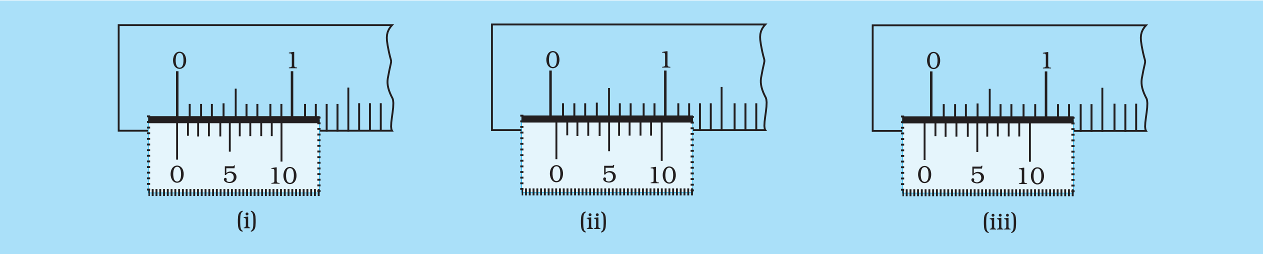


આકૃતિ E 1.2 : **શૂન્ય ત્રુટિ (i) શૂન્ય ત્રુટિ વિના (ii) ધન શૂન્ય ત્રુટિ (iii) ઋણ શૂન્ય ત્રુટિ**

શૂન્ય ત્રુટિ ધન કે ઋણ હોઈ શકે. જે આકૃતિ E 1.2 (ii) અને (iii) માં દર્શાવેલ છે. આ સ્થિતિમાં, લીધેલા અવલોકનોમાં સુધારો જરૂરી છે.

(iii) ધન શૂન્ય ત્રુટિ :

આકૃતિ E 1.2 (ii) એ ધન શૂન્ય ત્રુટિનું ઉદાહરણ છે. આકૃતિ પરથી, જ્યારે બંને જડબા એકબીજાના સંપર્કમાં રહેલા હોય ત્યારે જોઈ શકાય છે કે વર્નિયર માપક્રમનો શૂન્ય એ મુખ્ય માપક્રમના શૂન્યની જમણી બાજુ ખસેલો હોય છે. (ઉત્પાદનની ખામી અથવા અયોગ્ય વપરાશ ને કારણે આવું થઈ શકે છે.) આ પરિસ્થિતિમાં અવલોકન લેતા હોય ત્યારે સ્પષ્ટ છે કે લીધેલ અવલોકન એ ખરેખર (સાચા) અવલોકન કરતાં વધારે હોય છે. આથી, સુધારો લાગુ પાડવો જરૂરી બને છે કે જે વર્નિયર સ્કેલ જેટલો જમણી તરફ ખસેલો હોય તેના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

આદર્શ પરિસ્થિતિમાં વર્નિયર માપક્રમનો શૂન્ય એ મુખ્ય માપક્રમના શૂન્ય સાથે સુસંગત થવો જોઈએ પરંતુ અહીં આકૃતિ E 1.2 (ii), વર્નિયર માપક્રમનો 5 મો વિભાગ મુખ્ય માપક્રમના વિભાગ (અવલોકન) સાથે સુસંગત થાય છે.

$\therefore$ શૂન્ય ત્રુટિ = + 5 × લઘુત્તમ માપ = + 0.05 cm

તેથી આ કિસ્સામાં શૂન્ય ત્રુટિ ધન છે. આથી, કઈ પણ માપ માટે કરવામાં આવેલ અવલોકનમાંથી શૂન્ય ત્રુટિ બાદ કરવામાં આવે છે. (આ ઉદાહરણમાં + 0.05 cm)

$\therefore$ સાચું અવલોકન = નોંધેલ અવલોકન - (+ શૂન્ય ત્રુટિ)

(iv) ઋણ શૂન્ય ત્રુટિ :

આકૃતિ E 1:2 (iii) ઋણ શૂન્ય ત્રુટિનું ઉદાહરણ દર્શાવે છે. આ આકૃતિ પરથી, જ્યારે બંને જડબા એકબીજાના સંપર્કમાં રહેલા હોય, ત્યારે જોઈ શકાય છે કે વર્નિયર માપક્રમનો શૂન્ય એ મુખ્ય માપક્રમની ડાબી બાજુ ખસેલો હોય છે. આ પરિસ્થિતિમાં અવલોકન લેતા હોય, ત્યારે સ્પષ્ટ છે કે લીધેલ અવલોકન એ ખરેખર (સાચા) અવલોકન કરતાં ઓછું હોય છે. આથી, સુધારો લાગુ પાડવો જરૂરી બને છે કે જે વર્નિયર સ્કેલ જેટલો ડાબી તરફ ખસેલો હોય, તેના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

આકૃતિ E 1.2 (iii) માં વર્નિયર માપક્રમનો 5 મો વિભાગ મુખ્ય માપક્રમના વિભાગ (અવલોકન) સાથે સુસંગત થાય છે.

$\therefore$ શૂન્ય ત્રુટિ = – 5 × લઘુત્તમ માપ

= – 0.05 cm

નોંધો કે આ કિસ્સામાં શૂન્ય ત્રુટિ ને ઋણ ગણવામાં આવી છે. આથી કોઈપણ માપ માટે કરવામાં આવેલ અવલોકનમાંથી શૂન્ય ઋણ ત્રુટિ (આ ઉદાહરણમાં – 0.05 cm) બાદ કરવામાં આવે. આથી, તે કરવામાં આવેલ અવલોકનના મૂલ્યમાં ઉમેરવામાં આવે છે.

∴ સાચું અવલોકન = નોંધેલ અવલોકન – (- શૂન્ય ત્રુટિ)

કોષ્ટક E 1.1 (a) નાના ગોળાકાર/નળાકાર પદાર્થના વ્યાસનું માપન

ક્રમ નં.	મુખ્ય માપક્રમનું અવલોકન M (cm/mm)	વર્નિયર માપક્રમનો સુસંગત થતા વિભાગનો નંબર N	વર્નિયર સ્કેલ અવલોકન $V = N \times V_C$ (cm/mm)	માપેલ વ્યાસ M + V (cm/mm)
1.				
2.				
3.				
4.				

શૂન્ય ત્રુટિ, e = ± ... cm

માપેલ સરેરાશ વ્યાસ = ... cm

સુધારેલ વ્યાસ = માપેલ સરેરાશ વ્યાસ - શૂન્ય ત્રુટિ = ... cm

કોષ્ટક E 1.1 (b) આપેલ નિયમિત આકારના પદાર્થ (લંબઘન બ્લૉક)ના પરિમાણનું માપન

પરિમાણ	ક્રમ નં.	મુખ્ય માપનું અવલોકન M (cm/mm)	વર્નિયર માપક્રમનો સુસંગત થતા વિભાગનો નંબર N	વર્નિયર સ્કેલનું અવલોકન $V = N \times V_C$ (cm/mm)	માપેલ પરિમાણ M + V (cm/mm)
લંબાઈ (*l*)	1.				
	2.				
	3.				
પહોળાઈ (*b*)	1.				
	2.				
	3.				
ઊંચાઈ (*h*)	1.				
	2.				
	3.				

શૂન્ય ત્રુટિ = ± ... mm/cm

માપેલ સરેરાશ લંબાઈ = ... cm, માપેલ સરેરાશ પહોળાઈ = ... cm

માપેલ સરેરાશ ઊંચાઈ = ... cm

સુધારેલ લંબાઈ = ... cm, સુધારેલ પહોળાઈ = ... cm

સુધારેલ ઊંચાઈ = ... cm

કોષ્ટક E 1.1 (c) આપેલ બીકર / કેલોરીમીટર / નળાકારીય ગ્લાસના અંદરના વ્યાસ અને ઊંડાઈનું માપન

પરિમાણ	ક્રમ	મુખ્ય માપક્રમનું અવલોકન M (cm/mm)	વર્નિયર માપક્રમનો સુસંગત થતા વિભાગનો નંબર N	વર્નિયર સ્કેલનું અવલોકન $V = N \times V_C$ (cm/mm)	માપેલ પરિમાણ M + V (cm/mm)
આંતરિક વ્યાસ	1.				
(D')	2.				
	3.				
ઊંડાઈ (h)	1.				
	2.				
	3.				

સરેરાશ વ્યાસ = ... cm

સરેરાશ ઊંડાઈ = ... cm

સુધારેલ વ્યાસ = ... cm

સુધારેલ ઊંડાઈ = ... cm

ગણતરી :

(a) ગોળા/નળાકારીય પદાર્થના વ્યાસનું માપન

માપેલ સરેરાશ વ્યાસ $D_0 = \dfrac{D_1 + D_2 + \ldots + D_6}{6}$ cm

$\therefore D_0 = \ldots$ cm $= \ldots \times 10^{-2}$ m.

આપેલ પદાર્થનો સુધારેલ વ્યાસ $D = D_0 - (\pm e) = \ldots \times 10^{-2}$ m

(b) લંબઘન બ્લૉકની લંબાઈ, પહોળાઈ અને ઊંચાઈનું માપન

માપેલ સરેરાશ લંબાઈ, $l_0 = \dfrac{l_1 + l_2 + l_3}{3}$ cm

$\therefore l_0 = \ldots$ cm $= \ldots \times 10^{-2}$ m

બ્લૉકની સુધારેલ લંબાઈ $l = l_0 - (\pm e) = \ldots$ cm

માપેલ સરેરાશ પહોળાઈ $b_0 = \dfrac{b_1 + b_2 + b_3}{3}$

બ્લૉકની માપેલ સરેરાશ પહોળાઈ $b_0 = \ldots$ cm $= \ldots \times 10^{-2}$ m

બ્લૉકની સુધારેલ પહોળાઈ $b = b_0 - (\pm e) = \ldots \times 10^{-2}$ m

બ્લૉકની માપેલ સરેરાશ ઊંચાઈ, $h_0 = \dfrac{h_1 + h_2 + h_3}{3}$

બ્લૉકની સુધારેલ ઊંચાઈ $h = h_0 - (\pm e) = ...$ cm

લંબઘન બ્લૉકનું કદ,

$$V = lbh = ...\ \text{cm}^3 = ... \times 10^{-6}\ \text{m}^3$$

બ્લૉકની ઘનતા,

$$\rho = \frac{m}{V} = ...\ \text{kgm}^{-3}$$

(c) બીકર / ગ્લાસના આંતરિક વ્યાસનું માપન

માપેલ સરેરાશ આંતરિક વ્યાસ $D_0 = \dfrac{D_1 + D_2 + D_3}{3}$

$\therefore\ D_0 = ...\ \text{cm} = ... \times 10^{-2}\ \text{m}$

સુધારેલ આંતરિક વ્યાસ

$$D = D_0 - (\pm e) = ...\ \text{cm} = -\ ... \times 10^{-2}\ \text{m}$$

બીકરની માપેલ સરેરાશ ઊંડાઈ $h_0 = \dfrac{h_1 + h_2 + h_3}{3}$

$$= ...\ \text{cm} = ... \times 10^{-2}\ \text{m}$$

બીકરની સુધારેલી માપેલ ઊંડાઈ,

$$h = h_0 - (\pm e) = ...\ \text{cm} = ... \times 10^{-2}\ \text{m}$$

બીકરનું આંતરિક કદ

$$V = \frac{\pi D^2 h}{4} = ... \times 10^{-6}\ \text{m}^3$$

પરિણામ :

