



द्रव्याचे स्वरूप भाग 1

अनुक्रमणिका

क्र.	उपघटकाचे नाव	पान नं
1	द्रव्य म्हणजे काय?	2
2	द्रव्याच्या अवस्था	3-4
3	स्थायू अवस्था	5-6
4	द्रव अवस्था	6-7
5	वायू अवस्था	7-8
6	अवस्थांतर	9-13



अरे संजू, काय मस्त वास सुटला आहे रे उदबत्तीचा! अरे काय रे, किती हा पसारा घालून ठेवला आहेस खोलीभर! किती वस्तू जमवल्या आहेस आणि वजन काटा का घेतलायस? काय करतोस काय?

अहो बाबा, काही नाही. जरा मी प्रयोग करून बघतोय. आम्हाला आमच्या टीचर नेहमी सांगतात की, प्रयोगाच्या माध्यमातून तुम्ही विज्ञान शिकलात तर ते तुम्हाला लवकर समजतं. अगदी बरोबर आहे तुमच्या टीचरच! पण तू विज्ञानातल्या कुठल्या घटकाचा अभ्यास करतोयस? हो सांगतो ना बाबा. पण मला काही शंका पण आहेत. आणि विज्ञानातील या घटकाचा अभ्यास झाला की मी या सर्व गोष्टी अगदी जागच्याजागी ठेवणार आहे. बाबा, मी द्रव्याचा अभ्यास करतोय.

द्रव्य म्हणजे काय रे संजू?

अहो बाबा ही वही- पेन्सिल, टेबल-खुर्ची, रबर, स्प्रिंग, शाडूच्यामातीचा गोळा, ही लोखंडाची कढई, हे तांब्याचे भांडे, ही वाटी, या सर्व वस्तू तसेच हा बर्फ, हे भांड्यातले पाणी, ही कणिक, मी खायला घेतलेली भेळ, हे लिंबाचे सरबत, हे सर्व पदार्थ आणि मुख्य म्हणजे मी, तुम्ही, झाडे, हे सर्व द्रव्यांमध्ये येते बरं का! थोडक्यात या चराचरा मधील प्रत्येक वस्तू, पदार्थ म्हणजे द्रव्य! आणि हो या द्रव्याची दोन वैशिष्ट्ये पण मला समजली आहेत.

कोणती वैशिष्ट्ये रे संजू?

आता हेच बघा ना, तुम्ही सकाळी जेव्हा ऑफिसला गेलात तेव्हा हे टेबल अगदी रिकामं होतं. टेबलावर काहीच नव्हतं. पण आता मात्र या टेबलावर एवढ्या वस्तू ठेवल्यामुळे रिकामी जागा अगदी थोडीच राहिली आहे. माझं काम झाल्यावर या सर्व वस्तू जागेवर ठेवल्या तर हे टेबल पुन्हा रिकामे होईल. म्हणजेच द्रव्याला जागा लागते. हे झाले पहिले वैशिष्ट्य. दुसरं महत्त्वाचं म्हणजे या प्रत्येकाला काहीतरी वजन आहे. त्याची खात्री करून घेण्यासाठी हा वजन काटा घेतला होता.

अगदी बरोबर आहे तुझं. फक्त हे म्हणणं मी जरा शास्त्रीय भाषेमध्ये सांगतो. **जे जागा व्यापते आणि ज्याला वस्तुमान असते, त्याला द्रव्य म्हणतात.**

वजनाच्या ऐवजी शास्त्रीय भाषेतील 'वस्तुमान' हा शब्द वापरला. **वस्तुमान म्हणजे द्रव्य संचय**. आपण व्यवहारामध्ये ज्याला वजन म्हणतो त्याला शास्त्रीय परिभाषेत वस्तुमान म्हणतात. आपण म्हणतो की या साखरेचे वजन एक किलो आहे. याचा अर्थ त्यात साखरेच्या कणांचा जो द्रव्यसंचय आहे तो एक किलो आहे. शास्त्रामध्ये वजन म्हणजे वस्तुमान आणि गुरुत्व त्वरण याचा गुणाकार. पण आपण याबद्दल नंतर कधीतरी माहिती घेऊ.

हो चालेल बाबा. पण बाबा, या प्रत्येक द्रव्याचा अभ्यास करायचा म्हटलं तर किती तरी वर्षे लागतील.

हो खरंय. पण त्यासाठी काहीतरी आपल्याला एखादी सोपी युक्ती सुचते का बघूयात का! आता समजा मी तुला खूप वेगवेगळ्या प्रकारची, वेगवेगळ्या रंगाची फुलं एकत्र करून दिली आणि सांगितलं की या फुलांचे वर्गीकरण कर. तर तू कोण कोणत्या पद्धतीने करशील ?

एक म्हणजे मी त्या फुलांच्या रंगांचा विचार करीन. सारख्या रंगाच्या फुलांचा एक गट तयार करीन आणि दुसरी पध्दत म्हणजे मी फुलांच्या प्रकारानुसार त्यांचे गट तयार करीन. म्हणजे सर्व गुलाबाच्या फुलांचा एक गट, शेवंतीच्या फुलांचा एक असं करीन.

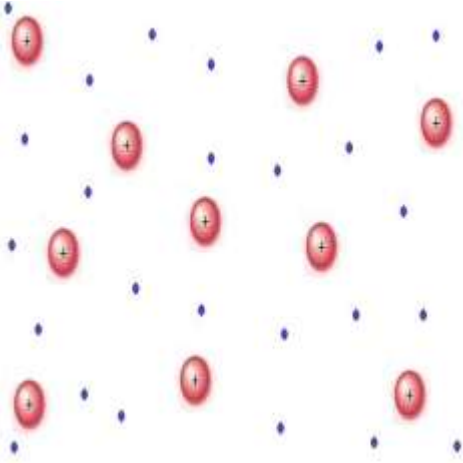
संजू एकदम बरोबर. मग तसंच या द्रव्याचे सुद्धा वर्गीकरण दोन प्रकाराने करता येऊ शकते. त्या त्या गटाचा अभ्यास केला की त्यात येणाऱ्या सर्व द्रव्यांचा पण आपोआपच अभ्यास होईल. पहिल्यांदा तू म्हणालास, की रंगानुसार त्या फुलांचे गट तयार करशील. रंग आपल्याला डोळ्यांनी दिसतो म्हणून त्याला म्हणतात भौतिक गुणधर्म. तसेच आपण द्रव्याच्या भौतिक स्थितीवर आधारित त्याचे वर्गीकरण करू शकू. भौतिक स्थिती म्हणजे डोळ्यांनी दिसणारी अवस्था.

म्हणजे बाबा, बर्फ, पाणी आणि वाफ या झाल्या पाण्याच्या अवस्था. असंच ना.

परफेक्ट. द्रव्य तीन वेगवेगळ्या अवस्थेत असते. पहिली अवस्था म्हणजे स्थायू. यामध्ये खुर्ची, वही, वाटी, बर्फ यांचा समावेश होतो. दुसरी अवस्था म्हणजे द्रव. यात पाणी, सरबत, दूध, पेट्रोल यांचा समावेश होतो. आणि तिसरी अवस्था म्हणजे वायू. यात, वाफ, हवा यांचा समावेश होतो.

