3. बल व दाब

थोडे आठवा. बल म्हणजे काय ?

स्थिर वस्तूवर बल कार्यरत नसेल तर ती स्थिरच राहते. गतिमान वस्तूवर बल कार्यरत नसेल तर ती त्याच वेगाने व दिशेने सतत पुढे जात राहते. हा न्यूटनचा गतिविषयक पहिला नियम आहे.

निरीक्षण करा. आकृती 3.1 व 3.2 मधील चित्रांचे निरीक्षण करा.

3.1 विविध क्रिया

संपर्क व असंपर्क बले (Contact and Non contact Forces) : आकृती 3.1 मध्ये मोटार ढकलणाऱ्या माणसाने मागून बल लावल्याने मोटार पुढील दिशेने ढकलली जाते. तटून बसलेल्या कुत्र्याला मुलगा ओढत आहे व फुटबॉल खेळणारा मुलगा पायाने चेंडूला टोलवत आहे. यावरून काय आढळते ? दोन वस्तूंमधील आंतरक्रियेमधून त्या वस्तूंवर बल प्रयुक्त होते.

आकृती 3.2 मध्ये चुंबकाच्या ध्रुवाकडे लोखंडी टाचण्या चुंबकीय बलामुळे आकर्षित होतात व चिकटतात, हे दाखवले आहे.

3.2 काही घटना

तसेच नारळाच्या झाडावरून नारळ खाली पडत आहे. गुरुत्वीय बलामुळे वस्तू पृथ्वीकडे आकर्षित होतात. केसांमध्ये घासलेल्या कंगव्याकडे टेबलावरील कागदाचे कपटे आकर्षित होतात. कंगव्यावर स्थितिक विद्युतभार असल्याने व कपट्यांवर विरुद्ध प्रवर्तित भार असल्याने कंगवा व कागदाचे कपटे यांच्यात स्थितिक विद्युतबल प्रयुक्त होते व कपटे कंगव्याला चिकटतात.

आकृती 3.1 मध्ये वस्तूंच्या एकमेकांशी आलेल्या थेट संपर्कामुळे किंवा आणखी एका वस्तूमार्फत आलेल्या संपर्कामुळे बल प्रयुक्त झालेले दिसते. अशा बलास 'संपर्क बल' असे म्हणतात. आकृती 3.2 मध्ये दोन वस्तूंमध्ये संपर्क नसला तरीही त्या दोन वस्तूंमध्ये बल प्रयुक्त होताना दिसते, अशा बलास 'असंपर्क बल' म्हणतात.

स्नायूबल हे संपर्क बलाचे उदाहरण असून हे आपल्या स्नायूंच्या मदतीने वस्तूंवर प्रयुक्त केले जाते. उचलणे, ढकलणे, ओढणे अशा कित्येक क्रियांमधून ते प्रयुक्त होते. याउलट चुंबकीय बल, गुरुत्वीय बल, स्थितिक विद्युत बल यांसारखी बले कोणत्याही संपर्काशिवाय प्रयुक्त होतात. म्हणून ती असंपर्क बलाची उदाहरणे आहेत.

एखादा चेंडू टेबलावर ठेवून त्याला हलकासा धक्का मारला तर तो थोडा पुढे जाऊन संथ होत होत थांबतो. सपाट रस्त्यावर पळणारी मोटारगाडी इंजिन बंद केल्यावर थोडे अंतर जाऊन थांबते. टेबलाचा व जमिनीचा पृष्ठभाग आणि त्यावर गतिमान असणारी वस्तू यांच्यामधील घर्षण बलामुळे हे घडते. घर्षण बल नसते तर न्यूटनच्या पहिल्या गतिविषयक नियमानुसार वस्तू गतिमान राहिली असती. घर्षण बल रोजच्या जीवनात अतिशय उपयुक्त आहे. जमिनीवर चालताना आपण पावलाने जमीन मागे ढकलत असतो. घर्षण नसेल तर आपण घसरून पडू व चालू शकणार नाही. घर्षण बल हे सर्व गतिमान वस्तूंवर प्रयुक्त

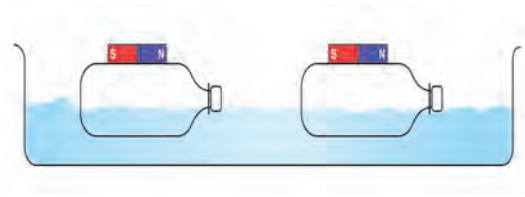
असते आणि ते गतीच्या दिशेच्या विरुद्ध दिशेने प्रयुक्त होत असते. रस्त्यातील केळीच्या सालीवरून घसरायला होते हे तुम्ही पाहिले असेल. तसेच चिखलामुळेही घसरायला होते, ही दोन्ही उदाहरणे घर्षण कमी झाल्याने घडतात.

जरा डोके चालवा.

संपर्क व असंपर्क बल प्रयुक्त असण्याची आणखी काही उदाहरणांची यादी करा. कोणत्या प्रकारचे बल आहे, ते लिहा.

करून पहा.

प्लॅस्टिकच्या दोन लहान चौकोनी आकाराच्या बाटल्या घ्या. त्यांची झाकणे घट्ट बसवा. दोन्ही बाटल्यांवर २ लहान चुंबकपट्ट्या ठेवा. व त्या चिकटपट्टीच्या साहाय्याने नीट बसवा.(आकृती 3.3).



