

प्रकरण 5: उष्णता

आपण काय शिकलो ?

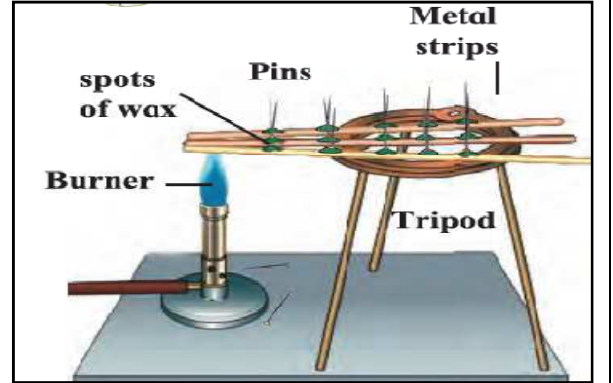
- उष्णता ही एक प्रकारची ऊर्जा आहे. उष्णता एका वस्तूमधून दुसऱ्या वस्तूकडे वाहू शकते.
- उदाहरण : आपण जर चुकून गरम तव्याला हात लावला तर आपण पटकन हात बाजूला करतो. ह्याचे कारण गरम तव्यातील उष्णता आपल्या हातामध्ये वाहते.

(VIDEO पहा : on POS: उष्णता – गरम का थंड ?)

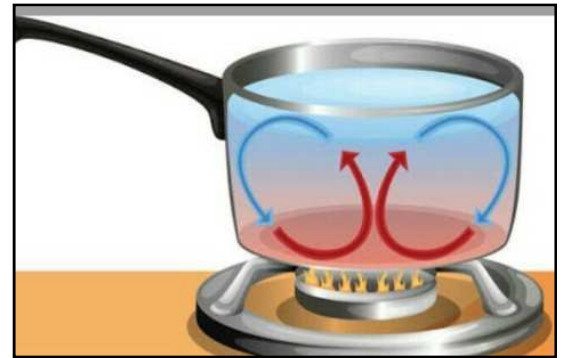
प्रयोग करा : उपक्रम 2: गरम आणि थंड चा अनुभव

- काही वस्तूमधून उष्णता वाहते अश्या वस्तूंना उष्णतेचे सुवाहक असे म्हणतात. उदाहरण तांबे, चांदी, आणि इतर धातू
- काही वस्तूमधून उष्णता वाहत नाही अश्या वस्तूंना उष्णतेचे दुर्वाहक म्हणतात. उदाहरण लाकूड, रबर वगैरे
- म्हणूनच तवा किंवा इतर भांडी ही धातूची बनलेली असतात आणि त्याचे हॅडल लाकूड किंवा इतर दुर्वाहक पदार्थाचे बनलेले असते.
- उष्णता वेगवेगळ्या पद्धतीने वाहते ज्या खालील प्रमाणे आहेत :

a) वहन: एखाद्या वस्तूच्या गरम भागाकडून थंड भागाकडे उष्णता वाहते. ह्यासाठी दोन्ही भाग संपर्कात असणे जरूरी असते. स्थायू अवस्थेत असलेलेया वस्तूंमध्ये वहन प्रक्रियेने उष्णता वाहते.

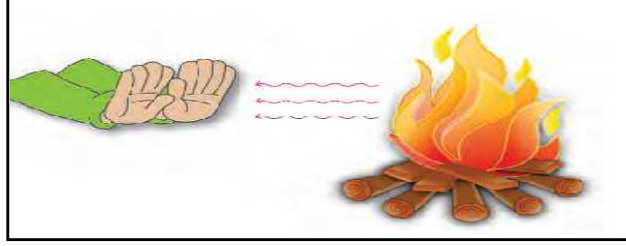


b) अभिसरण : जेव्हा आपण पाणी तापवतो तेव्हा आगीच्या ज्योती जवळ असलेले पाणी गरम होते आणि वरच्या दिशेने जाते आणि दोन्ही बाजू कडचे पाणी थंड खालच्या दिशेला जाते. जो पर्यंत सर्व पाणी गरम होत नाही तो पर्यंत ही प्रक्रिया परत-परत होत राहते. अभिसरण ही प्रक्रिया द्रव आणि वायू यामध्ये दिसते