द्रव्याच्या आणखीनही दोन अवस्था आहेत. त्यापैकी एक म्हणजे आयनद्रायू (Plasma) अवस्था आणि दुसरी बोस- आइन्स्टाईन कंडेन्सेट अवस्था.

आयनद्रायू अवस्था ही बहुदा अति उच्च तापमानाला आढळते. ती सर्वसाधारण परिस्थितीत अनुभवास येत नाही. एखाद्या वायूला प्रचंड प्रमाणात उष्णता देऊन त्याचे तापमान काही हजार अंशापर्यंत वाढवले असता त्यामधील अणूंचे आयनात (Ion) रूपांतर होते, म्हणून त्याला आयनद्रायू अवस्था म्हणतात. घरातील ट्यूबलाइट, जाहिरातींसाठी वापरल्या जाणाऱ्या नियॉन साईनच्या ट्यूबलाइट यामधून विद्युत प्रवाह वाहत असताना ती नळी आयनीभूत वायूंनी (Ionized gas) भरलेली असते. हे वायू प्रकाश प्रारणे उत्सर्जित करतात. तसेच पृथ्वीच्या वातावरणाच्या अगदी वरच्या भागात या आयनीभूत वायूंचा एक पट्टाच आहे त्याला आयनोस्फिअर असे म्हणतात.



आयनद्रायू अवस्थेतील धन आयन.



नियॉन साईनची जाहिरात.

बोस- आइन्स्टाईन कंडेन्सेट अवस्था. बोस व आइन्स्टाईन या दोघांनी द्रव्याच्या या अवस्थेबद्दल भाकित केले होते. आता मात्र प्रयोगशाळेत ही अवस्था निर्माण करण्यात यश मिळाले आहे. अत्यंत कमी घनतेच्या वायूला, जवळजवळ निर्वात स्थितीत, अतिशीत तापमानापर्यंत थंड करून प्रयोगशाळेत ही अवस्था तयार केली जाते. मात्र ही अवस्था फारच क्षणिक असते. सर्वसाधारण परिस्थितीत कोणतेही द्रव्य हे स्थायू, द्रव आणि वायू यांच्यापैकी एका किंवा अधिक स्थितीमध्ये आढळून येते. म्हणून या तीन अवस्थांचा अभ्यास विस्तृत करण्यात आला आहे.

अच्छा म्हणजे द्रव्याच्या एकूण पाच अवस्था आहेत. पण सर्वसाधारण परिस्थितीत आढळणाऱ्या तीन अवस्थांचा म्हणजे स्थायू, द्रव आणि वायू यांचा अभ्यास करणार आहोत.

संजू, आपण दोघे चर्चा करून माहिती मिळवूयात. आता प्रथम, या टेबलावरच्या सर्व वस्तू, स्थायू, द्रव आणि वायू यानुसार वेगवेगळ्या करून ठेव बरं.



स्थायू पदार्थ



द्रव पदार्थ



वायू पदार्थ

अगदी बरोबर. या सर्व वस्तूंचे निरीक्षण करून, त्यांच्यामध्ये कोणकोणती वैशिष्ट्ये दिसत आहेत हे सांगू शकशील का?

बाबा, मला जरा पाच मिनिटे वेळ देता का ?

अगदी जरूर . तोपर्यंत मी जरा गरम गरम चहा घेऊन येतो.

पाच मिनिटांनंतर बाबा हातात चहाचा कप घेऊन खोलीत प्रवेश करते झाले.

बाबा ,आता मी तुम्हाला सांगू शकतो. 1) सर्व स्थायू पदार्थ आहेत ना त्यांना काहीतरी विशिष्ट आकार,आकारमान (**Volume**) आहे. 2)पण पाणी,सरबत यांना मात्र विशिष्ट आकार नाही, पण तरीही त्यांना निश्चित असे आकारमान आहे. त्यांना ज्या भांड्यात ठेऊ तसा आकार ते घेतात. 3) या हवेला ना विशिष्ट आकार आहे, ना विशिष्ट आकारमान. हे असं का आहे हो बाबा?

संजू, तुझ्याकडे एक प्लास्टिकचा पारदर्शक डबा आणि भरपूर गोट्या आहेत का? रसायनशास्त्रामध्ये द्रव्यांचा अभ्यास हा अणू/ रेणूंच्या पातळीवर जाऊन केला जातो. द्रव्याच्या स्थायू, द्रव आणि वायू अवस्थेत अणू/ रेणूंची रचना कशी असते हे लवकर कळावे म्हणून एक पारदर्शक प्लास्टिकचा डबा व भरपूर गोट्या तुला आणावयास सांगितल्या. आता समजा या गोट्या म्हणजे अणू/रेणू आहेत. मी सांगतो तशी एक एक कृती कर.

प्रथम प्लास्टिकचा डबा गोट्याने अगदी गच्च भरून हलवून बघ. काय दिसते तुला?

बाबा, या बंदिस्त डब्यात गोट्या अगदी गच्च भरलेल्या असल्यामुळे त्यांना इकडे-तिकडे हालचालीला जागाच राहत नाहीये. त्या नुसत्याच जागेवरच थरथरत आहेत.

बरं. आता त्या डब्यातल्या काही गोट्या काढून ठेव. आणि डबा हलवून बघ.

आता या गोट्या जरा इकडे तिकडे हलायला लागल्या आहेत.

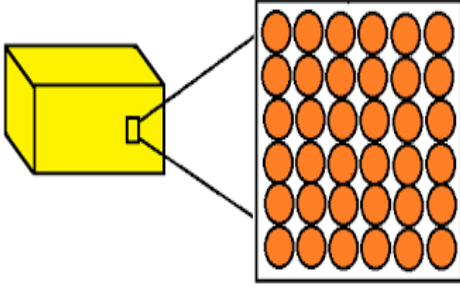
आता त्या डब्यात अगदी थोड्या गोट्या शिल्लक ठेव आणि डबा हलवून बघ.

आता तर या गोट्या मोकळेपणाने वाटेल तशी हालचाल करत आहेत.

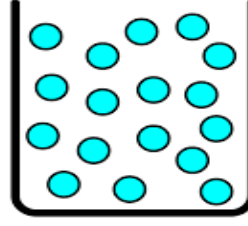
अगदी अशीच परिस्थिती स्थायू, द्रव आणि वायूरूप द्रव्यातील अणू / रेणू मध्ये आढळून येते. फक्त एक गोष्ट लक्षात ठेव, अगदी थोड्या गोट्या असताना डबा हलवायचा बंद केल्यानंतर त्या तळाशी जाऊन बसल्या.

पण प्रत्यक्षात वायूरूप पदार्थांमधील रेणू सतत गतिमान असतात. हेच चित्राच्या सहाय्याने स्पष्ट करून सांगतो.