(a) ગોળાકાર/નળાકારીય પદાર્થનો વ્યાસ

$$D = ... \times 10^{-2}\text{m}$$

(b) આપેલ લંબઘન બ્લૉકની ઘનતા

$$\rho = ...\ \text{kgm}^{-3}$$

(c) આપેલ બીકરનું આંતરિક કદ

$$V' = ...\ \text{m}^3$$

સાવચેતીઓ :

1. જો વર્નિયર માપક્રમ એ મુખ્ય માપક્રમ પર સરળતાથી સરકે નહી તો મશીન ઑઈલ/ગ્રીસનો ઉપયોગ કરો.
2. સ્ક્રૂના આંટાઓને થતું કોઈપણ પ્રકારનું નુકસાન અટકાવવા માટે વર્નિયર માપક્રમનો સ્ક્રૂ કોઈ વધારાના અનુચિત દબાણ વિના સજ્જડ કરો.
3. દૃષ્ટિસ્થાનભેદ ને લીધે ઉદ્ભવતી કોઈપણ ત્રુટિને નિવારવા વિભાગના ચિહ્ન ઉપર જ સીધી નજર (લંબ નજર) રાખો.
4. દરેક અવલોકન યોગ્ય સાર્થક અંકો અને એકમો સહિત નોંધો.

ત્રુટિના ઉદ્ગમો :

વર્નિયર કેલીપર્સનો ઉપયોગ કરીને મેળવેલું અવલોકન ખોટું બની શકે જો.

(i) સાધનમાં ઉદ્ભવેલી શૂન્ય ત્રુટિને ધ્યાનમાં લેવાયેલ ન હોય અને

(ii) વર્નિયર કેલીપર્સ, પદાર્થની સાપેક્ષે યોગ્ય સ્થિતિમાં ગોઠવાયેલ ન હોય, ખાલી જગ્યા અથવા અનુચિત દબાણ અથવા બંને નિવારો.

ચર્ચા :

1. વર્નિયર કેલીપર્સ એ ચોક્કસ પ્રકારના માપ માટે જરૂરી અને યોગ્ય છે કે જ્યાં પદાર્થના જરૂરી પરિમાણો મુક્ત પણે સુલભ હોય. તે ઘણી પરિસ્થિતિઓમાં ઉપયોગમાં લઈ શકાતું નથી. દા.ત. ધાતુના બ્લૉકમાં કાણું પાડીને બનાવેલા વ્યાસ 'd' ના માપનમાં જો વ્યાસ d ઘણો નાનો હોય - જેમ કે 2 mm, તો વ્યાસ કે છિદ્રની ઊંડાઈ વર્નિયર કેલીપર્સ વડે માપી શકાતી નથી.
2. અત્રે એ સમજવું પણ અગત્યનું છે કે વર્નિયર કેલીપર્સનો ઉપયોગ લંબાઈ / પહોળાઈ / જાડાઈ વગેરે માપવા માટે ત્યારે જ ઉપયોગી છે કે જ્યારે પરિણામ (જેવું કે તારના કદનું માપન)માં ચોકસાઈની ઈચ્છિત માત્રા વધારે હોય. જ્યાં ચોકસાઈની પરિણામ પર બહુ અસર ના થતી હોય, ત્યાં તેનો (વર્નિયર કેલીપર્સ)નો ઉપયોગ અર્થહીન છે. દાખલા તરીકે સાદા લોલકના પ્રયોગમાં ગોળાના વ્યાસનું માપન કેમ કે $L >> d$.

સ્વ મૂલ્યાંકન :

1. વર્નિયર કેલીપર્સનો ઉપયોગ કરીને માપન લેવાના કૌશલ્યના વિકાસનું પ્રમાણ આવો સ્વાધ્યાય કરવાથી જાણી શકે છે. વસ્તુઓ જેવી કે બંગડીઓ / કંગન, લખોટી કે જેમના પરિમાણ દોરાની મદદથી પરોક્ષ રીતે માપવામાં આવે છે. ત્યાં આ કૌશલ્ય હસ્તગત કરીને બંને પદ્ધતિ દ્વારા મેળવેલ અવલોકનોની સરખામણી કરી શકાય છે.
2. વર્નિયર એ માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ કેવી રીતે ઘટાડે છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ :

1. આપેલ કાચ / ધાતુના નળાકારીય પદાર્થની ઘનતા નક્કી કરો.
2. દરવાજા અને પાટીયાની જાડાઈ માપો.
3. પાણીની પાઈપનો બહારનો વ્યાસ માપો.

વધારાનો સ્વાધ્યાય :

1. ફોર્ટીનના બેરોમીટરમાં વપરાતા વર્નિયર માપક્રમમાં સામાન્ય રીતે 20 VSD એ 19 MSD (દરેક વિભાગ 1 mm લંબાઈ સાથે સુસંગત થાય છે. વર્નિયરનું લઘુત્તમ માપ શોધો.
2. સ્પેક્ટ્રોમીટર / સેક્સ્ટંટમાં આપવામાં આવેલ વર્નિયર માપક્રમ (કોણીય)માં સામાન્ય રીતે 60 VSD એ59 MSD (દરેક વિભાગ $1°$ નો ખૂણો). સાથે સુસંગત થાય છે. વર્નિયરનું લઘુત્તમ માપ શોધો.
3. વર્નિયર કેલીપર્સના વર્નિયર માપક્રમમાં વિભાગોની સંખ્યા વધારીને તેના માપનની ચોકસાઈમાં કેવી અસર કરી શકાય ?
4. વર્નિયર કેલીપર્સની જોડ અને આપેલ નળાકારનો ઉપયોગ કરીને તમે πનું મૂલ્ય કેવી રીતે નક્કી કરશો ?

   (**Hint :** વર્નિયર કેલીપર્સનો ઉપયોગ કરીને નળાકારના વ્યાસ માપો અને દોરાનો ઉપયોગ કરીને નળાકારનો પરિઘ માપો. પરિઘ અને વ્યાસ (D)નો ગુણોત્તર π દર્શાવે છે.)
5. વર્નિયર કેલીપર્સનો ઉપયોગ કરીને પોલાદ (સ્ટીલ)માંથી બનાવેલ ટમ્બલરની ધાતુની જાડાઈ તમે કેવી રીતે શોધશો ?

   (**Hint :** ટમ્બલરનો આંતરિક વ્યાસ (D_1) અને બાહ્ય વ્યાસ (D_0) માપો. પછી ધાતુની જાડાઈ $D_t = \dfrac{D_0 - D_1}{2}$).

પ્રયોગ 2

હેતુ

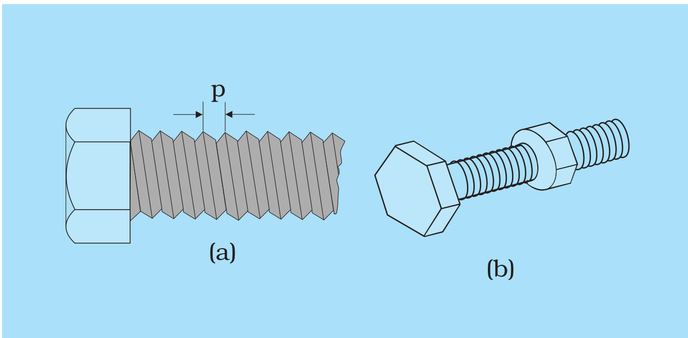
સ્ક્રૂ ગેજનો ઉપયોગ કરી
(a) આપેલા તારનો વ્યાસ માપો.
(b) આપેલા પતરાની જાડાઈ માપો અને
(c) અનિયમિત સીટનું (લેમીના) કદ નક્કી કરો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

તાર, ધાતુનું પતરું, અનિયમિત સીટ (લેમીના), મીલીમીટર આલેખ પેપર, પેન્સિલ અને સ્ક્રૂ ગેજ.

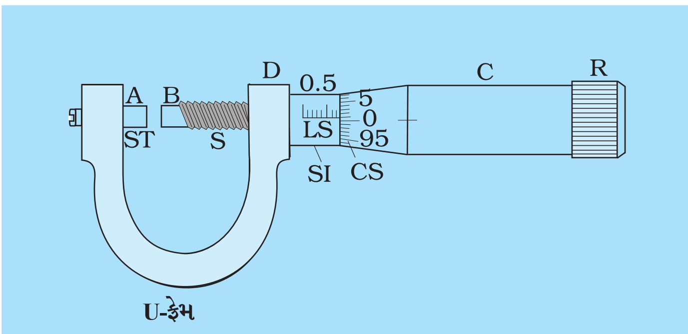
સાધનનું વર્ણન

1. વર્નિયર કેલીપર્સની મદદથી તમે સામાન્ય રીતે 0.1 mm સુધીની ચોકસાઈથી લંબાઈનું માપન કરી શકો છો. વધારે ચોકસાઈથી લંબાઈનું માપન 0.01 mm અથવા 0.005 mm સુધી સ્ક્રૂગેજના ઉપયોગ વડે થઈ શકે. આ રીતે સ્ક્રૂગેજ એ વર્નિયર કેલીપર્સ કરતાં વધારે ચોકસાઈ વાળું સાધન છે. તમે સામાન્ય સ્ક્રૂ જોયો હશે. (આકૃતિ E2.1 (a)). સ્ક્રૂ ઉપર આંટા હોય છે. કોઈ પણ બે ક્રમિક આંટા વચ્ચેનું અંતર સમાન હોય છે. સ્ક્રૂને વિષમઘડી કે સમઘડી દિશામાં પરિભ્રમણ કરાવી પાછળ કે આગળ ખસેડી શકાય છે. (આકૃતિ E2.1 (b)).



