5. उष्णता

स्वाध्याय

1. खालील रिकाम्या जागी योग्य शब्द लिहून वाक्य पुन्हा लिहा.

अ. हवेतील पाण्याचे प्रमाण ज्या राशीच्या साहाय्याने मोजले जाते तिला .... म्हणतात.

उत्तर :

हवेतील पाण्याचे प्रमाण ज्या राशीच्या साहाय्याने मोजले जाते तिला निरपेक्ष आर्द्रता म्हणतात.

आ. समान वस्तुमान असलेल्या वेगवेगळ्या पदार्थास समान उष्णता दिली असता त्यांचे वाढणारे तापमान त्यांच्या .... गुणधर्मामुळे समान नसते.

उत्तर :

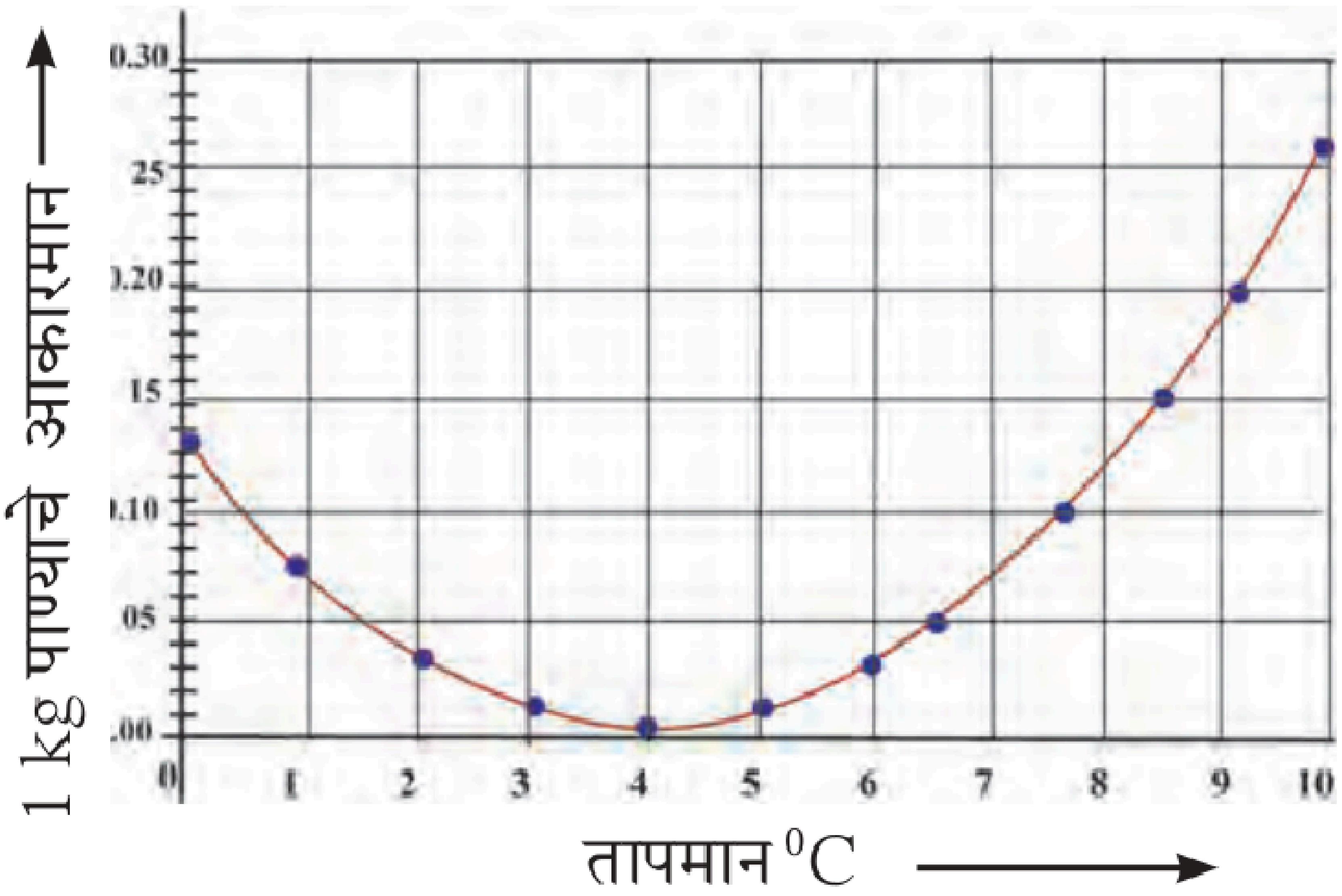
समान वस्तुमान असलेल्या वेगवेगळ्या पदार्थास समान उष्णता दिली असता त्यांचे वाढणारे तापमान त्यांच्या विशिष्ट उष्मा धारकता गुणधर्मामुळे समान नसते.