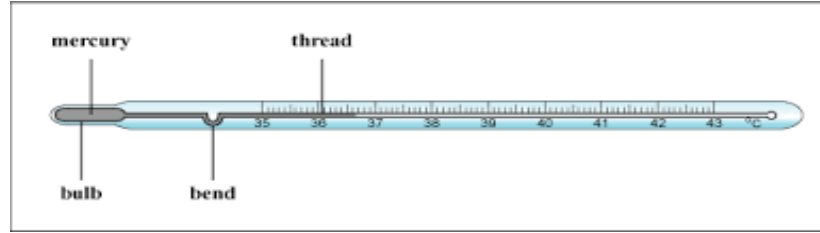
नोट : लाल रंगाचे निशाण : गरम पाणी आणि निळ्या रंगाचे निशाण : थंड पाणी

- c) प्रारण : सूर्याची उष्मा आपल्या पर्यंत प्रारण ह्या प्रक्रियेने पोचते. ह्या प्रक्रियेमध्ये उष्णतेचे वहन होण्यासाठी कोणताही संपर्क असणे जरूरी नाही.



(विडिओ: on POS: उष्णतेचे वहन, अभिसरण व प्रारण)

- तापमान: कोणती वस्तू किती गरम आहे हे त्याच्या तापमाना वरून कळते. तापमान हे डिग्री सेल्सियस ($^{\circ}\text{C}$) किंवा डिग्री फेरनहाईट ($^{\circ}\text{F}$) ह्या एककात मोजतात
- तापमान मोजण्यासाठी तापमापी किंवा थर्मामीटर हे उपकरण वापरले जाते. तापमापी चे दोन प्रकार असतात. क्लिनिकल थर्मामीटर आणि लेबोरेटरी थर्मामीटर



a) Clinical thermometer

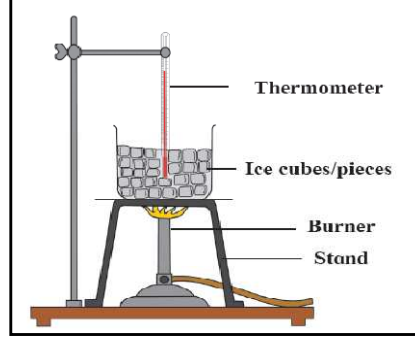


b) Laboratory thermometer

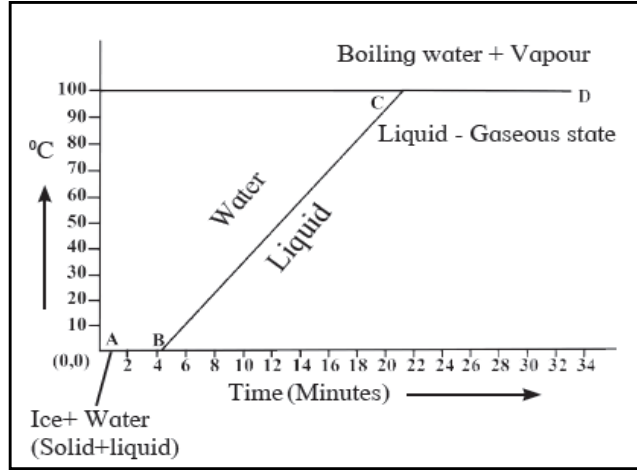
- मानव शरीराचे तापमान मोजण्यासाठी लेबोरेटरी थर्मामीटर वापरता येत नाही. त्यामध्ये पारा असलेल्या नळीला वक्रता नसते. त्यामुळे तापमान पाहण्या आधीच पारा नळीतून मागे सरकतो.
- उष्णता जास्त तापमान असलेल्या वस्तूमधून कमी तापमान असलेल्या वस्तूकडे वाहते.