3.3 असंपर्क बल

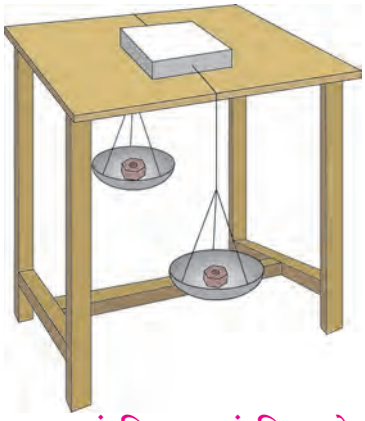
एका मोठ्या प्लॅस्टिक ट्रेमध्ये पाणी भरून त्यात ह्या बाटल्या चुंबक वरच्या बाजूस येतील अशा रितीने तरंगत सोडा. एक बाटली दुसरीच्या जवळ न्या. चुंबकाच्या विरुद्ध ध्रुवामध्ये आकर्षण असल्याने एका बाटलीवरील चुंबकपट्टीचा उत्तर ध्रुव दुसऱ्या चुंबकपट्टीच्या दक्षिण ध्रुवानजीक असेल तर दोन्ही बाटल्या एकमेकांकडे सरकू लागतील. बाटल्यांच्या दिशा बदलून काय होते त्याचे निरीक्षण करा. प्रत्यक्ष संपर्क न येता बाटल्यांच्या गतीत होणारे बदल आपल्याला दिसतात. याचा अर्थ दोन्ही चुंबकांमध्ये असंपर्क बल कार्यरत आहे.

जरा डोके चालवा.

स्थितिक विद्युत बल तुम्ही मागील इयत्तेत शिकला आहात. स्थितिक विद्युत बल हे असंपर्क बल आहे. हे सिद्ध करण्यासाठी कोणता प्रयोग कराल?

संतुलित आणि असंतुलित बले (Balanced and Unbalanced Forces)

करून पहा.



3.4 संतुलित व असंतुलित बले

पुठ्ठ्याचे एक खोके घेऊन त्याच्या दोन बाजूंना सुतळी किंवा जाड दोरा बांधून आकृती 3.4 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे खोके सपाट पृष्ठभागाच्या टेबलावर ठेवा. दोरा टेबलाच्या दोन्ही बाजूंकडे खाली घ्या. त्यांच्या टोकांना समान वस्तूमानाची पारडी बांधा. दोन्ही पारड्यात एकाच वस्तुमानाच्या वस्तू (किंवा वजने) ठेवा. खोके टेबलावर स्थिर रहात असल्याचे दिसेल. एखाद्या पारडयात दुसऱ्या पारड्यापेक्षा अधिक वस्तुमानाच्या वस्तू ठेवल्यास खोके त्या पारड्याच्या दिशेने सरकू लागेल. पारड्यात एकसारखे वस्तुमान असताना दोन्ही पारड्यांवर समान गुरुत्वीय बल कार्यरत होते. म्हणजेच खोक्यावर संतुलित बले लावली जातात, ती विरुद्ध दिशेने असल्याने त्यांचे परिणामी बल शून्य होते, आणि खोके हालत नाही. याउलट जर एखाद्या पारड्यात अधिक वस्तुमान ठेवल्यास खोके अधिक वस्तुमानाच्या पारड्याच्या दिशेने सरकू लागते. खोक्याला दोन्ही बाजूंना असमान बले लावल्याने असंतुलित बल कार्यरत होते व त्याची परिणती खोक्याला गती मिळण्यास होते.

रस्सीखेच खेळणारी मुले आपआपल्या दिशेने दोर ओढतात. दोन्ही बाजूंनी सारखीच ओढ म्हणजे बल असेल तर दोर हलत नाही. एका बाजूचे बल अधिक झाले तर दोर त्या बाजूला सरकतो. म्हणजेच आधी दोन्ही बले संतुलित असतात; ती असंतुलित झाल्यावर अधिक बलाच्या दिशेने दोर सरकतो.

आणखी एक उदाहरण पाहू. धान्याने भरलेला मोठा डबा जमिनीवरून सरकवताना तो एका व्यक्तीने सरकविण्यापेक्षा दोघांनी एकाच दिशेने बल लावल्यास सरकवणे सोपे जाते. याचा अनुभव तुम्हीही घेतला असेल. या उदाहरणावरून आपल्याला काय समजते ?

अ. एखाद्या वस्तूवर एकाच दिशेने अनेक बले लावल्यास त्यांच्या बेरजेएवढे बल वस्तूंवर प्रयुक्त होते.
आ. जर दोन बले एकाच वस्तूवर परस्पर विरुद्ध बाजूने लावली तर, त्यांचा फरकाइतके बल वस्तूवर प्रयुक्त होते.
इ. बल हे परिमाण व दिशा यांमध्ये व्यक्त केले जाते. बल ही सदिश राशी आहे.

एखाद्या वस्तूवर एकापेक्षा अधिक बले प्रयुक्त असतील तर त्या वस्तूवर होणारा परिणाम हा त्यावर प्रयुक्त निव्वळ बलामुळे असतो.

बलामुळे स्थिर वस्तूला गती मिळते, गतिमान वस्तूची चाल व दिशा बदलते. त्याचप्रमाणे गतिमान वस्तू थांबविण्यासाठीसुद्धा बल आवश्यक असते. बलामुळे वस्तूचा आकारही बदलू शकतो. कणीक मळताना कणकेच्या गोळ्याला बल लावले तर त्याचा आकार बदलतो. कुंभार मडक्याला आकार देताना विशिष्ट दिशेने बल लावतो. रबर बँड ताणले की ते प्रसरण पावते. अशी कितीतरी उदाहरणे देता येतात.

जडत्व (Inertia) : बलामुळे वस्तूची स्थिती बदलते हे आपण पाहिले. बलाशिवाय, वस्तू गतीच्या ज्या स्थितीत आहेत. त्याच स्थितीत राहण्याची प्रवृत्ती दाखवितात. खालील उदाहरणे पाहू.

करून पहा.