इ. पदार्थाचे द्रवातून स्थायूत रूपांतर होत असताना पदार्थातील अप्रकट उष्मा ....

उत्तर :

पदार्थाचे द्रवातून स्थायूत रूपांतर होत असताना पदार्थातील अप्रकट उष्मा बाहेर पडतो.

2. खालील आलेखाचे निरीक्षण करा. पाण्याचे तापमान 0°Cपासून वाढवत नेल्यास त्याच्या आकारमानात होणारा बदल विचारात घेऊन पाणी व इतर पदार्थ यांच्या आचरणात नक्की काय फरक आहे ते स्पष्ट करा. पाण्याच्या या प्रकारच्या आचरणास काय म्हणतात ?



उत्तर :

आलेखाच्या निरीक्षणावरून असे दिसून येते की,

पाण्याला 0°C पासून उष्णता देण्यास सुरुवात केल्यास त्याचे आकारमान कमी कमी होऊ लागते. आकारमान कमी होण्याची क्रिया 4°C पर्यंत चालते. त्यानंतर आकारमान वाढत जाते. याचा अर्थ असा होतो की पाण्याची घनता 4°C तापमानाला लघुत्तम असते.

इतर पदार्थांच्या बाबतीत या उलट अनुभव येतो. एखाद्या पदार्थास तापविल्यास त्याचे आकारमान वाढत जाते. येथे मात्र पाण्याचे आकारमान 4°C पर्यंत कमी होते. त्यानंतर ते वाढते. अर्थात पाणी सर्वसामान्य नियमाविरुद्ध वागते याला पाण्याचे असंगत आचरण म्हणता. पाणी 0 ते 4°C पर्यंत असंगत वागते.

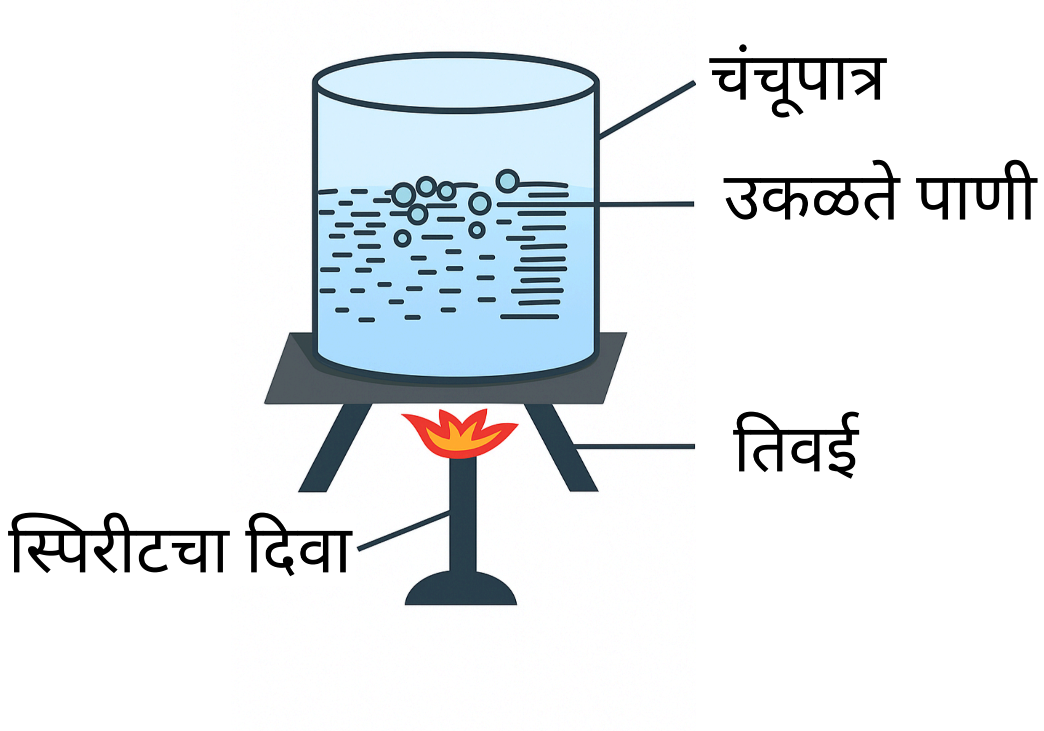
3. विशिष्ट उष्माधारकता म्हणजे काय ? प्रत्येक पदार्थाची विशिष्ट उष्माधारकता वेगवेगळी असते हे प्रयोगाच्या साहाय्याने कसे सिद्ध कराल ?

उत्तर :

एक एकक वस्तुमानाच्या पदार्थाचे तापमान 1°C ने वाढविण्यासाठी लागणारी उष्मा म्हणजे त्या पदार्थाची विशिष्ट उष्माधारकता होय.

