SL-13 | PHY-112
14 tk

3. *What are the factors on which the radiation from a hot body depends?*
See theory.
4. *What is the chief source of error and how to avoid it?*
See discussions.
5. *Why is it necessary to use the same volume of the two liquids?*
In this way the surface area, from which radiation occurs, is kept equal in both cases.
6. *Is it an accurate method?*
No; it is a quick method. The law of cooling does not hold strictly for large temperature differences.
7. *Can you find the specific heat of a very volatile liquid by this method?*
No; because if the liquid is volatile its boiling point cannot be far away from the room temperature. As a result observation of cooling from a temperature, which should be at least 25° higher than room temperature would not be possible.

EXP 27. TO DETERMINE THE LATENT HEAT OF FUSION OF ICE BY APPLYING THE METHOD OF RADIATION CORRECTION.

Theory: Latent heat of fusion of ice is defined as the quantity of heat required to melt one gram of ice at 0°C into water at 0°C.
Let an amount of ice of mass M be added to a mass m of water contained in a calorimeter of mass w and sp. heat s. Let t_1°C be the temperature of the calorimeter and its content (water) before the addition of ice and t_2°C be the final temperature, after making due allowance for the gain of heat from the surrounding, of the mixture after addition and complete melting of ice. Then the heat lost by the calorimeter and water is $m(t_1-t_2)+ ws\ (t_1-t_2)$. The heat required to melt the ice is ML where L is the latent heat of fusion of ice and the heat required to raise the temperature of the water, formed as a result of melting of ice, from 0°C to t_2°C is Mt_2. Therefore the total heat gained in the experiment is $ML+Mt_2 = M(L+t_2)$.
Now, heat gained= heat lost.

So $M(L+t_2) = (m+ws)\ (t_1-t_2)$

or $ML = (m+ws)\ (t_1-t_2)- Mt_2$

$$L = \frac{(m+ws)\ (t_1-t_2)- Mt_2}{M}$$

Apparatus : Calorimeter with stirrer, thermometer graduated to one-tenth of a degree, blotting-paper, stop-watch, pieces of ice, balance etc.

Procedure : (i) Before starting the experiment, ascertain the dew point so that the final temperature after adding ice always remains above it. This is necessary because, if the final temperature falls below it, water vapour will then condense on the surface of the calorimeter as well as on the water inside, which will vitiate the result. The dew point data is usually supplied.
(ii) Clean and dry the calorimeter. First weigh the empty calorimeter with the stirrer. Fill it with a certain amount of water (say about 150 cc) and weigh again. The difference between the two weights gives the mass of water.
(iii) Place the calorimeter with water on a non-conducting stand and note the temperature with a thermometer graduated to a tenth of a degree.
(iv) Break a lump of ice into small pieces. Wash them. Add them, one by one, into the water in the calorimeter. Stir the contents in the calorimeter continuously and note the temperature every one or half minute. Before you add the ice pieces to water, dry each piece carefully with a blotting paper and be sure that each piece has melted completely before you add the next piece. Also take care that none of the ice pieces floats on the top while the water is stirred.
(v) Go on adding ice, stirring and noting the temperature every half minute until the temperature of the calorimeter falls to a value *about 5°C above the dew point.* Then stop adding ice but go on noting the temperature every half minute, till you get about five to six readings beyond the minimum temperature reached.
(vi) Weigh the calorimeter with its contents again and hence determine the mass of ice added.

(vii) Enter your time-temperature record in tabular form as in table 1, expt.23. From it plot the heating curve. Proceed as follows (for detailed procedure, see rediation correction, expt.23. From the last 5 or 6 readings determine the average temperature and the average rate of heating exactly in the manner described in expt.23. The only difference is that you are now determining the amount of heating instead of cooling. Thus you obtain one point in the heating curve. The other point corresponds to the fact that heating is zero at room temperature.Draw a straight line through these two points which is the required heating curve (Fig 3.9). Now determine the average temperature for every half minute interval as in column 3 table 1 expt.23 and enter them in column in your time-temperature table. From the heating curve determine the amount of heating corresponding to column 4. Now enter the amount of total heating upto a certain interval in column 5 and subtract it from the corresponding average temperatures of column 3 instead of adding, as in the case of a cooling curve. This gives you the correct temperatures, had there been no gain of heat from the surrounding. Enter them in column 6. Plot this corrected temperature against the time(curve B Fig.3.10) Curve A in the same figure gives the time-temperature graph before radiation correction was made).

Determine the final temperature of your experiment from the curve B.

Results:

Mass of calorimeter+stirrer, w=....gm.

Sp. heat of the calorimeter, s =......

Mass of calorimeter+stirrer+water, w_1=...gm.

Mass of water,m=w_1-w=..gm.

Mass of calorimeter+stirrer+water+molten ice,w_2=..gm.

Mass of ice added, M=w_2-w_1=..gm.

Initial temperature of water, t_1=..°C

Final temperature of the mixture after correcting for the heat gained from the surrounding, t_2=..°C.

(A) Time temperature record.

Time in minute	Observed temp.(°C)	Average temp. during interval (°C)	Rate of heating as obtained from graph (°C per $\frac{1}{2}$ mt.)	Total heating (Correction to be added to the average temp.)	Corrected average temperature (°C)
0					
1/2					
1					
1 1/2					
etc					
etc					
etc					

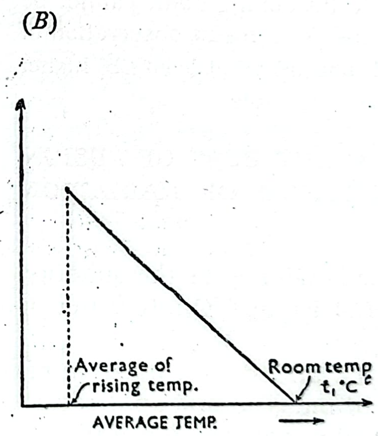


Fig. 3.9

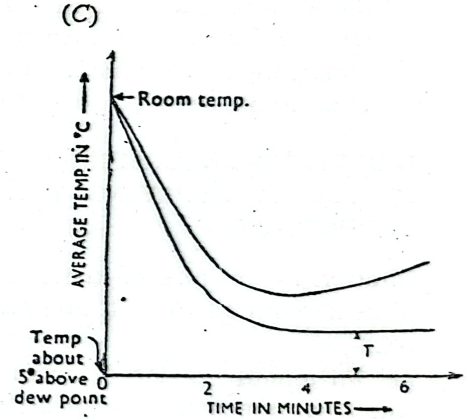


Fig. 3.10

Calculation:

Lateat heat of fusion of ice,

$$L = \frac{(m+ws)(t_1-t_2)-Mt_2}{M}$$

$$= \frac{(m+ws)(t_1-t_2)}{M} - t_2 = \ldots \text{ cal/gm.}$$

Discussions: (i) The chief source of error lies in the fact that particles of water, formed as a result of melting of ice before it is added to water, adheres to the ice. But the calculation of the present experiment is made on the assumption that the ice added is dry. So great care should be taken to make sure that the ice added is completely dry. This is done by soaking out all water particles by blotting paper.

(ii) As ice floats on water, some parts of it will be melted by the heat from the atmosphere. To avoid this, it should be made to remain under water by pressing it with the stirrer.

(iii) The final temperature should always be a few degrees above the dew point.

(iv) The calorimeter should be placed on a non-conducting stand to avoid error due to conduction.

(v) Ice may contain impurities which do not give out any latent heat but adds to the mass of ice added.

Oral Questions and their Answers.

1. *Define latent heat of a substance. What is its unit? What is its value for ice?*
   Latent heat of a substance is defined as the quantity of heat which is necessary to change the state of unit mass of the substance without any change in temperature.
   It is expressed in calories per gram.
   About 80 cal/gm.
2. *Define latent heat of fusion of ice.*
   See theory.
3. *Why do you dry the ice before adding it to water?*
   See discussions.
4. *Is the latent heat of a substance the same at all temperatures?*
   No. By the application of pressure a substance may be made to change state at different temperatures. The latent heat required at these different temperatures is not the same. It becomes zero at the critical temperature of the substance.
5. *What do you mean by dew point? What is the minimum temperature which you can affford in this experiment ?*
   It is the temperature at which the pressure of vapour of the air is equal the saturation pressur i.e., on cooling moist air at this temperature ,dew will first form.
   A few degrees(about 5°) above the dew point.

EXPT. 28. TO DETERMINE THE LATENT HEAT OF STEAM BY APPLYING THE METHOD OF RADIATION CORRECTION.