कृती 1: एका काचेच्या पेल्यावर पोस्टकार्ड ठेवा. त्यावर 5 रुपयांचे नाणे ठेवा. आता पोस्टकार्डला जोरात टिचकी मारा. नाणे सरळ पेल्यात पडते. हे पाहिले आहे का ?

कृती 2 : एका लोखंडी स्टँडला दोरा 1 च्या साहाय्याने एक अर्धा किलोग्रॅमचे वस्तुमान लटकवा. त्या वस्तुमानाला दुसरा दोरा 2 बांधून लटकवत ठेवा. आता दोरा 2 झटका देऊन खाली ओढा. दोरा 2 तुटतो पण वस्तुमान खाली पडत नाही. जड वस्तुमान हलत नाही. आता दोरा 2 हळू हळू खाली ओढा. दोरा 1 तुटतो व वस्तुमान खाली पडते. याचे कारण म्हणजे दोरा 1 मध्ये वस्तुमानामुळे आलेला ताण.

दाब (Pressure) : दुचाकी आणि चारचाकी गाड्यांच्या टायरमध्ये हवा भरताना तुम्ही पाहिले असेल. हवा भरण्याच्या यंत्रावर 'दाब' दर्शविणारी तबकडी असते किंवा डिजिटल मीटर वर 'दाबाचे' आकडे दिसतात. यंत्राने एका विशिष्ट मूल्यापर्यंत टायरमधील दाब वाढविला जातो. सायकलच्या टायरमध्ये हातपंपाने हवा भरताना बल लावावे लागते ते तुम्हांला माहीत आहे. बल लावून हवेचा दाब वाढवून ती टायरमध्ये भरली जाते. बल आणि दाब यांचा काही संबंध आहे का ?

कृती 3 : काही टोकदार खिळे घेऊन हातोडीच्या साहाय्याने ते एका लाकडी फळीत ठोका. त्यातलाच एखादा खिळा घेऊन तो खिळ्याच्या डोक्याच्या बाजूने फळीवर ठेवून टोकाच्या बाजूवर हातोडीने ठोकायचा प्रयत्न करा. काय होते ? खिळा टोकाच्या बाजूने फळीत घुसतो, परंतु डोक्याच्या बाजूने घुसत नाही. ड्रॉईंगबोर्डवर पिना टोचताना त्या सहज टोचल्या जातात. आपल्या अंगठ्याने बल लावून आपण पिना टोचू शकतो. याउलट, टाचणी ड्रॉईंगबोर्डवर टोचताना अंगठ्याला इजा होण्याची शक्यता असते.

हे नेहमी लक्षात ठेवा.

वस्तू गतीच्या ज्या स्थितीत आहे त्याच स्थितीत राहण्याच्या प्रवृत्तीला त्याचे जडत्व असे म्हणतात. म्हणूनच बाहेरून बल प्रयुक्त न केल्यास स्थिर स्थितीतील वस्तू स्थिर राहते व गतिमान स्थितीतील वस्तू गतिमान स्थितीत राहते.

जडत्वाचे प्रकार : 1. विराम अवस्थेतील जडत्व : वस्तूच्या ज्या स्वाभाविक गुणधर्मामुळे ती आपल्या विराम अवस्थेत बदल करू शकत नाही, त्यास विराम अवस्थेचे जडत्व म्हणतात. उदाहरणार्थ, बस अचानक सुरू झाल्यास प्रवासी मागच्या दिशेने फेकले जातात. **2. गतीचे जडत्व :** वस्तूच्या ज्या स्वाभाविक गुणधर्मामुळे गतिमान अवस्थेत बदल होऊ शकत नाही, त्यास गतीचे जडत्व म्हणतात. उदाहरणार्थ, फिरणारा विजेचा पंखा बंद केल्यानंतरही काही वेळ फिरत राहतो, बस अचानक थांबल्यास बसमधील प्रवासी पुढच्या दिशेने फेकले जातात. **3. दिशेचे जडत्व :** वस्तूच्या ज्या स्वाभाविक गुणधर्मामुळे ती आपल्या गतीची दिशा बदलू शकत नाही, यास दिशेचे जडत्व म्हणतात. उदाहरणार्थ, वाहन सरळ रेषेत गतिमान असताना अचानक वळण घेतल्यास प्रवासी विरुद्ध दिशेला फेकले जातात.

या साध्या प्रयोगातून काय समजते ? खिळ्याच्या टोकदार भागाकडून खिळा लाकडात सहज घुसतो. यावरून तुमच्या एक गोष्ट लक्षात येईल, की बल खिळ्याच्या डोक्याकडून लावल्यास खिळा फळीत ठोकणे सोपे आहे.

जरा डोके चालवा.

भाजी, फळे चिरताना धारदार सुरीने कापणे सोपे जाते. बोथट सुरी अशा कामी उपयोगी पडत नाही. हे कशामुळे घडते ?

एकक क्षेत्रफळावर लंब दिशेत प्रयुक्त असणाऱ्या बलास दाब (Pressure) असे म्हणतात.

$$\text{दाब} = \frac{\text{बल}}{\text{ज्यावर बल प्रयुक्त केले आहे ते क्षेत्रफळ}}$$

सध्या आपण केवळ एखाद्या पृष्ठभागावरील त्यास लंब असलेल्या बलाचा विचार करत आहोत.

दाबाचे एकक (Unit of Pressure) : बलाचे SI पद्धतीत एकक Newton (N) आहे. क्षेत्रफळाचे एकक m^2 किंवा चौरस मीटर आहे.