ही उष्माधारकता प्रत्येक पदार्थाची वेगवेगळी असते हे सिद्ध करण्यासाठी खालील प्रयोग करू या.

साहित्य - मेणाचा जाड थर असलेला ट्रे, लोखंड, तांबे व शिशे यांचे समान वस्तुमानाचे भरीव गोल, स्पिरीटचा दिवा, मोठे चंचूपात्र इत्यादी.



कृती - i) समान वस्तुमानाचे लोखंड, तांबे व शिशे यांचे गोळे उकळत्या पाण्यात काही वेळपर्यंत ठेवा.

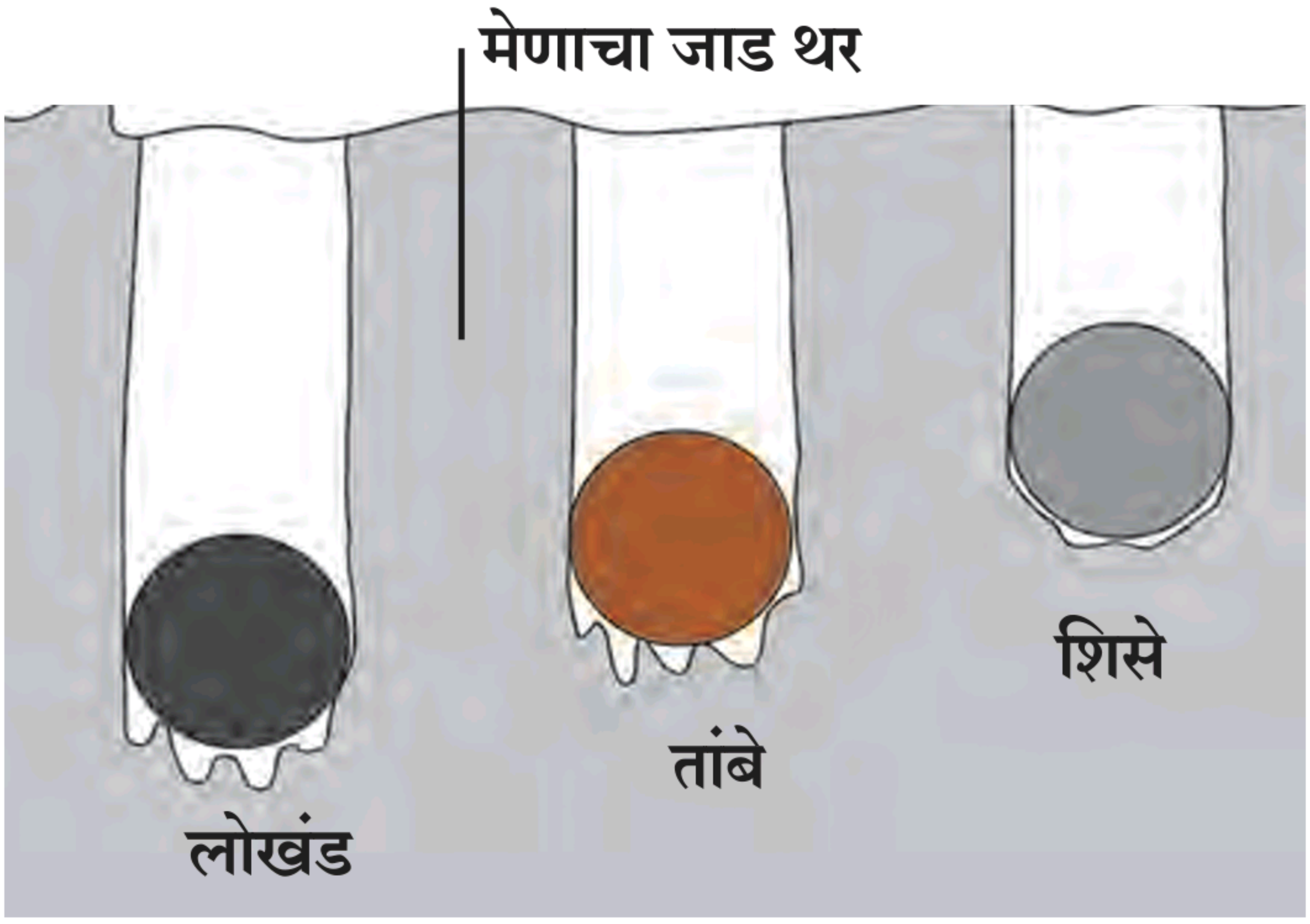
ii) त्यानंतर हे तीनही गोल पाण्यातून बाहेर काढा व ताबडतोब मेणाच्या ट्रे मध्ये सावकाश ठेवा.

iii) निरीक्षण करा - मेण वितळतांना दिसेल व गोळे मेणात खोल खोल जाताना दिसतात.

iv) थोड्या वेळानंतर कोणता गोळा मेणात किती खोल गेलाय ते पहा.