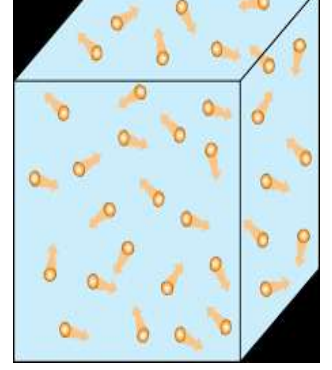




स्थायू मधील रेणू



द्रवामधील रेणू

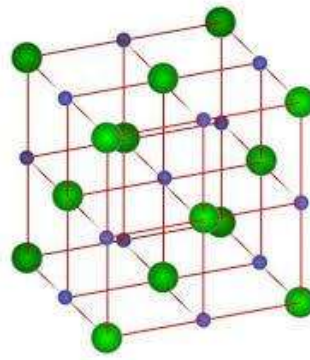
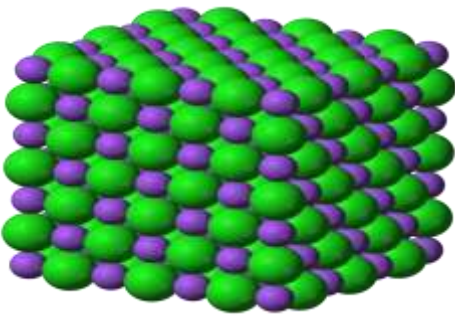


वायू मधील रेणू

संजू, हे पहिले चित्र स्थायूमधील रेणूंची रचना कशी असते ते दाखवत आहे. दुसरे चित्र द्रव पदार्थामधील रेणूंची रचना कशी असते हे दर्शवत आहे आणि हे तिसरे चित्र वायूमधील रेणूंची रचना कशी असते हे दाखवत आहे. बघ गोट्या आणि या चित्रांवरून तुला काही अंदाज बांधता येतोय का?

बाबा, या स्थायुरूप पदार्थामधील रेणू अगदी एकमेकांच्या जवळ आहेत. पण द्रवरूप पदार्थामधील रेणू मात्र एकमेकांपासून थोडे लांब आहेत आणि वायुरूप मधील रेणू तर एकमेकांपासून खूपच लांब आहेत.

निरीक्षण चांगले आहे संजू तुझं. आता तुला तुझ्या सर्व प्रश्नांची उत्तरे सहजपणे मिळतील. स्थायू पदार्थामध्ये थोड्या जागेत खूप अणू/ रेणू, त्यांच्यातील आकर्षण बलामुळे एकमेकांशी घट्टपणे बांधले गेलेले असतात. या बलाला आंतररेण्वीय बल (Inter molecular force) म्हणतात. या अणू/ रेणू मध्ये असलेल्या गतिज ऊर्जेमुळे ते त्यांच्या मध्य स्थिती भोवती सतत कंप पावत असतात. म्हणून स्थायू पदार्थांना विशिष्ट आकार आणि आकारमान असते. बहुतांश स्थायू मधील अणू/ रेणू नियमितपणे पुनरावृत्त होणाऱ्या आकृतिबंधामध्ये मांडले गेलेले असतात. त्यामुळे बऱ्याच वेळेला स्थायू पदार्थ स्फटिक (Crystal) रूपात मिळतात. स्फटिक म्हणजे अशी स्थायू(घन) वस्तू जिच्यामध्ये अणू/रेणूंची एक ठराविक संरचना तिन्ही मितींमध्ये (लांबी, रुंदी, उंची) पुन्हा पुन्हा आढळते.



स्फटिकांमधील प्रस्तर संरचना

स्फटिक हा काटेकोरपणे रचलेल्या अनेक अंतर्गत अणू/ रेणू च्या प्रतलांचा बनलेला असतो. या अंतर्गत प्रतलांना lattice म्हणतात. मराठीत आपण त्यांना प्रस्तर म्हणू. स्फटिकांची नेहमीच्या बघण्यातील उदाहरणे म्हणजे मीठ, साखर, हिरे, इत्यादी. लोखंड, तांबे, सोने इत्यादी स्थायू पदार्थ अतिशय लहान स्फटिकांनी बनलेले असतात. हे स्फटिक केवळ सूक्ष्मदर्शक यंत्राखाली पाहता येतात. एका पदार्थाचे स्फटिक आकाराने सारखेच असतात. म्हणजे चौकोनी किंवा षटकोनी इत्यादी. परंतु ते लहान-मोठे असू शकतात.

काही स्थायू पदार्थांमध्ये असे स्फटिक आढळून येत नाहीत. त्यांना अस्फटिकी(amorphous) म्हणतात. या शब्दाचे मूळ ग्रीक भाषेत असून त्याचा अर्थ निराकार असा आहे. काच, प्लास्टिक, जेल ही या प्रकारची उदाहरणे आहेत. यातील अणू/ रेणूंची रचना आकारहीन, अनिश्चित असते.

संजू, आता द्रवरूप पदार्थां बदल तुला, जसे येईल तसे सांगतोस कां?

नक्की प्रयत्न करतो. द्रवरूप पदार्थां मधील रेणू एकमेकांपासून थोडे दूर असल्यामुळे आंतररेण्वीय बल मध्यम प्रकारचे असते. त्यामुळे द्रव पदार्थांना विशिष्ट आकार नसतो मात्र विशिष्ट आकारमान असते आणि ते प्रवाही (**Flowing**) असतात. म्हणून पावसाचे पाणी वाहून जाते किंवा दूध उतू जाते.

संजू, द्रवपदार्थ हे कमी- जास्त प्रवाही असतात. गोड तेल, मध, मुरंबा, सॉस हे पाण्यासारखे प्रवाही नसतात.

बरोबर आहे बाबा तुमचं. सर्वच द्रवपदार्थ हे पाण्यासारखे प्रवाही नसतात. बाबा, यांच्या रेणूंमधील आकर्षण बल इतर द्रव पदार्थांच्यामानाने जास्त असतं म्हणून ते चिकट असतात कां?

हो. या द्रव पदार्थांच्या रेणूंमधील आकर्षण बल त्या मानाने जास्त असल्यामुळे त्या पदार्थांतील रेणूंना वाहण्यास विरोध होतो. यालाच चिकटपणा(viscosity) म्हणतात.



मधाचा चिकटपणा



तेलाचा चिकटपणा

बाबा, या द्रव पदार्थांचे थेंब गोलाकार कां असतात?

या ग्लासात पाणी आहे. या मधल्या भागातील रेणूवर इतर सर्व रेणू समान आकर्षण बल लावत आहेत. परंतु पृष्ठभागावरील रेणूंच्या वरच्या भागात पाण्याचे रेणू नाहीत. त्यामुळे पृष्ठभागावरील रेणूंना फक्त खालच्या दिशेनेच बल लावले जाते. त्यामुळे द्रवाच्या पृष्ठभागावर एक प्रकारचा ताण निर्माण होतो त्याला पृष्ठीय ताण (surface tension) म्हणतात. पृष्ठीय ताण जास्त असल्यामुळे व गोल या घनाकृतीचे पृष्ठीय क्षेत्रफळ हे सर्वात कमी असल्याने थेंब गोलाकार घेऊन खाली पडतो. दिलेल्या आकारमानासाठी (for a given volume), गोलाकार हा सर्वात कमी पृष्ठीय क्षेत्रफळाचा असतो आणि निसर्ग नेहमी कमीतकमी उर्जा खर्च करायचा मार्ग निवडतो. म्हणून थेंब गोल असतो.