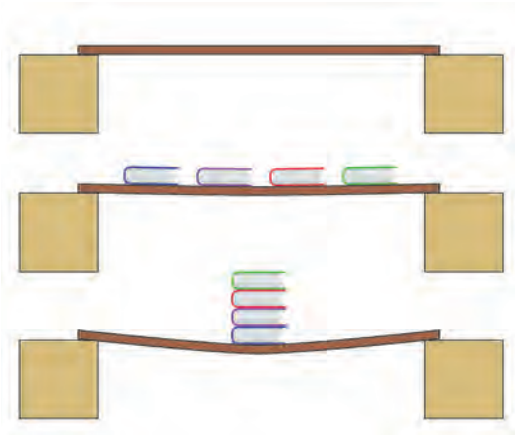
म्हणून दाबाचे एकक N/m^2 असे होईल. यालाच पास्कल (Pa)असे म्हणतात. हवामानशास्त्रात दाबाचे एकक bar हे आहे. 1 bar = 10^5 Pa, दाब ही अदिश राशी आहे.

क्षेत्रफळ वाढले की त्याच बलाला दाब कमी होतो आणि क्षेत्रफळ कमी झाले की त्याच बलाला दाब वाढतो.

उदाहरणार्थ, उंटाच्या पायांचे तळवे पसरट असतात. त्यामुळे उंटाचे वजन अधिक पृष्ठभागावर पडते आणि वाळूवर पडणारा दाब कमी होतो. म्हणूनच उंटाचे पाय वाळूत घुसत नाहीत आणि त्याला चालणे सोपे जाते.

स्थायूवरील दाब : हवेत ठेवलेल्या सर्व स्थायू पदार्थांवर हवेचा दाब असतोच. स्थायूवर एखादे वजन ठेवले तर त्या वजनामुळे स्थायूवर दाब पडतो. तो त्या वजनावर व वजनाच्या स्थायूवरील संपर्काच्या क्षेत्रफळावर अवलंबून असतो.

करून पहा. खालील आकृती 3.5 प्रमाणे कृती करा. काय आढळून येते ?



3.5 बल व दाब

जरा डोके चालवा.

भाजीची पाटी डोक्यावर घेऊन जाणारी भाजीवाली तुम्ही पाहिली असेल. तिच्या डोक्यावर पाटीखाली ती कापडाची चुंबळ ठेवते, ह्याचा काय उपयोग होतो ?

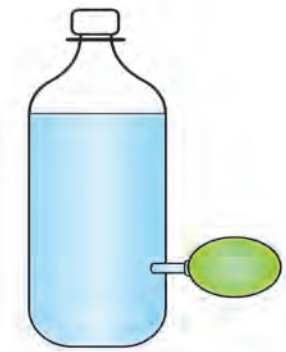
आपण जास्त वेळ एकाच ठिकाणी उभे राहू शकत नाही. मग एकाच ठिकाणी आठ आठ तास झोपू कसे शकतो ?

बर्फावरून घसरण्यासाठी पसरट फळ्या का वापरल्या जातात ?

करून पहा.

द्रवाचा दाब (Pressure of liquid)

कृती 1 : प्लॅस्टिकची एक बाटली घ्या. रबरी फुगा ज्यावर बसेल अशा काचेच्या नळीचा साधारण 10 cm लांबीचा तुकडा घ्या. नळीचे एक टोक जरा तापवून हलकेच बाटलीच्या तळापासून 5 cm वर बाटलीत एका बाजूने दाबून आत जाईल असे बसवा (आकृती 3.6). पाणी गळू नये म्हणून नळीच्या बाजूने मेण तापवून लावा. आता बाटलीत थोडे थोडे पाणी भरून फुगा फुगत जातो ते पहा. यावरून काय दिसते ? पाण्याचा दाब बाटलीच्या बाजूवरही पडतो.



3.6 द्रवाचा दाब

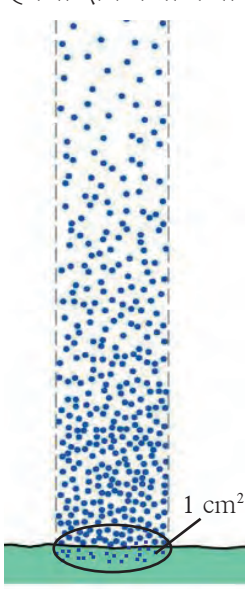
कृती 2: एक प्लॅस्टिकची बाटली घ्या. आकृती 3.7 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे 1,2,3 अशा ठिकाणी प्रत्येक पातळीवर दाभणाने किंवा जाड सुईने छिद्रे पाडा. बाटलीत पूर्ण उंचीपर्यंत पाणी भरा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे पाण्याच्या धारा बाहेर येताना दिसतील. सर्वांत वरच्या छिद्रातून पाण्याची धार बाटलीच्या जवळ पडते, तर सर्वांत खालच्या उंचीवरील छिद्रातून धारा सर्वांत दूर पडते. शिवाय एकाच पातळीतील दोन छिद्रांमधून धारा बाटलीपासून समान अंतरावर पडतात.यावरून काय समजते? एकाच पातळीत द्रवाचा दाब एकच असतो. तसेच द्रवाच्या खोलीप्रमाणे दाब वाढत जातो.

3.7 द्रवाचा दाब व पातळी

वायूचा दाब (Gas Pressure) : एखादा फुगा तोंडाने हवा भरून फुगवताना तो सर्व बाजूंनी फुगत जातो. फुग्याला बारीक छिद्र पाडले तर त्यातून हवा बाहेर जात राहते आणि फुगा पूर्ण फुगत नाही. ही निरीक्षणे वरील द्रवावरील प्रयोगांच्या निष्कर्षाप्रमाणे आहेत. असे दिसून येते की, वायूसुद्धा द्रवाप्रमाणेच ज्या पात्रात तो बंदिस्त आहे त्या पात्राच्या भिंतीवर दाब देत असतो. सर्व द्रव आणि वायू यांना द्रायू (fluid) अशी संज्ञा आहे. पात्रातील द्रायू पात्राच्या सर्वच पृष्ठभागावर भिंतीवर आणि तळावर आतून दाब प्रयुक्त करतात. बंदिस्त अशा दिलेल्या वस्तुमानाच्या द्रायूमध्ये असलेला दाब सर्व दिशांना समरूपाने प्रयुक्त होतो.