Theory: Let a known mass M of steam be passed into a known mass m of water contained in a calorimeter of mass w and sp. heat s, both the calorimeter and its contents being at the room temperature t_1°C . If after steam is added, the final temperature of the mixture due to the condensation of the steam be t_2°C, after making proper radiation correction, then the heat gained by the calorimeter and water is $m(t_2-t_1)+ws(t_2-t_1)$ and that lost by steam is $ML+M(t-t_2)$ where L is the latent heat of condensation of steam and t the temperature of steam.

The latent heat of condensation of steam is defined as the quantity of heat which is given up by the condensation of 1gm of steam at t°C to the same mass of water at the same temperature.

Now, heat lost = heat gained

$$ML + M(t-t_2)=(m+ws)(t_2-t_1)$$

$$\text{or } ML = (m+ws)(t_2-t_1)-M(t-t_2)$$

$$L=\frac{(m+ws)(t_2-t_1)}{M}-(t-t_2)$$

Apparatus : Steam-boiler, steam trap, calorimeter, thermometer - graduated to a tenth of a degree, balance etc.

Description of the steam-trap : The steam-trap (Fig.3.11) consists of asmall cylindrical glass tube open at both ends which are fitted tightly with fitting corks. The steam enters the trap through a glass inlet tube E which passes through the cork at the upper end and which protrudes only a short distance inside the trap. Through the other cork at the bottom pass two glass tubes, one of which G extends almost to the upper cork inside the trap, while it projects some distance outside also. This is the delivery tube through which steam enters the calorimeter. The other tube S enters only-very short distance into the trap and is bent outside in an obtuse angle. Outside, it is connected with a small piece of rubber tube, which is kept closed by a pinch-cock P. This

The next mode of vibration in order of complexity is that of Fig 4.1 (b) with a node at each end and another in the middle. Here two vibrations are completed while the wave travels twice the length of the string. Thus $2l = 2\lambda$

or $l = \lambda$ and

$$n = \frac{1}{l}\sqrt{\frac{t}{m}} = 2n_o$$

The note then emitted is the *first overtone or harmonic.*

In a similar manner, the frequency of vibration associated with the mode of vibration of Fig 4.1 (c) is

$$n = \frac{3}{2l}\sqrt{\frac{t}{m}} = 3n_o$$

Similarly the modes (d), (e), etc. give frequencies $4n_o$, $5n_o$, etc. Overtones with frquencies as high as $10n_o$ may often be detected.

Thus there are many possible frequencies of vibration for a string, the vibration frequencies being proportional to the numbers

1 : 2 : 3 : 4 : etc.

EXPT. 33. TO FIND THE VARIATION OF THE FREQUENCY OF A TUNING FORK WITH THE LENGTH OF A SONOMETER (n-l CURVE) UNDER GIVEN TENSION AND HENCE TO DETERMINE THE UNKNOWN FREQUENCY OF A TUNING FORK.

Theory : If a tuning fork be in resonance with a stretched string vibrating in its fundamental form (see Art.4.3), then the frequency n of the fork is given by

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{t}{m}}$$

where l is the length of the string between the two fixed points, t is the tension in dynes used to stretch the string and m is the mass per unit length of the string in grammes.

If t and m remain constant, then $n \propto \frac{1}{l}$ or nl = constant

Therefore, keeping t and m constant, if the vibrating length (l) of the string is determined for a number of different tuning forks of known frequencies, then the graphs of n ϑs l and n ϑs $\frac{1}{l}$ should be a *rectangular hyperbola* and a *straight line* respectively.

If the vibrating length (l) of the string is now determined for a tuning fork of unknown frequency,then the frequency of the tuning fork can be easily read off from anyone of the two curves mentioned above.

Apparatus : Sonometer, set of tuning forks of knwon frequencies, a tuning fork of unknown frequency, weight box, etc.

Description of the apparatus :

Sonometer : Sonometer or monochord is an instrument frequently employed for studying the vibration of strings. It consists of a rectangular hollow wooden board WW with a fine uniform steel wire S stretched over it (Fig.4.2). One end of the wire is fixed to a peg P at one end of the box while the other end passes over a pully and carries a hanger H. The wire is stretched by placing adjustable loads on the hanger. The slotted loads can be put upon the hanger and thereby the amount of stretching can be adjusted. There is a number of thin vertical wooden strips like B_1 and B_2, called bridges, over which the wire is stretched.

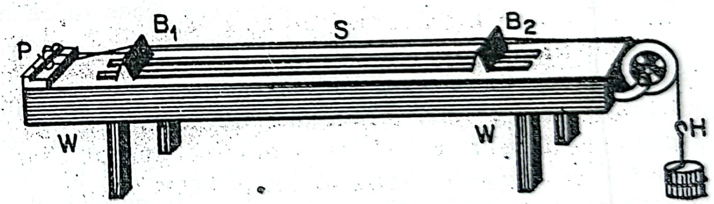


Fig. 4.2

These bridges can be shifted anywhere on the board and thus the length of the vibrating segment of the wire can be altered. A metre scale is fitted on the top of the box by the side of the wire for measuring its length. The function of the hollow board is to increase the loudness of the tone emitted by the wire or any other vibrating source placed in contact with the board.

In some apparatus there are two pieces of wires, one of which is stretched by adjustable loads and the other is stretched parallel to this wire and is fixed between two pegs. The fixed wire is called the *comparison wire* and is used to verify the laws of transverse vibration of strings.

Procedure : (i) First determine the weight of the hanger H (m_H gm). Then place a suitable load of T kg (say about 2 kg) on the hanger to give some tension to the wire. The total stretching load is therefore M = $(1000T+m_H)$gm. Keep this load constant throughout the experiment.

(ii) Move the two adjustable bridges to opposite ends until the length of the wire between them, when plucked (see discussion) is in complete unison with the vibrating tuning fork. Satisfy yourself that the notes emitted by the stretched string when it vibrates in its fundamental tone and the tuning fork are in complete unison with each other by either of the two methods described below.

(a) Move the two adjustable bridges towards two ends of the sonometer so that the distance between them is large. Then strike the given tuning fork on a rubber pad and place its shank on the sonometer board. Carefully listen to the note. When this note begins to fade out, pluck the string near the middle and carefully listen to the note, which most probably will appear flat when compared to the note emitted by the fork. Now bring the two bridges very close to each other so that they are separated by a few centimetres only. Again successively compare the notes emitted by the fork and the wire. This time the note emitted by the string will most probably appear very sharp compared to that emitted by the fork. Now keeping one of the bridges fixed in one position, move the other away gradually, in steps of half a centimetre or so at a time, everytime comparing successively the notes emitted by the fork and the string till the two notes are approximately in unison. Under this condition you will probably hear beats (see Art 4.1). It may require a little practice before the ear can recognise them. Since this unison occurs between the shortest length of the wire, we conclude that this unison occurs between the fork and the fundamental tone of the string.

Slowly adjust the vibrating length untill the beats completely disappear. You now have complete unison. This method is know as the *method of beats.*

(b) Those who have no musical ear may proceed as follows:

Arrange the two movable bridges so that they are separated by a few centimetres only. Take a small piece of paper, fold it into an inverted V shape. Place this paper, popularly known as the *rider*, on the wire mid-way between the bridges. Now set the fork into vibration and place it vertically near the string with its shank on the board of the sonometer. The vibration of the fork will be communicated to the string, first through the board and then through the bridges. Go on adjusting the length by moving the bridges apart very slowly until the rider is thrown over. When this happens, the string vibrates in resonance with the tuning fork. *Care should be taken so that for every new adjustment of length the rider is always placed on the wire mid-way between the bridges.* Adjust the length so as to obtain maximum resonance when there will be violent motion of the string on placing the stem of the fork on the board. As a result the rider will be instantly thrown off just the moment the struck tuning fork is placed on the sonometer board. This is the desired length of the wire and the method is known as rider method.

Note : *It is better to use the lowest-frequency fork first so that complete unison of the vibration of the string in its fundamental form and the fork occurs with the bridges widely spaced. In order to achieve this condition, if it becomes necessary to alter the weight on the hanger, mentioned in operation (i) a bit, then this should be done. This (new) weight then should be kept constant throughout the rest of the experiment.*

(iii) Now measure the length of the wire between the bridges. Make three independent adjustment and take the mean length.

(iv) Repeat operations (ii) and (iii) for each tuning fork of known frequency and also for the tuning fork of unknown frequency. Determine for each of them the length (l) of the vibrating string, making sure that the string always vibrates in its fundamental tone.

(v) Plot, for the tuning forks of known frequencies, the n-l and n - $\frac{1}{l}$ curves with frequency n as the abscissa and l or $\frac{1}{l}$ as the ordinate. The first should be a rectangular hyperbola (Fig.4.3) while the second should be a straight line (Fig.4.4).