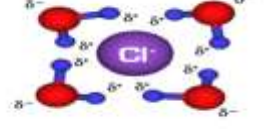
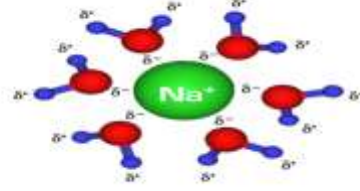
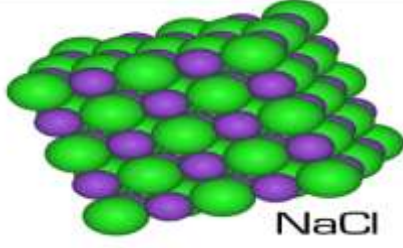
अच्छा असं आहे तर या मागचे कारण.

बाबा, पाण्यामध्ये मीठ, साखर असे काही पदार्थ टाकले की ते विरघळतात. विरघळतात म्हणजे काय होतं?

अरे तूच मला सांगितलंस ना की, द्रवपदार्थांतील रेणूंमध्ये आंतररेण्वीय बल कमी असते. अरे त्यामुळे द्रवपदार्थांतील रेणूंमध्ये गतिज ऊर्जा जास्त असते. त्यामुळे द्रव पदार्थांतील रेणू, हे स्थायू पदार्थांतील रेणूपेक्षा जास्त गतिमान असतात. हे रेणू गतिमान असल्यामुळे द्रवपदार्थांतील रेणूंमध्ये काही मोकळ्या जागा असतात. या मोकळ्या जागांमध्ये हे मीठ,साखर यांचे कण जाऊन बसतात. त्यालाच मीठ, साखर



विरघळले असे म्हणतात. ढवळल्याने द्रावक- रेणूंची गतिज उर्जा वाढते त्यामुळे द्रव्य लवकर विरघळते. जे पदार्थ द्रव पदार्थांमध्ये विरघळतात त्यांना विद्राव्य पदार्थ म्हणतात.



मिठाचा रेणू

पाण्यात सोडियम व क्लोरीनचे आयन तयार होवून ते पाण्याच्या रेणूंनी वेढले जातात.

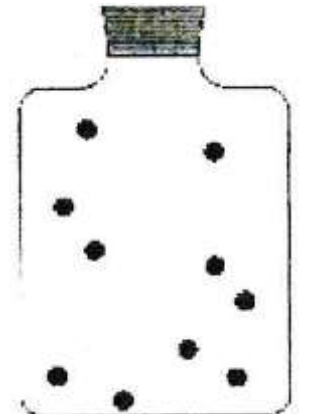
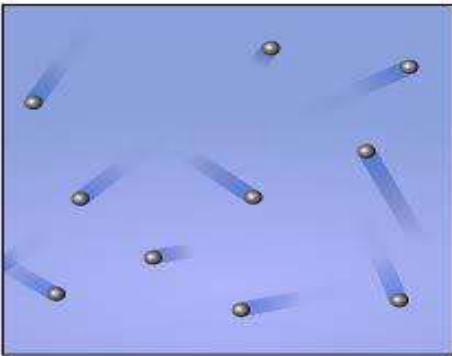
मग बाबा, डाळ तांदूळ यांसारखे पदार्थ पाण्यात विरघळत नाहीत. म्हणजे त्यांना अविद्राव्य पदार्थ असं म्हणत असतील ना.

अगदी बरोबर. जे पदार्थ द्रवपदार्थात विरघळत नाहीत त्यांना अविद्राव्य पदार्थ म्हणतात.

बाबा, आता वायूमधील रेणूंबद्दल सांगण्याचा प्रयत्न करतो हं! वायूमधील रेणू एकमेकांपासून खूपच लांब असल्याने त्यांच्यातील आंतररेण्वीय बल अगदीच सौम्य असते त्यामुळे त्यांना विशिष्ट आकार आणि आकारमान नसतो. पण ते उत्तम प्रवाही असतात म्हणूनच उदबत्तीचा वास संपूर्ण घरभर पसरतो. आईने केलेल्या छान छान पदार्थांचा वास लगेच माझ्या नाकापर्यंत येऊन पोहोचतो.

संजू, वायूरूप पदार्थांच्या रेणूंमधील आंतररेण्वीय बल अगदीच कमी असते. त्यामुळे वायूरूप पदार्थांच्या रेणूंमध्ये गतिज ऊर्जा सर्वात जास्त असते. म्हणून त्यातील रेणू हे मोकळेपणाने, अस्ताव्यस्तपणे फिरत असतात. ते एकाच दिशेने फिरत नाहीत तर सर्व दिशांनी फिरतात म्हणून त्या गतीला यादृच्छिक गती(random motion) असे म्हणतात. त्यामुळे स्वयंपाक घरातील वास घरभर पसरतो.

बाबा, एक शंका, तोंडाने जर फुगा फुगवला तर तो सर्व बाजूने कां फुगतो? असं बघ संजू, या रिकाम्या बंद डब्यामध्ये हवा आहे. हवेचे रेणू अस्ताव्यस्तपणे डब्यात फिरत आहेत. प्रत्येक वेळी जेव्हा हवेचे रेणू हे या बंद डब्याच्या कडांवर आपटतात तेव्हा त्या कडांवर दाब पडतो. सर्व दिशांना रेणू जाऊन आदळतात त्यामुळे वायू मधला दाब सर्व दिशांना सारखा असतो. तसेच हवा हा प्रवाही पदार्थ आहे. फुगा फुगवताना या हवेचा दाब फुग्याच्या सर्व बाजूंवर पडतो. म्हणून फुगा फुगवताना तो सर्व बाजूंनी फुगतो.



वायुरूप पदार्थातील रेणूंची यादृच्छिक गती.

आता संजू या सर्व स्थायू पदार्थांवर जोर लावून म्हणजे शास्त्रीय भाषेत बल लावून बघ आणि सांग बरं तुझी निरीक्षण!

खुर्ची, टेबल, भांड यांना जोर सॉरी, बल लावूनही त्यांचा आकार काही बदलत नाहीये. पण बाबा, या रबरबॅंडला, स्प्रिंगला, बल लावल्यावर त्यांचा आकार बदलला आणि बल काढून टाकल्यावर त्यांना मूळचा आकार मिळाला. मात्र या शाडूच्या मातीच्या गोळ्याला, कणकेच्या गोळ्याला बल लावल्यावर त्यांचा आकार बदलला. पण बल काढल्यावर, जसा आकार त्याला दिला होता तो तसाच राहिला. त्याला मूळचा आकार नाही मिळाला.

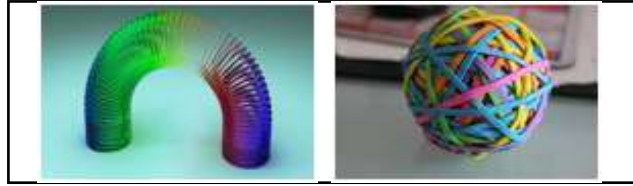
संजू, बरोबर आहे तुझं. या स्थायू पदार्थांमध्ये तीन वेगवेगळे गुणधर्म आढळून येतात.

1) खुर्ची, भांडं म्हणे,

लावा बल, ना बदलू आकार
म्हणून म्हणती आम्हा दृढ!

2) स्प्रिंग रबर म्हणे,

बला प्रमाणे बदलू आम्ही
काढताच बल घेऊ मूळ स्थिती
गुण असे आमचा स्थितिस्थापक!



