



घनता (Density)

मुलांनो, आपण पदार्थाची (किंवा वस्तूची) **घनता** म्हणजे काय हे प्रथम समजून घेऊया.

समजा आपण एखादा लाकडी ठोकळा घेतला, तो काट्यावर तोलला तर त्याचे **वस्तुमान (mass)** किती आहे ते आपल्याला कळेल. आणि ह्या ठोकळ्याच्या एकूण आकाराचे मोजमाप केले तर त्याचे **आकारमान (volume)** किती आहे ते आपल्याला काढता येईल. ह्या दोन गोष्टींवरून ठोकळ्याची घनता तुम्हाला काढता येते, होय ना? वस्तूचे 'वस्तुमान / आकारमान' ह्याला वस्तूची घनता म्हणतात.

$$\text{घनता} = \text{वस्तुमान} \div \text{आकारमान. (m/v)}$$

आता, हाच ठोकळा जर लोखंडाचा असता तर तो हाताला जड लागेल. म्हणजे त्याचे वस्तुमान जास्त असणार आणि आकारमान मात्र आधी एवढेच. त्यामुळे त्याची वरील प्रमाणे काढलेली घनता तुलनेने जास्त असेल, बरोबर ना? ह्याउलट, हाच ठोकळा प्लॅस्टीकचा असता तर तो हाताला हलका लागेल, म्हणजे त्याचे वस्तुमान कमी असणार, त्यामुळे त्याची घनता तुलनेने कमी असेल.

घनता म्हणजे वस्तूच्या **एकक आकारमानात** वस्तूचे अणू/रेणू किती दाटीवाटीने समाविष्ट झाले आहेत हे सांगणारी राशी! **घनता हा पदार्थाचा एक मूलभूत गुणधर्म आहे.**

वस्तुमान ह्या राशीचे वैशिष्ट्य असे की, **पदार्थाचे वस्तुमान सगळीकडे म्हणजे पृथ्वीवर, ग्रहांवर, अगदी संबंध विश्वात सारखेच असते.** कारण वस्तुमानात गुरुत्वाकर्षणाचा संबंध नसतो. अंतराळवीरांना वस्तुमान ही राशी उपयोगी पडते कारण अंतराळात गुरुत्वाकर्षण नसते.

पदार्थाचे आकारमान म्हणजे पदार्थाने व्यापलेली जागा.

पदार्थाच्या तुलनात्मक अभ्यासासाठी, सारख्या आकारमानाच्या विविध पदार्थांची घनता ठरवली जाते. अशा घनतांची टेबल्स उपलब्ध असतात.

घनतेचे एकक CGS सिस्टीम मध्ये g/cc (gram/cubic centimeter) किंवा g/cm³ आहे आणि MKS सिस्टीम मध्ये kg/m³ {kilogram/(meter x meter x meter)} असे आहे.

पदार्थाच्या घनतेवरून पदार्थाची शुद्धता कळते. उदा, 19.3 g/cc ही शुद्ध सोन्याची घनता आहे.

वस्तुमान आणि वजन (weight) ह्यात काय फरक आहे?

पदार्थाचे वस्तुमान म्हणजे पदार्थातील सर्व अणूंचे एकूण वस्तुमान (m) होय. पदार्थाच्या वस्तुमानाचे एकक CGS मध्ये ग्रॅम तर MKS मध्ये किलोग्रॅम असते.

वजन म्हणजे वस्तुमानाला गुरुत्व-त्वरणाने (g ने) गुणल्यास मिळते ते वजन (mg) होय.

वजन हे बल (force F) असून, $F = mg$ असे त्याचे सूत्र आहे. ह्या बलाचे एकक CGS मधे डाईन तर MKS मधे न्यूटन N असते. [नेहमीच्या व्यवहारात मात्र वजन ग्रॅम, किलोग्रॅम असेही सांगितले जाते. आपण संदर्भ लक्षांत घेऊन 'डाईन की ग्रॅम' आणि 'किलोग्रॅम की न्यूटन' हे ठरवतो.]

घनता आणि आर्किमिडीसची गोष्ट: ई.स.पूर्व 250 मधील गोष्ट खालिल प्रमाणे सांगितली जाते. ह्या गोष्टीमुळे घनता ही संज्ञा कशी उपयोगात येऊ शकते ते कळते.