(vi) From either of the graphs read off the value of the frequency corresponding to the vibrating length which was obtained in case of the fork of unknown frequency.

Results :

Stretching weight of the wire, M=... ... ...gm.

No.of obs.	Frequency n	Resonating length in cm	mean resonating length (l)	$\frac{1}{l}$	nl = const
1	...	... ...	...	...	...
2	...	... ...	...	...	...
3	...		...	...	...
4	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...
6	unknown	... ...	...	...	...

n - l curve

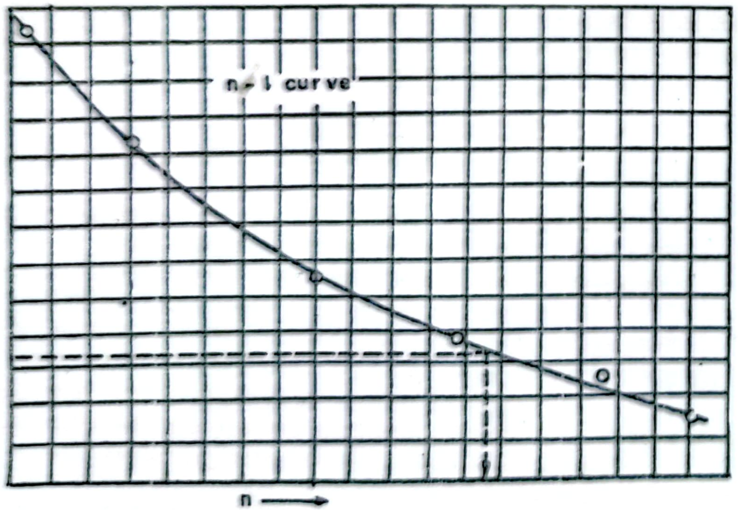


Fig. 4.3

n- $\frac{1}{l}$ curve

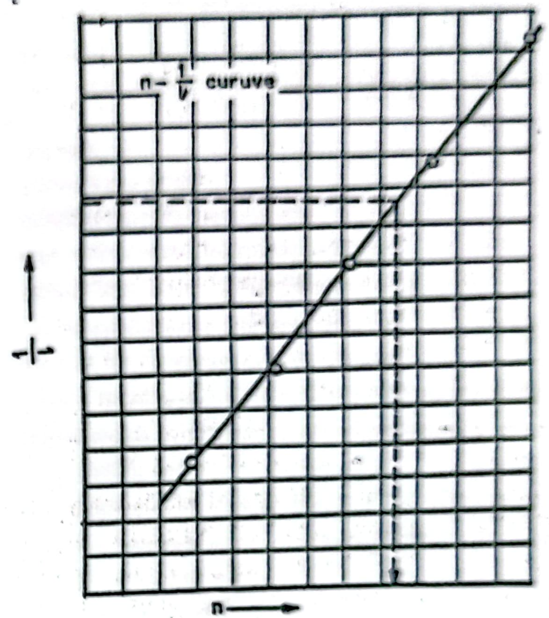


Fig. 4.4

The value of the unknown frequency as obtained from the graph=... ... ... vibrations per second.

Note : *On being worked out, the frequency may turn out to be a fraction. In that case always take the nearest integer.*

Discussions : (i) The wire should be stretched horizontally *i.e.*, B_1,B_2 and the pulley must all lie in one plane.

(ii) Pluck the wire by drawing a resined bow across it or by giving it a blow with a padded hammer. Do not use finger nails, otherwise overtones may occur. Pluck it in such a way that the intensity of the sound emitted by the fork and the string should be of the same order.

(iv) The fork should always be put into resonance with the shortest possible length of the string. This makes sure that the resonance has occured between the fork and the fundamental tone of the string.

(খ) সময়-তাপমাত্রা ডাটা

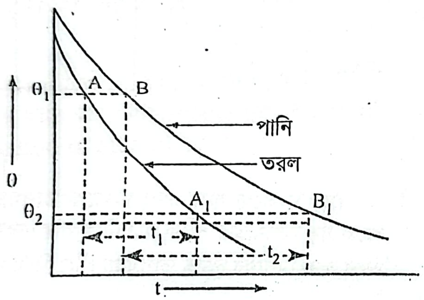
সময় মিনিট	0	1	2	3	4	5	6	7	8
তরলের তাপমাত্রা °C									
পানির তাপমাত্রা °C									

(গ) লেনচিত্র হতে প্রাপ্ত পাঠ

θ_1°C হতে θ_2°C পর্যন্ত শীতল হতে তরলের প্রয়োজনীয় সময় t_1 = ... মিনিট (গ্রাফ হতে) আবার θ_1°C হতে θ_2°C পর্যন্ত শীতল হতে পানির প্রয়োজনীয় সময় t_2 = ... মিনিট (গ্রাফ হতে)।

(খ) যদি ক্যালরিমিটারের পদার্থের আপেক্ষিক তাপ S_1 হয় তবে ক্যালরিমিটারের পানি-সম $W = W_1 \times S_1$ গ্রাম।

সমীকরণ (1)-এ W এর মান ও অন্যান্য মান বসিয়ে তরলের আপেক্ষিক তাপ S পাওয়া যায়।



চিত্র- ২২(খ)

ফলাফল (Results)

$$S = \frac{1}{M}\left\{\frac{(m+W)t_1}{t_2} - W\right\} = \text{.......} \text{ ক্যালরি/গ্রাম/°C}$$

সতর্কতা ও আলোচনা (Precautions and Discussion)

(১) বাষ্পীভবন এড়ানোর জন্য ক্যালরিমিটারে ঢাকনা ব্যবহার করা হয়। একই কারণে পরীক্ষণীয় তরলকে এবং পানিকে তাদের স্ফুটনাংকের কাছাকাছি তাপমাত্রা পর্যন্ত যেন উত্তপ্ত না করা হয় সেদিকে লক্ষ্য রাখা হয়।

(২) ক্যালরিমিটারে তরলের ও পানির আয়তন সমান নেয়া হয়।

(৩) পরীক্ষণীয় তরল বা পানিকে ক্যালরিমিটারে উত্তপ্ত না করে বাইরে অন্য একটি বীকারে উত্তপ্ত করা হয়।

(৪) উভয় ক্ষেত্রে ক্যালরিমিটারের বাইরের তলের প্রকৃতি এবং আবেষ্টনীর তাপমাত্রা একই রাখতে হয়।

প্রশ্ন ও উত্তর
Questions and answers

প্রশ্ন ঃ ১। এ পদ্ধতি কি নিউটনের শীতলীকরণ নীতির উপর নির্ভরশীল?
উত্তর ঃ হাঁ।
প্রশ্ন ঃ ২। এ পদ্ধতিতে কি শর্ত পূরণ হওয়া বাঞ্ছনীয়? উত্তর ঃ তত্ত্ব দেখ।
প্রশ্ন ঃ ৩। কোন্ প্রধান প্রক্রিয়ায় ক্যালরিমিটার হতে তাপ হারায়? উত্তর ঃ বিকিরণ।
প্রশ্ন ঃ ৪। ক্যালরিমিটারকে যদি খোলা রাখা হয় তবে কি এ পরীক্ষা সফল হবে?
উত্তর ঃ পারিপার্শ্বিকের সাথে তাপমাত্রার পার্থক্য বেশি হওয়ায় বিকিরণ বেশি হবে।
প্রশ্ন ঃ ৫। পরীক্ষণীয় তরল পদার্থ ও পানির আয়তন সমান রাখার প্রয়োজন কেন?
উত্তর ঃ তরল পদার্থের তাপ হারানো তরলের উন্মুক্ত তলের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে বলে।
প্রশ্ন ঃ ৬। কঠিন পদার্থ বা গ্যাসের ক্ষেত্রে এ প্রক্রিয়া কি প্রযোজ্য?
উত্তরঃ না, প্রযোজ্য নয়। কারণ নাড়ন কাঠি দ্বারা আলোড়িত করে কঠিন পদার্থ বা গ্যাসের তাপমাত্রা সর্বত্র সমান রাখা যায় না।
প্রশ্ন ঃ ৭। উদ্বায়ী (volatile) তরলের জন্য কি এ পদ্ধতি প্রয়োগ করা যায়?
উত্তর ঃ না, সম্ভব নয়- কারণ উদ্বায়ী তরলের স্ফুটনাঙ্ক কক্ষ তাপমাত্রার চেয়ে সামান্য বেশি। স্ফুটনাঙ্ক কক্ষ তাপমাত্রার চেয়ে অন্তত 30°C — 40°C বেশি হওয়া উচিত।

