

14. उष्णतेचे मापन व परिणाम

1. A. माझी जोडी कोणाशी?

'अ' गट	'ब' गट
अ. निरोगी मानवी शरीराचे तापमान	i. 296K
आ. पाण्याचा उत्कलन बिंदू	ii. 98.6°F
इ. कक्ष तापमान	iii. 0°C
ई. पाण्याचा गोठण बिंदू	iv. 212 °F

उत्तर:

- (1) निरोगी मानवी शरीराचे तापमान: 98.6 °F
- (2) पाण्याचा उत्कलन बिंदू: 212 °F
- (3) कक्ष तापमान: 296 K
- (4) पाण्याचा गोठण बिंदू: 0°C.

B. कोण खरं बोलतोय?

अ. पदार्थाचे तापमान ज्यूलमध्ये मोजतात.

उत्तर: चूक. (पदार्थाचे तापमान °C अथवा °F अथवा K मध्ये मोजतात.)

आ. उष्णता उष्ण वस्तूकडून थंड वस्तूकडे वाहते.

उत्तर: बरोबर

इ. उष्णतेचे एकक ज्यूल आहे.

उत्तर: बरोबर.

ई. उष्णता दिल्याने वस्तू आकुंचन पावतात.

उत्तर: चूक. (सामान्यतः उष्णता दिल्याने वस्तू प्रसरण पावतात. याला काही अपवाद आहेत. त्याबद्दल तुम्ही इयत्ता दहावीमध्ये शिकाल.)

उ. स्थायूचे अणू स्वतंत्र असतात.

उत्तर: चूक. (स्थायूचे अणू त्यांच्यामधील परस्पर बलाने बांधलेले असतात.)

ऊ. उष्ण वस्तूच्या अणूंची सरासरी गतिज ऊर्जा थंड वस्तूच्या अणूंच्या सरासरी गतिज ऊर्जेपेक्षा कमी असते.

उत्तर: चूक. (उष्ण वस्तूच्या अणूंची सरासरी गतिज ऊर्जा थंड वस्तूच्या अणूंच्या सरासरी गतिज ऊर्जेपेक्षा जास्त असते.)

C. शोधाल तर सापडेल.

(अ) तापमापी हे उपकरण तापमान मोजण्यास वापरतात.

(आ) उष्णता मोजण्यास कॅलरीमापी हे उपकरण वापरतात.

(इ) तापमान हे वस्तूतील अणूंच्या सरासरी गतिज ऊर्जेचे प्रमाण असते.

(ई) एखादया वस्तूतील उष्णता ही त्यातील अणूंच्या एकूण गतिज ऊर्जेचे प्रमाण असते.

2. निशिंगंधाने चहा बनविण्यासाठी चहाचे घटक टाकून भांडे सौरचुलीत ठेवले. शिवानीने तसेच भांडे गॅसवर ठेवले. कोणाचा चहा लवकर तयार होईल व का?

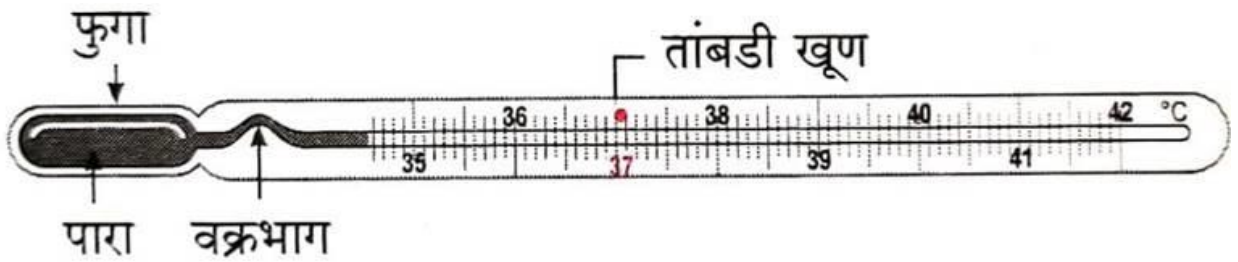
उत्तर: शिवानीचा चहा लवकर तयार होईल. कारण, ठरावीक कालावधीत गॅसकडून भांड्याला मिळणारी उष्णता ही त्याच कालावधीत सौर चुलीकडून भांड्याला मिळणाऱ्या उष्णतेपेक्षा बरीच जास्त असते.