(व्हिडीओ पहा : on POS: तापमापी – कशी करते काम)

अप्रकट उष्मा



- द्रवणांक : ज्या तापमानाला स्थायू पदार्थ पूर्णपणे द्रवात रूपांतरीत होतो त्या तापमानास त्या स्थायुचा द्रवणांक म्हणतात.
- बर्फाचा द्रवणांक: आपण जेव्हा बर्फ उष्ण तापमानात ठेवतो तेव्हा 0°C ह्या तापमानाला बर्फाचे रूपांतरण पाण्यामध्ये होते.
- खाली दिलेला आलेख पहा

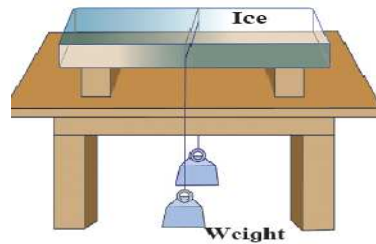


- AB ही रेषा बर्फाचे 0°C . ला पाण्यात रूपांतरण झाले असे दर्शविते
- बर्फ उष्णता उर्जा शोषून घेतो आणि त्यामुळे बर्फाची अवस्था बदलते..ह्या उष्णतेचा उपयोग खाली दिलेल्या गोष्टींसाठी होतो :
 - a) बर्फाच्या अणु आणि रेणूंमधील बंध कमकुवत करण्यासाठी.
 - b) आणि बर्फाचे (स्थायू) रूपांतरण पाण्यात (द्रव) करण्यासाठी

- BC ही रेषा पाण्याच्या तापमानाची 0 °C पासून 100 °C पर्यंत होणारी वाढ दर्शविते
- CD ही रेषा पाण्याचे 100 °C ह्या तापमानास वाफेत होणारे रूपांतर दर्शविते
- जेव्हा पाणी उष्णता उर्जा शोषून घेते तेव्हा ही शोषलेली ऊर्जा खाली दिलेल्या क्रियांसाठी वापरली जाते:
 - c) पाण्याच्या अणु आणि रेणूंमधील बंध कमकुवत करण्यासाठी
 - d) आणि पाण्याचे (द्रव) रूपांतरण बाष्प (वायू) अवस्थेत करण्यासाठी
- दोन्ही वेळेला आपल्याला तापमानात वाढ झालेली दिसत नाही. सगळी उष्णता गुप्त असते. म्हणूनच ह्या उष्णतेला अप्रकट उष्मा म्हणतात.
- द्रवाचा उत्कल्नांक: ज्या तापमानास द्रवाचे वायू मध्ये रूपांतरण होते त्या तापमानास त्या द्रवाचा उत्कल्नांक म्हणतात.
- वितळण्याचा विशिष्ट अप्रकट उष्मा: “एकक वस्तुमानाच्या स्थायू पदार्थाचे द्रवामध्ये पूर्णपणे रूपांतर होत असताना जी उष्णता स्थायुत शोषली जाते त्या उष्णतेला वितळण्याचा विशिष्ट अप्रकट उष्मा म्हणतात.”
- बाश्पनाचा विशिष्ट अप्रकट उष्मा: “ एकक वस्तुमानाच्या द्रव पदार्थाचे वायूमध्ये पूर्ण रूपांतर होत असताना स्थिर तापमानावर जी उष्णता शोषली जाते त्या उष्णतेला बाश्पनाचा विशिष्ट अप्रकट उष्मा म्हणतात.”

पुनर्हिमायन

- पुनर्हिमायन एक अशी प्रक्रिया आहे ज्यामध्ये दाब दिल्यामुळे बर्फाचे रूपांतरण पाण्यात होते आणि दाब काढून घेताच पुन्हा पाण्याचे बर्फात रूपांतरण होते.