3) शाडूची माती, कणकेचा गोळा सांगे

बल लावाल तसा घेऊ आकार
काढा बल ठेऊ तोच आकार
या गुणास म्हणती आकार्य



काही कळलं का संजू?

येस सर! स्थायूंमध्ये दृढता (Rigidity), स्थितिस्थापकता (Elasticity), आणि आकार्यता (Plasticity) हे तीन गुणधर्म आढळून येतात.

गुड बॉय! बरं संजू, आता आपल्याला आणखीन एक महत्त्वाचा गुणधर्म पाहायचा आहे. त्यासाठी तुझ्याकडे, तू रंगपंचमी खेळण्यासाठी जी पिचकारी वापरतोस ती घेऊन ये बरं जरा. आता या पिचकारीच्या तोंडाला एक बूच बसव. पिचकारीचा दड्या बाहेर काढ. त्या पिचकारी मध्ये वाळू घे आणि दड्याने दाब दे. बघ बरं काय झाले आहे ते.

बाबा काहीच फरक पडत नाही.

ओके. आता पिचकारी मध्ये पाणी घे आणि त्यावर दड्याने दाब दे.

बाबा, दाब दिल्यावर पाण्याचे थोडेसेच आकारमान कमी झाले.

ओके. आता पिचकारी मध्ये वायूरूप पदार्थ म्हणून हवाच घेऊ. ती आहेच या पिचकारीत. पण नीट कळण्यासाठी एका फुग्यात थोडी हवा भर आणि तो या पिचकारीमध्ये ठेव. आता दड्याने दाब दे. आणि सांग काय झाले ते?

बाबा, दड्याने फुगा खूपच दाबला गेला.

आता परत दड्या वर ओढ.



परत फुगा पहिल्यासारखा झाला. म्हणजे हवेवर दाब दिला असता हवेचे आकारमान खूपच कमी होते.. संजू, बाह्य बलामुळे पदार्थाच्या आकारमानात बदल होणे या गुणधर्माला संपीड्यता (Compressibility) म्हणतात. स्थायूमध्ये हा गुणधर्म अगदी नगण्य असतो. द्रवामध्ये खूप कमी असतो पण वायूमध्ये मात्र उच्च प्रमाणात हा गुणधर्म आढळतो.

संजू, आता तीनही अवस्थांमध्ये कोणकोणते गुणधर्म आढळतात हे लक्षात राहण्यासाठी एक तक्ता तयार कर व तो तुझ्या कपाटावर लाव, म्हणजे येता-जाता तो तुला दिसेल.

नक्की बाबा! अगदी छान कळल्या मला द्रव्याच्या सर्व अवस्था. प्रत्येक अवस्थेतील अणू/ रेणूंची गतीज ऊर्जा व त्यांच्या मधील आकर्षण बल हे वेगवेगळे असल्यामुळे या द्रव्याच्या अवस्था आढळून येतात. अगदी बरोबर आहे संजीव. द्रव्यातील अणू/रेणूंची गतिज ऊर्जा व त्यांच्यातील आकर्षण बल या दोन घटकांमुळे द्रव्याची अवस्था निश्चित होते. जेव्हा द्रव्यातील अणू/ रेणूंची गतिज ऊर्जा, त्यातील आकर्षण बला पेक्षा जास्त असते, तेव्हा ते द्रव्य वायू अवस्थेत आढळते. पण जेव्हा अणू/ रेणू मधील गतिज ऊर्जा, त्यांच्यातील आकर्षण बला पेक्षा कमी असते तेव्हा ते द्रव्य, द्रव किंवा स्थायूरूप अवस्थेत आढळते. तुला असं एखादं द्रव्य माहित आहे का की जे आपल्याला रोजच्या दैनंदिन जीवनामध्ये तीनही अवस्थांत आढळून येते?

हो. पाणी हे द्रव्य बर्फ म्हणजे स्थायू, पाणी म्हणजे द्रव आणि वाफ म्हणजे वायू या तीनही अवस्थेत आपल्याला आढळून येते.

शाबास रे पट्टे! संजू, जेव्हा एखाद्या द्रव्याची अवस्था बदलायची असेल म्हणजे द्रव्याचे अवस्थांतर करायचे असेल तर कोणत्या दोन घटकांचा विचार करावा लागेल की ज्यामुळे त्यांच्यात बदल केला असता द्रव्याचे अवस्थांतर होईल?

द्रव्यातील अणू/ रेणूंची गतिज ऊर्जा वाढवावी लागेल किंवा कमी करावी लागेल.

अगदी बरोबर आहे. पण तू असं का म्हणालास रे, गतिज ऊर्जा वाढवावी किंवा कमी करावी लागेल? एकदम सोपप आहे. स्थायू मध्ये रेणूंची गतिज ऊर्जा कमी असते. द्रवामध्ये थोडी जास्त असते तर वायूरूप मध्ये सर्वात जास्त असते म्हणून जेव्हा स्थायूचे रूपांतर द्रवात किंवा द्रवाचे वायूत करायचे असेल तेव्हा गतिज ऊर्जा वाढवावी लागेल. आणि जेव्हा वायूचे रूपांतर द्रवात, द्रवाचे स्थायूत, करायचे असेल तेव्हा आपल्याला गतिज ऊर्जा कमी करावी लागेल.

अगदी बरोबर! प्रथम गतिज ऊर्जा कशी वाढवता येईल याचा विचार करू. सांग बरं कशी वाढवता येईल? काही कळत नाहीये.

नो प्रॉब्लेम संजू! एखाद्या द्रव्यातील सर्व अणू/रेणूंच्या गतिज ऊर्जेची बेरीज म्हणजे त्या द्रव्याची उष्णता होय. जेव्हा आपण बर्फ हा थंड आहे असं म्हणतो तेव्हा त्या बर्फातील सर्व रेणूंची गतिज ऊर्जा म्हणजेच उष्णता ही आपल्या शरीरातल्या उष्णतेपेक्षा कमी असते म्हणून आपल्याला तो बर्फ थंड लागतो. पण जेव्हा एखाद्या द्रव्याची उष्णता, आपल्या शरीराच्या उष्णतेपेक्षा जास्त असते तेव्हा ते द्रव्य आपल्याला गरम लागते. या उष्णतेच्या पातळीलाच तापमान असे म्हणतात. म्हणून जेव्हा एखाद्या द्रव्याची उष्णता काढायची असेल तेव्हा त्या द्रव्याचे तापमान मोजतात.

ओ! म्हणून आपल्याला ताप आला, म्हणजे आपल्या शरीरातील उष्णता वाढली की ती मोजण्यासाठी आपण ज्वरमापीचा वापर करतो.

बरोबर संजू. माणसाच्या शरीराचे तापमान मोजण्यासाठी ज्वरमापी वापरतात तर द्रव्याचे तापमान मोजण्यासाठी तापमापी वापरतात.

बाबा, हे तापमान सेल्सियस व फॅरनहाइट मध्ये मोजतात. हो ना?