लोखंडाचा गोळा सर्वात खोलपर्यंत गेलेला दिसतो तर शिशाचा गोळा मेणामध्ये सर्वात कमी खोल जातो.

या निरीक्षणावरून आपण असे म्हणू शकतो की लोखंडाची विशिष्ट उष्माधारकता सर्वात जास्त आहे व शिशाची सर्वात कमी आहे.



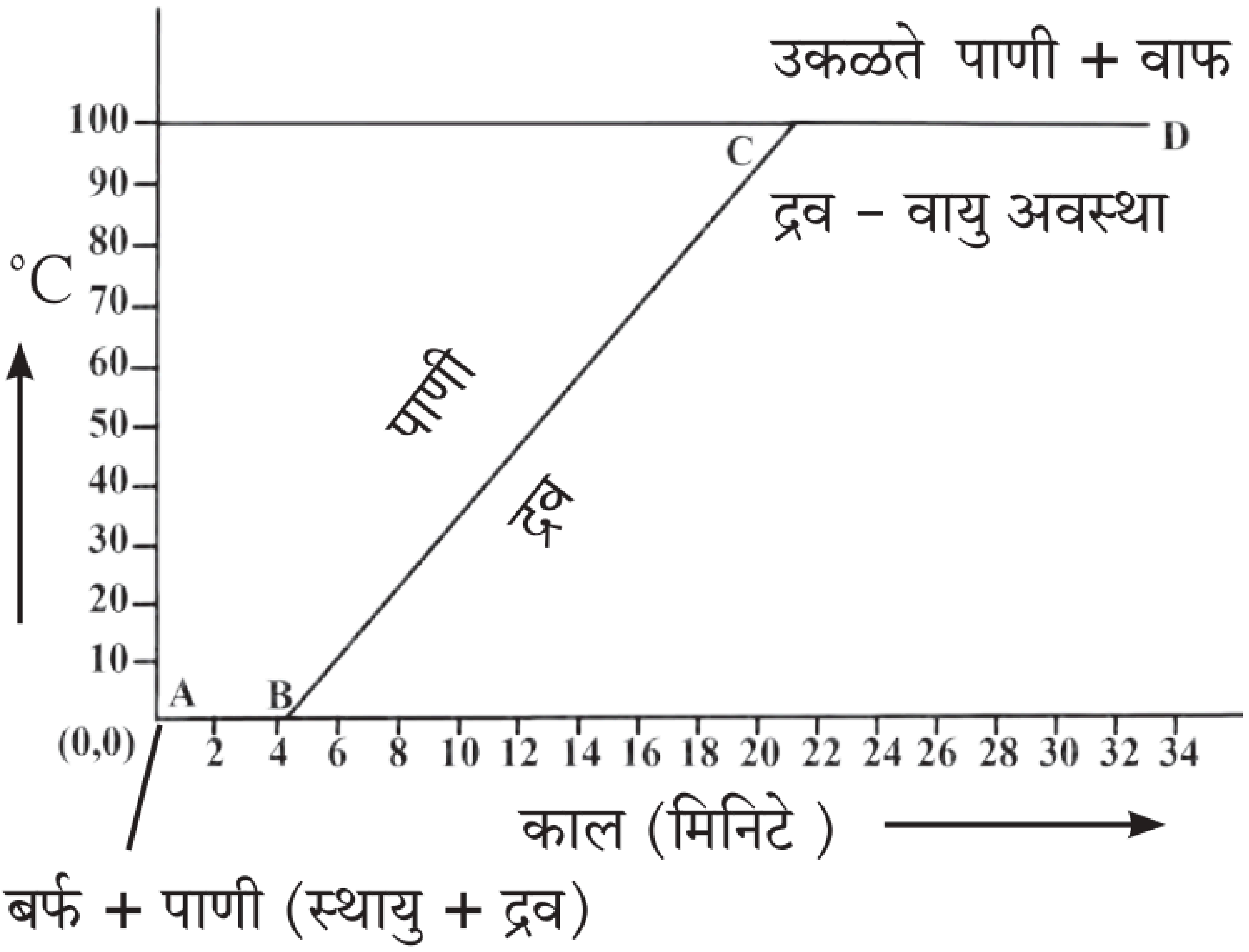
कारण - लोखंडामुळे मेण जास्त वितळते म्हणजे लेखंडाने मेणाला जास्त उष्मा पुरविली असावी म्हणजेच लोखंडाने पाण्याकडून जास्त उष्मा ग्रहण केली असावी. तसेच शिशाच्या बाबतीत हे विधान करता येईल.
अर्थात समान तापमानात वाढ होऊनही ग्रहण केलेला उष्मा वेगवेगळा असू शकतात म्हणजे विशिष्ट उष्माधारकता वेगवेगळी असू शकते.

4. उष्णतेचे एकक ठरवताना कोणता तापमानखंड निवडतात ? का ?