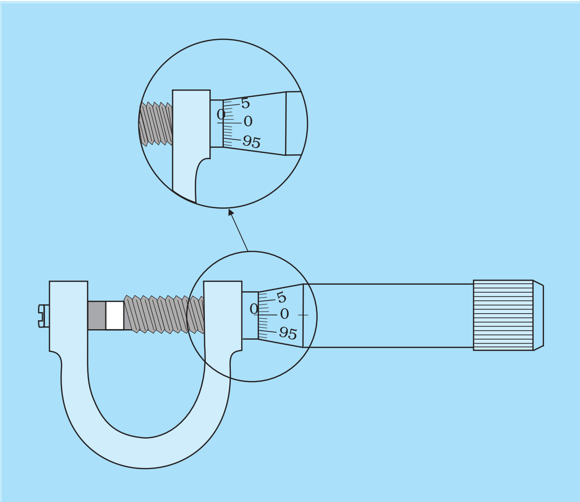
આકૃતિ E 2.1A : સ્ક્રૂ (a) નટ વિના (b) નટ સાથે

જ્યારે સ્ક્રૂ તેનું એક પરિભ્રમણ પૂર્ણ કરે છે ત્યારે તેણે કાપેલ અંતર, બે ક્રમિક આંટા વચ્ચેના અંતર જેટલું હોય છે. આ અંતરને સ્ક્રૂનું પેચ અંતર કહે છે. (આકૃતિ E2.1 (A))માં સ્ક્રૂનું પેચ અંતર P દર્શાવેલ છે. જે સામાન્ય રીતે 1 mm કે 0.5 mm હોય છે. આકૃતિ E2.2 સ્ક્રૂ ગેજ દર્શાવે છે. તેમાં સ્ક્રૂ 'S' છે. જેને આગળ કે પાછળ એક પરિભ્રમણ કરાવીને તેના મથાળા પર રહેલ C ને રેચેટ R વડે ફેરવી શકાય છે. અહીં U ફ્રેમની એક શાખા (ભૂજા) સાથે સુરેખ માપક્રમ 'LS' જોડેલ હોય છે. સુરેખ માપક્રમમાં સૌથી નાના વિભાગનું મૂલ્ય 1



આકૃતિ E 2.2 : સ્ક્રૂ ગેજનો દેખાવ

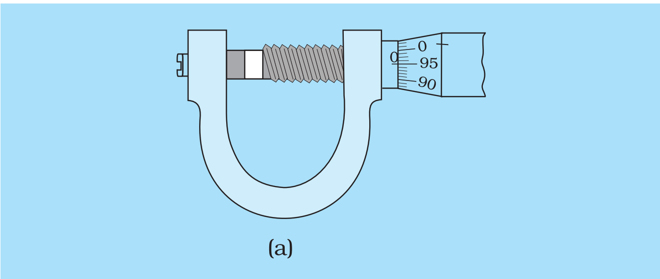
mm (એક પ્રકારના સ્ક્રૂ ગેજમાં) હોય છે. તેના મથાળા પર વર્તુળાકાર માપક્રમ CS હોય છે જે પરિભ્રમણ કરાવી શકાય છે. વર્તુળાકાર માપક્રમ પર 100 વિભાગ હોય છે.
જ્યારે સ્ક્રૂનો B છેડો, બંને છેડે આંટાવાળા ST ની સપાટી A ને સ્પર્શે, ત્યારે મુખ્ય માપક્રમ અને વર્તુળાકાર માપક્રમના શૂન્યોનાં ચિહ્નો એક બીજા સાથે સુસંગત થાય છે.



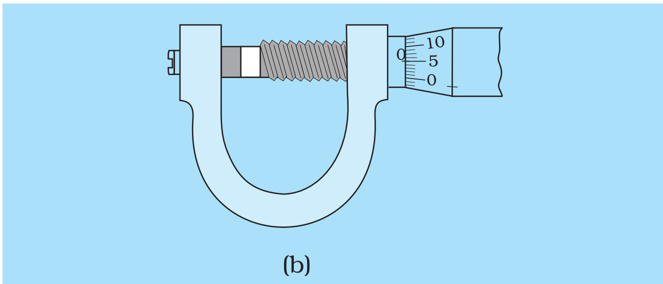
આકૃતિ E 2.3 : શૂન્ય ત્રુટિ સિવાયનું સ્ક્રૂ ગેજ

શૂન્ય ત્રુટિ

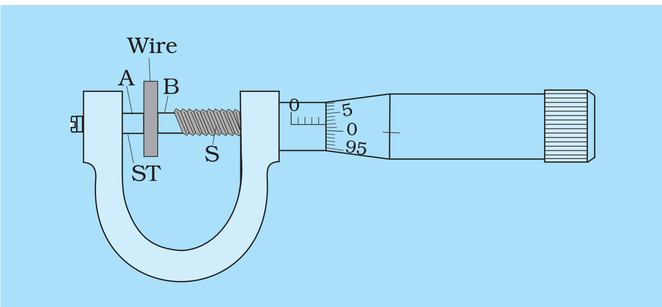
જ્યારે સ્ક્રૂનો છેડો અને બંને છેડે આંટાવાળા સ્ક્રૂની સપાટી એકબીજા સાથે સંપર્કમાં આવે ત્યારે સુરેખ માપક્રમ અને વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન શૂન્ય થવું જોઈએ. જો કોઈ કિસ્સામાં આવું ન થાય, તો સ્ક્રૂ ગેજમાં રહેલી ત્રુટિને શૂન્ય ત્રુટિ કહે છે.
આકૃતિ E 2.3 માં જ્યારે સપાટીઓ (સમતલો) A અને B એકબીજાને સ્પર્શે ત્યારે વિર્વધિત કરેલ ચિત્ર દર્શાવેલ છે. અહીં LS અને CS ના શૂન્યના ચિહ્ન એકબીજા સાથે સુસંગત થાય છે.
જ્યારે વર્તુળાકાર માપક્રમ સુરેખ માપક્રમના શૂન્ય કરતાં વધારે (અથવા ધન) હોય ત્યારે સાધનમાં **ધન શૂન્ય ત્રુટિ** છે તેમ કહેવાય જે આકૃતિ E 2.4 (a) માં દર્શાવેલ છે. જ્યારે વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન, સુરેખ માપક્રમના શૂન્ય કરતાં ઓછું (અથવા ઋણ) હોય, ત્યારે સાધનમાં **ઋણ શૂન્ય ત્રુટિ** છે. તેમ કહેવાય જે આકૃતિ E 2.4 (b) માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ E 2.4 (a) : ધન શૂન્ય ત્રુટિ



આકૃતિ E 2.4 (b) : ઋણ શૂન્ય ત્રુટિ



આકૃતિ E 2.5 : સ્ક્રૂ ગેજ વડે જાડાઈ માપવી

સુરેખ માપક્રમના અવલોકન લેવા

સુરેખ માપક્રમ પર વર્તુળાકાર માપક્રમની ડાબી બાજુના છેડા પર સૌથી નજીક રહેલ માપના ચિહ્નને સુરેખ માપક્રમનું અવલોકન કહે છે. દાખલા તરીકે, આકૃતિ E 2.5 માં દર્શાવ્યા મુજબ સુરેખ માપક્રમનું અવલોકન 0.5 cm છે.

વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન લેવા

વર્તુળાકાર માપક્રમનો જે વિભાગ મુખ્ય માપક્રમની રેખા સાથે સુસંગત થાય તેને વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન કહે છે. દાખલા તરીકે આકૃતિ 2.5 માં વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન 2 છે.

કુલ અવલોકન :

કુલ અવલોકન

= સુરેખ માપક્રમનું અવલોકન + વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન × લઘુત્તમ માપ.

$= 0.5 + 2 \times 0.001$

$= 0.502$ cm

સિદ્ધાંત

સ્ક્રૂએ કાપેલું સુરેખ અંતર તે તેને આપવામાં આવેલ પરિભ્રમણના સમપ્રમાણમાં હોય છે. વર્તુળાકાર માપક્રમના એક વિભાગ જેટલું સ્ક્રૂને પરિભ્રમણ આપતાં, સ્ક્રૂએ સુરેખ માપક્રમ પર કાપેલ અંતર એ સાધન દ્વારા ચોકસાઈપૂર્વક માપી શકાતું નાનામાં નાનું અંતર છે. જેને સાધનનું લઘુત્તમ માપ કહે છે.

$$\text{લઘુત્તમ માપ} = \frac{\text{પેચ અંતર}}{\text{વર્તુળાકાર માપક્રમ પરના વિભાગની સંખ્યા}}$$

દાખલા તરીકે જે સ્ક્રૂગેજનું પેચ અંતર 1 mm અને વર્તુળાકાર સ્કેલ પર 100 વિભાગ હોય, તેનું લઘુત્તમ માપ $\frac{1\,\text{mm}}{100} = 0.01$ mm થશે.

આ સ્ક્રૂગેજ વડે માપી શકાતી નાનામાં નાની લંબાઈ છે.

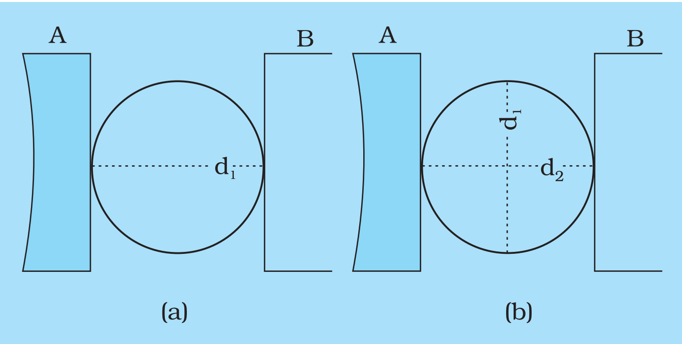
બીજા એક પ્રકારના સ્ક્રૂગેજમાં, પેચ અંતર 0.5 mm અને વર્તુળાકાર માપક્રમ પર 50 વિભાગ છે. આ સ્ક્રૂ ગેજનું લઘુત્તમ માપ 0.5 mm / 50 = 0.01 mm છે. અત્રે નોંધો કે વર્તુળાકાર માપક્રમના બે પરિભ્રમણ કરાવવાથી સ્ક્રૂ એ કાપેલ અંતર 1 mm થશે. કેટલાક સ્ક્રૂગેજમાં લઘુત્તમ માપ 0.001 mm (એટલે કે 10^{-6}m) હોય છે અને આથી તેને માઈક્રોમીટર સ્ક્રૂ કહે છે.

