गतिमान राहते. (तिच्या विराम अवस्थेत किंवा सरळ रेषेतील एकसमान गतीमध्ये सातत्य राहते). न्यूटनचा गतिविषयक पहिला नियम हा जडत्वाचा नियम (Law of Inertia) आहे.

न्यूटनचा गतिविषयक दुसरा नियम (संवेगाचा) -

संवेग परिवर्तनाचा दर प्रयुक्त बलाशी समानुपाती (Directly Proportional) असतो आणि संवेगाचे परिवर्तन बलाच्या दिशेने होते. संवेग (momentum) म्हणजे वस्तूमधील सामावलेली एकूण गती होय.

$$\text{संवेग (p)} = \text{वस्तुमान} \times \text{वेग}$$

$$P = mv$$

SI पद्धतीत संवेगाचे एकक kg.m/s

न्यूटनचा दुसरा नियम संवेग आणि बलाचा संबंध दर्शवतो.

बल व बलाचे वर्गीकरण (Force and Its Types)

अ) क्रिकेटमध्ये खेळाडू चेंडू झेलताना आपले हात मागे खेचतो. कारण त्याच्या हात आणि चेंडूची गती यांचा कालावधी वाढावा म्हणून. यामुळे चेंडूचा संवेग कमी होतो व हातावर आघात कमी होतो.

ब) उंच उडी मारण्याच्या मैदानी खेळात खेळाडू जमिनीवर वाळूच्या जाड थरावर पडेल अशी व्यवस्था केलेली असते. त्यामुळे उडी मारल्यानंतर खेळाडूचा जमिनीवर पडण्याचा कालावधी वाढतो.

संवेग अक्षय्यतेचा नियम (Law of Conservation of momentum) -

‘दोन वस्तूंची परस्पर क्रिया होत असताना त्यांच्यावर जर काही बाह्यबल कार्यरत नसेल तर त्यांचा एकूण संवेग स्थिर राहतो तो बदलत नाही. जर दोन वस्तूंची टक्कर झाली तर त्यांच्या आघातापूर्वीचा एकूण संवेग हा त्यांच्या आघातानंतरच्या एकूण संवेग इतकाच असतो.’ हा न्यूटनच्या गतिविषयक तिसऱ्या नियमाचा उपसिद्धांत आहे.

न्यूटनचा गतिविषयक तिसरा नियम -

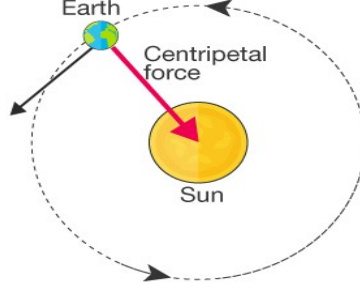
जेव्हा एक वस्तू दुसऱ्या वस्तूवर बल लावते, त्याच वेळी, दुसरी वस्तूदेखील पहिल्या वस्तूवर तेवढ्याच प्रमाणात उलट दिशेने बल लावते. प्रत्येक क्रिया बलास समान परिमाणाचे त्याच वेळी प्रयुक्त होणारे प्रतिक्रिया बल अस्तित्वात असते व त्याच्या दिशा परस्परविरुद्ध असतात.

- आपण न्यूटनच्या पहिल्या व दुसऱ्या नियमांचा विचार केला तर त्या नियमांमधून बल व बलाचे परिणाम यांची माहिती मिळते. परंतु निसर्गामध्ये बल हे एकाकी असत नाही. बल ही दोन वस्तूंवरील क्रिया असते. कारण बल प्रयुक्त होण्यासाठी दोन वस्तूंची गरज असते. जेव्हा एक वस्तू दुसऱ्या वस्तूवर बल प्रयुक्त करते तेव्हा दुसरी वस्तूसुद्धा पहिल्या वस्तूवर बल प्रयुक्त करत असते. म्हणूनच आपण असे म्हणू शकतो की दोन वस्तूंवरील बल नेहमी समान व विरुद्ध असतात.
- पहिल्या वस्तूने दुसऱ्या वस्तूवर प्रयुक्त केलेल्या बलास ‘क्रिया बल’ तर दुसऱ्या वस्तूने पहिल्या वस्तूवर प्रयुक्त केलेल्या बलास ‘प्रतिक्रिया बल’ असे म्हणतात.