3. थोडक्यात उत्तरे दया.

अ. वैद्यकीय तापमापीचे वर्णन करा. त्यात व प्रयोगशाळेत वापरल्या जाणाऱ्या तापमापीत कोणता फरक असतो?

उत्तर: वैद्यकीय तापमापी अथवा ज्वरमापी: पाऱ्याला उष्णता दिली असता त्याचे समप्रमाणात प्रसरण होते, या गुणधर्माचा उपयोग करून हे उपकरण तयार केलेले आहे.

रचना: वैद्यकीय तापमापी अथवा ज्वरमापी ही जाड काचेची, समान अंतर्व्यासाची एक केशनलिका असते. तिच्या एका टोकाशी पातळ काच असलेला फुगा असतो. त्यापुढील नळीच्या एका बाजूला बहिर्वक्र भिंगाचा आकार दिलेला असतो. त्यामुळे तापमान पाहणे सोपे जाते.



वैद्यकीय तापमापी अथवा ज्वरमापी

फुग्यापासून निघालेल्या केशनलिकेचा भाग काही अंतरावर किंचित वक्र आणि चिंचोळा केलेला असतो. त्यामुळे ज्वरमापीत वर चढलेला पारा (अथवा अल्कोहोल) तापमान कमी झाल्यावर आपोआप फुग्यात परत येत नाही. या ज्वरमापीवर साधारणतः 35 °C ते 42 °C (किंवा 95 °F ते 108 °F) पर्यंत तापमानाच्या खुणा

केलेल्या असतात. 37°C (98.6°F) या अंकावर एक तांबडी खूण (बाण) केलेली असते. ती निरोगी माणसाच्या शरीराचे तापमान दर्शवते. ज्वरमापीचा उपयोग आपल्या शरीराचे तापमान मोजण्यासाठी होतो. प्रयोगशाळेतील तापमापीला ज्वरमापीप्रमाणे वक्रभाग नसतो व त्याची तापमान मापनाची मर्यादा ज्वरमापीच्या मानाने जास्त असते.

आ. उष्णता व तापमानात काय फरक आहे? त्यांची एकके कोणती?

उत्तर: पदार्थातील अणूंची एकूण गतिज ऊर्जा ही पदार्थातील उष्णतेची मापक असते. उष्णता ही अधिक तापमान असलेल्या वस्तूकडून कमी तापमान असलेल्या वस्तूकडे प्रवाहित होणारी ऊर्जा होय. तापमान ही राशी उष्णतेच्या स्थानांतराची दिशा ठरवते. एखादया वस्तूचे तापमान हे ती वस्तू किती उष्ण अथवा थंड आहे हे दर्शवते. वस्तूतील अणूंची सरासरी गतिज ऊर्जा ही त्या वस्तूच्या तापमानाचे मापक असते.