પદ્ધતિ

1. સ્ક્રૂગેજ લો અને સ્ક્રૂના મથાળા પરનો રેચેટ R યોગ્ય રીતે કામ કરે છે તે ચકાસો.
2. સ્ક્રૂને પરિભ્રમણ કરાવો. દા.ત. 10 પૂર્ણ પરિભ્રમણ કરાવો અને કેટલું અંતર કાપે છે. તે અવલોકન કરો. આ અંતરનું અવલોકન, વર્તુળાકાર માપક્રમની ડાબી બાજુના છેડા પર સુરેખ માપક્રમ પરના ચિહ્ન પર મળશે. પછી સ્ક્રૂનું પેચ અંતર શોધો. એટલે કે સ્ક્રૂના એક પૂર્ણ પરિભ્રમણ માટેનું અંતર નક્કી કરો. જો વર્તુળાકાર માપક્રમ પર n વિભાગ હોય, તો સ્ક્રૂને વર્તુળાકાર સ્કેલના એક વિભાગ જેટલું પરિભ્રમણ કરાવતાં કાપેલ અંતરને સ્ક્રૂગેજનું લઘુત્તમ માપ કહે છે. એટલે કે,

$$\text{લઘુત્તમ માપ} = \frac{\text{પેચ અંતર}}{n}$$

3. સ્ક્રૂ અને સ્ક્રૂગેજના બે બાજુ આંટાવાળા સ્ક્રૂની વચ્ચે તારને દાખલ કરો. રેચેટને ફેરવીને સ્ક્રૂને આગળ તરફ ગતિ કરાવો કે જેથી તાર સ્ક્રૂ અને સ્ક્રૂગેજના બે બાજુ આંટાવાળા સ્ક્રૂની વચ્ચેની જગ્યામાં મૃદુતાથી પકડાઈ રહે. જુઓ આકૃતિ E 2.5. જે ક્ષણે 'કટ' અવાજ આવે તે ક્ષણે રેચેટને ફેરવવાનું બંધ કરો.
4. રેખીય માપક્રમ અને વર્તુળાકાર માપક્રમના અવલોકનો લો.
5. આ બંને અવલોકનો પરથી તારનો વ્યાસ મેળવો.
6. તારને ચોક્કસ રીતે વર્તુળાકાર આડછેદ ન પણ હોઈ શકે. તેથી, તારની એકબીજાને કાટખૂણે હોય, તેવી બે સ્થિતિમાં વ્યાસનું માપન કરવું જરૂરી છે. આ માટે, પહેલાં વ્યાસ d_1નું અવલોકન નોંધો. (આકૃતિ E 2.6 (a)) અને પછી તારને તે આડછેદની સ્થિતિમાંથી 90° પરિભ્રમણ આપો. આ સ્થિતિમાં વ્યાસ d_2નું અવલોકન નોંધો. (આકૃતિ E 2.6 (b)).
7. તાર સાચી રીતે નળાકાળીય ન પણ હોઈ શકે. આથી જુદાં જુદાં અમુક સ્થાનેથી વ્યાસનું માપન કરવું જરૂરી છે અને તે વ્યાસનું સરેરાશ મૂલ્ય મેળવો. આ માટે, ક્રમ (3) થી (6) તારની ત્રણ વધુ સ્થિતિ માટે પુનરાવર્તિત કરો.



આકૃતિ E 2.6 (a) :

8. આ રીતે મેળવેલ વ્યાસના જુદાં જુદાં મૂલ્યોની સરેરાશ મેળવો.
9. તારના વ્યાસનું સાચું (સુધારેલ) મૂલ્ય મેળવવા માટે શૂન્ય ત્રુટિ જો હોય, તો યોગ્ય નિશાની સહિત બાદ કરો.

અવલોકનો અને ગણતરી

રેખીય માપક્રમ પરના સૌથી નાના વિભાગની લંબાઈ = ... mm

સ્ક્રૂ ને જ્યારે x જેટલા પૂર્ણ પરિભ્રમણ કરાવવામાં આવે ત્યારે

કાપેલ અંતર y = ... mm

સ્ક્રૂનું પેચ અંતર $= \frac{y}{x}$ = ... mm

વર્તુળાકાર માપક્રમ પરના વિભાગની સંખ્યા n = ...

સ્ક્રૂગેજનું લઘુત્તમ માપ. (L. C.)

$$= \frac{\text{પેચ અંતર}}{\text{વર્તુળાકાર માપક્રમ પરના વિભાગોની સંખ્યા}} = \text{... mm}$$

નિશાની સહિત શૂન્ય ત્રુટિ (કાપાનો નંબર × લઘુત્તમ માપ) = ... mm

કોષ્ટક E 2.1 તારના વ્યાસનું માપન

ક્રમ	એક જ દિશાના અવલોકન (d_1)			લંબદિશાના અવલોકન (d_2)			માપેલો વ્યાસ $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$ mm
	રેખીય માપક્રમ પરનું અવલોકન M (mm)	વર્તુળાકાર માપક્રમ પરનું અવલોકન n	વ્યાસ $d_1 = \text{M} + n \times \text{L.C.}$ (mm)	રેખીય માપક્રમ પરનું અવલોકન M (mm)	વર્તુળાકાર માપક્રમ પરનું અવલોકન (n)	વ્યાસ $d_2 = \text{M} + n \times \text{L.C.}$ (mm)	
1.							
2.							
3.							
4.							

સરેરાશ વ્યાસ = ... mm

સુધારેલા સરેરાશ વ્યાસનું મૂલ્ય

= માપેલ વ્યાસ - (નિશાની સહિત શૂન્ય ત્રુટિ) = ... mm

પરિણામ

સ્ક્રૂ ગેજ વડે માપેલ આપેલ તારનો વ્યાસ = ... m

સાવચેતીઓ

1. અનુચિત દબાણ કે જે વ્યાસમાં ફેરફાર કરાવી શકે તેને નિવારવા માટે સ્ક્રૂગેજની રેચેટ ગોઠવણનો ફરજિયાત ઉપયોગ કરો.
2. સ્ક્રૂને માત્ર એક જ દિશામાં ગતિ કરાવો નહીતર સ્ક્રૂમાં 'પ્લે' ઉત્પન્ન થશે.
3. સ્ક્રૂ ઘર્ષણ વિના મુક્ત રીતે ખસવું જોઈએ.
4. તારની લંબાઈ પરના ઓછામાં ઓછા જુદાં જુદાં ચાર બિંદુઓ પાસેથી અવલોકનો લેવા જોઈએ.
5. દૃષ્ટિસ્થાનભેદને લીધે ઉદ્ભવતી ત્રુટિને નિવારવા બધા જ અવલોકનો આંખને લંબરૂપે રાખી (લંબ નજરે) મેળવો.

ત્રુટિના ઉદ્ગમો

1. તાર સમાન આડછેદ ધરાવતો ન પણ હોઈ શકે.
2. તીવ્ર નકારાત્મક પ્રતિક્રિયા દ્વારા ઉદ્ભવતી ત્રુટિને લઘુત્તમ બનાવી શકાય પરંતુ તેને સંપૂર્ણપણે નિવારી શકાતી નથી.

તીવ્ર નકારાત્મક પ્રતિક્રિયાની ત્રુટિ :

સારા સાધનમાં (સ્ક્રૂગેજ હોય કે સ્ફેરોમીટર હોય) સ્ક્રૂ પરના આંટા અને નટ (ચાકી - કે જેમાં સ્ક્રૂ ફરે છે) તેમાં આંટા એકબીજા સાથે ચુસ્ત રીતે બેસવા જોઈએ તેમ છતાં, વારંવારના વપરાશથી બંને, સ્ક્રૂ અને નટ પરના આંટા નબળાં પડી જાય છે. પરિણામ સ્વરૂપ બે આંટાની વચ્ચે જગ્યા ઉદ્ભવે છે. જેને 'પ્લે' કહેવામાં આવે છે. સ્ક્રૂગેજ જેવા સાધનમાં આંટામાં રહેલી 'પ્લે'ને કારણે માપનમાં ત્રુટિ દાખલ થઈ શકે છે. આવી ત્રુટિને તીવ્ર નકારાત્મક પ્રતિક્રિયાની ત્રુટિ (backlash error) કહે છે. તીવ્ર નકારાત્મક પ્રતિક્રિયાની ત્રુટિ ધરાવતા સાધનમાં સ્ક્રૂને પરિભ્રમણ આપ્યા સિવાય તે સરકીને થોડું રેખીય અંતર કાપે છે તેને રોકવા માટે, જ્યારે અવલોકન લેતા હોય. ત્યારે સ્ક્રૂને માત્ર એક જ દિશામાં ખસેડવો સલાહ ભરેલો છે.

3. રેખીય માપક્રમ અને વર્તુળાકાર માપક્રમના વિભાગો સમાન અંતરે ન પણ હોઈ શકે.

ચર્ચા

1. તમે મેળવેલ વ્યાસનું મૂલ્ય વાસ્તવિક છે કે નહિ તેનું મૂલ્યાંકન કરવાનો પ્રયત્ન કરો. તેમાં 10 અથવા 100 ના અવયવની ત્રુટિ આવી શકે છે. તમે તારના વ્યાસના તદ્દન આશરે અંદાજિત મૂલ્ય સામાન્ય મીટરપટ્ટીની મદદથી તેની જાડાઈ માપીને મેળવી શકો છો.
2. સ્ક્રૂ ગેજને ઉપયોગમાં લેતા જઈએ તેમ તેમાં તીવ્ર નકારાત્મક પ્રતિક્રિયા ત્રુટિ (blacklash error) કેમ ઉદ્ભવે છે ?

સ્વમૂલ્યાંકન

1. શું સ્ક્રૂગેજમાં કાયમ નાનું લઘુત્તમ માપ વધારે સારું હોય છે ? તમને બે સ્ક્રૂગેજ આપવામાં આવ્યા છે. તેના વર્તુળાકાર માપક્રમમાં એકમાં 100 વિભાગ અને બીજામાં 200 વિભાગ છે. તમે ક્યું સ્ક્રૂગેજ પસંદ કરશો ? શા માટે ?
2. શું એવી સ્થિતિ ઊભી થઈ શકે કે જેમાં સ્ક્રૂ દ્વારા મળતું રેખીય અંતર તેને આપવામાં આવેલ પરિભ્રમણના સમપ્રમાણમાં ન હોય ?
3. શું એવું શક્ય બને કે વર્તુળાકાર માપક્રમનો શૂન્ય, મુખ્ય માપક્રમના શૂન્ય રેખાની ઉપર હોય ? હજુ સુધી ત્રુટિએ ધન શૂન્ય ત્રુટિ ગણાય ?
4. નાની લંબાઈના માપન માટે, આપણે શા માટે વર્નિયર કેલીપર્સ કરતાં સ્ક્રૂ ગેજને પસંદ કરીએ છીએ ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ

1. બાટલીના ઢાંકણાનું પેચ અંતર શોધવાની રીત વિચારો.
2. સામાન્ય સ્ક્રૂ અને સ્ક્રૂગેજના પેચ અંતરની સરખામણી કરો. ક્યા મુદ્દે તે બંને અલગ પડે છે ?
3. જુદા જુદા પાંદડાની ડાળખી (પાંદડાને ડાળી સાથે જોડતી સ્ટેમ)નો વ્યાસ માપો અને તેને પાંદડાના દળ અથવા સપાટીના ક્ષેત્રફળ સાથે કોઈ સંબંધ છે કે નહિ તે તપાસો. પાંદડાની ડાળખીનો વ્યાસ, સ્ક્રૂગેજથી માપતાં પહેલાં તેને સૂકાવા દો.