পরীক্ষণ—২৩ বিকিরণ সংশোধনসহ বরফ গলনের সুপ্ত তাপ নির্ণয়

(Determination of latent heat of fusion of ice with radiation correction)।

তত্ত্ব (Theoy)

একক ভরের বরফকে তার গলনাঙ্কে রেখে শুধুমাত্র গলাতে যে তাপের প্রয়োজন হয় তাকে বরফ গলনের সুপ্ত তাপ বলে।

মনে করি,
বরফের ভর = M গ্রাম
ক্যালরিমিটারে পানির ভর = m গ্রাম
নাড়ন কাঠিসহ ক্যালরিমিটারের ভর = W গ্রাম
ক্যালরিমিটারের উপাদানের আপেক্ষিক তাপ = S
পানিসহ ক্যালরিমিটারের আদি তাপমাত্রা = t_1^0C
ধরি বরফ গলনের সুপ্ত তাপ = L ক্যালরি/ গ্রাম

বিকিরণ সংশোধনের পর বরফ মিশ্রিত পানি ও ক্যালরিমিটারের সঠিক চূড়ান্ত তাপমাত্রা (Corrected final temperature of the mixture after radiation correction) = t_2^0C

এখানে, $t_1 > t_2$

ক্যালরিমিটার ও পানির তাপমাত্রা t_1^0C হতে t_2^0C তাপমাত্রায় নেমে আসতে হারান তাপ = $(m + WS)(t_1 - t_2)$

0°C তাপমাত্রার বরফ গলে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হওয়া এবং 0°C তাপমাত্রার গলিত পানি t_2^0C তাপমাত্রায় পৌঁছতে গৃহীত তাপ = $ML + Mt_2$

ক্যালরিমিতির সূত্র অনুযায়ী,
হারান তাপ = গৃহীত তাপ
অর্থাৎ, $(m + WS)(t_1 - t_2) = ML + Mt_2$

বা, $$L = \frac{(m + WS)(t_1 - t_2) - Mt_2}{M} \quad \text{...... ....} (1)$$

যন্ত্রপাতি (Apparatus)

তার জালের নাড়নকাঠিসহ ক্যালরিমিটার, সুবেদী থার্মোমিটার, বরফ, স্টপ-ওয়াচ, চোষ কাগজ (blotting paper), নিক্তি ইত্যাদি।

কার্যপদ্ধতি (Procodure)

(১) একই পদার্থের তৈরি তারজাল নাড়ন কাঠিসহ একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক ক্যালরিমিটার নিয়ে নিক্তির সাহায্যে এর ভর নির্ণয় করা হয়।

(২) কক্ষ-তাপমাত্রার পানি দ্বারা ক্যালরিমিটারের দুই-তৃতীয়াংশ পূর্ণ করে নাড়ন কাঠিসহ পুনরায় এর ভর নির্ণয় করা হয়। দ্বিতীয় ওজন থেকে প্রথম ওজন বিয়োগ করলে পানির ভর পাওয়া যায়।

(৩) পানিসহ ক্যালরিমিটারকে একটি প্রকোষ্ঠে একটি অপরিবাহী স্ট্যান্ডে স্থাপন করা হয় এবং একটি সুবে থার্মোমিটারের সাহায্যে এর তাপমাত্রা লিপিবদ্ধ করা হয়।

(৪) এবার কয়েক টুকরা বরফ নিয়ে চোষ কাগজ দ্বারা ভালভাবে মুছে এগুলোকে আস্তে আস্তে সাবধানে পানিতে নিক্ষে করা হয় যেন পানি ছিটকে বাইরে না পড়ে।

(৫) তার জাল নাড়ন কাঠি দ্বারা ক্যালরিমিটারের মধ্যে নিক্ষিপ্ত বরফের টুকরাগুলো সর্বক্ষণ নাড়তে হয়। প্রতি $\frac{১}{২}$ বা ১ মিনিট পর পর মিশ্রণের তাপমাত্রার পাঠ এবং একটি স্টপ-ওয়াচের সাহায্যে সময়ের পাঠ লিপিবদ্ধ করা হয়।

(৬) এভাবে সময়ের সাথে তাপমাত্রার পাঠ ততক্ষণ পর্যন্ত নেয়া হয় যতক্ষণ না ক্যালরিমিটারসহ মিশ্রণের তাপমাত্রা সর্বনিম্নে পৌঁছার পর আরও ৭—৮ বাড়ন্ত তাপমাত্রার পাঠ লিপিবদ্ধ করা হয়।

(৭) এবার প্রকোষ্ঠ থেকে বের করার পর নিক্তিতে বরফ গলা পানিসহ ক্যালরিমিটারের ওজন নেয়া হয়। ওজনের এ পাঠ থেকে দ্বিতীয় পাঠ বিয়োগ করলে বরফের ভর পাওয়া যায়।

(৮) ২২ নং পরীক্ষণের মত শীতলতার লেখচিত্রের পরিবর্তে এক্ষেত্রে উত্তপ্ততার লেখচিত্র (Heating Curve) অঙ্কন করে বিকিরণ সংশোধন পদ্ধতিতে চূড়ান্ত তাপমাত্রার শুদ্ধ পাঠ নেয়া হয়। (চিত্র ঃ ২৩-ক)।

পরীক্ষালব্ধ উপাত্ত (Experementia1 Data)

(ক) নাড়ন কাঠিসহ ক্যালরিমিটারের ভর, W = ... গ্রাম

পানি + নাড়ন কাঠিসহ ক্যালরিমিটারের ভর, W_1 = ... গ্রাম

ক্যালরিমিটারের পানির ভর, $W_1 - W = m$ = ... গ্রাম

নাড়ন কাঠিসহ ক্যালরিমিটার + পানি + বরফের একত্রে ভর, W_2 = ... গ্রাম

বরফের ভর, $W_2 - W_1 = M$ = ... গ্রাম

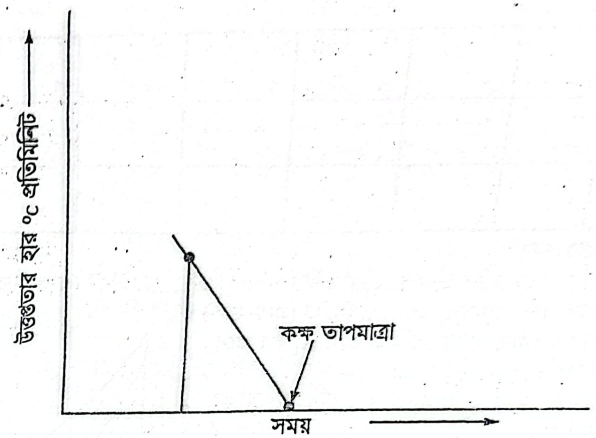
ক্যালরিমিটারের উপাদানের আপেক্ষিক তাপ = S

(খ) সময়— তাপমাত্রা পাঠ

ছক - ১

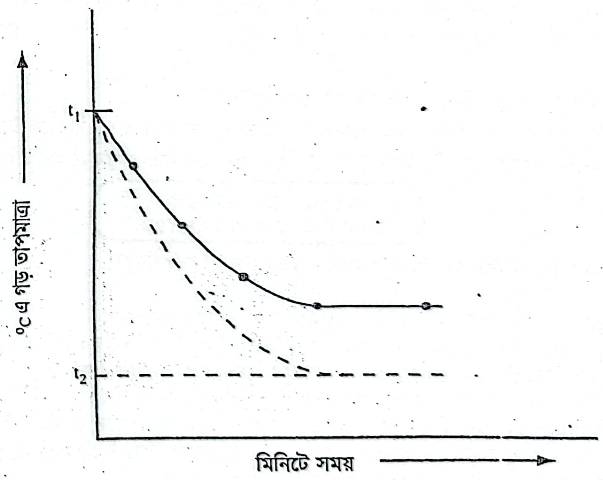
	১ম স্তম্ভ	২য় স্তম্ভ	৩য় স্তম্ভ	৪র্থ স্তম্ভ	৫ম স্তম্ভ	ষষ্ঠ স্তম্ভ	৭ম স্তম্ভ
	মিনিটে সময়	মিশ্রণসহ ক্যালরিমিটারের তাপমাত্রা °C	গড় তাপমাত্রা °C	উত্তপ্তকরণ হারের লেখচিত্র হতে উত্তপ্ততার হার °C/মিনিট	উত্তপ্ততার মোট পরিমাণ °C/মিনিট	গড় তাপমাত্রার সঠিক পাঠ °C	লেখচিত্র হতে গড় সংশোধিত তাপমাত্রা °C
কক্ষ তাপমাত্রা	0						
পড়ন্ত তাপমাত্রা	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						....
	7						
বাড়ন্ত তাপমাত্রা	8						
	9						
	10						
	11						
	12						
	13						