अभिकेंद्री बल - जेव्हा एखादी वस्तू किंवा कण केंद्रबिंदूपासून निश्चित वर्तुळाकार गतिमान असते तेव्हा त्या वस्तूवर केंद्राद्वारे प्रयुक्त केलेल्या बलास अभिकेंद्री बल असे म्हणतात. हे बल केंद्राच्या दिशेने असते

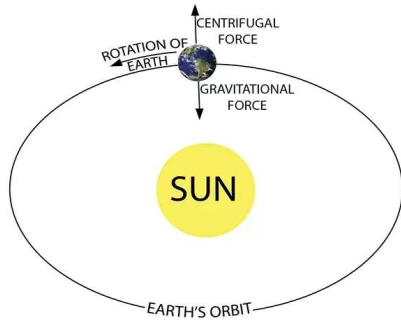
बल व बलाचे वर्गीकरण (Force and Its Types)

तसेच प्रत्येक वस्तूला वर्तुळाकार मार्गाने गतिमान करण्यासाठी या बलाची आवश्यकता असते. या बलाचे SI एकक न्यूटन आहे. या बलाची दिशा प्रत्येक बिंदूला बदलत असते .



(d) Planets orbiting around the Sun

अपकेंद्री बल - काही विशिष्ट परिस्थितीमध्ये असा आभास होतो की, वर्तुळाकार मार्गाने गतिमान असलेल्या वस्तूवर बाहेरील बाजूने बल लावले जात आहे. परंतु प्रत्यक्षात बल लावलेले नसते. यालाच अपकेंद्री बल म्हणतात. म्हणजेच हे बल आभासी असते.



केप्लरचे नियम आणि गुरुत्वाकर्षण - 1574 मध्ये टिको ब्राहे ह्या खगोलशास्त्रज्ञाने प्रसिद्ध केलेल्या ग्रह-ताऱ्यांच्या निरीक्षणाचा सखोल अभ्यास करून योहानेस केप्लरने प्रथमच ग्रहांच्या कक्षांबद्दलचे नियम सूत्ररूपाने मांडले आणि सप्रयोग सिद्ध केले. ते नियम खालीलप्रमाणे आहेत -

1. सर्व ग्रहांच्या कक्षा लंबवर्तुळाकार असून सूर्य त्या लंबवर्तुळाच्या एका नाभीबिंदूवर (focus) असतो.
2. ग्रह व सूर्य यांना जोडणारी सरळ रेषा समान कालावधीमध्ये समान क्षेत्रफळ व्यापन करते .
3. सूर्याची परिक्रमा करणार्या ग्रहांच्या आवर्तकालाचा वर्ग हा ग्रहाच्या सूर्यापासूनच्या सरासरी अंतराच्या घनाला समानुपाती असतो.

बल व बलाचे वर्गीकरण (Force and Its Types)

समजा ग्रहाचा आवर्तकाल T असेल आणि त्याचे सूर्यापासूनचे सरासरी अंतर r असेल तर; $T^2 \propto r^3$

केप्लर पूर्वी निकोलस कोपर्निकस ह्याने सूर्यमाला सूर्यकेंद्रित असल्याचा प्रस्ताव मांडला होता. परंतु त्याच्या मताप्रमाणे पृथ्वीची व इतर ग्रहांची सूर्याभोवती फिरण्याची कक्षा वर्तुळाकार होती. मंगळ ग्रहाच्या कक्षेचे आठ वर्षे विश्लेषण करून केप्लरने ह्या कक्षा लंबवर्तुळाच्या आहेत अशी संकल्पना मांडून सर्व ग्रहांना एकसारखे लागू होणारे असे हे नियम बनवले. केप्लरचे असे मत होते की सूर्याच्या कोणत्यातरी 'रहस्यमय' शक्तीमुळे ग्रहांची कक्षा टिकून राहते. त्याच्या असे ही ध्यानात आले की ग्रह जेव्हा सूर्यापासून लांब असतात तेव्हा त्यांचा वेग कमी होतो, व म्हणूनच ही शक्ती वाढणाऱ्या अंतराबरोबर कमी होत असणार. ह्याच संकल्पनेत न्यूटनने पुढे सुधारणा केली.