4. જુદી જુદી બનાવટના સ્ટેઇનલેશ સ્ટીલના પ્યાલાના પતરાની જાડાઈ માપો અને તેને તેની કિંમતના માળખા સાથે સંબંધ પ્રસ્થાપિત કરો.
5. જુદા જુદા પ્રકારના હૂકના છેડે આવેલા સ્ક્રૂ માટે પેચ અંતર માપો અને તે દરેક હૂક વડે પકડી રાખવાની ધારણા મુજબના દળ સાથે પેચ અંતરનો કોઈ સંબંધ છે તે ચકાસો.
6. બજારમાં ઉપલબ્ધ હોય તેવી કાચની જુદી જુદી બંગડીઓની જાડાઈ માપો. શું તેઓ કોઈ ચોક્કસ પ્રમાણભૂત પ્રમાણે બનેલ છે ?
7. બજારમાંથી જુદી જુદી ગેજ સંખ્યા ધરાવતા તાર મેળવી તેમના વ્યાસ માપો અને તે બંને (ગેજ સંખ્યા અને વ્યાસ) વચ્ચેનો સંબંધ મેળવો. દરેક ગેજ સંખ્યાના વાયરોની જુદી જદી ઉપયોગીતા શોધી કાઢો.

(b) આપેલ સ્લાઈડ (તકતી) ની જાડાઈનું માપન

પદ્ધતિ

1. આપણી સ્લાઈડને સ્ક્રૂગેજના સ્ક્રૂ અને બંને બાજુ આંટાવાળા સ્ક્રૂની વચ્ચે દાખલ કરો અને તેની જુદી જુદી પાંચ સ્થિતિમાં જાડાઈ મેળવો.
2. સરેરાશ જાડાઈ શોધો અને શૂન્ય ત્રુટિ લાગુ પાડી સુધારેલ જાડાઈની ગણતરી અગાઉ લાગું પાડેલ પદ્ધતિ પ્રમાણે કરો.

અવલોકનો અને ગણતરી

સ્ક્રૂગેજનું લઘુત્તમ માપ = ... mm

સ્ક્રૂગેજની શૂન્ય ત્રુટિ = ... mm

કોષ્ટક E 2.2 : સ્લાઈડની જાડાઈનું માપન

અનુક્રમ નંબર	રેખીય માપક્રમ પરનું અવલોકન M (mm)	વર્તુળાકાર માપક્રમ પરનું અવલોકન (n)	જાડાઈ $t = M + n \times L.C.$ (mm)
1			
2			
3			
4			
5			

આપેલ સ્લાઈડની સરેરાશ જાડાઈ = ... mm

આપેલ સ્લાઈડની સુધારેલ સરેરાશ જાડાઈ

= માપેલ સરેરાશ જાડાઈ (નિશાની સહિત શૂન્ય ત્રુટિ) = ... mm

પરિણામ

આપેલ સ્લાઈડની જાડાઈ = ... m.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. તકતી સમાન જાડાઈ ધરાવતી ન પણ હોય.
2. તીવ્ર નકારાત્મક પ્રતિક્રિયાને લીધે ઉદ્‌ભવતી ત્રુટિ (backlash error) લઘુત્તમ કરી શકાય છે, પરંતુ સંપૂર્ણપણે નાબૂદ કરી શકાતી નથી.

ચર્ચા

1. તમે માપેલી તકતીની જાડાઈ વાસ્તવિક છે કે નહિ તેનું મૂલ્યાંકન કરો. તમે 20 તકતીઓ લઈ શકો અને તેમને એક સાથે રાખીને મીટર પટ્ટીની મદદથી તેની જાડાઈ માપો અને તે પરથી એક તકતીની જાડાઈ ગણો.
2. સ્ક્રૂ ગેજનો ઉપયોગ જાડા કાર્ડબોર્ડની તકતીની જાડાઈ માપવા માટે કરીએ તો તેની મર્યાદાઓ શું હોઈ શકે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. બજારમાં ઉપલબ્ધ હોય તેવા લાકડાના જુદાં જુદાં પ્લાયબોર્ડની જાડાઈ માપો અને તેને પુરુ પાડનારે જણાવેલ સ્પષ્ટીકરણો સાથે તેની સરખામણી કરો.
2. જુદાં જુદાં સપ્લાયર દ્વારા બનાવેલ સ્ટીલના કબાટમાં વપરાયેલ સ્ટીલના પતરાની જાડાઈ માપો અને તેમની કિંમતની સરખામણી કરો. કબાટની કિંમત તેના દ્રવ્યમાનને આધારે કે તેમાં વપરાયેલ સ્ટીલના પતરાની જાડાઈને આધારે ચૂકવવી વધારે સારી ગણી શકાય ?
3. કાગળની 144 શીટ્સના પેકિંગ માટે કાર્ડબોર્ડના બોક્સની ડિઝાઈન તૈયાર કરો અને તેના પરિમાણ જણાવો.
4. સ્ક્રૂગેજના સ્ક્રૂ અને બંને બાજુ આંટાવાળા સ્ક્રૂની વચ્ચે તમારી પ્રાયોગિક નોટબુકના 30 પાના પકડો અને તેની જાડાઈ માપો અને તે પરથી એક પાનાની જાડાઈ નક્કી કરો.
5. કંપાસમાં રહેલી પ્લાસ્ટિકની માપપટ્ટી/ધાતુની પટ્ટીની જાડાઈ શોધો.

(c) આપેલા અનિયમિત આકારના લેમીનાનું કદ નક્કી કરવું

પદ્ધતિ

1. પ્રયોગ E 2(b)માં કર્યા મુજબ લેમીનાની જાડાઈ શોધો.
2. અનિયમિત આકારના લેમીનાને mm વાળા આલેખ પત્ર પર મૂકો. પાતળી અણીવાળી પેન્સિલની મદદથી લેમીનાની બહારની ધાર દોરો. લેમીનાની સીમાઓમાં આવતા કુલ આખા ચોરસ અને અડધા કરતાં વધારે હોય, તેવા ચોરસની સંખ્યા ગણો અને તે પરથી લેમીનાનું ક્ષેત્રફળ નક્કી કરો.
3. સરેરાશ જાડાઈ × લેમીનાનું ક્ષેત્રફળ, સંબંધનો ઉપયોગ કરીને લેમીનાનું કદ મેળવો.

અવલોકનો અને ગણતરી

પ્રયોગ E 2(b) પ્રમાણે, ટેબલનો પ્રથમ વિભાગ એ લેમીનાની ઘાટને અનુલક્ષીને જુદાં જુદાં

5 જગ્યાએથી જાડાઈ માપવાના લીધેલા અવલોકનો માટે છે. સરેરાશ જાડાઈ ગણો અને જો હોય, તો શૂન્ય ત્રુટિ માટેનો સુધારો લાગુ પાડો.

આલેખ પેપર દોરેલ બહારની ધારની આકૃતિ પરથી :-

કુલ પૂર્ણ ચોરસની સંખ્યા = ... mm^2 = ... cm^2

લેમીનાનું કદ = ... mm^3 = ... cm^3

પરિણામ

આપેલ લેમીનાનું કદ = ... cm^3

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ

1. કાર્ડબોર્ડની ઘનતા શોધો.
2. પાંદડા (લીમડો, બ્રાયોફાઈટ્સ)નું કદ શોધો.
3. નળાકારીય પેન્સિલનું કદ માપો.

પ્રયોગ 3

હેતુ

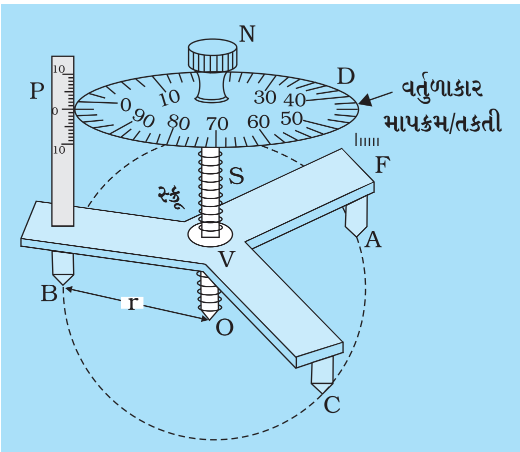
સ્ફેરોમીટરની મદદથી આપેલ ગોળીય સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યા નક્કી કરો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

સ્ફેરોમીટર, વૉચગ્લાસ અથવા બહિર્ગોળ અરીસા જેવી ગોળીય સપાટી અને લગભગ 6 cm × 6 cm માપની કાચની સમતલ પ્લેટ.

સાધનનું વર્ણન

સ્ફેરોમીટર એ ધાતુની ત્રિકોણાકાર ફ્રેમ F ધરાવે છે કે જે એકબીજાથી સમાન અંતરે હોય તેવા ત્રણ લેગ્સ (પાયા) A, B અને C (આકૃતિ E 3.1)ના આધાર પર ગોઠવાયેલ છે. લેગ્સના નીચેના બિંદુઓ સમબાજુ ત્રિકોણ ABCના ત્રણ ખૂણા બનાવે છે અને તે બિંદુ જ્ઞાત ત્રિજ્યા *r* ધરાવતા પાયાના વર્તુળના પરિઘ પર આવેલા હોય છે. સ્ફેરોમીટર કેન્દ્રિય લેગ OS (ચોક્સાઈથી કાપેલ સ્ક્રૂ) પણ ધરાવે છે. જે ફ્રેમની મધ્યમાં આવેલ છિદ્ર V (નટ)ના આંટા દ્વારા ઉપર કે નીચે કરી શકાય છે. કેન્દ્રિય સ્ક્રૂનું નીચેનું બિંદુ જ્યારે નીચેના સમતલ (લેગ્સ A, B અને C ના છેડાથી રચાતા)માં લાવવામાં આવે છે ત્યારે તે ત્રિકોણ ABCના કેન્દ્રને સ્પર્શે છે. કેન્દ્રિય સ્ક્રૂ એક વર્તુળાકાર તક્તી પણ ધરાવે છે જેના ઉપરના ભાગે 100 અથવા 200 સમાન ભાગમાં વિભાજિત વર્તુળાકાર માપક્રમ હોય છે. એક નાનો શિરોલંબ માપક્રમ P જેના પર મિલિમીટર અથવા અડધા મિલિમીટરના માપ દર્શાવેલ છે, જેને મુખ્ય માપક્રમ કહે છે જે કેન્દ્રિય સ્ક્રૂને સમાંતર ફ્રેમ Fના એક છેડે જડિત કરેલ છે. આ માપક્રમ P એ તક્તી Dની ધારની ખૂબ જ નજીક પરંતુ તક્તી Dને સ્પર્શે નહિ તે રીતે રાખેલ હોય છે. આ માપક્રમ શિરોલંબ અંતર કે જે કેન્દ્રિય લેગ છિદ્ર Vમાંથી ખસે છે તેનું માપન કરે છે. આ માપક્રમ એ પેચઅંતર માપક્રમ પણ કહેવાય છે.