(গ) শেষ ৬টি বাড়ন্ত তাপমাত্রার গড় তাপমাত্রায় উত্তপ্ততার হার এবং কক্ষ তাপমাত্রায় উত্তপ্ততার হার (যা শূন্য) এ দুটি বিন্দু নিয়ে একটি লেখচিত্র অঙ্কন করা হয়। [চিত্র ২৩ (ক)]



চিত্র - ২৩ (ক) ঃ উত্তপ্ততার লেখচিত্র

(ঘ) X-অক্ষে সময় এবং Y-অক্ষে তাপমাত্রা °C একটি লেখচিত্র এবং একই গ্রাফ কাগজে X-অক্ষে সময় এবং অক্ষে গড় তাপমাত্রার সঠিক পাঠ নিয়ে আর একটি লেখচিত্র অঙ্কন করা হয়। ফুটকি চিহ্নিত (dotted) লেখচিত্রের অনুভূ অংশ হতে মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা t_2^0C নির্ণয় করা হয়।



চিত্র -২৩ (খ)

(Result)

$$L = \frac{(m + WS)(t_1 - t_2) - Mt_2}{M} = \ldots\ldots\ldots\ldots \text{ ক্যালরি/গ্রাম}$$

র্কতা ও আলোচনা (Precautions and Discussion)

(১) বরফ টুকরাকে ক্যালরিমিটারের পানিতে নিক্ষেপ করার পূর্বে চোষ কাগজ দিয়ে ভালভাবে মুছে নিতে হয়।

(২) একই পদার্থের তার জাল নাড়ন কাঠি দিয়ে বরফের টুকরাগুলোকে সর্বদা পানিতে নিমজ্জিত রাখতে হয়।

(৩) বরফের পরিমাণ খুব বেশি হওয়া ঠিক নয়। কারণ এতে ক্যালরিমিটারের গায়ে জলীয় বাষ্প জমা হতে পারে।

পরীক্ষণ–২৪ বিকিরণ সংশোধনসহ বাষ্পের সুপ্ত তাপ নির্ণয়

Determination of lalent heat of steem with radiation correction) ।

তত্ত্ব (Theory)

এক গ্রাম পানিকে তার স্ফুটনাঙ্কে (100°C) রেখে বাষ্পে পরিণত করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় অথবা পানির স্ফুটনাঙ্কে ১ গ্রাম বাষ্পকে পানিতে পরিণত করতে যে পরিমাণ তাপ বের হয়ে আসে তাকে বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ (latent heat of vaporisation of water or lalent heat of condensation of steam) বলে।

মনে করি, M = বাষ্পের ভর

M_1 = ক্যালরিমিটারের পানির ভর

W = ক্যালরিমিটারের পানি সম (Water equivalent)

t_1^oC = ক্যালরিমিটার ও পানির প্রাথমিক তাপমাত্রা

t_2^oC = বাষ্পের তাপমাত্রা

t^oC = বাষ্প ও ক্যালরিমিটারের পানির মিশ্রণের তাপমাত্রা (বিকিরণ সংশোধনের পর)

L = বাষ্পের সুপ্ততাপ

তাহলে তাপ পরিমাপের সূত্র অনুযায়ী বাষ্পের হারানো তাপ = পানিসহ ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ।

$$\therefore ML + M(t_2 - t) = (M_1 + W)(t - t_1)$$

অর্থাৎ

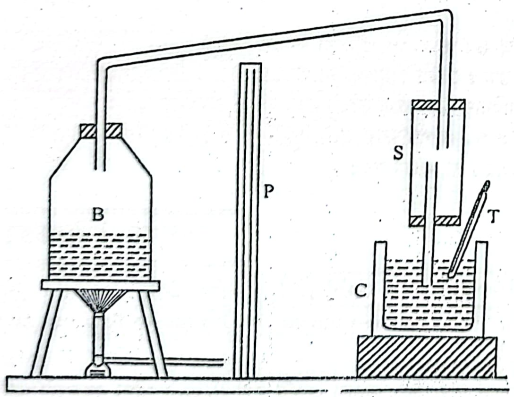
$$L = \frac{(M_1 + W)(t - t_1) - M(t_2 - t)}{M}$$

ক্যালরি / গ্রাম।

বিকিরণ সংশোধনসহ উপরোক্ত সমীকরণকে এভাবে লেখা যায়,

$$L = \frac{(M_1 + W)(T - t_1) - M(t_2 - T)}{M},$$

যেখানে T= মিশ্রণের সঠিক চূড়ান্ত তাপমাত্রা (°C)



চিত্র ঃ ২৪

যন্ত্রপাতি (Apparatus)

বাষ্প উৎপাদক (Steam boiler), বাষ্প ফাঁদ (steam trap), ক্যালরিমিটার, বুনসেন বার্ণার, নিক্তি, স্টপ-ওয়াচ, থার্মোমিটার ইত্যাদি।

যন্ত্রের বিবরণ

(Description of the Apparatus)

এ যন্ত্রে একটি বাষ্প উৎপাদক B থাকে। এখান থেকে বাষ্প একটি বাঁকা নলের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করে একটি কাঁচ নলের সাহায্যে বাষ্প ফাঁদে (S) প্রবেশ করে। স্টীম ফাঁদ হচ্ছে দু-মুখ খোলা একটি ছোট গ্লাস চোঙ। খোলা মুখগুলি কর্ক দ্বারা শক্তভাবে আটকানো থাকে।

বাষ্পের সাথে যুক্ত পানির ক্ষুদ্র কণা এ বাষ্প ফাঁদে আটকা পড়ে যায় এবং বাষ্প শুষ্ক অবস্থায় চোঙ থেকে বেরিয়ে আসতে পারে। একটি নির্গম নলের মধ্য দিয়ে বাষ্প ক্যালরিমিটার C-তে প্রবেশ করতে পারে। এ নলটি চোঙের প্রায় উপর প্রান্ত হতে ক্যালরিমিটারের ভিতর পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে। পানিসহ ক্যালরিমিটার একটি অপরিবাহী স্থাপনার উপর বসানো থাকে।

কার্যপদ্ধতি (Procedure)

(১) একটি শুষ্ক ও পরিষ্কার ক্যালরিমিটার নিয়ে নিক্তির সাহায্যে নাড়নকাঠিসহ খালি অবস্থায় এর ভর নির্ণয় করা হয়।

(২) ক্যালরিমিটারের দু-তৃতীয়াংশ পানি দ্বারা পূর্ণ করে পুনরায় নাড়নকাঠিসহ এর ভর নির্ণয় করা হয়। দ্বিতীয় পাঠ থেকে প্রথম পাঠ বিয়োগ করে পানির ভর পাওয়া যায়।

(৩) একটি সুবেদী থার্মোমিটারের সাহায্যে ক্যালরিমিটারের পানির তাপমাত্রা নির্ণয় করা হয়। এ তাপমাত্রাই কক্ষ তাপমাত্রা নির্দেশ করে।

(৪) ক্যালরিমিটারকে পানিসহ বাষ্প ফাঁদের নীচে বসান হয় এবং সংযোগ নলকে ক্যালরিমটারের পানিতে ডুবিয়ে দেয়া হয়।

(৫) বয়লারে বাষ্প উৎপাদন করা হয় এবং বাষ্পের একটি স্রোত ক্যালরিমিটারের পানিতে সরবরাহ করা হয় যতক্ষণ না কক্ষ তাপমাত্রার চেয়ে তাপমাত্রা 15°C বৃদ্ধি পায়।

(৬) তাপমাত্রা বৃদ্ধির সময় নাড়ন কাঠি দ্বারা পানিকে সর্বদা আলোড়িত করা হয় এবং প্রতি প্রতি $\frac{১}{২}$ বা ১ মিনিট অন্তর এর তাপমাত্রা লিপিবদ্ধ করা হয়।

(৭) বাষ্প সরবরাহ বন্ধ করে ক্যালরিমিটারকে পূর্বের অবস্থানে নিয়ে আসা হয়। তাপমাত্রা হ্রাস হতে থাকলেও প্রতি $\frac{১}{২}$ বা ১ মিনিট পর পর ৬ থেকে ৮টি পাতন তাপমাত্রার পাঠ লিপিবদ্ধ করা হয়।

(৮) ক্যালরিমিটারকে মিশ্রণসহ ঠাণ্ডা করা হয় এবং কক্ষের তাপমাত্রায় আসলে নিক্তির সাহায্যে ওজন করা হয়। তৃতীয় ওজন থেকে ২য় ওজন বিয়োগ করলে ঘনীভূত বাষ্পের ওজন পাওয়া যায়।

(৯) সময় ও তাপমাত্রার পাঠগুলোকে তালিকাভুক্ত করে ২১(ক) নম্বর পরীক্ষার মত বিকিরণ সংশোধন করে চূড়ান্ত তাপমাত্রার সঠিক পাঠ নির্ণয় করা হয়।

পরীক্ষালব্ধ উপাত্ত (Experimental Data)

(ক) নাড়ন কাঠিসহ ক্যালরিমিটারের ভর, W_1 = ... গ্রাম

ক্যালরিমিটার + নাড়ন কাঠি + কক্ষ তাপমাত্রায় পানির ভর, W_2 = ... গ্রাম

পানির ভর, $W_2 - W_1 = M_1$ = ... গ্রাম

ক্যালরিমিটার + নাড়ন কাঠি + পানি + ঘনীভূত বাষ্পের ভর, W_3 = ... গ্রাম

ঘনীভূত বাষ্পের ভর, $W_3 - W_2 = M$ = ... গ্রাম

ক্যালরিমিটার পদার্থের আপেক্ষিক তাপ, S = ...