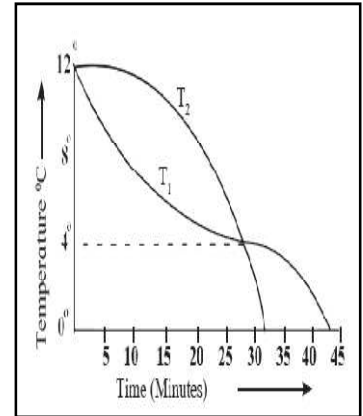
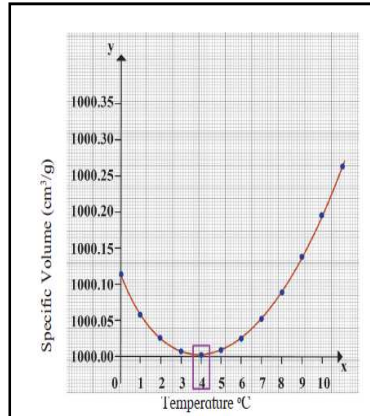
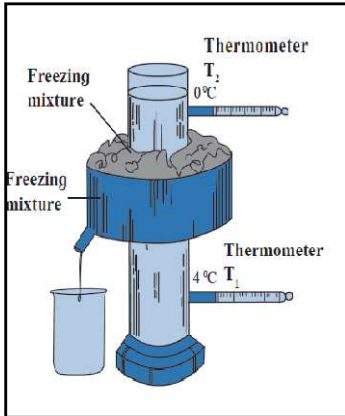
- जेव्हा आपण बर्फाच्या लादीवर दाब देतो (चित्रात दाखविल्या प्रमाणे), बर्फाचा द्रवणांक 0°C पेक्षा खाली जातो म्हणजेच 0°C तापमानास बर्फाचे पाणी होते

- बर्फाचे पाण्यात रुपांतरण झाल्यामुळे म्हणजेच बर्फ वितळू लागल्यामुळे धातूची तार बर्फाच्या लादीत जाते
- दाब काढून घेताच ,बर्फाचा द्रवणांक पुन्हा 0°C होतो आणि पाण्याचे रुपांतरण बर्फात होऊ लागते.

पाण्याचे असंगत आचरण

साधारणपणे द्रव तापविले की त्याचे प्रसरण होते आणि थंड केल्यास ते आकुंचन पावते.

- परंतु पाणी ह्यास अपवाद आहे. ते इतर द्रव्यांप्रमाणे न वागता वेगळेच वागते किंवा वेगळे आचरण करते
- जेव्हा पाण्याला 0°C पासून 4°C ला आणायला उष्मा दिली जाते तेव्हा पाण्याचे प्रसरण होण्याऐवजी त्याचे आकुंचन होते.
- आकुंचन झाल्यामुळे 4°C ला पाण्याचे आकारमान सर्वात कमी असते. तसेच 4°C ला पाण्याचे घनत्व (जडपणा) सर्वात जास्त असते.
- 4°C च्या पुढे तापमान वाढविल्यास पाण्याचे प्रसरण होते आणि आकारमान वाढत जाते
- 0°C ते 4°C या तापमाना मध्ये पाण्याचे जे आचरण दिसते त्यास पाण्याचे असंगत आचरण असे म्हणतात.



- होपच्या उपकरणाच्या सहाय्याने पाण्याच्या असंगत आचरणाचा अभ्यास करता येतो.
- होपच्या उपकरणात धातूच्या उभट नळकांड्याला मध्यभागी एक पसरट गोलाकार भांडे जोडलेले असते..वरील चित्र पहा .
- उभट नळकांड्याला तापमान मोजण्यासाठी एक वरती T_1 आणि एक खालती T_2 अश्या दोन तापमापी जोडलेल्या असतात.

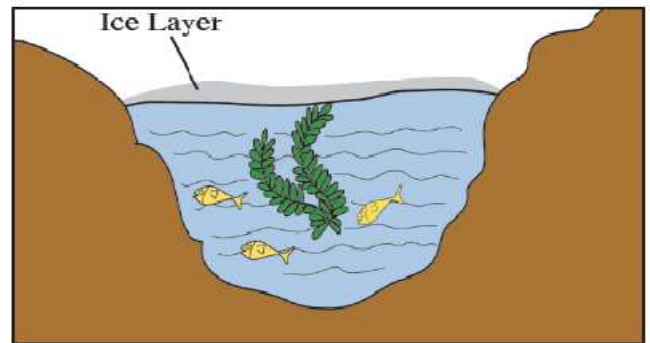
- उभट नळकांड्यात पाणी भरले जाते आणि पसरट भांड्यात बर्फ आणि मीठ यांचे गोठण मिश्रण भरतात.
- प्रत्येक 30 सेकंदा नंतर T_1 आणि T_2 तापमापीमध्ये दिसणाऱ्या तापमानाची नोंद केली जाते
- तापमान Y अक्षावर आणि वेळ X अक्षावर घेऊन आलेख काढतात. वर दिलेला आलेख पहा.
- या प्रयोगाने पाण्याच्या असंगत आचरणाचा अभ्यास करता येतो..