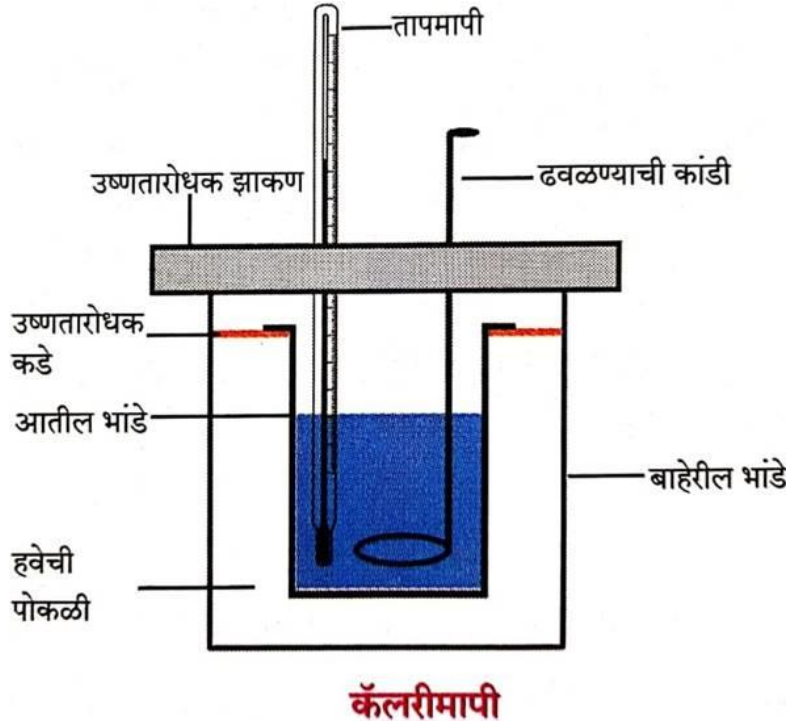
जास्त तापमान याचा अर्थ जास्त उष्णता असा नाही. समजा, A या भांड्यात 90°C तापमानाचे 2 लीटर पाणी आहे व B या भांड्यात 91°C तापमानाचे 100 मिलिलीटर पाणी आहे. येथे B या भांड्यातील पाण्याचे तापमान A या भांड्यातील तापमानापेक्षा जास्त आहे; पण A या भांड्यातील पाण्यातील उष्णता B या भांड्यातील पाण्याच्या उष्णतेपेक्षा जास्त आहे.

उष्णतेची एकके: सामान्यतः उष्णता कॅलरी, किलोकॅलरी व ज्यूल या एककांत व्यक्त करतात. उष्णता ही एक प्रकारची ऊर्जा असल्याने ती अर्ग या एककातही व्यक्त करता येते.

तापमानाची एकके: तापमान $^{\circ}\text{C}$ (अंश सेल्सियस), $^{\circ}\text{F}$ (अंश फॅरेनहाईट) व K (केल्व्हिन) या एककांत व्यक्त करतात.

इ. कॅलरीमापीची रचना आकृतीसह समजवा.

उत्तर: आकृती मध्ये कॅलरीमापीची रचना दाखवली आहे.



थर्मस फ्लास्कप्रमाणे कॅलरीमापीत आत व बाहेर अशी दोन भांडी असतात. आतील भांडे तांब्याचे असते, तर बाहेरील भांडे लाकडाचे असते. बाहेरील भांड्यावर उष्णतारोधक झाकण असते. त्याला दोन भोके असतात. त्यांचा उपयोग करून कॅलरीमापीत तापमान मोजण्यासाठी एक तापमापी व द्रव ढवळण्यासाठी एक कांडी बसवलेली असते. तांब्याच्या भांड्याचे आतील व बाहेरील पृष्ठभाग चकचकीत केलेले असतात. त्यामुळे कॅलरीमापी व बाहेरील वातावरण यांमध्ये प्रारणामुळे होणारी उष्णतेची देवाण-घेवाण कमीत कमी होते. कॅलरीमापीतील वस्तू सभोवतालपासून औष्णिकदृष्ट्या अलिप्त ठेवतात, म्हणजेच कॅलरीमापीमधील वस्तूतील उष्णता आतून बाहेर जाऊ शकत नाही, तसेच उष्णता बाहेरून आत येऊ शकत नाही.

ई. रेल्वेच्या रुळांत ठराविक अंतरावर फट का ठेवली जाते हे स्पष्ट करा.

उत्तर: वातावरणाचे तापमान वाढल्यावर रेल्वेच्या रुळांची लांबी वाढते. तसेच रूळ व धावत्या गाडीची चाके यांच्यामधील घर्षणामुळे रुळांचे तापमान वाढते व परिणामी रुळांची लांबी वाढते. रुळांत ठराविक अंतरावर फट न ठेवल्यास ते प्रसरणामुळे वाकडे होतील व त्यामुळे अपघात होतील. म्हणून रेल्वेच्या रुळांत ठराविक अंतरावर फट ठेवली जाते.

उ. वायूचा व द्रवाचा प्रसरणांक म्हणजे काय हे सूत्रांद्वारे स्पष्ट करा.