वातावरणीय दाब (Atmospheric Pressure) : पृथ्वीवर सर्व बाजूंनी हवेचे आवरण आहे. ह्या आवरणालाच वातावरण असे म्हणतात. पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून सुमारे 16 km उंचीपर्यंत हे वातावरण आहे. त्यापुढेही सुमारे 400 km पर्यंत ते अतिशय विरल स्वरूपात असते. हवेमुळे निर्माण झालेल्या दाबाला वातावरणीय दाब असे संबोधले जाते. अशी कल्पना करा की एकक क्षेत्रफळाच्या पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर लांबच लांब पोकळ दंडगोल उभा आहे, आणि त्यात हवा आहे (आकृती 3.8) ह्या हवेचे वजन हे पृथ्वीच्या दिशेने लावलेले बल आहे. याचाच अर्थ हवेचा दाब म्हणजे हे वजन आणि पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ याचे गुणोत्तर.

समुद्रसपाटीला असणाऱ्या हवेच्या दाबाला 1 Atmosphere म्हणतात. जसजसे समुद्रसपाटीपासून वर जाऊ तसतसा हवेचा दाब कमी कमी होतो.



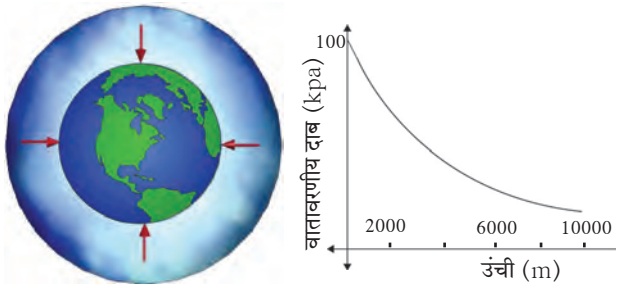
3.8 वातावरणीय दाब

1 Atmosphere = 101×10^3 Pa = 1 bar = 10^3 mbar

1 mbar ≈ 10^2 Pa (hectopascal)

वातावरणीय दाब mbar किंवा hectopascal (hPa) या एककामध्ये सांगितला जातो.वातावरणीय दाब हवेतील एखाद्या बिंदूवर सर्व बाजूंनी असतो. हा दाब कसा तयार होतो? एखाद्या बंदिस्त पात्रात हवा असल्यास हवेचे रेणू यादृच्छिक गतीने पात्राच्या बाजूंवर आदळतात. या आंतरक्रियेत पात्राच्या बाजूंवर बल प्रयुक्त होते. बलामुळे दाब तयार होतो.

आपणही वातावरणाचा दाब सतत डोक्यावर बाळगत असतो. परंतु आपल्या शरीरातील पोकळ्यांमध्येही हवा असते आणि रक्तवाहिन्यांमध्ये रक्तही असते व त्यातील दाब वातावरणीय दाबाइतकाच असतो. त्यामुळे पाणी व वातावरणीय दाबाखाली आपण चिरडले जाऊ शकत नाही, वातावरणाचा दाब संतुलित होतो. पृथ्वीच्या वातावरणाचा दाब समुद्रासपाटीपासूनच्या उंचीप्रमाणे बदलतो. कसा बदलतो ते आकृती 3.9 मध्ये दर्शविले आहे.



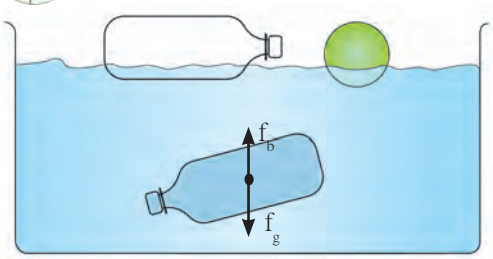
3.9 वातावरणीय दाब

जरा डोके चालवा.

1 m^2 पृष्ठभाग असलेल्या टेबलावर समुद्रसपाटीस $101x10^3$ Pa इतका दाब प्रयुक्त असतो. इतक्या प्रचंड दाबाने टेबलाचा पृष्ठभाग तुटून कोसळत का नाही?

प्लावक बल (Buoyant Force)

करून पहा.



3.10 संतुलित व असंतुलित प्लावक बल

प्लॅस्टिकची एक रिकामी हलकी बाटली घेऊन तिचे झाकण घट्ट बसवा. आता ही बाटली पाण्यात टाकून काय होते पहा. ती तरंगत राहील. बाटली पाण्यात ढकलून खाली जाते का ते पहा. ढकलली तरी बाटली वर येऊन तरंगत राहते. प्लॅस्टिकचा पोकळ चेंडू घेऊनही असाच प्रयोग करता येईल. (आकृती 3.10)

आता प्लॅस्टिकची पाण्याची बाटली काठोकाठ भरून झाकणाने घट्ट बंद करा आणि पाण्यात सोडा. बाटली पाण्याच्या आत तरंगताना दिसेल, असे का होते?

प्लॅस्टिकची रिकामी बाटली व चेंडू पाण्याच्या पृष्ठभागावर तरंगतात. याउलट पाण्याने पूर्ण भरलेली बाटली पाण्याच्या आत तरंगत राहते, ती पूर्ण बुडत नाही. आतील पाण्याच्या वजनाच्या मानाने रिकाम्या बाटलीचे वजन नगण्य आहे. अशी बाटली पूर्ण बुडत नाही आणि वरही येत नाही. याचा अर्थ पाणी भरलेल्या बाटलीवर खालच्या दिशेने प्रयुक्त गुरुत्वीय बल (f_g) त्या विरुद्ध वरच्या दिशेने प्रयुक्त अशा बलाने (f_b) संतुलित झाले असणार. हे बल बाटलीच्या सभोवतालच्या पाण्यातून उद्‌भवलेले असणार. पाण्यात किंवा अन्य द्रवात किंवा वायूत असलेल्या वस्तूवर वरच्या दिशेने प्रयुक्त बलाला प्लावक बल (f_b) असे म्हणतात.