थंड प्रदेशातील पाण्यातील सजीव आणि पाण्याचे असंगत आचरण :

- थंड प्रदेशात तलाव आणि सागर ह्यांच्यावर बर्फाचा थर बनलेला असतो. हा बर्फाचा थर पाण्याच्या आतील सजीवांना बाहेरच्या थंड हवे पासून सुरक्षित ठेवतो.
- केवळ वरचे पाणीच गोठून बर्फाचा थर बनलेला असतो त्या थरा खाली असलेले पाणी गोठलेले नसते आणि त्यात सजीव जिवंत असतात.

हे कसे होत असेल बरे ?

- हिवाळ्याच्या दिवसात जेव्हा हवा थंड होवू लागते तेव्हा तलावातील पाणी थंडी मुळे आकुंचन पावू लागते.
- पाण्याचे आकुंचन झाल्यामुळे त्याचे आकारमान कमी होते आणि त्याची घनता वाढते (म्हणजे ते जड होते).
- वरच्या भागातील पाणी जड झाल्यामुळे खाली जाते आणि खालचे पाणी वर येते. ही प्रक्रिया सुरु राहते जोपर्यंत पाण्याचे तापमान $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ एवढे होत नाही.
- जेव्हा पाण्याचे तापमान $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ होते तेव्हा आकुंचन पावण्या ऐवजी पाणी प्रसरण पावू लागते. प्रसरण झाल्यामुळे पाण्याचे आकारमान वाढते आणि घनता कमी होते म्हणजे पाणी हलके होऊ लागते.
- त्यामुळे वरचे पाणी खाली जाण्याची प्रक्रिया थांबते. ते पाणी वरतीच राहते. हे वरचे पाणी मग आणखी थंड होऊन प्रसरण पावते आणि $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ला बर्फात रुपांतरित होते आणि घनता कमी झाल्यामुळे खालच्या पाण्यावर तरंगत राहते.
- ह्या बर्फाच्या थराखाली असलेल्या पाण्याचे तापमान $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ एवढे असते त्यामुळे पाण्यातील जलचर ह्यात जिवंत राहू शकतात. ते थंडीमुळे गोठून मरत नाहीत.



- या शिवाय पाण्यावर असलेला बर्फाचा हा थर बाहेरील थंड हवेला खालपर्यंत पोहचू देत नाही आणि एक दुर्वाहक थराप्रमाणे कार्य करतो त्यामुळे खालच्या पाण्यातील सजीवांचा थंडीपासून बचाव होतो.

दवबिंदू तापमान आणि आर्द्रता

- पृथ्वीचा जवळ-जवळ 71% भाग पाण्याने व्यापलेला आहे. ह्या पाण्याचे बाष्पीभवन होऊन त्याचे बाष्प बनते ज्यामुळे हवेमध्ये दमटपणा म्हणजे ओलावा येतो. हवेतील हा ओलावा म्हणजेच आर्द्रता.

दवबिंदू तापमान :

- हिवाळ्यामध्ये आपल्याला पानांवर छोटे छोटे दवबिंदू दिसतात. तुम्हाला काय वाटते हे कोठून येत असतील?
- हिवाळ्यात जेव्हा हवा थंड होते तेव्हा एका विशिष्ट तापमानाला हवेतील आर्द्रता सर्वात जास्त होते (म्हणजे हवा पूर्णपणे बाष्प किंवा आर्द्रतेने भरून जाते).
- ज्या विशिष्ट तापमानास हवेतील अतिरिक्त आर्द्रतेचे संघनन होऊन ती पाण्यात (दवबिंदू मध्ये) रूपांतरित होते त्या तापमानास दवबिंदू तापमान असे म्हणतात.
- दुसरे उदाहरण म्हणजे जेव्हा आपण फ्रीज मधील पाण्याची बाटली बाहेर काढून ठेवतो तेव्हा त्यावर पाण्याचे छोटे-छोटे थेंब जमा होतात. बाटलीच्या आसपास असलेल्या हवेतील बाष्प किंवा आर्द्रता जेव्हा बाटलीच्या थंड भागाला स्पर्श करते तेव्हा तिचे संघनन होते आणि तिचे पाण्याच्या छोट्या छोट्या थेंबात रूपांतरण होते..