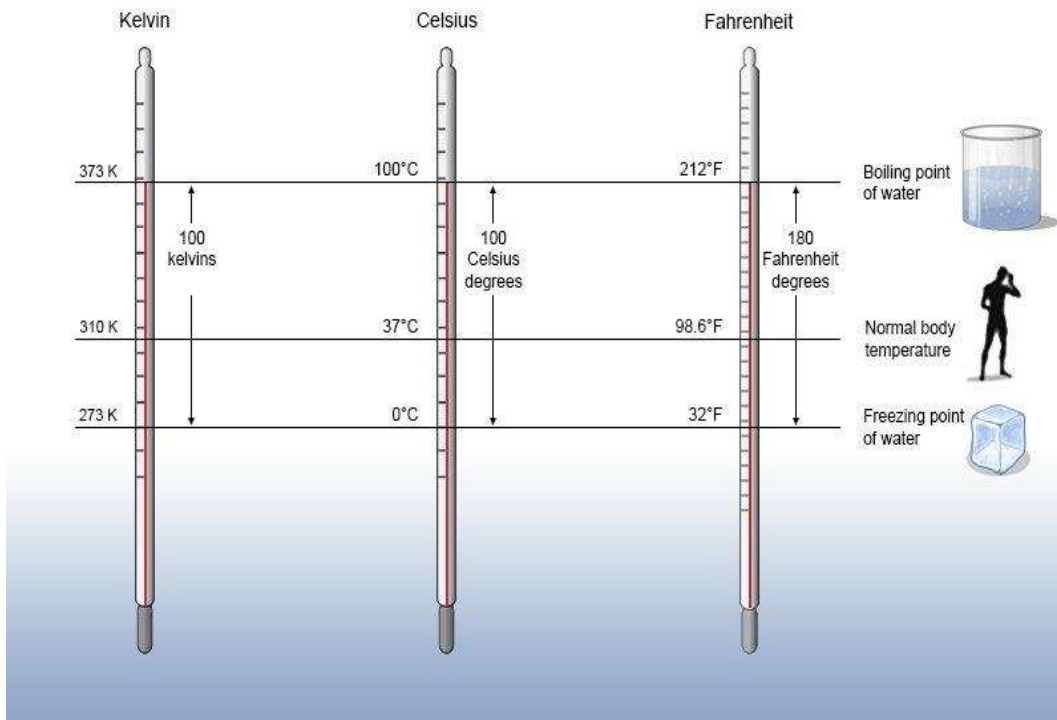
येस! त्यांना तापमान मापनश्रेणी असे म्हणतात. याशिवाय द्रव्याचे तापमान मोजण्यासाठी केल्व्हिन मापन श्रेणीचाही वापर करतात.

-273°C या तापमानाला रेणूची गती जवळजवळ थांबते म्हणून या बिंदूला केल्व्हिन शून्य असे म्हणतात. या तिन्ही तापमान मापनश्रेणींची चित्रे बघून तुला काय कळते ते सांग. म्हणजे बाबा, नको, त्यापेक्षा मी तुम्हाला कागदावरच लिहून दाखवतो मला काय कळले आहे ते.

$$0\text{K} = -273^{\circ}\text{C} = -460^{\circ}\text{F}$$

$$273\text{K} = 0^{\circ}\text{C} = 32^{\circ}\text{F}$$

$$373\text{K} = 100^{\circ}\text{C} = 212^{\circ}\text{F}$$



शाब्बास संजू! केल्व्हिन मध्ये तापमान लिहिताना डिग्री केल्व्हिन असे लिहित नाहीत. बरं आपण आता आपल्या मूळ मुद्द्याकडे जाऊ. तो मुद्दा म्हणजे अवस्थांतर! **द्रव्याचे अवस्थांतर हे तापमान व दाब या दोन घटकांवर अवलंबून असते.** तुला तापमानाबद्दलची माहिती मिळावी म्हणून जरा गाडी दुसऱ्या ट्रॅकवर नेली. हो बाबा, त्यामुळेच तर मला उष्णता, तापमान, केल्व्हिन मापन श्रेणी या गोष्टी कळल्या.

अगदी खरं आहे. बरं आता सांग एखाद्या द्रव्याचे तापमान वाढवले तर काय होईल?

बाबा हे अगदीच सोपप आहे. तापमान वाढले म्हणजे त्यातील अणू/रेणूची गतिज ऊर्जा वाढेल. त्यामुळे त्यांच्यातील असलेले आकर्षण बल म्हणजेच आंतररेण्वीय बल कमी होईल. त्यामुळे द्रव्यातील अणू/रेणू एकमेकांपासून लांब जातील. अशा तऱ्हेने स्थायूचे रूपांतर द्रवात आणि द्रवाचे रूपांतर वायूत होईल.

अरे वा मस्तच! आता एखाद्या द्रव्याचे तापमान कमी केले तर काय होईल? बाबा, इथे अगदी बरोबर उलट क्रिया होईल. तापमान कमी केले म्हणजे द्रव्यातील अणू/रेणूची गतिज ऊर्जा कमी होईल. गतिज ऊर्जा कमी झाली की ते एकमेकांच्या जवळ येतील. त्यामुळे त्या अणू/रेणू मधील आकर्षण बल म्हणजेच आंतररेण्वीय बल वाढेल. अशा तऱ्हेने वायूचे रूपांतर द्रवात होईल आणि द्रवाचे रूपांतर स्थायूत होईल.

पण बाबा, हे प्रयोगाने दाखवता कां मला? म्हणजे बर्फ ते वाफ असे अवस्थांतर दाखवा ना. तुम्ही बरोबर असलात की आई मला गॅसच्या जवळ जाऊ देईल.

हो जरूर. अरे कृतीतून आकळे ज्ञान. चला स्वयंपाक घरात!

चला संजोबा आणा पटकन सर्व साहित्य.सांग बरं बर्फाचे तापमान किती आहे ते?

0°C

बरोबर. आता बर्फाला उष्णता द्यायला लाग आणि बरोबर एक मिनिटाच्या अंतराने तापमानाची नोंद करत जा.

हो बाबा नक्की. हळूहळू आता बर्फ वितळायला लागलाय. बर्फाला उष्णता देणे चालूच आहे. पण तापमानामध्ये काहीच वाढ दिसत नाहीये. मग आपण देतो ती उष्णता कुठे जातीये?

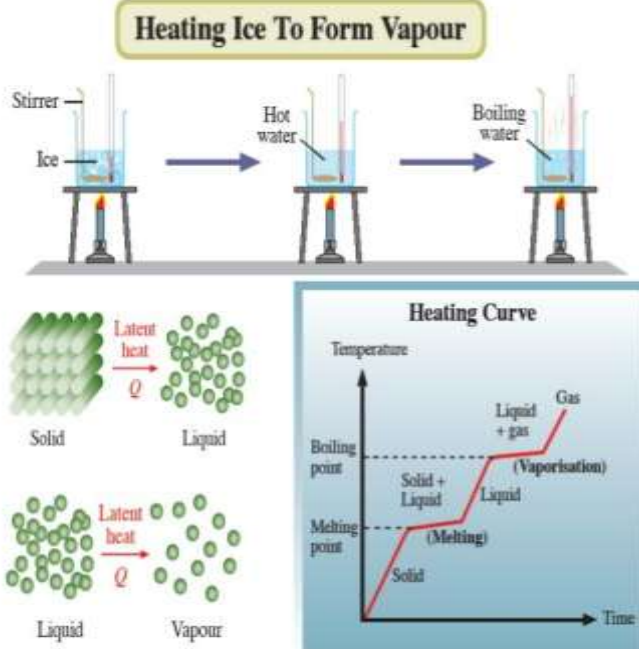
सांगतो. पूर्ण बर्फ विरघळला की सांगतो. जरा धीर धर.