जरा डोके चालवा.

विहिरीतून पाणी शेंदताना दोराला बांधलेली बादली पाण्यात पूर्ण बुडालेली असताना जितकी हलकी वाटते, त्यापेक्षा ती पाण्यातून बाहेर काढताना जड का वाटू लागते? प्लावक बल कोणत्या गोष्टीवर अवलंबून असते?

करून पहा.

एक ॲल्युमिनिअमचा लहान पातळ पत्रा घ्या आणि एका बादलीत पाणी घेऊन हलकेच बुडवा. काय आढळते? आता त्याच पत्र्याला वाकवून लहानशी बोट तयार करा व पाण्यावर सोडा. बोट तरंगते ना ?

लोखंडाचा खिळा पाण्यात बुडतो पण स्टीलचे मोठे जहाज तरंगते असे का होते? द्रवात बुडविलेल्या वस्तूवर प्लावक बल प्रयुक्त होत असल्याने वस्तूचे वजन कमी झाल्याचे जाणवते.

गोड्या पाण्याच्या पोहण्याच्या तलावात पोहण्यापेक्षा समुद्राच्या पाण्यात पोहणे सोपे जाते. याचे मुख्य कारण म्हणजे समुद्राच्या पाण्याची घनता साध्या पाण्याच्या घनतेपेक्षा जास्त असते, कारण त्यात क्षार विरघळलेले असतात. ह्या पुस्तकात तुम्ही पेल्यामध्ये पाणी भरून त्यात लिंबू सोडल्यास ते बुडते, पण पाण्यात २ चमचे मीठ टाकून ढवळल्यास त्यात मात्र लिंबू तरंगते हे अभ्यासले आहे. पाण्याची घनता मिठाने वाढते. येथे प्लावक बल गुरुत्वीय बलापेक्षा जास्त होते. या उदाहरणांवरून काय दिसून येते ? प्लावक बल दोन गोष्टींवर अवलंबून असते :

१. वस्तूचे आकारमान – द्रवात बुडणाऱ्या वस्तूचे आकारमान जास्त असल्यास प्लावक बल जास्त असते.

२. द्रवाची घनता – जितकी जास्त घनता तितके प्लावक बल जास्त असते.

माहीत आहे का तुम्हांला ?

एखादी वस्तू द्रवात टाकल्यास ती वस्तू द्रवात बुडेल, वर येवून तरंगेल, की द्रवाच्या आत तरंगेल हे कसे ठरते ?

1. प्लावक बल वस्तूच्या वजनापेक्षा जास्त असेल तर वस्तू तरंगते.
2. प्लावक बल वस्तूच्या वजनापेक्षा कमी असेल तर वस्तू बुडते.
3. प्लावक बल वस्तूच्या वजनाएवढे असेल तर वस्तू द्रवामध्ये तरंगत राहते.

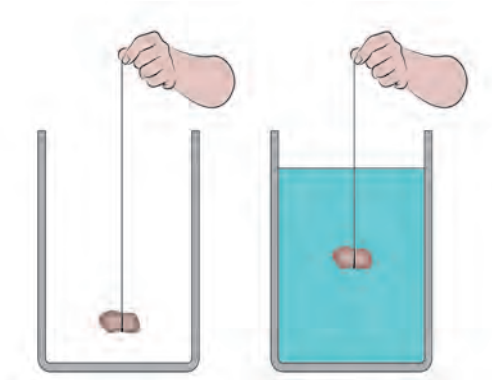
वरील प्रकारात असंतुलित बले कोणती आहेत ?

आर्किमिडीजचे तत्त्व :

करून पहा.

आकृती 3.11 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे एक मोठा रबरबँड घेऊन तो एका बिंदूपाशी कापा. त्याच्या एका टोकाला एक स्वच्छ धुतलेला लहानसा दगड किंवा 50 gm चे वजन बांधा.

आता रबरबँडचे दुसरे टोक बोटांनी पकडून तेथे पेनने खूण करा. दगड हवेत लटकता ठेवून वरील खुणेपासून लटकत्या दगडापर्यंत रबरबँडची लांबी मोजा. आता एका पात्रात पाणी भरून दगड त्यात बुडेल अशा उंचीवर तो धरा. आता पुन्हा रबराची लांबी मोजा. काय दिसून आले ? ही लांबी आधीपेक्षा कमी भरलेली आढळेल. पाण्यात दगड बुडविताना ताणलेल्या रबराची लांबी हळूहळू कमी होते व तो पाण्यात पूर्ण बुडाला की लांबी सर्वांत कमी होते. लांबी पाण्यात कमी होण्याचे काय कारण असावे ?



3.11 प्लावक बल

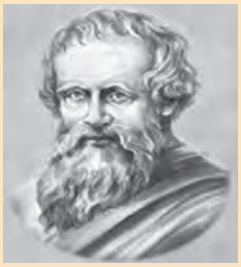
पाण्यात दगड बुडाल्याने त्यावर वरील दिशेने प्लावक बल प्रयुक्त होते. दगडाचे वजन खालील दिशेने प्रयुक्त असते. त्यामुळे खालील दिशेने प्रयुक्त असलेले एकूण बल कमी होते.