આકૃતિ E 3.1 : સ્ફેરોમીટર

પદ અને વ્યાખ્યાઓ

પેચઅંતર : વર્તુળાકાર તક્તીના માપક્રમના એક પૂર્ણ પરિભ્રમણ દરમિયાન કેન્દ્રિય સ્ક્રૂ દ્વારા શિરોલંબ કાપેલ અંતરને પેચઅંતર કહે છે.

સામાન્ય રીતે શાળાઓની પ્રયોગશાળામાં વપરાતા સ્ફેરોમીટરમાં પેચઅંતર મિલિમીટરમાં વિભાજિત થયેલ હોય છે અને વર્તુળાકાર તક્તી માપક્રમ પર 100 સમાન વિભાગો હોય છે. વર્તુળાકાર માપક્રમના એક પરિભ્રમણમાં કેન્દ્રિય સ્ક્રૂ 1 mm વધે છે અથવા ઘટે છે. આમ, સ્ક્રૂનું પેચઅંતર 1 mm છે

લઘુત્તમ માપ : સ્ફેરોમીટરની લઘુત્તમ માપએ વર્તુળાકાર માપક્રમને એક વિભાગ જેટલું ફેરવતાં સ્ફેરોમીટરના સ્ક્રૂ દ્વારા કપાતુ અંતર એટલે લઘુત્તમ માપ. એટલે કે,

$$\text{સ્ફેરોમીટરનું લઘુત્તમ માપ} = \frac{\text{સ્ફેરોમીટર સ્ક્રૂનું પેચઅંતર}}{\text{વર્તુળાકાર માપક્રમ પર વિભાગની સંખ્યા}}$$

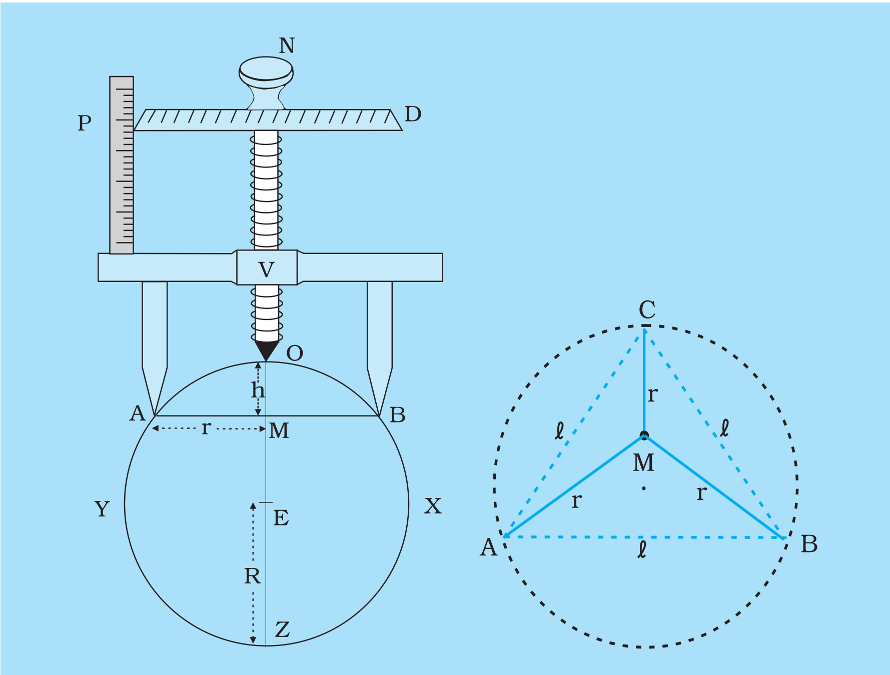
સામાન્ય રીતે વપરાશમાં લેવાતા સ્ફેરોમીટરનું લઘુત્તમ માપ 0.01 mm હોય છે. તેમ છતાં કેટલાક સ્ફેરોમીટરને નાની એવી 0.005 mm અથવા 0.001 mm જેટલું લઘુત્તમ માપ હોય છે.

સિદ્ધાંત

ગોળીય સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યા માટેનું સૂત્ર

વર્તુળ AOBXZY (આકૃતિ E 3.2) એ R ત્રિજ્યા અને E તેનું કેન્દ્ર હોય, તેવા ગોળાનો શિરોલંબ છેદ પ્રદર્શિત થાય છે. (આપેલ ગોળીય સપાટી એ આ ગોળાનો એક ભાગ છે.) લંબાઈ OZ એ આ શિરોલંબ છેદનો વ્યાસ (= 2R) છે. જે જીવા ABને દુભાગે છે. બિંદુ A અને B એ આપેલ ગોળીય સપાટી પર સ્ફેરોમીટરના બે લેગ્સના સ્થાન છે. સ્ફેરોમીટરના ત્રીજા લેગનું સ્થાન આકૃતિ E 3.2માં દર્શાવેલ નથી. બિંદુ O પાસે ગોળીય સપાટીને કેન્દ્રિય સ્ક્રૂની ટોચ સ્પર્શે છે.

આકૃતિ E 3.3માં પાયાનું વર્તુળ અને સમબાજુ ત્રિકોણ ABC કે જે સ્ફેરોમીટરના લેગ્સના ટોચના બિંદુઓ દ્વારા રચાય છે તે દર્શાવેલ છે. આ આકૃતિ પરથી, નોંધી શકાય કે બિંદુ M એ માત્ર રેખા ABનું મધ્યબિંદુ નથી પરંતુ તે પાયાના વર્તુળનું કેન્દ્ર અને સમબાજુ ત્રિકોણ ABC કે જે સ્ફેરોમીટરના લેગ્સની નીચેની ટોચને લીધે રચાયેલ છે, તેનું પણ કેન્દ્ર છે (આકૃતિ E 3.1).



આકૃતિ E 3.2 : **ગોળીય સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યાનું માપન**

આકૃતિ E 3.3 : **સ્ફેરોમીટરના પાયાથી રચાતું વર્તુળ**

આકૃતિ E 3.2માં OM અંતર એ કેન્દ્રિય સ્ક્રૂની નીચેની અણી જ્યારે

ગોળીય સપાટીને સ્પર્શે ત્યાંથી વર્તુળાકાર છેદ ABCના સમતલ સુધીની ઊંચાઈ છે. આ અંતર OMને સેજીટ્ટા (Sagitta) પણ કહે છે. ધારોકે આ h છે. વર્તુળની બે જીવાઓ જેવીકે AB અને OZ એકબીજાને બિંદુ Mમાં છેદે તો જીવાના બે ભાગ થવાથી મળતા લંબચોરસના ક્ષેત્રફળ સમાન હોય છે. આથી,

$$AB.MB = OM.MZ$$

$$(AM)^2 = OM\,(OZ - OM) \text{ કેમકે } AM = MB$$

હવે, ધારોકે EZ $\left(= \frac{OZ}{2}\right)$ = R આપેલ ગોળીય સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યા અને AM = r સ્ફેરોમીટરના પાયાના વર્તુળની ત્રિજ્યા

$$r^2 = h\,(2R - h)$$

આમ,

$$R = \frac{r^2}{2h} + \frac{h}{2}$$

હવે, ધારોકે સ્ફેરોમીટરના કોઈપણ બે લેગ્સ વચ્ચેનું અંતર અથવા સમબાજુ ત્રિકોણ ABCની બાજુની લંબાઈ (આકૃતિ E 3.3), l છે. તેથી ભૂમિતિ પરથી $r = \frac{l}{\sqrt{3}}$

આમ, આપેલ ગોળીય સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યા R નીચેના સૂત્ર વડે આપી શકાય.

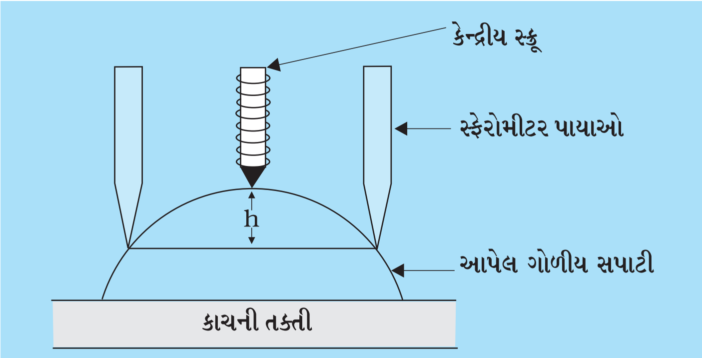
$$R = \frac{l^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

પદ્ધતિ

1. આપેલ સ્ફેરોમીટરના પેચઅંતર માપક્રમ પર એક વિભાગનું મૂલ્ય નોંધો.
2. વર્તુળાકાર માપક્રમ પરના વિભાગની સંખ્યા નોંધો.
3. સ્ફેરોમીટર માટે પેચઅંતર અને લઘુત્તમ માપ નક્કી કરો. સમક્ષિતિજ સપાટી પર આપેલ કાચની સમતલ તક્તી મૂકો અને તેના પર સ્ફેરોમીટર મૂકો કે જેથી તેના ત્રણ પાયા તક્તી પર રહે.
4. સ્ફેરોમીટરને કાગળ ઉપર (અથવા પ્રાયોગિક નોટબુકના પાના પર) મૂકો અને ધીમેથી દબાવો અને તેના ત્રણ પાયાના ટોચના બિંદુની છાપ મેળવો. આ ત્રણ છાપને જોડીને સમબાજુ ત્રિકોણ ABC રચો અને ΔABCની બધી બાજુઓ માપો. સ્ફેરોમીટરના બે પાયા વચ્ચેનું સરેરાશ અંતર l ગણો.

ગોળીય સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યા નક્કી કરવામાં પદ l^2 ઉપયોગમાં લેવાય છે. (જૂઓ ઉપયોગમાં લીધેલ સૂત્ર). આથી, લંબાઈ lનું માપ લેવામાં ખૂબ જ કાળજી રાખવી જરૂરી છે.