आर्किमिडीस रहात असणाऱ्या गावाच्या राजाला अशी शंका येत होती की त्याचा सोन्याचा मुकुट बनवणाऱ्या कारागिराने लबाडी करून मुकुटात भेसळ केली आहे. राजाने हे शोधून काढण्याचे काम आर्किमिडीसवर सोपवले आणि हे काम मुकुटाची तोडमोड न करता करायचे अशी राजाची अट होती! म्हणजे आर्किमिडीस ह्यांना त्या मुकुटाची घनता काढायला लागणार होती. त्यासाठी आवश्यक असे मुकुटाचे वस्तुमान त्यांनी तराजूने मोजले. पण मुकुटाचे आकारमान कसे मोजणार हा प्रश्न त्यांना पडला!

ह्या प्रश्नाचे उत्तर शोधून काढण्यासंबंधीची आर्किमिडीसची एक गोष्ट सांगतात. ती अशी की, ह्या प्रश्नाचा विचार करता करता त्यांनी भरलेल्या टबमध्ये आंघोळीसाठी उतरल्यावर जेवढे पाणी टबच्या बाहेर पडते ते मोजणे सुरू केले. अनेकदा प्रयोग करून आर्किमिडीस ह्यांनी स्वतःच्या अनुभवाने असे निरीक्षण केले की, **'एखादी वस्तू पाण्यात बुडल्यास ती तिच्या बुडलेल्या आकारमानाइतके पाणी बाजूस सारते.'**!

मग त्यांनी असाच प्रयोग मुकुटाचे आकारमान काढण्यासाठी केला. एका काठोकाठ भरलेल्या भांड्यातील पाण्यात त्यांनी तो मुकुट बुडवला आणि जेवढे पाणी बाहेर पडले ते मोजले. हे मिळाले मुकुटाचे **आकारमान**. आणि मग वस्तुमान/आकारमान ह्या सूत्राने मुकुटाची घनता काढली.

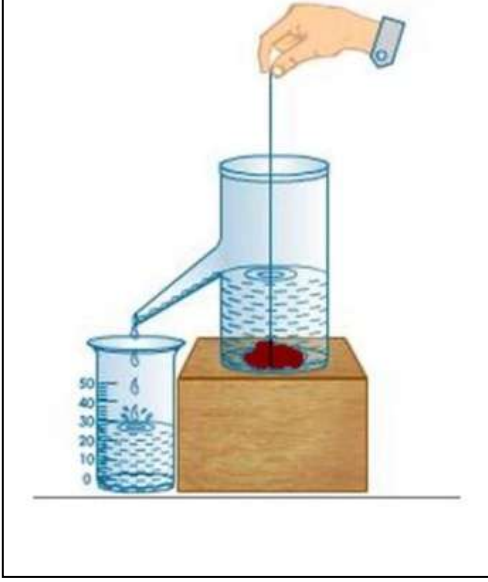
मुकुटाची घनता शुद्ध सोन्याच्या घनतेपेक्षा कमी भरल्याचे त्यांना आढळले. त्याक्षणी आर्किमिडीस ह्यांच्या लक्षात आले की कारागिराने सोन्यापेक्षा स्वस्त व कमी घनतेच्या धातूची भेसळ मुकुटात केलेली आहे.

आता आपण करूया ह्या गोष्टीचा उपयोग अनियमित वस्तूचे आकारमान मिळवण्यासाठी!

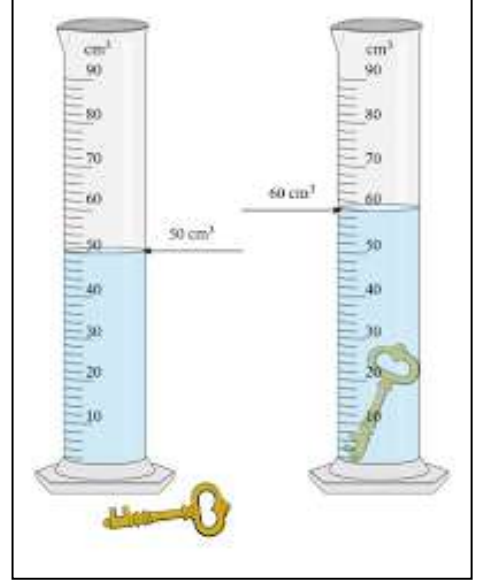
वस्तूचा आकार नियमित असेल तर पट्टीने मोजमाप घेऊन आकारमान काढता येते. पण वस्तू अनियमित आकाराची असेल तर खालील दोन चित्रे निरखून बघा. ह्यात दाखवल्याप्रमाणे आर्किमिडीसची पद्धत वापरून अशा वस्तूंचे आकारमान ठरवता येते. कुठल्याही अनियमित वस्तूचे आकारमान ह्या पद्धतीने मोजता येते, उदाहरणार्थ, दगड, किल्ली वगैरे.