ह्या प्लावक बलाचे परिमाण किती असते ? ते कोणत्याही द्रवाला सारखेच असते का ? सर्व वस्तूंवर प्लावक बल सारख्याच परिमाणाचे असते का ? ह्या प्रश्नांची उत्तरे आर्किमिडीजच्या तत्त्वामध्ये अंतर्भूत आहेत. हे तत्त्व असे : **एखादी वस्तू द्रायूमध्ये अंशत: अथवा पूर्णत: बुडविल्यास त्यावर वरील दिशेने बल प्रयुक्त होते. हे बल त्या वस्तूने बाजूस सारलेल्या द्रायूच्या वजनाइतके असते.**

जरा डोके चालवा.

आर्किमिडिजच्या तत्त्वानुसार मागील प्रयोगातील निरीक्षणांचे स्पष्टीकरण करा.

परिचय शास्त्रज्ञांचा



(287 ख्रिस्तपूर्व – 212 ख्रिस्तपूर्व)

आर्किमिडिज हे ग्रीक शास्त्रज्ञ आणि प्रखर बुद्धीचे गणिती होते. π चे मूल्य त्यांनी आकडेमोड करून काढले. भौतिकशास्त्रात तरफा, कप्पी, चाके यासंबधीचे त्यांचे ज्ञान ग्रीक सैन्याला रोमन सैन्याशी लढताना उपयोगी ठरले. भूमिती व यांत्रिकीमधील त्यांचे काम त्यांना प्रसिद्धी देऊन गेले. बाथटबमध्ये स्नानासाठी उतरल्यावर बाहेर सांडणारे पाणी पाहून त्यांना वरील तत्त्वाचा शोध लागला. 'युरेका, युरेका' म्हणजे 'मला सापडले, मला सापडले' असे ओरडत ते त्याच अवस्थेत रस्त्यावर धावले होते.

आर्किमिडिजच्या तत्त्वाची उपयुक्तता मोठी आहे. जहाजे, पाणबुड्या यांच्या रचनेत हे तत्त्व वापरलेले असते. 'दुग्धतामापी' व 'आर्द्रतामापी' ही उपकरणे ह्या तत्त्वावर आधारित आहेत.

पदार्थांची घनता व सापेक्ष घनता :

घनता $= \frac{\text{वस्तुमान}}{\text{आकारमान}}$ घनतेचे एकक S.I. पद्धतीत kg/m^3 आहे. पदार्थाची शुद्धता ठरवताना घनता हा गुणधर्म उपयोगी ठरतो. पदार्थाची सापेक्ष घनता पाण्याच्या घनतेच्या तुलनेत व्यक्त केली जाते.

सापेक्ष घनता $= \frac{\text{पदार्थाची घनता}}{\text{पाण्याची घनता}}$ हे समान राशींचे गुणोत्तर प्रमाण असल्याने यास एकक नाही. सापेक्ष घनतेलाच पदार्थाचे 'विशिष्ट गुरुत्व' म्हणतात.

सोडविलेली उदाहरणे

उदाहरण 1. फळीवर ठेवलेल्या खाऊच्या डब्याच्या तळाचे क्षेत्रफळ $0.25 m^2$ असून त्याचे वजन 50 N आहे, त्या डब्याने फळीवर प्रयुक्त केलेला दाब काढा.

दिलेले : क्षेत्रफळ = $0.25\ m^2$, डब्याचे वजन = 50 N, दाब = ?

$$\text{दाब} = \frac{\text{बल}}{\text{क्षेत्रफळ}} = \frac{50\ N}{0.25\ m^2} = 200\ N/m^2$$

उदाहरण 2. जर पाण्याची घनता $10^3\ kg/m^3$ आणि लोखंडाची घनता $7.85 \times 10^3\ kg/m^3$ असेल तर लोखंडाची सापेक्ष घनता काढा.

दिलेले : पाण्याची घनता = $10^3\ kg/m^3$, लोखंडाची घनता = $7.85 \times 10^3\ kg/m^3$

लोखंडाची सापेक्ष घनता = ?

$$\text{लोखंडाची सापेक्ष घनता} = \frac{\text{(लोखंडाची घनता)}}{\text{(पाण्याची घनता)}}$$

$$= \frac{7.85 \times 10^3 kg/m^3}{10^3 kg/m^3} = 7.85$$

उदाहरण 3. स्क्रूच्या टोकाचे क्षेत्रफळ $0.5\ mm^2$ असून त्याचे वजन 0.5 N आहे. तर स्क्रूने लाकडी फळीवर प्रयुक्त केलेला दाब काढा (Pa मध्ये).

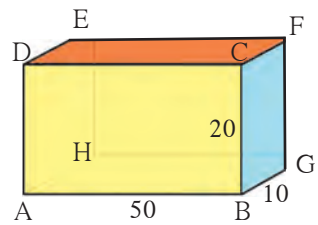
दिलेले : क्षेत्रफळ = $0.5 \times 10^{-6}\ m^2$

स्क्रूचे वजन= 0.5 N, दाब = ?

$$\text{दाब} = \frac{\text{वजन}}{\text{क्षेत्रफळ}} = \frac{0.5N}{(0.5 \times 10^{-6} m^2)} = 10^6\ N/m^2$$

$= 10^6$ Pa

उदाहरण 4. एका धातूच्या ठोकळयाचे वस्तुमान 10 kg असून त्याची लांबी 50 cm, रूंदी 10 cm व उंची 20 cm आहे. (आकृती) टेबलावर धातूचा ठोकळा पुढील पृष्ठभागांवर ठेवल्यास त्याने प्रयुक्त केलेला दाब काढा. ABCD, CDEF व BCFG कोणत्या स्थितीत दाब अधिकतम असेल ते सांगा.



दिलेले : धातूच्या ठोकळयाचे वजन = mg

$= 10 \times 9.8 = 98$ N

पृष्ठभाग ABCD करीता, लांबी = 50 cm, उंची = 20 cm.