बाबा, सगळा बर्फ विरघळला. पण तापमान अजूनही 0°Cच आहे. आता सांगा ना मला एवढी सगळी उष्णता कुठे जातीये?

संजू, बर्फाचे तापमान होते 0°C. याच तापमानाला सर्व बर्फाचे पाण्यात अवस्थांतर झाले. हा बदल होत असताना बर्फ उष्णतेचे शोषण करत होता परंतु त्याच्या तापमानामध्ये वाढ होत नव्हती. बर्फाने शोषलेल्या उष्णतेमुळे रेणूंची गतिज ऊर्जा वाढते. रेणूतील आंतररेण्वीय बल कमी होते. त्यामुळे रेणू एकमेकांपासून थोडे लांब जातात आणि बर्फाचे रूपांतर पाण्यात होते.

कळलं बाबा! म्हणजे बर्फ शोषलेल्या उष्णतेचा उपयोग करून त्यातील रेणूंचे बंध तोडतो. त्यामुळे ही उष्णता तापमान वाढ दर्शवत नाही.

संजू, म्हणूनच या उष्णतेला अप्रकट उष्मा (Latent heat) म्हणतात. इथे स्थायू पदार्थ वितळतो म्हणून या उष्णतेला वितळणाचा अप्रकट उष्मा (Latent heat of fusion) म्हणतात. आणि शून्य अंश सेल्सिअस या स्थिर तापमानाला बर्फाचा द्रवणांक किंवा विलयबिंदू (Melting point) म्हणतात.



ज्या स्थिर तापमानाला स्थायू पदार्थाचे द्रव स्थितीत रूपांतर होते त्या तापमानाला त्या पदार्थाचा द्रवणांक म्हणतात. आणि एकक वस्तुमानाच्या स्थायू पदार्थाचे द्रवात पूर्णपणे रूपांतर होताना जी उष्णता शोषली जाते त्या उष्णतेला वितळणाचा अप्रकट उष्मा असे म्हणतात.

बाबा, ओले कपडे वाळतात म्हणजेच त्या कपड्यातील पाण्याचे वाफेत रूपांतर होते ना!

बरोबर! परंतु जेव्हा एखाद्या द्रवाचे त्याच्या उत्कलनबिंदूपेक्षा कमी, अशा कोणत्याही तापमानाला वाफेत म्हणजे वायूत रूपांतर होते तेव्हा त्या क्रियेला बाष्पीभवन (Evaporation) असे म्हणतात. या क्रियेत द्रवाच्या पृष्ठभागावरील रेणूंना द्रवाच्या आतील रेणू खाली ओढत असतात. पण पृष्ठभागावरील ज्या रेणूंमध्ये गतिज ऊर्जा जास्त असते ते बाहेरच्या उष्णतेमुळे त्यांना खाली खेचणाऱ्या बलावर मात करून



वायूअवस्थेत जातात. त्यामुळे बाष्पीभवन क्रिया द्रवाच्या पृष्ठभागावर होते. तसेच ती कोणत्याही तापमानाला होऊ शकते.

बाबा, पावसाळ्यापेक्षा उन्हाळ्यात कपडे लवकर वाळतात कारण हवेचे तापमान जास्त असते म्हणून का? अगदी बरोबर संजू. तापमान वाढलं की बाष्पीभवनाचा वेग वाढतो. पण संजू कपडे वाळत घालताना ते नेहमी पसरून कां टाकतो रे?

कपडे पसरून टाकले की आपोआपच पृष्ठभाग वाढतो. पृष्ठभाग वाढला की बाष्पीभवनाचा वेग वाढतो. बरोबर संजू. आपल्या प्रयोगाकडे लक्ष आहे ना?

हो बाबा. भांड्याच्या तळातून बुडबुडे येत आहेत आणि ते वर येउन फुटत आहेत. पाणी उकळायला लागलंय. तापमान 100°C झालेल आहे आणि पाणी उकळत असून पाण्याचे रूपांतर वाफेत होताना दिसत आहे. मात्र तापमानात वाढ होताना दिसत नाही. इथेही संपूर्ण पाण्याचे रूपांतर वाफेत होईपर्यंत तापमान 100°C राहणार ना!

संजू, तूच विचार कर, निरीक्षण कर आणि सांग मला.

बाबा, पूर्ण पाण्याचे वाफेत रूपांतर होईपर्यंत तापमान 100°Cच राहिले. तापमानामध्ये वाढ झाली नाही. म्हणजे इथेही पाण्याने शोषलेलेली उष्णता ही रेणूतील आंतररेण्वीय बल कमी करण्यासाठी वापरली गेली. त्यामुळे रेणूंची गतीज ऊर्जा वाढली आणि पाण्याचे रूपांतर वाफेत झाले असंच ना!

येस माय बाँय! 100°C या स्थिर तापमानाला पाण्याला उकळी येऊन पाण्याचे रूपांतर वाफेत झाले म्हणून या तापमानाला पाण्याचा **उत्कलनांक (Boiling point)** म्हणतात . तसेच जी उष्णता शोषली गेली त्या उष्णतेला **बाष्पनाचा अप्रकट उष्मा (Latent heat of vaporization)** म्हणतात. आणखीन एक गोष्ट लक्षात ठेव. **कोणत्याही द्रव्याचा द्रवणांक किंवा उत्कलनांक हा त्या त्या द्रव्याचा विशेष गुणधर्म असतो.**

नक्की बाबा. म्हणजे ज्या स्थिर तापमानाला द्रव पदार्थाचे वायूस्थितीत रूपांतर होते त्या तापमानाला त्या पदार्थाचा उत्कलनांक असे म्हणतात. आणि एकक वस्तुमानाच्या द्रव पदार्थाचे वायूमध्ये पूर्णपणे रूपांतर होत असताना जी उष्णता शोषली जाते त्या उष्णतेला बाष्पनाचा अप्रकट उष्मा असे म्हणतात.

बाबा, पण एक शंका आहे. जेव्हा आरती करताना कापूर जाळतात तेव्हा त्याचे एकदम वायूत रूपांतर होते. कापुराला उष्णता दिली की खरं म्हणजे त्याचे द्रवात रूपांतर व्हायला पाहिजे आणि मग वायूत रूपांतर व्हायला पाहिजे. पण असं न होता एकदम वायूत होत. कां बरं? या क्रियेला काय म्हणतात?

या क्रियेत स्थायू पदार्थातील रेणू इतकी उर्जा शोषून घेतात की आंतररेण्वीय बल अगदी कमी होते, गतिज ऊर्जा वाढते त्यामुळे स्थायूचे रूपांतर एकदम वायूत होते. तसेच याचा बाष्प दाब हा वातावरणीय दाबापेक्षा जास्त असतो त्यामुळे स्थायूचे रूपांतर एकदम वायूत होते. या क्रियेला **संप्लवन (Sublimation)** म्हणतात. कपड्यांमध्ये ठेवतो त्या डांबराच्या गोळ्या पण संप्लवनशील असतात.