दगडाचे आकारमान 30 cc



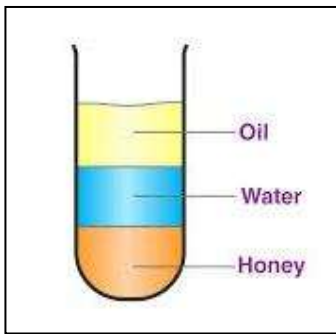
किल्लीचे आकारमान 60-50=10 cc



घनता आणि तरंगणाऱ्या वस्तू:- एखाद्या द्रवात एखादी वस्तू का तरंगते? ह्या प्रश्नाचे उत्तर असे की वस्तूचे द्रवात तरंगणे हे वस्तू आणि द्रव ह्या दोन्हीच्या घनतेवर अवलंबून असते. वस्तूची घनता द्रवाच्या घनतेपेक्षा कमी असल्यास वस्तू द्रवावर तरंगते. दोन्हीची घनता सारखी असल्यास वस्तू द्रवाच्या आत तरंगते आणि वस्तूची घनता द्रवाच्या घनतेपेक्षा जास्त असल्यास ती द्रवात बुडते.

वस्तूचे पाण्यात बुडणे किंवा तरंगणे हे वस्तूच्या आणि पाण्याच्या घनतेवर अवलंबून असते, वस्तूच्या नुसत्या वस्तुमानावर किंवा नुसत्या आकारमानावर अवलंबून नसते.

खालील चित्रात वेगवेगळ्या घनतेचे द्रव एकमेकात न मिसळता घनतेप्रमाणे रहाताना आढळत आहेत.



| पदार्थ | घनता (g/mL) |
|------------|-------------|
| खोबरेल तेल | 0.93 |
| पाणी | 1.0 |
| मध | 1.4 |

आता घनतेविषयी म्हणायचं झालं तर तुम्ही म्हणाल की, वरील चित्रात जास्त घनतेचा पदार्थ सर्वात खाली आहे आणि त्याच्या वरती कमी घनतेचे पदार्थ आहेत. पण मग लोखंडाचा लहानसा खिळा पाण्यात बुडून खाली जातो पण लोखंडाचेच मोठे जहाज मात्र पाण्यावर तरंगते, हे कसे काय?



ह्याचे उत्तर देण्यासाठी आपण हे लक्षात घेतलं पाहिजे की आपल्याला खिळा आणि जहाज ह्या वस्तूंच्या घनतेचा अंदाज घ्यायला हवा. वस्तूची घनता वस्तुमान व आकारमान ह्या दोन्हीवर अवलंबून असते. म्हणून खिळा आणि जहाज ह्या दोन्ही वस्तू जरी लोखंडी असल्या तरी ह्या प्रत्येक वस्तूचे वस्तुमान आणि आकारमान किती आहे ह्यावर त्यांची घनता अवलंबून असणार, होय ना?

जहाजाच्या एकूण वस्तुमानात जहाजाचे वस्तुमान, जहाजातील सामान, जहाजातील हवा असे बरेच काही असते. पण जहाजाच्या भल्या मोठ्या आकारामुळे जहाजाच्या एकूण वस्तुमानाच्या मानाने जहाजाचे आकारमान प्रचंड असते. त्यामुळे जहाजाची घनता खिळ्याच्या घनतेपेक्षा खूपच कमी असते. म्हणून खिळा पाण्यात बुडतो पण लोखंडी अवाढव्य जहाज पाण्यावर तरंगते.

लोखंडाची घनता 7.89 g/cc असते. समुद्राच्या पाण्याची सरासरी घनता सुमारे 1.036 g/mL असते. म्हणून तरंगणाऱ्या जहाजाची घनता 1.036 g/mL पेक्षा कमी असणे आवश्यक असते.

दुसरे उदाहरण म्हणजे पोहता न येणारी व्यक्ती, हवा भरलेल्या रबरी ट्युबचा आधार घेऊन तरंगू शकते. ट्युब व व्यक्ती यांचे एकत्रित आकारमान जेवढे होते त्यापेक्षा त्यांचे एकत्रित वस्तुमान खूपच कमी भरते. परीणामी त्यांची एकत्रित घनता पाण्याच्या घनतेपेक्षा कमी होते.