उष्णतेचे एकक

- उष्णतेचे एकक खालील प्रमाणे आहेत :

S.I unit: joule (J) and CGS unit: calorie (cal)

- 1 g पाण्याचे तापमान 1°C ने वाढविण्यासाठी लागणारी उष्णता ऊर्जा.
- उदाहरण 1 ग्राम पाण्याचे तापमान 14.5 °C पासून ते 15.5 °C एवढे वाढविण्यासाठी लागणारी ऊर्जा 1 केलरी एवढी असते
- तसेच 1 kg पाण्याचे तापमान 1 °C म्हणजे उदाहरण म्हणून 14.5 °C ते 15.5 °C एवढे वाढविण्यासाठी लागणारी उष्णता ऊर्जा 1 किलो केलरी एवढी असते.

1 kcal = 1000 cal

आणि

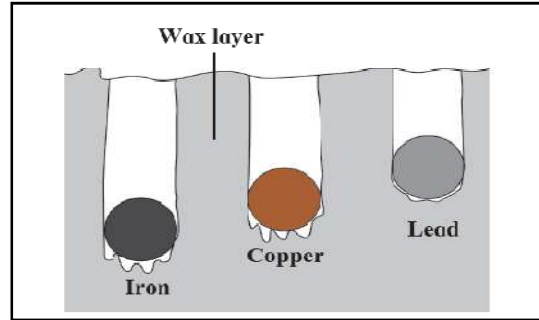
1 cal = 4.18 joules

विशिष्ट उष्मा धारकता

- विशिष्ट उष्मा धारकता म्हणजे एखाद्या पदार्थाची उष्मा शोषून घेण्याची क्षमता.
- एकक वस्तुमानाच्या पदार्थाचे तापमान 1°C ने वाढविण्यासाठी लागणारी उष्णता म्हणजे त्या पदार्थाची विशिष्ट उष्मा धारकता होय.
- उष्मा धारकता 'c' ह्या अक्षराने दाखवितात
- उष्मा धारकतेचे SI पद्धतीतील एकक आहे $\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$ आणि CGS मध्ये एकक आहे $\text{cal}/\text{g}^{\circ}\text{C}$.
- वेगवेगळ्या पदार्थांची उष्मा धारकता वेगवेगळी असते..

उदाहरण :

- 1) आपण 3 वेगवेगळ्या धातूंचे गोळे घेतले जसे लोह, तांबे आणि शिसे. तिन्हीचे वस्तुमान सारखे आहे.
- 2) सर्वात आधी आपण तिन्ही गोळे उकळत्या पाण्यात सोडले (100°C तापमान असलेले पाणी).
- 3) त्यानंतर आपण ते गोळे पटकन काढून ट्रेट असलेल्या मेणाच्या एका जाड लादीवर ठेवले (चित्र पहा)



- 4) आपल्याला असे दिसून येते की प्रत्येक गोळा हा वेगवेगळ्या खोलीपर्यंत गेला आहे. लोखंडाचा गोळा सर्वात खोल गेला आहे आणि शिस्याचा गोळा सर्वात कमी खोल गेला आहे आणि तांब्याचा गोळा दोन्हीच्या मधील अंतरापर्यंत गेला आहे.
- 5) ज्या गोळ्याने सर्वात जास्त उष्णता शोषली असेल तो मेणाला सर्वात जास्त उष्णता देणार आणि सर्वात खोल जाणार
- 6) ह्यावरून हे स्पष्ट होते की वेगवेगळ्या वस्तूंची उष्मा धारकता वेगवेगळी असते.
 - जर एखाद्या वस्तूची विशिष्ट उष्मा धारकता 'c' असेल आणि वस्तुमान 'm' असेल आणि त्या वस्तू मध्ये होणारी तापमान वाढ T_1 पासून T_2 एवढी असेल तर तापमानातील फरक, $T_2 - T_1 \Delta = T^{\circ}\text{C}$.