5. આપેલ ગોળીય સપાટીને સમતલ કાચની તકતી પર મૂકો અને પછી તેના પર સ્ફેરોમીટર મૂકો તેના કેન્દ્રિય સ્ક્રૂને જરૂરિયાત જેટલો ઉપર તરફ કે નીચે તરફ ખસેડો કે જેથી સ્ફેરોમીટરના ત્રણ પાયા ગોળીય સપાટી ઉપર ગોઠવાય. (આકૃતિ E 3.4).
6. કેન્દ્રિય સ્ક્રૂને એટલે સુધી ફેરવો કે જેથી તે હળવેથી ગોળીય સપાટીને સ્પર્શે. સ્ક્રૂ સપાટીને સ્પર્શ કરે છે કે નહિ તે ચકાસવા સપાટીની નીચે પરાવર્તનથી બનેલ પ્રતિબિંબ જોઈ શકાય છે.
7. પેચઅંતર સ્કેલ પરથી સ્ફેરોમીટરનું અવલોકન h_1 લો. વર્તુળાકાર માપક્રમનો જે વિભાગ પેચઅંતર સ્કેલ સાથે એક રેખસ્થ થતો હોય તે પણ નોંધો. અવલોકન કોષ્ટક E 3.1માં નોંધો.



આકૃતિ E 3.4 *: Measurement of sagitta h*

8. ગોળીય સપાટી દૂર કરો અને સ્ફેરોમીટરને કાચની સમતલ તક્તી પર મૂકો. કેન્દ્રિય સ્ક્રૂને એટલે સુધી ફેરવો કે જેથી, તેની ટોચ કાચની તકતીને હળવેથી સ્પર્શે, સ્ફેરોમીટરનું અવલોકન h_2 લો અને કોષ્ટક E 3.1માં નોંધો. h_1 અને h_2 વચ્ચેનો તફાવત એ સેગીટ્ટા (h) ના મૂલ્ય જેટલું હશે.
9. પદ (5)થી (8) વધારે ત્રણ વખત ગોળીય સપાટી પર સ્ફેરોમીટર મૂકી પુનરાવર્તિત કરો. આ દરમિયાન ગોળીય સપાટીનું કેન્દ્ર એક જ સ્થાને રહેવું જોઈએ. (h)નું સરેરાશ મૂલ્ય શોધો.

અવલોકનો

(A) સ્ક્રૂનું પેચઅંતર :

(i) શિરોલંબ પેચઅંતર માપક્રમ પર નાનામાં નાના વિભાગનું મૂલ્ય = ... mm.

(ii) વર્તુળાકાર તકતીના P પૂર્ણ દોલનો દરમિયાન સ્ક્રૂએ કાપેલ અંતર q = ... mm.

(iii) સ્ક્રૂનું પેચઅંતર = (q/p) = ... mm.

(B) સ્ફેરોમીટરનું લઘુત્તમ માપ :

(i) વર્તુળાકાર માપક્રમ પર કુલ વિભાગની સંખ્યા (N) = ...

(ii) સ્ફેરોમીટરનું લઘુત્તમ માપ

$$= \frac{\text{સ્ફેરોમીટર સ્ક્રૂનું પેચઅંતર}}{\text{વર્તુળાકાર માપક્રમ પરના કુલ વિભાગ}}$$

$$\therefore \text{લઘુત્તમ માપ} = \frac{\text{સ્ક્રૂનું પેચઅંતર}}{\text{N}} = \ldots \text{ cm}$$

(C) લંબાઈ lનું માપન (સમબાજુ ત્રિકોણ ABC પરથી)

(i) અંતર AB = ... cm

(ii) અંતર BC = ... cm

(iii) અંતર CA = ... cm

સરેરાશ $l = \dfrac{AB + BC + CA}{3}$ = ... cm

કોષ્ટક E 3.1 સેજીટ્ટા hનું માપન

ક્રમ	સ્ફેરોમીટરના અવલોકનો								$(h_1 - h_2)$
	ગોળીય સપાટી સાથે				સમક્ષિતિજ સમતલ સપાટી				
	પેચ માપક્રમનું અવલોકન x (cm)	પેચમાપક્રમ સાથે સંકળાયેલ વર્તુળાકાર માપ-ક્રમનો વિભાગ y	વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન $z = y \times$ L.C (cm)	ગોળીય સપાટી સાથે સ્ફેરોમીટરનું અવલોકન $h_1 = x + z$ (cm)	પેચ માપક્રમનું અવલોકન x' (cm)	પેચમાપક્રમ સાથે સંકળાયેલ વર્તુળાકાર માપ-ક્રમનો વિભાગ y'	વર્તુળાકાર માપક્રમનું અવલોકન $z' = y \times$ L.C (cm)	ગોળીય સપાટી સાથે સ્ફેરોમીટરનું અવલોકન $h_2 = x' + z'$ (cm)	

સરેરાશ h = ... cm

ગણતરી

A. l અને hના મૂલ્યોનો ઉપયોગ અને સૂત્રનો ઉપયોગ કરીને વક્રતાત્રિજ્યા Rની ગણતરી કરો.

$$R = \frac{l^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

ખૂબ જ મોટી વક્રતાત્રિજ્યા હોય, તેવા કિસ્સામાં પદ $\frac{h}{2}$ ને અવગણી શકાય. (આ સ્થિતિમાં $\left(\frac{l^2}{6h}\right)$ માં ત્રુટિ $\frac{h}{2}$ ના ક્રમની હોય છે.

પરિણામ

આપેલ ગોળીય સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યા R = ... cm છે.

સાવચેતીઓ

1. સ્ક્રૂમાં ઘર્ષણ હોઈ શકે.
2. સ્ફેરોમીટરમાં તીવ્ર નકારાત્મક ત્રુટિ (backlash error) હોઈ શકે.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. જ્યારે વર્તુળાકાર માપક્રમને સમક્ષિતિજ સપાટીને અનુલક્ષીને પેચઅંતર માપક્રમ પર અવલોકન લેતા હોય ત્યારે દૃષ્ટિસ્થાનભેદની ત્રુટિ ઉદ્‌ભવે.
2. સ્ફેરોમીટરની તીવ્ર નકારાત્મક ત્રુટિ (backlash).
3. વર્તુળાકાર માપક્રમના વિભાગો અસમાન રીતે ગોઠવાયેલા હોય.
4. સ્ફેરોમીટરની ગોઠવણી કરતા હોય ત્યારે તેના સ્ક્રૂ સમક્ષિતિજ સમતલ સપાટી અથવા ગોળીય સપાટી સ્પર્શે અથવા ન સ્પર્શે ત્યારે.

ચર્ચા

શું આપેલ પદાર્થ, જેમકે અંતર્ગોળ અરીસા અથવા બહિર્ગોળ અરીસાની બે સપાટીઓ માટે સમાન વક્રતાત્રિજ્યા હોય છે ? (Hint : વસ્તુના દ્રવ્યની જાડાઈ કંઈ ફેરફાર કરી શકે ?)

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

1. સ્ફેરોમીટરનો ઉપયોગ કરીને બહિર્ગોળ/અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ નક્કી કરો.
2. (a) ધાતુના/કાચના પાતળી પટ્ટી જેવા નાના ટુકડાની જાડાઈ સ્ફેરોમીટરની મદદથી માપો.
   (b) કાર્ડશીટની જાડાઈ માપવા કયું સાધન વધારે ચોકસાઈવાળું હશે - સ્ક્રૂગેજ કે સ્ફેરોમીટર ?

પ્રયોગ 4

હેતુ

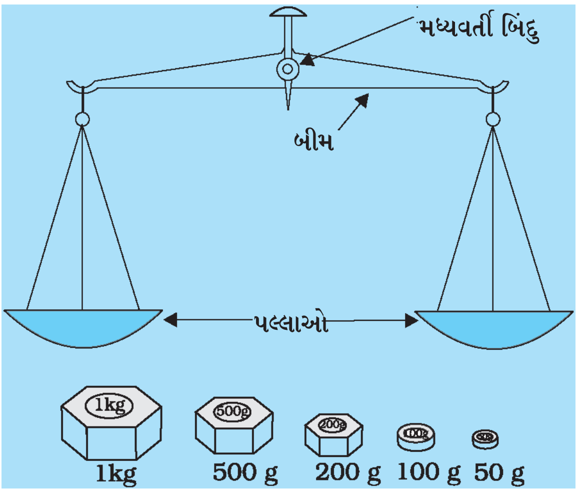
બીમ બેલેન્સનો ઉપયોગ કરી બે જુદાં જુદાં પદાર્થના દ્રવ્યમાન માપવા.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ભૌતિક તુલા, મિલિગ્રામના દ્રવ્યમાન સહિત વજનપેટી અને ચિપિયા, સ્પિરિટ લેવલ અને જે બે પદાર્થના (વસ્તુના) દ્રવ્યમાન નક્કી કરવા હોય તે પદાર્થ.

ભૌતિક તુલાનું વર્ણન

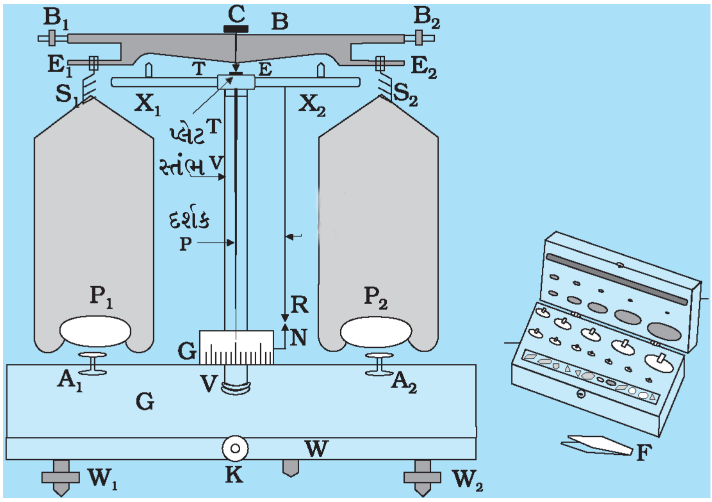
ભૌતિક તુલા એ કોઈ પ્રમાણભૂત વજન (અથવા ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાન) સાથે પદાર્થના વજન (અથવા પ્રમાણભૂત ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાન)ની સરખામણી કરી પદાર્થનું વજન માપતું સાધન છે.



આકૃતિ E 4.1 : બીમ બેલેન્સ અને વજનિયા

સામાન્ય વપરાશમાં લેવાતું બે પલ્લાવાળું ત્રાજવું એ ઉચ્ચાલનની એપ્લીકેશન છે. તેમાં એક દૃઢ એકસરખો સળિયો (બીમ), બંને છેડે લટકાવેલ બે પલ્લા અને સળિયાની વચ્ચે મધ્યવર્તી બિંદુ હોય છે. (આકૃતિ E 4.1). આ મધ્યવર્તી બિંદુ એ એક આધાર (આલંબ) સળિયાને લંબરૂપે (કાટખૂણે) ગોઠવેલ હોય છે. આ બીમ બેલેન્સ જડત્વના સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે.