उत्तर: (1) द्रवाचा प्रसरणांक: द्रव भांड्यात ठेवतात. द्रवाला उष्णता देताना द्रवाचे तसेच भांड्याचे प्रसरण होते. सामान्यतः भांड्याचे प्रसरण द्रवाच्या प्रसरणापेक्षा खूपच कमी असल्याने ते विचारात घेत नाहीत. समजा, एका द्रवाचे तापमान ΔT (अतिशय कमी, very small) ने वाढवल्यास त्याचे आकारमान V_1 पासून V_2 पर्यंत वाढते. प्रयोगांवरून असे दिसते की, आकारमानांतील वाढ, $V_2 - V_1$ ही V_1 व ΔT च्या अनुपातात असते, म्हणजेच

$$(V_2 - V_1) \propto V_1 \Delta T$$

$$\therefore V_2 - V_1 = \beta V_1 \Delta T,$$

येथे β हा द्रवाचा प्रसरणांक होय.

$$\beta = \frac{V_2 - V_1}{V_1 \Delta T}$$

हा $1/^\circ\text{C}$ मध्ये व्यक्त करतात.

β म्हणजे एकक आकारमानाच्या द्रवाचे तापमान एक अंशाने (तापमानाच्या एककाने) वाढवल्यावर त्याच्या आकारमानात होणारी वाढ होय.

वरील सूत्रावरून,

$$V_2 = V_1 + \beta V_1 \Delta T = V_1 (1 + \beta \Delta T).$$

(2) वायूचा प्रसरणांक: वायूला ठरावीक आकारमान नसल्याने तो भांड्यात बंदिस्त करावा लागतो. दाब कायम ठेवून तापमान वाढवल्यास वायू व भांडे या दोन्हींचे प्रसरण होते.

समजा, एका ठरावीक वस्तुमानाच्या वायूला दाब कायम ठेवून उष्णता दिल्यास त्याचे तापमान ΔT (अतिशय कमी, very small) ने वाढते व आकारमान V_1 पासून V_2 पर्यंत वाढते. प्रयोगांवरून असे दिसते की, आकारमानातील वाढ, $V_2 - V_1$ ही V_1 व ΔT च्या अनुपातात असते, म्हणजेच $(V_2 - V_1) \propto V_1 \Delta T$.
 $\therefore V_2 - V_1 = \beta V_1 \Delta T$, येथे β हा वायूचा स्थिर दाब प्रसरणांक होय.

$$\beta = \frac{V_2 - V_1}{V_1 \Delta T}$$

हा $1/^\circ\text{C}$ मध्ये व्यक्त करतात.

β म्हणजे स्थिर दाबास एकक आकारमानाच्या वायूचे तापमान एक अंशाने (तापमानाच्या एककाने) वाढवल्यावर त्याच्या आकारमानात होणारी वाढ होय. वरील सूत्रावरून,
 $V_2 = V_1 + \beta V_1 \Delta T = V_1 (1 + \beta \Delta T).$

4. खालील उदाहरणे सोडवा.

अ. फॅरेनहाईट एककातील तापमान किती असल्यास ते सेल्सिअस एककातील तापमानाच्या दुप्पट असेल? (उत्तर: 320°F)

उत्तर: दिलेले: $F = 2C \therefore C = F/2, F = ?$

$$\frac{F - 32}{9} = \frac{C}{5}$$

$$= \frac{F/2}{5} = \frac{F}{10}$$

$$\therefore F - 32 = \frac{9}{10} F$$

$$\therefore F - \frac{9}{10} F = 32$$

$$\therefore F \left(1 - \frac{9}{10}\right) = 32$$

$$\therefore \frac{F}{10} = 32$$

$$\therefore F = 32 \times 10 = 320^\circ\text{F}.$$

फॅरेनहाईट एककातील तापमान = 320°F.