खालील डावीकडील चित्रात प्रत्येकी 10 ग्रॅम वजनाचे 2 दगड वजन-काट्यावर आहेत. त्यांचे एकत्रित वजन काटा 20 ग्रॅम दाखवत आहे. उजवीकडे 10 ग्रॅमचा पिवळा दगड पाण्यात बुडला आहे आणि 150 ग्रॅम वजनाचा काचेचा वाडगा त्यात ठेवलेल्या 10 ग्रॅमच्या लाल दगडासकट पाण्यावर तरंगत आहे. ह्याचे कारण वाडगा आणि दगड ह्यांचे एकत्रित वस्तुमान जास्त असले तरी वाडग्याच्या विस्तारीत मोठ्या आकारमानामुळे त्यांची एकत्रित घनता पाण्याच्या घनते पेक्षा कमी आहे.



बर्फ पाण्याचाच असूनही पाण्यावर तरंगतो कारण पाण्याचे बर्फ होताना बर्फाचे आकारमान वाढते. त्यामुळे बर्फाची 0.92 g/cc ही घनता, पाण्याच्या 1 g/cc ह्या घनतेपेक्षा कमी होते व त्यामुळे बर्फ पाण्यावर तरंगतो.



वस्तूची घनता हा वस्तूचा अतिशय महत्वाचा व सहजी मोजता येणारा भौतिक गुणधर्म आहे. पदार्थाची शुद्धता कळण्यासाठी घनतेचा उपयोग होतो. शिवाय मिश्रणांमधल्या पदार्थाचे प्रमाण कोणते व किती असेल ते ठरविण्यासाठी घनतेचा उपयोग होतो.

प्लावक बल (Buoyant Force)

मुलांनो, तुम्हाला तुमच्या अनुभवाने असे प्रश्न पडले असतील की, आपण पाण्यात पोहायला उतरल्यावर आपल्याला पाण्यात आपलं वजन कमी झाल्यासारखं वाटतं. किंवा विहिरीतले पाणी उपसायची बादली दोरीने विहिरीत सोडताना ती बादली पाण्यावर टेकल्याक्षणी हलकी वाटते.

असं का बरं होत असेल? ह्या दोन्ही प्रश्नांचं उत्तर बघूया.

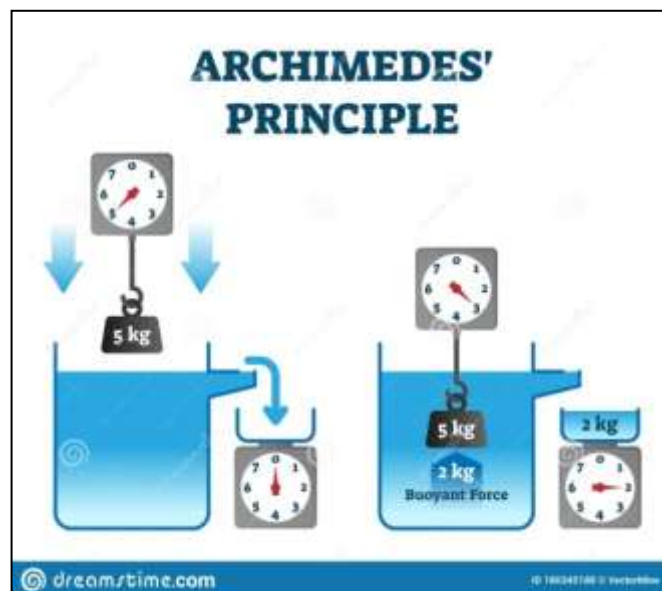
वस्तू जेव्हा पाण्यात असते तेव्हा ती तिच्या पाण्यात बुडालेल्या आकारमानाएवढे पाणी बाजूस सारते. ह्या बाजूस सारलेल्या पाण्याच्या वजनाइतके बल वस्तूवर, गुरुत्वाकर्षणाच्या विरुद्ध म्हणजे वरच्या दिशेने लागते, ह्यालाच **प्लावक बल (Buoyant force)** म्हणतात.

ह्या बलामुळे वस्तूचे पाण्यातील वजन कमी होते. तुमच्या दोन्ही प्रश्नांचं उत्तर मिळाले ना?

प्लावक बल दोन गोष्टींवर अवलंबून असते: (1) बाजूस सारलेल्या द्रवाचे आकारमान (2) द्रवाची घनता.

ह्या प्लावक बलामुळे पोहणारी लोकं, मासे, जहाजे, बर्फाचे हिमनग (आइसबर्ग) पाण्यात तरंगत राहू शकतात.