उत्तर :

एकक ठरवताना 14.5 °C ते 15.5 °C हा विशिष्ट तापमानखंड निवडतात. याचे कारण असे की, 1 kg पाण्याचे तापमान या तापमानखंडापेक्षा वेगळ्या तापमानखंडात 1 °C ने वाढवण्यासाठी लागणारी उष्णता थोडी भिन्न असते.

5. खालील तापमानकाल आलेख स्पष्ट करा.



उत्तर :

0°C तापमानावरील बर्फाचे 1000°C तापमानावरील वाफेत रूपांतर होताना तापमानात कसकसा बदल होत जातो हे या आलेखात दाखविले आहे.

i) आलेखाचा AB रेखाखंड - 0°C तापमानावरील बर्फाचे पांण्यात रूपांतर होण्यासाठी 4 मिनिट वेळ लागतो. बर्फ वितळेपर्यंत तापमान 0°C असते. येथे ग्रहण केलेली उष्णता स्थायूचे द्रवात रूपांतर करण्यासाठी वापरली जाते. अर्थात हे स्थिर तापमान बर्फाचा द्रवणांक दर्शविते.

ii) आलेखाचा BC रेषा खंड - या 20 - 4 = 16 मिनिटाच्या कालावधीत पाण्याचे तापमान 0°C पासून 100°C पर्यंत वाढते. ग्रहण केलेली उष्णता तापमान वाढीसाठी वापरली जाते.

iii) आलेखाचा CD रेषा खंड - या अवधित तापमान 100°C स्थिर आहे व पाण्याचे वाफेत रूपांतर होते. शोषण केलेली ऊर्जा पाण्याचे वाफेत रूपांतर करण्यासाठी उपयोगात येते. या तापमानावर पाणी उसळते. 100°C पाण्याचा उत्कलन बिंदू आहे.

6. स्पष्टीकरण लिहा.

अ. थंड प्रदेशात जलीय वनस्पती व जलचर यांना जिवंत ठेवण्यात पाण्याच्या असंगत आचरणाची भूमिका स्पष्ट करा.

उत्तर :

पाण्याच्या असंगत आचरणामुळे पाण्याची घनता 4 °C ला उच्चतम असते. थंड प्रदेशातील तलावांमध्ये जेव्हा पाण्याचे तापमान कमी होऊ लागते, त्या वेळी 4 °C तापमानाचे पाणी तळाशी राहते आणि त्याहून कमी तापमानाचे पाणी व ते गोठून बनलेले बर्फ पृष्ठभागावर राहते. पाणी व बर्फ हे उष्णतेचे दुर्वाहक असल्याने तळाशी असलेल्या पाण्यावर बाहेरच्या थंडीचा फारसा परिणाम होत नाही व त्यामुळे त्या पाण्यामध्ये तलावातील जलीय वनस्पती व जलचर सुरक्षित राहतात.

आ. शीतपेयाची बाटली फ्रीजमधून काढून ठेवल्यास बाटलीच्या बाह्य पृष्ठभागावर पाण्याचे थेंब जमा झालेले दिसतात. याचे स्पष्टीकरण दवबिंदूच्या साहाय्याने करा.

उत्तर :

ठरावीक तापमानास हवेच्या ठरावीक आकारमानात एका कमाल मर्यादेपर्यंत बाष्प (पाण्याची वाफ) सामावले जाऊ शकते. तापमान कमी झाल्यास हवेची बाष्प धारण करण्याची क्षमता कमी होते.

शीतपेयाची बाटली फ्रीजमधून काढून ठेवल्यास तिचे तापमान कक्ष तापमानापेक्षा (Room temperature) बरेच कमी असल्याने बाटलीच्या भोवतीच्या हवेचे तापमान कमी होते. परिणामी त्या हवेची बाष्प धारण करण्याची क्षमता कमी होते. त्यामुळे त्या हवेतील अतिरिक्त बाष्पाचे संघनन होऊन बाटलीच्या बाह्य पृष्ठभागावर दवबिंदूसारखे पाण्याचे थेंब जमा झालेले दिसतात.

इ. पाण्याच्या असंगत आचरणामुळे खडक फुटून त्यांचे तुकडे होतात हे वाक्य स्पष्ट करा.

उत्तर :

थंड प्रदेशात थंडीच्या दिवसांत वातावरणाचे तापमान बऱ्याच वेळा 0°C च्या खालीही जाऊ शकते. सामान्यतः खडकांच्या भेगांमध्ये पाणी असते. पाण्याच्या असंगत आचरणामुळे पाण्याचे तापमान 4°C च्या खाली गेल्यास पाणी प्रसरण पावते व कालांतराने त्याचे बर्फ बनले तरी त्याचेही आकारमान अधिक होते. अशा वेळी खडकांच्या भेगांमधील पाण्याने निर्माण केलेल्या दाबामुळे खडक फुटून त्यांचे तुकडे होतात.

7. खालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.

अ. अप्रकट उष्मा म्हणजे काय ? पदार्थातील अप्रकट उष्मा पदार्थातून बाहेर टाकल्या गेल्यास पदार्थाच्या अवस्था कशा बदलतील ?

उत्तर :

पदार्थाची अवस्था बदलताच त्याचे तापमान कायम असते पण एकतर उष्णता बाहेर टाकली जाते किंवा शोषली जाते ह्या उष्णतेला अप्रकट उष्मा म्हणतात. अप्रकट उष्मा बाहेर टाकली जात असेल तर वायू → द्रव → स्थायू अशा अवस्था बदल होतो.

आ. पदार्थाच्या विशिष्ट उष्माधारकतेच्या मापनासाठी कोणत्या तत्त्वाचा वापर करतात ?

उत्तर :

पदार्थाच्या विशिष्ट उष्माघारकतेच्या मापनासाठी उष्णता विनिमयाच्या तत्त्वाचा उपयोग करतात. हे तत्त्व असे आहे :

उष्णता विनिमयाचे तत्व : दोन वस्तूंची प्रणाली (System) वातावरणापासून वेगळी केल्यास, म्हणजे उष्णतारोधक पेटीत ठेवल्यास, पेटीत बाहेरून उष्णता आत येणार नाही किंवा पेटीतून उष्णता बाहेरही जाणार नाही: अशा स्थितीत, उष्ण वस्तूने गमावलेली उष्णता = थंड वस्तूने ग्रहण केलेली उष्णता. कालांतराने दोन्ही वस्तूंचे तापमान समान होते.

इ. पदार्थाच्या अवस्था बदलातील अप्रकट उष्म्याची भूमिका स्पष्ट करा.

उत्तर :

i) स्थायू पदार्थास उष्णता दिल्यास सुरुवातीस त्याचे तापमान वाढते. या वेळी पदार्थाने शोषलेली उष्णता पदार्थाच्या कणांची (अणू, रेणू इत्यादी) गतिज ऊर्जा वाढवण्यात, तसेच त्या कणांमधील आकर्षण बलांविरुद्ध कार्य करण्यात म्हणजेच अणू / रेणूंमधील बंध कमकुवत करण्यासाठी वापरली जाते. उष्णता देणे सुरू ठेवल्यास ठरावीक तापमानाला (द्रवणांक) स्थायू पदार्थाचे द्रवात रूपांतर होऊ लागते. या वेळी तापमान स्थिर राहते व पदार्थाने शोषलेली उष्णता पदार्थातील कणांमधील बंध तोडण्यासाठी व अवस्थांतरासाठी वापरली जाते. या उष्णतेस वितळणाचा अप्रकट उष्मा म्हणतात.

ii) द्रवाचे द्रवाच्या उत्कलनांकावर वायूमध्ये रूपांतर होतानाही उष्णता शोषली जाते, पण तापमान बदलत नाही. या उष्णतेस बाष्पनाचा अप्रकट उष्मा म्हणतात. या वेळी शोषलेल्या उष्णतेचा वापर द्रवाच्या कणांमधील बंध कमकुवत करण्यासाठी अवस्थांतरासाठी होतो.

iii) काही पदार्थाच्या बाबतीत ठरावीक भौतिक स्थिती असताना स्थायूचे बाष्पात रूपांतर होऊ शकते. या वेळीही उष्णता शोषली जाते, पण तापमान स्थिर राहते. या उष्णतेस संप्लवनाचा अप्रकट उष्मा म्हणतात.

iv) अप्रकट उष्मा म्हणजे पदार्थाचे स्थिर तापमानास अवस्थांतर होत असताना पदार्थाचे शोषून घेतलेली अथवा बाहेर टाकलेली उष्णता होय. द्रवाचे स्थायूत रूपांतर होताना, बाष्पाचे द्रवात रूपांतर होताना, तसेच बाष्पाचे स्थायूत रूपांतर होताना हा अप्रकट उष्मा पदार्थाकडून बाहेर टाकला जातो.

ई. हवा संपृक्त आहे की असंपृक्त आहे हे कशाच्या आधारे व कसे ठरवाल ?

उत्तर :

जर हवा संपृक्त असेल तर वातावरणात जागोजागी दवबिंदू दिसतात. हवा संपृक्त असण्याची ही एक मोठी खूण आहे.

तसेच हवा पाण्याच्या वाफेने संपृक्त आहे की नाही हे ठरविण्यासाठी सापेक्ष आर्द्रता ठरवितात. सापेक्ष आर्द्रता 60% पेक्षा जास्त असल्यास हवा संपृक्त नाही पण दमट आहे, तर 60% पेक्षा कमी असेल तर हवा कोरडी आहे असे समजतात. तसेच सापेक्ष आर्द्रता 100 म्हणजे हवा संपृक्त असे समजतात.