ক্যালরিমিটারের পানি-সম, $W = W_1S$ = ... গ্রাম

পানির প্রাথমিক তাপমাত্রা, t_1°C= ....

বাষ্পের উষ্ণতা, t_2^oC= ....

বিকিরণ সংশোধনসহ মিশ্রণের সঠিক চূড়ান্ত তাপমাত্রা, T °C= ....

(৫) কিছুক্ষণ অপেক্ষা করলে ফ্লাস্কের বাতাস আবার গরম হয়ে যায় এবং পরীক্ষণের প্রাথমিক তাপমাত্রা প্রাপ্ত হয়। একই সাথে চাপও বৃদ্ধি পায়। ফলে ম্যানোমিটারে তরল তলের উচ্চতার পার্থক্য সৃষ্টি হয়। উচ্চতার পার্থক্য স্থিতিতে আসলে এর পাঠ h_2 লিপিবদ্ধ করা হয়।

(৬) উপরোক্ত কার্য পদ্ধতি অন্তত তিন বার পুনরাবৃত্তি করা হয়।

(৭) h_1 কে X-অক্ষে এবং $(h_1 - h_2)$ কে Y-অক্ষে নির্দেশ করে একটি লেখচিত্র অঙ্কন করা হয় (চিত্র -২৭খ)। এটি একটি সরলরেখার রূপ নেয়। গ্রাফ হতে h_1 এবং h_2 নির্ণয় করে সমীকরণ (4) এর সাহায্যে γ-এর মান পাওয়া যায়।

পরীক্ষলব্ধ উপাত্ত (Experimental Data)

(ক) ছক - ১ ঃ h_1 এবং h_2 উপাত্ত

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	ম্যানোমিটারে তরল–তলের উচ্চতার পাঠ						h_1-h_2 (সে.মি)	$\gamma = \frac{h_1}{h_1-h_2}$	গড় γ
	ফ্লাস্কে বায়ু প্রবেশের ফলে বাতাসের চাপ বৃদ্ধির পর			রুদ্ধতাপ প্রসারণের পর স্থিরাবস্থা আসলে					
	বামনল A সে.মি	ডাননল B সে.মি	পার্থক্য $h_1 = B-A$ সে.মি	বামনল A' সে.মি	ডাননল B' সে.মি	পার্থক্য $h_2 = B'-A'$ সে.মি			
1	....	....	....	....	....	....	....	....	
2	....	....	....	....	....	....	....	....	
3	....	....	....	....	....	....	....	....	
.									....
.									
.									
5	....	....	....	....	....	....	....	....	

(খ) $(h_1 - h_2) \sim h_2$ লেখচিত্র অঙ্কন

হিসাব (Calculation)

(i) $\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} =$ ....

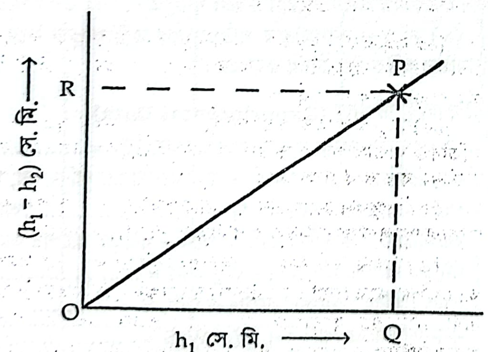
(ii) $\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} =$ ....

(iii) $\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} =$ ....

$\therefore$ গড় $\gamma =$ ....

গ্রাফ হতে,

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} = \frac{PR}{PQ} = \text{..............}$$



চিত্র - ২৭ (খ)

ফলাফল (Results)

(i) $\gamma =$ .... (হিসাব হতে প্রাপ্ত)

(ii) $\gamma =$ .... (গ্রাফ হতে প্রাপ্ত)

সতর্কতা ও আলোচনা (Precautions and Discussion)

১। পরীক্ষার শুরুতেই ম্যানোমিটারের দু'বাহুর তরল– তলের উচ্চতা সমান করা হয়।

২। ম্যানোমিটারের দু'বাহুর তরল– তল স্থির অবস্থায় আসার পর পাঠ নেয়া হয়।

৩। স্টপ -কক T_2 খোলা এবং বন্ধ দ্রুত করার পর বাতাস কক্ষ তাপমাত্রায় না আসা পর্যন্ত অপেক্ষা করা হয়।

৪। ফ্লাস্কটি যাতে কোন রকমে তাপ না হারায় সেজন্য একে তুলা ভর্তি কাঠের বাক্সে বসানো হয়।

প্রশ্ন ও উত্তর
Questions and answers

প্রশ্ন -১। স্থির চাপে ও স্থির আয়তনে কোন গ্যাসের আপেক্ষিক তাপ বলতে কি বুঝায়?

উত্তর ঃ এক গ্রাম ভরের কোন গ্যাসের চাপ স্থির রেখে এর তাপমাত্রা 1°C বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন তাকেই ঐ গ্যাসের স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ (C_p) বলে।

এক গ্রাম ভরের কোন গ্যাসের আয়তন স্থির রেখে এর তাপমাত্রা 1°C বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকেই ঐ গ্যাসের স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপ (C_v) বলে।

প্রশ্ন-২। C_p ও C_v এর মান কি সমান?

উত্তর ঃ না, $C_p > C_v$ অর্থাৎ C_p এর মান C_v অপেক্ষা বেশি।

প্রশ্ন ৩। γ বলতে কি বুঝায়?

উত্তর। C_p ও C_v এর অনুপাতকে γ বলে।

প্রশ্ন ৪। $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ কি সব গ্যাসের জন্য সমান?

উত্তর ঃ না, এক পরমাণুবিশিষ্ট গ্যাসের জন্য (যেমন— হিলিয়াম, পারদ বাষ্প ইত্যাদি) এর মান সর্বাধিক। অণুতে পরমাণু বাড়লে এর মান কমে যায়।

প্রশ্ন ৫। সমোষ্ণ প্রক্রিয়া কি?

উত্তর ঃ যে প্রক্রিয়ায় কোন গ্যাসের চাপ ও আয়তন পরিবর্তিত হলেও এর তাপমাত্রা স্থির থাকে তাকে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া বলে।

প্রশ্ন ৬। রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়া কাকে বলে?

উত্তর ঃ যে প্রক্রিয়ায় কোন গ্যাসের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তনে তাপের কোন প্রকার আদান প্রদান হয় না এবং তাপের মোট পরিমাণ স্থির থাকে তাকে রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়া বলে।

প্রশ্ন ৭। এ পরীক্ষায় প্রাথমিক চাপ ও চূড়ান্ত চাপ কি সমান?