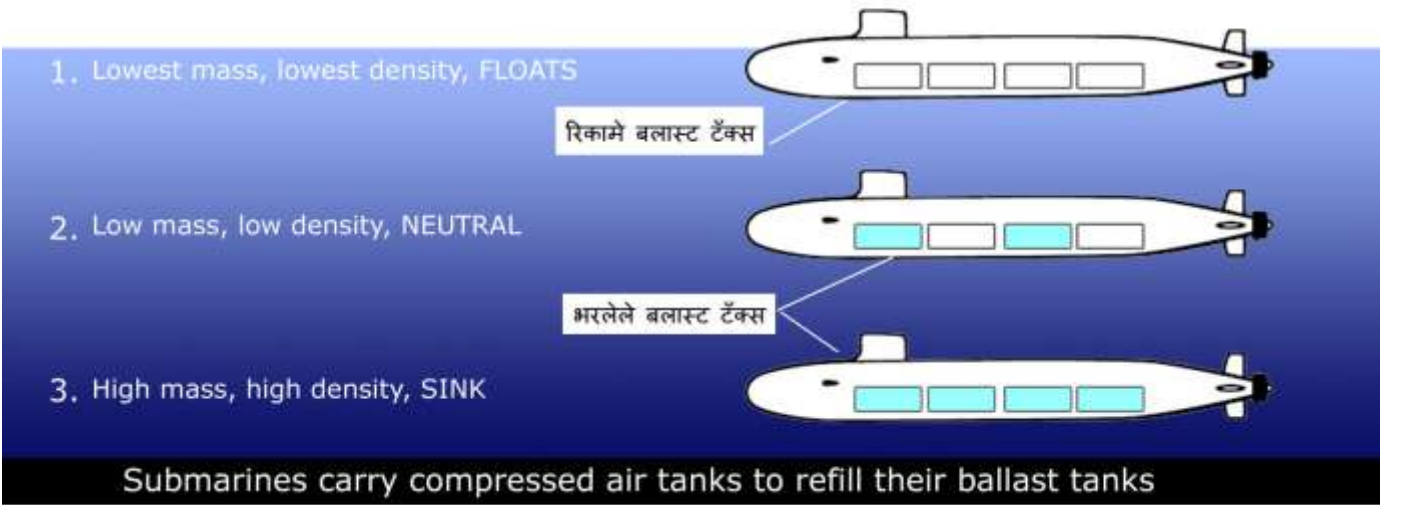
खालील चित्र बघा. चित्रात डावीकडे वस्तूचे हवेत वजन 5 किलोग्रॅम आहे. तर चित्रात उजवीकडे वस्तू पाण्यात पूर्णपणे बुडवल्यावर बाजूस सारलेल्या पाण्याचे वजन 2 किलोग्रॅम आहे. म्हणून पाण्यात बुडलेल्या वस्तूवरचे प्लावक बल पण 2 किलोग्रॅम आहे. त्यामुळे जरी त्याचे वस्तुमान तेवढेच राहिले असले तरी, प्लावक बलाच्या परिणामामुळे बुडलेल्या वस्तूचे पाण्यातील वजन $(5-2)=3$ किलोग्रॅम भरते.



खालील पाणबुडीचे चित्र बघा. पाणबुडीमध्ये (submarine) मोठाले बलास्ट टँक्स असतात. समुद्राच्या पृष्ठभागापासून खाली, पाणबुडीची स्थिती आणि खोली गरजेप्रमाणे योग्य अशी करण्यासाठी ह्या टँक्सचा उपयोग होतो.



Density



वरील आकृतीत पाणबुड्यांच्या तीन स्थिती दाखवल्या आहेत. 1) पाणबुडी जेव्हा समुद्राच्या पृष्ठभागावर तरंगत असते तेव्हा तिचे वजन व प्लावक बल ही दोन्ही बले संतुलीत असतात. 2) मधल्या चित्रात दोन बलास्ट टँकमध्ये पाणी भरल्यामुळे पाणबुडीचे वजन वाढून नविन प्लावक बलाएवढे झाल्याने पाणबुडी खालच्या पातळीला येऊन स्थिर आहे. 3) आता चार टँक्समध्ये पाणी भरल्यामुळे पाणबुडीचे वजन प्लावकबला पेक्षा जास्त होऊन ती आणखी खाली खाली जात आहे. पाणबुडीमध्ये बलास्ट टँक्स परत रिकामे करून पाणबुडी वर आणण्यासाठी उच्चदाबाच्या हवेचे टँक्स असतात.

मुलांनो, आता तुम्हाला घनता आणि प्लावक बल ह्याबद्दलची कल्पना आली असेल. म्हणून आता तुमच्या रोजच्या दैनंदिन जीवनात घनते संबंधीचे जसे अनुभव येतील तशी त्यांची नोंद जरूर करून ठेवा.