म्हणजे बाबा, जे पदार्थ स्थायूतून एकदम वायू रूपात जातात त्यांना **संप्लवनशील पदार्थ** म्हणतात व त्या **गुणधर्माला संप्लवन** म्हणतात.

येस! तसेच आयोडीन, अमोनियम क्लोराईड (नवसागर) हे पदार्थही संप्लवनशील पदार्थ आहेत.

मग बाबा जसे स्थायूचे रूपांतर एकदम वायूत होते तसेच वायूचे रूपांतर एकदम स्थायूत होते कां? हो. वायूचे रूपांतर एकदम स्थायूत होते. त्याला **निक्षेपण (Deposition)** असे म्हणतात. समजा आयोडीनला उष्णता दिली की त्याची वाफ होते. ती वाफ थंड झाल्यावर आयोडीनचे स्फटिक मिळतात.



बाबा, आणखीन एक, गरम पदार्थावर ताट झाकून ठेवले की थोड्यावेळानी ताटाच्या आतल्या बाजूला पाणी जमा झालेले दिसते. असं कां होतं?

गरम पदार्थातून वाफ बाहेर येत असते. तिचा संपर्क ताटाच्या थंड पृष्ठभागाशी येतो. त्यामुळे जवळजवळ सर्व वाफेचे रूपांतर पाण्यात होते याला **संघनन (Condensation)** असे म्हणतात. ही क्रिया कोणत्याही तापमानाला घडू शकते. फक्त गरम वाफेचा संबंध थंड पृष्ठभागाशी येणे आवश्यक असते.

अच्छा! म्हणून ग्लासात बर्फ घेतला की, ग्लासाच्या बाहेरच्या पृष्ठभागावर पाणी जमा झालेले दिसते. इथे हवेतील बाष्पाचा संपर्क थंड ग्लासच्या पृष्ठभागाशी येतो म्हणून वायूचे रूपांतर द्रवात होते असंच ना? करेक्ट! इथे वायूतील उष्मा काढून घेतला जातो त्यामुळे रेणूंची गतिज ऊर्जा कमी होते. रेणू एकमेकांच्या जवळ येतात. त्यातील आंतररेणवीय बल वाढते त्यामुळे वायूचे रूपांतर द्रवात होते.

म्हणजे बाबा, द्रवाचे स्थायूत रूपांतर होताना सुद्धा त्यातील उष्मा काढून घेतला जातो. त्यामुळे रेणूंची गतिज ऊर्जा कमी होते. ते एकमेकांजवळ येतात. त्यांच्यातील आंतररेणवीय बल वाढते आणि द्रवाचे रूपांतर स्थायूत होते. करेक्ट बाबा?

येस! द्रवाचे रूपांतर स्थायूत होणे याला **गोठण क्रिया (Freezing)** म्हणतात. ज्या स्थिर तापमानाला ही क्रिया होते, त्या तापमानाला त्या पदार्थाचा **गोठणबिंदू किंवा गोठणांक (Freezing point)** असे म्हणतात.

0°C तापमानाला पाण्याचे रूपांतर बर्फात होते म्हणून पाण्याचा गोठणांक 0°C आहे.

म्हणजे बाबा, पाण्याचा द्रवणांक आणि गोठणांक एकच आहे तो म्हणजे 0°C.

बरोबर! जे स्थायू पदार्थ स्फटिक रूपात आढळतात त्यांचे द्रवणांक व गोठणांक एकच असतात. परंतु जे स्थायू पदार्थ अस्फटिकी असतात त्यांचा द्रवणांक व गोठणांक वेगवेगळा असू शकतो.

काही पदार्थांच्या द्रवणांकाचा व गोठणांकाचा एक तक्ताच तयार करून ठेवतो.

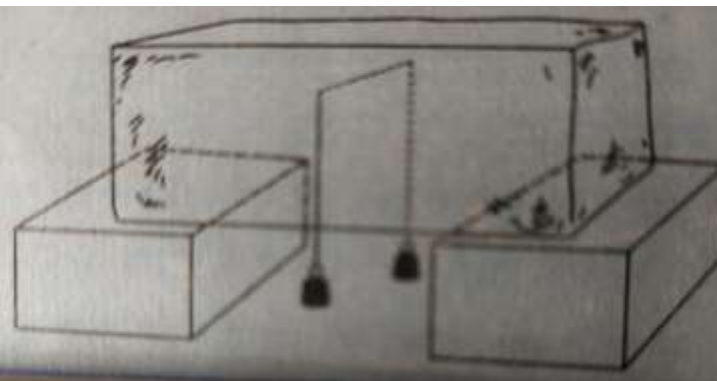
गुड बॉय! आता मी तुला अगदी थोडक्यात दाबाचा द्रवणांक व उत्कलनांकावर काय परिणाम होतो ते सांगतो. एक बर्फाचा तुकडा घेऊन ये आणि तार घेऊन ये.. बर्फावर तार ठेव आणि तारेच्या शेवटच्या दोन्ही टोकांवर वजने लाव. आता निरीक्षण कर.

बाबा, हळूहळू ती तार त्या बर्फात जात आहे..

हे कशामुळे झाले कळल कां तुला?

नाही कळलं बाबा.

तू दोन्ही बाजूनी तारेवर बल लावले आहेस. त्यामुळे बर्फाचा द्रवणांक 0°C पेक्षा कमी झाला. म्हणून तिथला बर्फ वितळला आणि ती तार बर्फात गेली. आता वरच्या पृष्ठभागावर दाब राहिला नाही त्यामुळे त्या पाण्याचे पुन्हा बर्फ झाले. यालाच पुनर्घटन (**Regelation**) म्हणतात.





पुनर्घटन



बाबा, या पुनर्घटनाच एखादे उदाहरण सांगा ना.

दूरदर्शनवर, मोठे मोठे ग्लेशियर्स वाहत जात असताना आपण पाहतो. त्यामागचं हेच कारण आहे.

ग्लेशियरच्या तळाशी असलेल्या बर्फावर वरील ग्लेशियरचा दाब पडतो त्यामुळे तळाशी असलेला बर्फ वितळतो. त्यामुळे ते ग्लेशियर पुढे सरकतात. ते पुढे सरकले की पाण्यावरचा दाब निघून जातो आणि त्या पाण्याचे रुपांतर पुन्हा बर्फात होते.

ओ अस आहे कां! आता दाबाचा उत्कलनांकावर काय परिणाम होतो ते सांगा ना.

याचे उदाहरण तर रोज तू घरी बघतोस. रोज घरी बघतो? कुठे?

प्रेशर कुकर! प्रेशर कुकरमध्ये पाण्यावरील दाब वाढवून त्याचा उत्कलनबिंदू वाढवला जातो. त्यामुळे अन्न योग्य प्रकारे आणि लवकर शिजते.

ओ! कसलं भारी आहे ना! मस्तपैकी कळलं मला सगळं. या अवस्थांतराचा पण एक तक्ता करतो.

गुड! आता आपण उद्या द्रव्याच्या रासायनिक घटनेवर आधारित द्रव्याचे वर्गीकरण पाहू.

नक्की बाबा!

(लेखातील सर्व चित्रे गुगलच्या सौजन्याने.)