8. खालील उताऱ्याचे वाचन करा व विचारलेल्या प्रश्नांची उत्तरे लिहा.

उष्ण व थंड वस्तूंमध्ये उष्णतेची देवाणघेवाण झाल्यास उष्ण वस्तूचे तापमान कमी होत जाते व थंड वस्तूचे तापमान वाढत जाते. जोपर्यंत दोन्ही वस्तूंचे तापमान सारखे होत नाही. तोपर्यंत तापमानातील हा बदल होत राहतो. या क्रियेत गरम वस्तु उष्णता गमावते तर थंड वस्तू उष्णता ग्रहण करते. दोन्ही वस्तू फक्त एकमेकांमध्ये ऊर्जेची देवाणघेवाण करू शकतात अशा स्थितीत असल्यास म्हणजेच जर दोनही वस्तूंची (System) प्रणाली वातावरणापासून वेगळी केल्यास प्रणाली मधून उष्णता आतही येणार नाही किंवा बाहेरही जाणार नाही अशा स्थितीत आपणांस खालील तत्त्व मिळते.
उष्ण वस्तूने गामावलेली उष्णता = थंड वस्तूने ग्रहण केलेली उष्णता.
या तत्त्वास उष्णता विनिमयाचे तत्त्व म्हणतात.

अ. उष्णता स्थानांतरण कोठून कोठे होते ?
उत्तर :
उष्णतेचे स्थानांतरण उष्ण पदार्थाकडून थंड पदार्थकडे होते.

आ. अशा स्थितीत आपणास उष्णतेच्या कोणत्या तत्त्वाचा बोध होतो ?
उत्तर :
अशा स्थितीत उष्णता विनियमाच्या तत्त्वाच्या बोध होतो.

इ. हे तत्त्व थोडक्यात कसे सांगता येईल ?
उत्तर :
दोन वस्तुच्या प्रणालीमधून उष्णता आत जाणार नाही व बाहेरही येणार नाही अशा स्थितीत उष्ण वस्तूने गमावलेली उष्णता = थंड वस्तूने ग्रहण केलेली उष्णता.

ई. या तत्त्वाला उपयोग पदार्थाच्या कोणत्या गुणधर्माच्या मापनासाठी केला जातो ?
उत्तर :
पदार्थाची विशिष्ट उष्मा ग्राहकता हा गुणधर्म मोजण्यासाठी तत्वाचा उपयोग केला जातो.

9. उदाहरणे सोडवा.

अ. 1g वस्तुमानाचे दोन पदार्थ 'अ' आणि 'ब' यांना एकसारखी उष्णता दिल्यावर 'अ' चे तापमान 3°C तर 'ब' चे तापमान 5°C ने वाढवले यावरून 'अ' व 'ब' पैकी कोणाची विशिष्ट उष्माधारकता जास्त आहे ? किती पटीने ?

उत्तर :

पदार्थ 'अ' साठी, 'अ' ने शोषलेली उष्णता

$H_1 = mct$

$= 1 \times C_1 \times 3 \quad \therefore H_1 = 3C_1$

पदार्थ 'ब' साठी, 'ब' ने शोषलेली उष्णता

$H_2 = mct$

$= 1 \times C_2 \times 5 \quad \therefore H_2 = 5C_2$

पण $H_1 = H_2$

$\therefore \quad 3C_1 = 5C_2 \qquad \therefore \frac{C_1}{C_2} = \frac{5}{3}$

$\therefore$ 'अ' ची उष्माग्राहकता जास्त आहे. 'अ' ची उष्माग्राहकता ब पेक्षा $\frac{5}{3}$ ने जास्त आहे.

आ. बर्फ बनविण्याच्या कारखान्यात पाण्याचे तापमान कमी करून बर्फ बनविण्यासाठी द्रवरूप अमोनियाचा वापर करतात. जर 20°C तापमानाचे पाणी 0°Cतापमानाच्या 2kg बर्फात रूपांतरित करायचे असेल तर किती ग्रॅम अमोनियाच्या बाष्पन करावे लागेल ?
(द्रवरूप अमोनियाच्या बाष्पनाचा अप्रकट उष्मा = 341 cal/g)

उत्तर :

पाण्याचे वस्तुमान बर्फाचे वस्तुमान = 2kg = 2000g

20°C तापमानाच्या पाण्याचे तापमानवरील बर्फात रूपांतर करण्यासाठी बाहेर पडलेली उष्णता $H_1 = Q_1 + Q_2$

यात Q_1 = पाण्याचे तापमान 20°C ते 0°C पर्यंत कमी करण्यात बाहेर पडलेली उष्मा
= mct
= 2000 x 1 x (20 – 0) = 40000cal