पदार्थाने शोषलेली उष्णता ऊर्जा = वस्तुमान X विशिष्ट उष्मा धारकता X तापमानातील फरक

$$\text{वस्तूने शोषलेली उष्णता ऊर्जा } Q = m \times c \times \Delta T.$$

उदाहरण : 5 kg पाण्याचे तापमान 20 °C पासून 100 °C पर्यंत वाढविण्यासाठी किती उष्णता ऊर्जा लागेल?

उत्तर :

दिलेली माहिती : पाण्याचे वस्तुमान , m = 5 kg

विशिष्ट उष्मा धारकता , c = 1 kcal/ kg °C

तापमान T₁ = 20 °C आणि T₂ = 100 °C

तापमानातील फरक Δ T (°C) = 100 – 20 = 80 °C

काय पाहिजे : लागणारी उष्णता ऊर्जा = ?

लागणारी उष्णता ऊर्जा = m x c x ΔT

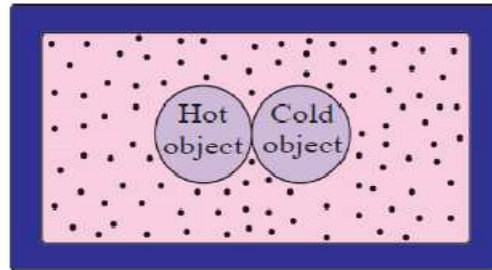
लागणारी उष्णता ऊर्जा = 5 x 1 x 80

= 400 kcal.

म्हणून तापमान वाढविण्यासाठी लागणारी ऊर्जा = 400 kcal.

उष्णतेची देवाण घेवाण

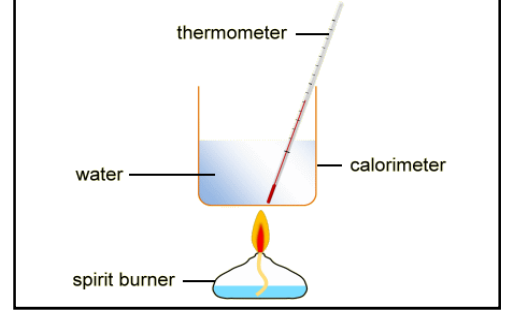
- जेव्हा उष्ण आणि थंड वस्तूंमध्ये उष्णतेची देवाण-घेवाण होते तेव्हा थंड वस्तू उष्णता ऊर्जा ग्रहण करते आणि तिचे तापमान वाढत जाते.
- उष्ण वस्तू उष्मा ऊर्जा गमाविते आणि तिचे तापमान कमी होते.
- जोपर्यंत दोन्ही वस्तूंचे तापमान सारखे होत नाही तोपर्यंत हा बदल होत राहतो.
- गरम वस्तूने गमावलेली उष्णता ऊर्जा = थंड वस्तूने ग्रहण केलेली उष्णता ऊर्जा या तत्वास “उष्णता विनिमयाचे तत्व असे म्हणतात”.



विशिष्ट उष्मा धारकतेचे मापन : (मिश्रण पद्धती) व कॅलरीमापी

पदार्थाच्या विशिष्ट उष्मा धारकतेचे मापन मिश्रण पद्धतीने करता येते. त्यासाठी कॅलरीमापी हे उपकरण वापरले जाते.