উত্তর ঃ না, সমান নয়।

শব্দ বিজ্ঞান

পরীক্ষণ—২৮ n-l লেখচিত্র অঙ্কন করে টিউনিং ফর্কের কম্পাঙ্ক নির্ণয় (To draw n-l curve and hence to find out the frequency of a given fork)।

তত্ত্ব (Theory)

কোন টানা তার কেবল একটি লুপ (loop) গঠন করে কাঁপতে থাকলে তারটির মধ্যবিন্দুতে একটি সুস্পন্দ বিন্দু (antinode) এবং দুপ্রান্তে দুটি নিস্পন্দ বিন্দুর (node) উৎপত্তি ঘটে। তারের এ কম্পনে যে সুর সৃষ্টি হয় তাকে মূল সুর fundamental note) বলে। n কম্পাঙ্কের কোন টিউনিং ফর্ক যখন l দৈর্ঘ্যের তারের এ মূল সুরের ঐক্যতানে আসে তখন আমরা লিখতে পারি,

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}} \quad \text{.............................} \ (1)$$

এক্ষেত্রে l = কম্পমান তারের দৈর্ঘ্য

T = তারের প্রযুক্ত টান (Tension)

এবং m = একক দৈর্ঘ্যের ভর

তারের প্রযুক্ত টান T এবং একক দৈর্ঘ্যের ভর m অপরিবর্তিত (constant) থাকলে (1) নম্বর সমীকরণকে আমরা লিখতে পারি

$$n \propto \frac{1}{l}$$

বা, nl = একটি ধ্রুবক (Constant)

টান অপরিবর্তিত রেখে n_1, n_2, n_3, n_4 ইত্যাদি কম্পাঙ্কের টিউনিং ফার্কের জন্য যদি একই তারে যথাক্রমে l_1, l_2, l_3, l_4 ইত্যাদি দৈর্ঘ্য ঐক্যতানে আসে তবে

$$n_1l_1 = n_2l_2 = n_3l_3 = n_4l_4 = \text{..........} = \text{একটি ধ্রুবক} \ \text{......................} \ (2)$$

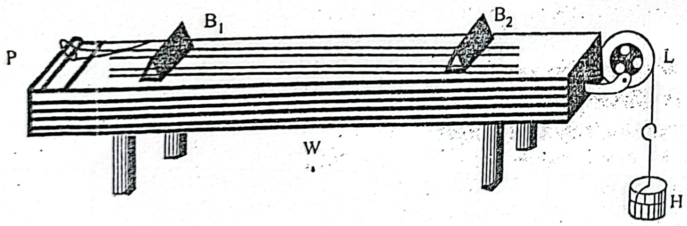
এখন টিউনিং ফর্কের জানা কম্পাঙ্ককে X-অক্ষ বরাবর এবং আনুষঙ্গিক অনুনাদ দৈর্ঘ্যকে Y-অক্ষ বরাবর নির্দেশ করে একটি লেখচিত্র অঙ্কন করলে তা একটি আয়তাকার পরাবলয় (Rectangular hyperbola) হবে। অজানা কম্পাঙ্কবিশিষ্ট টিউনিং ফর্কের অনুনাদী দৈর্ঘ্য l' এর সাহায্যে এ লেখচিত্র হতে এর কম্পাঙ্ক n' নির্ণয় করা যায়।

যন্ত্রপাতি (Apparatus)

সনোমিটার, জানা কম্পাঙ্কের ৬/৭টি টিউনিং ফর্ক, অজানা কম্পাঙ্কের একটি টিউনিং ফর্ক, রবার যুক্ত কাঠের হাতুড়ী, মিটার স্কেল, হ্যাঙ্গার, কয়েকটি বাটখারা, কাঠের ব্রীজ ইত্যাদি।

সনোমিটার যন্ত্রের বিবরণ (Description of Sonometer)

সানোমিটার প্রায় এক মিটার লম্বা একটি ফাঁপা আয়তাকার কাঠের বাক্স W [চিত্র-২৮(ক)]।



চিত্র-২৮(ক)

এ বাক্সের উপরিভাগে একটি ইস্পাতের সরু তার থাকে। এ তারের এক প্রান্ত একটি P পিনের সাথে শক্তভাবে আটকানো থাকে। অপর প্রান্ত L কপিকলের উপর দিয়ে একটি ওজনবাহী H এর সাথে শক্তভাবে যুক্ত থাকে। ওজনবাহীতে (hanger) বিভিন্ন ওজন স্থাপন করে তারে টানের পরিবর্তন করা যায়। ইস্পাতের তারটির নিচে দুটি সঞ্চরণশীল ব্রীজ B_1 এবং B_2 থাকে। তীক্ষ্ণ ধাতব ধার বিশিষ্ট ব্রীজদ্বয়ের অবস্থান পরিবর্তন করে অনুনাদ দৈর্ঘ্য নির্ণয় করা হয়। তারের পাশ দিয়ে আটকানো একটি মিটার স্কেলের সাহায্যে দৈর্ঘ্যের পরিমাপ করা হয়।

কার্যপদ্ধতি (Procedure)

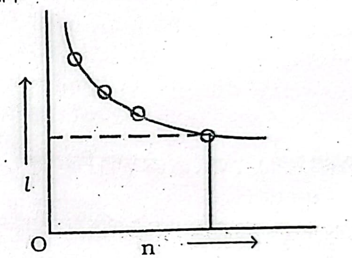
(১) একটি ছাড়া অন্যসব কয়টি জানা কম্পাঙ্কের এক সেট টিউনিং ফর্ক (৬-৭টি) নেয়া হয়। হ্যাঙ্গারে একটি নির্দিষ্ট মানের ওজন চাপিয়ে সনোমিটারের তারটিকে টান টান করা হয়। পরীক্ষা চলাকালীন এ ওজনের আর কোন পরিবর্তন হবে না।

(২) কাঠের হাতুড়ী দিয়ে একটি টিউনিং ফর্ককে আঘাত করা হয়। ফর্কের একটি ডানাকে (prong) প্রথম সেতুর (ব্রীজ) কাছাকাছি খুব আলতোভাবে স্পর্শ করিয়ে তারের দৈর্ঘ্য বরাবর অন্য ব্রীজের দিকে টেনে আনা হলে তারের একটি নির্দিষ্ট স্থানে একটি তীব্র ভাঙ্গা শব্দ শোনা যায়। প্রথম ব্রীজটি এরপর ঐ স্থানে নিয়ে আসা হয়। এটাই ঐক্যতানের আনুমানিক অবস্থান।

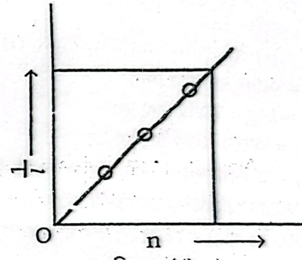
(৩) টিউনিং ফর্কটিকে আবার আঘাত করে সনোমিটার বোর্ডের উপর স্থাপন করলে একটি উচ্চ শব্দ শোনা যায়। এ পর্যায়ে একটি ছোট কাগজের টুকরা V আকারে ভাঁজ করে তারের উপরের দু-ব্রীজের মাঝখানে বসিয়ে দেয়া হয়। ব্রীজ দুটি অল্প এদিক-ওদিক সরাতে থাকতে হয় যতক্ষণ পর্যন্ত না কাগজের টুকরাটি পড়ে যায়। এ অবস্থায় অনুনাদ সৃষ্টি হয় এবং টিউনিং ফর্কের কম্পাঙ্ক ও তারের কম্পাঙ্ক সমান হয়। ব্রীজ দুটির মধ্যকার দূরত্বই অনুনাদী দৈর্ঘ্য l_1 এভাবে তিনবার দৈর্ঘ্য ঠিক করে গড় দৈর্ঘ্য নেয়া হয়।

(৪) এভাবে অজানাসহ সব কয়টি টিউনিং ফর্কের জন্য (২) এবং (৩) পদ্ধতির পুনরাবৃত্তি করা হয়।

(৫) দৈর্ঘ্য l -কে Y-অক্ষে বরাবর এবং কম্পাঙ্ক n-কে X-অক্ষে বরাবর নির্দেশ করে একটি লেখচিত্র (চিত্র : ২৮ -খ) অঙ্কন করা হয়। এ লেখচিত্র একটি আয়তাকার পরাবলয় হবে। লেখচিত্র হতে অজানা কম্পাঙ্কের অনুনাদী দৈর্ঘ্য l' এর জন্য n_1' নির্ণয় করা হয়।



চিত্র -২৮ (খ)



চিত্র-২৮(গ)

(৬) আবার টিউনিং ফর্কের কম্পাঙ্ক n-কে X-অক্ষে বরাবর এবং $\frac{1}{l}$ কে Y-অক্ষে বরাবর নির্দেশ করে আর একটি লেখচিত্র (চিত্র - ২৮গ) অঙ্কন করা হয়। এ $n - \frac{1}{l}$ লেখচিত্রটি একটি সরলরেখা হবে। এ লেখচিত্র হতে অজানা কম্পাঙ্ক n_2' পাওয়া যায়। দু-অজানা কম্পাঙ্কের গড় কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা যায়।

পরীক্ষালব্ধ উপাত্ত (Experimental Data)