आ. एक पूल 20m लांबीच्या लोखंडाच्या सळईने तयार केला आहे. तापमान 18 °C असताना दोन सळयांत 4 cm अंतर आहे. किती तापमानापर्यंत तो पूल सुस्थितीत राहील? (उत्तर: 35.4°C)

उत्तर: दिलेले: $l_1 = 20 \text{ m}$, $l_2 - l_1 = 0.4 \text{ cm}$
 $= 4 \times 10^{-3} \text{ m}$, $T_1 = 18^\circ\text{C}$, $\lambda = 11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$, $T_2 = ?$

$$l_2 - l_1 = \lambda l_1 \Delta T$$

$$\therefore \Delta T = \frac{l_2 - l_1}{\lambda l_1}$$

$$\therefore \Delta T = \frac{4 \times 10^{-3} \text{ m}}{11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \times 20 \text{ m}}$$

$$= \frac{400}{23} ^\circ\text{C}$$

$$= \text{सुमारे } 17.39^\circ\text{C}$$

$$\text{आता } \Delta T = T_2 - T_1$$

$$\therefore T_2 = T_1 + \Delta T$$

$$\therefore T_2 = 18^\circ\text{C} + 17.39^\circ\text{C} = 35.39^\circ\text{C}.$$

तो पूल 35.39 °C तापमानापर्यंत सुस्थितीत राहील.

इ. आयफेल टॉवरची उंची 15 °C वर 324m असल्यास, व तो टॉवर लोखंडाचा असल्यास, 30 °C ला त्याची उंची किती cm ने वाढेल ?(उत्तर: 5.6cm)

उत्तर: दिलेले: $l_1 = 324 \text{ m}$, $T_1 = 15^\circ\text{C}$,

$$T_2 = 30^\circ\text{C}, \lambda = 11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}, l_2 - l_1 = ?$$

आयफेल टॉवरच्या उंचीतील वाढ,

$$l_2 - l_1 = \lambda l_1 (T_2 - T_1)$$

$$\begin{aligned}
&= 11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \times 324 \text{ m} \times (30^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) \\
&= 11.5 \times 324 \times 15 \times 10^{-6} \text{ m} \\
&= 55890 \times 10^{-6} \text{ m} \\
&= 5.589 \times 10^{-2} \text{ m} \times 10^2 \text{ cm} \\
&= \mathbf{5.589 \text{ cm}} \\
&= \mathbf{\text{सुमारे } 5.6 \text{ cm}}
\end{aligned}$$

ई. अ व ब पदार्थांचा विशिष्ट उष्मा क्रमशः c व $2c$ आहे. अ ला Q व ब ला $4Q$ एवढी उष्णता दिली गेल्यास त्यांच्या तापमानात समान बदल होतो. जर अ चे वस्तुमान m असेल तर ब चे असेल ?

वस्तुमान

(उत्तर: $2m$)

उत्तर: दिलेले: $c(\text{अ}) = c, c(\text{ब}) = 2c, Q(\text{अ}) = Q,$
 $Q(\text{ब}) = 4Q, \Delta T$ समान, $m(\text{अ}) = m, m(\text{ब}) = ?$
 $Q = mc\Delta T$

$$\therefore \Delta T = \frac{Q}{mc}$$

ΔT समान असल्यामुळे,

$$\frac{Q(\text{अ})}{m(\text{अ})c(\text{अ})} = \frac{Q(\text{ब})}{m(\text{ब})c(\text{ब})}$$

$$\therefore \frac{Q}{mc} = \frac{4Q}{m(\text{ब})2c}$$

$$\therefore \frac{1}{m} = \frac{2}{m(\text{ब})}$$

$$\therefore \text{ब चे वस्तुमान } m(\text{ब}) = 2m.$$

उ. एक 3 kg वस्तुमानाची वस्तू 600 कॅलरी ऊर्जा प्राप्त करते तेव्हा तिचे तापमान 10°C पासून 70°C पर्यंत वाढते. वस्तूच्या पदार्थाचा विशिष्ट उष्मा किती आहे? (उत्तर: $0.0033 \text{ cal} / (\text{gm } ^\circ\text{C})$)

उत्तर: दिलेले: $m = 3\text{Kg} = 3000\text{g}, Q = 600\text{cal},$
 $\Delta T = 70^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 60^\circ\text{C}, c = ?$

$$Q = mc\Delta T$$

$$\therefore \Delta c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

$\therefore$ वस्तूच्या पदार्थाचा विशिष्ट उष्मा

$$c = \frac{600 \text{ cal}}{3000\text{g} \times 60^{\circ}\text{C}} = \frac{10}{3000} \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})$$

$$= 3.333 \times 10^{-3} \text{ cal} / \text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}$$