- कॅलरीमापी :
- जेव्हा कॅलरीमीटर मधील पाण्यात एखादी गरम वस्तू टाकली जाते तेव्हा ती वस्तू, पाणी आणि कॅलरी मीटर ह्या तिघांमध्ये उष्णतेची देवाण – घेवाण सुरु होते.
- जोपर्यंत ती वस्तू, पाणी आणि कॅलरीमीटर ह्या तिन्हीचे तापमान समान होत नाही तोपर्यंत ही देवाण- घेवाण चालू राहते.
- म्हणून ,



उष्ण वस्तूने गमावलेली उष्णता = पाण्याने ग्रहण केलेली उष्मा + कॅलरीमीटरने ग्रहण केलेली उष्मा

$$Q = Q_1 + Q_2$$

महत्वपूर्ण शब्द :

प्रक्रिया , ऊर्जा , वहन, अभिसरण, प्रारण, रूपांतरण , तापमान , तापमापी, अप्रकट , वितळणे , बाष्पीभवन ,

सराव प्रश्न : उष्णता

प्रश्न : रिकाम्या जागा भरा :

1. _____ एक ऊर्जा आहे जी गरम वस्तूकडून थंड वस्तूकडे वाहते .
2. ज्या वस्तू उष्णता वाहून नेतात त्यांना _____ असे म्हणतात.
3. ताम्बे हे उष्णतेचे _____ आहे .
4. लाकूड हे उष्णतेचे _____ आहे कारण ते उष्णतेला वाहून नेत नाही.
5. उष्णता तीन प्रकारे वाहून नेली जाते : वहन, _____ आणि _____.
6. हे दर्शविते की वस्तू किती गरम आहे
7. तापमान मोजण्यासाठी _____ चा उपयोग करतात
8. ज्या तापमानास स्थायू पदार्थाचे पूर्णपणे द्रवात रूपांतरण होते त्या तापमानाला त्या स्थायूचे.....असे म्हणतात

9. ज्या तापमानास द्रवाचे रूपांतरण वायू मध्ये होते त्यास द्रवाचा _____ म्हणतात
10. 0°C ते 4°C च्या मधील पाण्याच्या आचरणास _____ असे म्हणतात
11. एखाद्या प्रक्रियेत होणारी उष्णतेची देवाण- घेवाण मोजणारे उपकरण म्हणजे _____.
12. विशिष्ट उष्मा धारकता चे S.I पद्धतीतील एकक _____.

एका वाक्यात उत्तर लिहा :

1. वहन म्हणजे काय ?
2. अभिसरण म्हणजे काय ?
3. प्रारण म्हणजे काय ?
4. लेबोरेटरी तापमापीचा उपयोग आपल्या शरीराचा ताप मोजण्यासाठी करता येतो का? कारण काय ?
5. अप्रकट उष्मा म्हणजे काय ?
6. व्याख्या लिहा: वितळण्याचा विशिष्ट अप्रकट उष्मा .
7. व्याख्या लिहा : बाष्पनाचा विशिष्ट अप्रकट उष्मा .
8. पाण्याचे असंगत आचरण म्हणजे काय ?
9. पाण्याच्या असंगत आचरणाचा जलीय सजीवांना कश्या प्रकारे उपयोग होतो ?
10. पुनर्हिमायन म्हणजे काय ?
11. व्याख्या लिहा: आर्द्रता .
12. दवबिंदू तापमान म्हणजे काय ?
13. हिवाळ्याच्या दिवसात पानांवर पाण्याचे छोटे-छोटे थेंब का दिसतात?
14. उष्णतेचे एकक कोणते आहे ?
15. व्याख्या लिहा : एक केलरी उष्णता
16. विशिष्ट उष्मा धारकता म्हणजे काय?
17. लोह, तांबे आणि शिसे यांनी बनलेले धातूचे तीन गोळे जर उकळत्या पाण्यातून काढून एका मेणाच्या लादीवर ठेवले तर कोणता गोळा सर्वात खाली जाईल? का?
18. "उष्णता विनिमयाचे तत्व" म्हणजे काय ?
19. जागा भरा :
 - a) एका केलरीमापी तील पाण्यात जर एक गरम वस्तू घातली तर ,
वस्तूने गमावलेली उष्णता = _____ + केलरीमापी ने ग्रहण केलेली उष्णता
 - b) वस्तूने शोशलेली उष्णता ऊर्जा = _____ X विशिष्ट उष्मा
धारकता _____.