(ক) হ্যাঙ্গারে নির্দিষ্ট ভার = ... kg

(খ) $n - l$ পাঠ

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	টিউনিং ফর্কের কম্পন সংখ্যা n C/S	অনুনাদী দৈর্ঘ্য l সে. মি.	গড় অনুনাদী দৈর্ঘ্য l সে. মি.	$\frac{1}{l}$	$n - l$ লেখচিত্র হতে কম্পন সংখ্যা n'_1	$n - \frac{1}{l}$ লেখচিত্র হতে কম্পন সংখ্যা n'_2	গড় কম্পন সংখ্যা $n' = \frac{n'_1 + n'_2}{2}$
1							
2							
3							
4							
ইত্যাদি							

ফলাফল (Result)

n' = ...(গ্রাফ হতে)।

সতর্কতা ও আলোচনা (Precautions and Discussion)

(১) টিউনিং ফর্ক খুব জোরে সনোমিটার বোর্ডের উপর রাখা উচিত নয়।

(২) প্রতিটি টিউনিং ফর্কের জন্য অনুনাদী দৈর্ঘ্য খুব সতর্কতার সাথে মাপা উচিত।

(৩) অনুনাদ দৈর্ঘ্য নির্ণয়কালে স্পন্দিত টিউনিং ফর্ক যেন সনোমিটার তারকে স্পর্শ না করে সেটা লক্ষ্য করা উচিত।

পরীক্ষণ–২৯ সনোমিটারের সাহায্যে একটি টানা তারে সৃষ্ট আড় কম্পনের সূত্রগুলোর সত্যতার প্রমাণ (Verification of the laws of transverse vibration of a stretched string) ।

তত্ত্ব (Theory)

কোন টানা তারে আড় কম্পন সৃষ্টির ফলে যদি এর দু-প্রান্তে দুটি নিস্পন্দ বিন্দু (node) এবং মাঝখানে একটি সুস্পন্দ (antinode) বিন্দুর সৃষ্টি হয় তবে ঐ তারের কম্পাঙ্কের রাশিমালা হবে

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}} \quad \text{.........................} \quad (1)$$

এক্ষেত্রে l = তারের কম্পমান দৈর্ঘ্য

$T = Mg$ = তারের টানা বল

m = তারের একক দৈর্ঘ্যের ভর

সমীকরণ (1) হতে দেখা যায় যে টানা তারের কম্পাঙ্ক তিনটি রাশি l, T এবং m এর উপর নির্ভরশীল।

সুতরাং টানা তারের আড় কম্পনকে তিনটি সূত্র দ্বারা প্রমাণ করা যায়।

প্রথম সূত্র (দৈর্ঘ্যের সূত্র) ঃ T এবং m ধ্রুব থাকলে তারের কম্পাঙ্ক তারের কম্পমান দৈর্ঘ্যের ব্যস্তানুপাতিক অর্থাৎ

$$n \propto \frac{1}{l}$$

অথবা, $nl = n_1l_1 = n_2l_2 = \text{..............} =$ একটি ধ্রুবক।

দ্বিতীয় সূত্র (টানের সূত্র) ঃ l ও m স্থির রাখলে

$$n \propto \sqrt{T}$$

অর্থাৎ $\frac{n^2}{T} = \frac{n_1^2}{T_1} = \frac{n_2^2}{T_2^2} = \text{................} =$ একটি ধ্রুবক।

তৃতীয় সূত্র (ভরের সূত্র) ঃ l এবং T স্থির রাখলে

$$n \propto \sqrt{\frac{1}{m}}$$

অর্থাৎ $n^2m = n_1^2m_1 = n_2^2m_2 = \text{................} =$ একটি ধ্রুবক।

যন্ত্রপাতি (Apparatus)

সনোমিটার, বিভিন্ন কম্পাঙ্কের কয়েকটি টিউনিং ফর্ক, প্যাডযুক্ত কাঠের হাতুড়ী, ওজন বাক্স, নিক্তি, মিটার স্কেল ইত্যাদি।

কার্যপদ্ধতি (Procedure)

প্রথম সূত্রের প্রমাণ ঃ

(১) n_1, n_2, n_3 ইত্যাদি কম্পাঙ্কের কয়েকটি টিউনিং ফর্ক নেয়া হয়। হ্যাঙ্গারে নির্দিষ্ট পরিমাণ ওজন বসিয়ে সনোমিটার তারকে টানে রাখা হয়।

ব্রীজদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে একটি ছোট কাগজের টুকরা V আকারে ভাজ করে তারের উপর বসিয়ে দেয়া হয়। ধরি n_1 কম্পাঙ্কবিশিষ্ট একটি টিউনিং ফর্ককে আঘাত করে কম্পন সৃষ্টি হলে সনোমিটার বোর্ডের উপর ধরা হয়। ব্রীজ দুটোকে একটু

এদিক ওদিক সরিয়ে সমন্বয় করতে থাকলে এক সময় কাগজের টুকরাটি পড়ে যায়। এ অবস্থায় টিউনিং ফর্কের কম্পন সংখ্যা ও আন্দোলিত তারের কম্পন সংখ্যা সমান হয় অর্থাৎ অনুনাদ সৃষ্টি হয়। একটি মিটার স্কেলের সাহায্যে ব্রীজ দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব l_1 পরিমাপ করা হয়।

(৩) একই নিয়মে n_2, n_3, n_4 ইত্যাদি কম্পাঙ্কবিশিষ্ট টিউনিং ফর্কের জন্য যথাক্রমে l_2, l_3, l_4 ইত্যাদি অনুনাদী দৈর্ঘ্য পরিমাপ করা হয়। দেখা যায় $n_1l_1 = n_2l_2 = n_3l_3 = \text{..............} =$ ধ্রুবক।

(৪) n কে X-অক্ষ বরাবর এবং l কে Y-অক্ষ বরাবর নির্দেশ করে একটি লেখচিত্র অঙ্কন করা হয়। লেখচিত্রটি একটি আয়তাকার পরাবলয় (rectangular hyperbola) হয়।

দ্বিতীয় সূত্রের প্রমাণ ঃ

(১) সবচেয়ে কম কম্পাঙ্কযুক্ত টিউনিং ফর্ক নেয়া হয়। হ্যাঙ্গারে সবচেয়ে কম ভর রেখে সনোমিটারে অনুনাদিক দৈর্ঘ্য (l) নির্ণয় করা হয়। এ দৈর্ঘ্যকে স্থির রেখে পরবর্তী কার্যক্রম গ্রহণ করা হয়।

(২) টানকে পরিবর্তন করে প্রত্যেক টিউনিং ফর্কের জন্য উক্ত স্থির দৈর্ঘ্যে অনুনাদ সৃষ্টি করা হয়।

(৩) টিউনিং ফর্কের কম্পাঙ্ক (n) ও তাদের সংশ্লিষ্ট টানের (T) একটি তালিকা লিপিবদ্ধ করা হয়।

(৪) n^2 বনাম T একটি লেখচিত্র অঙ্কন করা হয়। এটি একটি সরলরেখা হবে।

তৃতীয় সূত্রের প্রমাণ ঃ

(১) সনোমিটারে মূল তারে টান প্রয়োগ করা হয় এবং একটি সাহায্যকারী তার নিয়ে এর প্রান্তে নির্দিষ্ট টান প্রয়োগ করা হয়।

(২) মূল তারের একটি নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের জন্য বিশেষ টানযুক্ত সাহায্যকারী তারে অনুনাদিক দৈর্ঘ্য নির্ণয় করা হয়। তিনটি পাঠের গড় মান বের করা হয়।

(৩) মূল তারের পরিবর্তে অপর একটি তার সনোমিটারে বসানো হয়। এ তারে প্রথম তারের দৈর্ঘ্য নির্দিষ্ট করা হয় এবং এ দৈর্ঘ্যের জন্য সাহায্যকারী তারের অনুনাদিক দৈর্ঘ্য নির্ণয় করা হয়।

(৪) এভাবে অন্যান্য তারের একটি নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের জন্য সাহায্যকারী তারের অনুনাদিক দৈর্ঘ্য নির্ণয় করা হয়।

(৫) নিক্তির সাহায্যে প্রতিটি তারের একক দৈর্ঘ্যের ভর নির্ণয় করা হয়। একক দৈর্ঘ্যের ভর (m) এবং অনুনাদিক দৈর্ঘ্য (l) এর তালিকা লিপিবদ্ধ করা হয়।

(৬) m বনাম l^2 একটি লেখচিত্র অংকন করা হয় যা একটি সরল রেখা হবে।

পরীক্ষালব্ধ উপাত্ত (Experimental Data)

(ক) প্রথম সূত্র প্রমাণের পাঠ

ছক - ১

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	টিউনিং ফর্কের কম্পাঙ্ক (n) সেকেন্ড$^{-1}$	অনুনাদ দৈর্ঘ্য (l) সে.মি.	nl = ধ্রুবক
1			
2			
3			
4			
5			
6			