Q_2 = 0°C तापमानावर पाण्याचे बर्फात रूपांतर करण्यासाठी
= mL
= 2000 x 80 = 160000cal

∴ एकूण उष्णता H = $Q_1 + Q_2$

= 40000 + 160000 = 200000cal

200000cal उष्णता पाण्याने बाहेर सोडली ही उष्णता अमोनिया शोषून घेतो.
अमोनियाने शोषलेली उष्णता = mL
200000 = m x 341

∴ $m = \frac{200000}{341} = 586.5g$ 586.5g अमोनिया लागेल

इ. एका उष्णतारोधक भांड्यामध्ये 150g वस्तुमानाचा 0°C तापमानाचा बर्फ ठेवला आहे. 100°C तापमानाची किती पाण्याची वाफ त्यात मिसळावी म्हणजे 50°C तापमानाचे पाणी तयार होईल ? (बर्फ वितळण्याचा अप्रकट उष्मा = 80cal/g, पाण्याच्या बाष्पनाचा अप्रकट उष्मा = 540Cal/g, पाण्याची विशिष्ट उष्माधारकता = 1Cal/g)

उत्तर :

150g बर्फाचे 50°C तापमानाच्या पाण्यात रूपांतर करण्यासाठी लागलेली उष्मा = $Q_1 + Q_2$ येथे Q_1 = 0°C तापमानावरील बर्फाचे त्याच तापमानावरील पाण्यातरूपांतरासाठी उष्मा.

= mL

= 150 x 80

Q_1 = 12000cal

तसेच = 150g पाण्याचे तापमान 50°C पर्यंत वाढविण्यासाठी लागलेली उष्मा

= mct

= 150 x 50

= 7500cal

एकूण उष्मा = $Q_1 + Q_2$

= 1200 + 7500

H_1 = 19500cal

आता बर्फातून पाठविलेली वाफ उष्णता देईल त्यामुळे बर्फ वितळेल व त्याचे तापमान 50°C पर्यंत वाढेल. त्यासाठी वाफेने दिलेली उष्णता

उष्णता $Q_3 + Q_4$

येथे Q_3 = वाफेने पाण्यात रूपांतर होताना दिलेली उष्णता

= mL = 540

तसेच Q_4 वाफेच्या पाण्याने दिलेली उष्णता

=mct

= m x 1 x (100 – 50)

= m x 50 = 50m

एकूण उष्णता = 540m + 50m

H_2 = 590m

पण $H_1 = H_2$

म्हणजेच $Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$

19500cal = 590m

$\therefore \quad m = \frac{19500}{590}$

= 33g

ई. एका कॅलरीमापीचे वस्तुमान 100g असून, विशिष्ट उष्माधारकता 0.1 kcal/kg°C आहे. त्यामध्ये 250g वस्तुमानाचा, 0.4 kcal/kg°C विशिष्ट उष्माधारकतेचा व 30°C तापमानचा द्रव पदार्थ आहे. त्यामध्ये जर 10g वस्तुमानाचा, 0°C तापमानाचा बर्फाचा खडा, टाकला तर मिश्रणाचे तापमान किती होईल ?

उत्तर :

येथे कॅलरीमीटर व त्यामधील द्रव उष्णता देतो तर बर्फ व बर्फाचे पाणी उष्णता शोषून घेतो त्यामुळे मिश्रणाचे तापमान समजा t°C होते. द्रवाचे वस्तूमान 250g = 0.25 kg, बर्फाचे वस्तुमान 10g = 0.01kg,

पाण्याची उष्माधारकता = 1Kcal/kg°C

कॅलरी मापीचे वस्तुमान = 100g = 0.1g

कॅलरीमीटरचे दिलेली उष्णता = Q_1 = mct

Q_1 = 0.1 x 0.1 x (30 – t)

= 0.01 (30 – t)

द्रवाने दिलेली उष्णता Q_2 = mct

= 0.25 x 0.4 x (30 – t)

= 0.100 (30 – t)

एकूण दिलेली उष्णता = $Q_1 + Q_2$

= 0.01 (30 – t) + 0.1 (30 – t)

= 0.11 (30 – t)

आता बर्फाचे घेतलेली उष्णता = mL

Q_3 = 0.01 x 80 = 0.8

बर्फाच्या पाण्याने घेतलेली उष्णता = mct

Q_4 = 0.01 x 1 x t = 0.1 t

एकूण घेतलेली उष्णता = 0.8 + 0.01 t

= $Q_3 + Q_4$

= 0.8 + 0.01 t

आता दिलेली उष्णता घेतलेली उष्णता

$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$

0.11 (30 – t) = 0.8 + 0.1 t

3.3 - 0.11 t = 0.8 + 0.11 t

3.3 - 0.8 = 0.01 + 0.11 t

25 = 0.12 t

$t = \frac{2.5}{0.12}$

= 20.8°C

मिश्रणाचे तापमान = 20.8°C