क्षेत्रफळ = लांबी x उंची = 50 cm x 20 cm

$= 1000\ cm^2 = 0.1 m^2$

$$\text{दाब} = \frac{\text{वजन}}{\text{क्षेत्रफळ}} = \frac{98}{(0.1)} = 980\ Pa$$

पृष्ठभाग CDEF करिता, लांबी = 50 cm रुंदी = 10 cm

क्षेत्रफळ = लांबी x रुंदी = 50 cm x 10 cm

$= 500\ cm^2 = 0.05\ m^2$

$$\text{दाब} = \frac{\text{वजन}}{\text{क्षेत्रफळ}} = \frac{98}{(0.05)} = \frac{9800}{5} = 1960\ Pa$$

पृष्ठभाग BCFG करिता उंची = 20 cm रुंदी = 10 cm

क्षेत्रफळ = उंची x रुंदी = 20 cm x 10 cm

$= 200\ cm^2 = 0.02\ m^2$

$$\text{दाब} = \frac{\text{वजन}}{\text{क्षेत्रफळ}} = \frac{98\ N}{0.02\ m^2}$$

= 4900 Pa : अधिकतम दाब

∴ संपर्क क्षेत्रफळ जेवढे कमी, तेवढा दाब अधिक.

उदाहरण 5. एका संगमरवरी फरशीच्या तुकड्याचे वजन हवेमध्ये 100 g आहे. त्याची घनता 2.5g/cc इतकी असेल तर त्याचे पाण्यातले वजन किती होईल ?

दिलेले : हवेतील वजन 100 g

घनता 2.5g/cc ∴ आकारमान = (वजन)/(घनता) = 100g/(2.5 g/cc) = 40 cc

म्हणून आर्किमिडीजच्या तत्वानुसार पाण्यात बुडवल्यावर तुकड्याच्या आकारमानाएवढे 40 cc इतके पाणी बाजूस सारले जाईल. या पाण्याच्या वजनाइतकी म्हणजे 40g इतकी तूट तुकड्याच्या वजनात येईल.

∴ पाण्यातील वजन = 100 g − 40g = 60 g

स्वाध्याय

1. रिकाम्या जागी योग्य शब्द लिहा.

अ. SI पद्धतीत बलाचे एकक ..... हे आहे. (डाईन, न्यूटन,ज्यूल)

आ. आपल्या शरीरावर हवेचा दाब ..... दाबा इतका असतो. (वातावरणीय,समुद्राच्या तळावरील, अंतराळातील)

इ. एखाद्या वस्तूकरिता वेगवेगळ्या .....द्रवात प्लावक बल ..... असते. (एकसारखे, घनतेच्या, भिन्न, क्षेत्रफळाच्या)

ई. दाबाचे SI पद्धतीतील एकक .....आहे. (N/m^3, N/m^2, kg/m^2, Pa/m^2)

2. सांगा पाहू माझा जोडीदार !

'अ' गट	'ब' गट
1. द्रायू	अ. जास्त दाब
2. धार नसलेली सुरी	आ. वातावरणीय दाब
3. अणकुचीदार सुई	इ. विशिष्ट गुरुत्व
4. सापेक्ष घनता	ई. कमी दाब
5. हेक्टोपास्कल	उ. सर्व दिशांना सारखा दाब

3. खालील प्रश्नांची थोडक्यात उत्तरे लिहा.

अ. पाण्याखाली प्लॅस्टिकचा ठोकळा सोडून दिला. तो पाण्यात बुडेल की पाण्याच्या पृष्ठभागावर येईल? कारण लिहा.

आ. माल वाहून नेणाऱ्या अवजड वाहनांच्या चाकांची संख्या जास्त का असते ?

इ. आपल्या डोक्यावर सुमारे किती हवेचा भार असतो ? तो आपल्याला का जाणवत नाही ?

4. असे का घडते ?

अ. समुद्राच्या पाण्यापेक्षा गोड्या पाण्यात जहाज अधिक खोलीपर्यंत बुडते.

आ. धारदार चाकूने फळे सहज कापता येतात.

इ. धरणाची भिंत तळाशी रुंद असते.

ई. थांबलेल्या बसने अचानक वेग घेतल्यास प्रवासी मागच्या दिशेला फेकले जातात.

5. खालील सारणी पूर्ण करा.

वस्तुमान (kg)	आकारमान (m^3)	घनता (kg/m^3)
350	175	–
–	190	4

धातूची घनता (kg/m^3)	पाण्याची घनता (kg/m^3)	सापेक्ष घनता
–	10^3	5
8.5×10^3	10^3	–

वजन (N)	क्षेत्रफळ (m^2)	दाब (Nm^{-2})
–	0.04	20000
1500	500	–

6. एका धातूची घनता 10.8×10^3 kg/m^3 आहे, तर धातूची सापेक्ष घनता काढा. (उत्तर : 10.8)

7. एका वस्तूचे आकारमान 20 cm^3 आणि वस्तुमान 50 g आहे. पाण्याची घनता 1 g cm^{-3} तर ती वस्तू पाण्यावर तरंगेल की बुडेल? (उत्तर : बुडेल)

8. एका 500 g वस्तुमानाच्या, प्लॅस्टिक आवरणाने बंद केलेल्या खोक्याचे आकारमान 350 cm^3 इतके आहे. पाण्याची घनता 1 g cm^{-3} असेल तर खोके पाण्यावर तरंगेल की बुडेल ? खोक्याने बाजूस सारलेल्या पाण्याचे वस्तुमान किती असेल? (उत्तर : बुडेल, 350 g)

उपक्रम :

पाठामध्ये देण्यात आलेल्या सर्व कृतींचे मोबाईल फोनच्या मदतीने चित्रीकरण करा व इतरांना पाठवा.

J347BH