વધારે ચોકસાઈવાળા અવલોકન માટે પ્રયોગશાળામાં ભૌતિક તુલા (આકૃતિ E 4.2) ઉપયોગમાં લેવાય છે. સામાન્ય બીમ બેલેન્સની જેમ જ, ભૌતિક તુલામાં, દૃઢ સળિયા B ના દરેક છેડે એક એમ પલ્લા P_1 અને P_2 હોય છે. પલ્લા P_1 અને P_2 ને ઉલ્ટાવેલ ચપ્પા જેવી ધાર E_1 અને E_2 પર મૂકેલા પેંગડાઓ અનુક્રમે S_1 અને S_2 વડે લટકાવવામાં આવે છે. સપ્રમાણ રીતે બીમ (સળિયા)ના છેડા પર હોય છે. લાકડાના પાટીયા (W) પર શિરોલંબ સ્તંભ (V) જડિત કરી તેના પર મજબૂત (સખત દ્રવ્ય જેવા કે અકીક)ના ચપ્પાની ધાર (E) જેવી બિંદુ પર કેન્દ્રબિંદુએ બીમને પણ ગોઠવેલ હોય છે. લાકડાનું પાટિયું (base board) ત્રણ લેવલિંગ સ્ક્રૂ W_1, W_2 અને W_3 ધરાવે છે. મોટાભાગના તુલાઓમાં સ્ક્રૂ W_1 અને W_2 ઊંચાઈ ગોઠવવા માટે અને આ દ્વારા લાકડાનું પાટિયું સમક્ષિતિજ દિશામાં લેવલ થાય છે. ત્રીજો સ્ક્રૂ W_3 જે આકૃતિ E 4.2માં દેખાતો નથી. તે ઊંચાઈ ગોઠવવા માટે નથી. જે પાટીયા Wના પાછળના ભાગે મધ્યમાં ગોઠવેલ છે.



આકૃતિ E 4.2 : ભૌતિક તુલા અને વજનપેટી

ગોઠવેલ છે. જ્યારે તુલા ઉપયોગમાં લેવાતી હોય ત્યારે સ્તંભ Vના ટોચ પર સમક્ષિતિજ સપાટી પર ગોઠવેલ છરીની ધાર E સમતલમાં ફરી ગોઠવાય છે. આ રીતે મધ્યમાન ધાર E એ બીમ Bના મધ્યમાન બિંદુ અથવા આલંબ તરીકે વર્તે છે. જ્યારે તુલા ઉપયોગમાં ન હોય ત્યારે સળિયો X_1 અને X_2 આધાર પર ગોઠવાય છે. આ X_1 અને X_2 એ મધ્યમાન સ્તંભ (V) સાથે જોડાયેલ બીજા એક સમક્ષિતિજ સળિયા પર જડિત હોય છે. લાકડાના પાટીયા પર જડિત કરેલ આધાર A_1 અને A_2 પર અનુક્રમે પલ્લા P_1 અને P_2 ગોઠવાય છે. કેટલીક તુલાઓમાં A_1 અને A_2 જડિત હોતા નથી અને તેવા કિસ્સાઓમાં જ્યારે તુલા ઉપયોગમાં લેવાતી ન હોય ત્યારે પલ્લા પાટિયા W પર ગોઠવાય છે.

બીમ (સળિયા) Bના મધ્યમાં દર્શક P પણ કાટખૂણે જડિત કરેલ હોય છે. ડટ્ટો K કે જે સમક્ષિતિજ સળિયા વડે શિરોલંબ સ્તંભ V સાથે જોડાયેલ છે. તે પણ પાટીયા W સાથે બહારના ભાગે જોડેલ છે. આ દટ્ટાની મદદથી શિરોલંબ સ્તંભ V અને આધારો A_1 અને A_2ને એક સાથે ઊંચે કે નીચે કરી શકીએ છીએ. આમ, દટ્ટા KM 'ON' સ્થિતિમાં સળિયો B પણ ઊંચકાશે અને છરીની ધાર E ઉપર જ લટકેલ રહેશે અને મુક્ત દોલનો કરશે. સળિયાની સાથે પલ્લા P_1 અને P_2 પણ ઉપર અને નીચે ઝૂલે છે. બીમ (સળિયા)ની આ દોલિત ગતિને દર્શક P દ્વારા સ્તંભ V પર લગાડેલા માપક્રમ Gના સંદર્ભમાં અવલોકન કરી શકાય છે. જ્યારે દટ્ટા Kને ફેરવીને પાછો 'OFF' સ્થિતિમાં લાવવામાં આવે ત્યારે સળિયો (બીમ) આધાર X_1 અને X_2 પર ગોઠવાય છે. આ સ્થિતિમાં છરીની ધાર E અને પ્લેટ T થોડા છૂટા પડેલ હોય છે અને પલ્લાઓ P_1 અને P_2 આધાર A_1 અને A_2 પર અનુક્રમે ગોઠવાય છે. દટ્ટા Kની 'OFF' સ્થિતિમાં સમગ્ર તુલા એરેસ્ટેડ (સ્થંભિત) છે તેમ કહેવાય. આવી એરેસ્ટિંગ ગોઠવણી છરીની ધારને અનુચિત ઘસારા અને પલ્લામાંથી દ્વવ્યમાન (અજ્ઞાત અને પ્રમાણભૂત) બદલતી વખતે થતી ઈજામાંથી રક્ષણ આપે છે. દટ્ટા Kને ફેરવીને તેની 'ON' સ્થિતિમાં લાવતાં, જ્યારે બંને પલ્લામાં દ્વવ્યમાન ન હોય ત્યારે માપક્રમ Gના સંદર્ભમાં દર્શક Pની દોલનગતિ અથવા ઝૂલો G પરના શૂન્યની ચિહ્નની ગમે તે બાજુએ સમાન હોવું જોઈએ અને દર્શક તેની દોલિત ગતિ શૂન્યના ચિહ્ન પર બંધ કરતો હોવો જોઈએ. તે દર્શક Pની શિરોલંબ સ્થિતિ અને બીમ Bની સમક્ષિતિજ સ્થિતિ રજૂ કરે છે. તેમ છતાં, જો ઝૂલ શૂન્યના ચિહ્નની બંને બાજુ સમાન ન હોય તો બીમ (સળિયા)ના છેડે આપેલ બે સંતુલિત સ્ક્રૂ B_1 અને B_2ને ગોઠવો. સ્તંભ Vને શિરોલંબ કરવા લાકડાના પાટિયા

(base board) W ને સમક્ષિતિજ સમતલ કરો. આ ગોઠવણી તપાસવા માટે ઓળંબો રેખા (R) સ્તંભ Vની બાજુમાં લટકાવેલ હોય છે. સમગ્ર સાધનને બે બારણાવાળા કાચની પેટીમાં રાખેલ હોય છે. કોઈ પદાર્થનું ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાન ભૌતિક તુલાની મદદથી માપવામાં આવે તો તે પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાનની સાથે સરખામણીથી મળે છે. પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાનોનો સેટ (100 g, 50 g, 20 g, 10 g, 5 g, 2 g અને 1 g) ચીપિયાની જોડ સહિત લાકડાના બૉક્ષમાં મૂકેલ છે જેને વજનપેટી કહે છે. દ્રવ્યમાનો આકૃતિ E 4.2માં દર્શાવ્યા મુજબ વર્તુળાકાર ખાંચામાં ગોઠવેલ છે. વજનપેટીમાં અલગથી મિલિગ્રામના દ્રવ્યમાનોનો સેટ (500 mg, 200 mg, 100 mg, 50 mg, 20 mg, 10 mg, 5 mg, 2 mg અને 1mg)પણ રાખવામાં આવે છે. ભૌતિક તુલા સામાન્ય રીતે 250 g દ્રવ્યમાન ધરાવતા પદાર્થો માટે વાપરી શકાય તેવી રીતે બનાવેલ હોય છે.

સિદ્ધાંત

ભૌતિક તુલાની કાર્યપદ્ધતિ એ જડત્વના સિદ્ધાંત પર રચાયેલી છે. તુલામાં સમાન લંબાઈની બે ભૂજાઓ અને સમાન દ્રવ્યમાન ધરાવતા બે પલ્લા હોય છે. જ્યારે પલ્લાઓ ખાલી હોય છે ત્યારે નીચેના દટ્ટાનો ઉપયોગ કરી સળિયાને (પલ્લાને) ઊંચકવામાં આવે ત્યારે સળિયો (બીમ) સમક્ષિતિજ રહે છે. જ્યારે જે પદાર્થનું દ્રવ્યમાન કરવાનું હોય તેને ડાબા પલ્લામાં મૂકવામાં આવે છે ત્યારે સળિયો (બીમ) વિષમઘડી દિશામાં ફરે છે. જમણી બાજુના પલ્લામાં યોગ્ય જ્ઞાત પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન મૂકીને સંતુલિત સ્થિતિમાં લાવી શકાય છે. જ્યારે ભૂજા પર લાગતા બળ સમાન થશે, ત્યારે બંને પલ્લામાં વજન (એટલે કે બળ) સમાન હશે.

ભૌતિક તુલા બળની સરખામણી કરે છે. આ બળો ભૌતિક તુલાના બંને પલ્લામાં મૂકેલ વસ્તુઓના વજન (દ્રવ્યમાન × ગુરુત્વપ્રવેગ) છે. જો એક જ સ્થળે વજન કરતા હોય તો વજન એ પદાર્થના દ્રવ્યમાનના સમપ્રમાણમાં હોય છે. આથી, ભૌતિક તુલા એ ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાનની સરખામણી માટે વાપરવામાં આવે છે. આમ, ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાન m ધરાવતી કોઈ વસ્તુ Oને ભૌતિક તુલાના એક પલ્લામાં અને જાણીતા ગુરુત્વીય દ્રવ્યમાન m_s વાળું પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન O′ બીજા પલ્લામાં મૂકતાં સળિયો (બીમ) સમતોલનમાં રહેતો હોય ત્યારે

પદાર્થ Oનું એક પલ્લામાં વજન = પદાર્થનું O′નું બીજા પલ્લામાં વજન

અથવા $$\mathrm{mg} = m_s \mathrm{g}$$

જ્યાં g એ ગુરુત્વપ્રવેગ છે, જે અચળાંક છે. આમ,

$$\mathrm{m} = m_s$$

એટલે કે,

વસ્તુ Oનું એક પલ્લામાં દ્રવ્યમાન = બીજા પલ્લામાં પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન

રીત

1. ભૌતિક તુલાને તપાસો અને તેના બધા ભાગથી પરિચિત બનો. તેના બધા જ ભાગ તેમની યોગ્ય જગ્યાએ છે તે ચકાસો.

2. વજનપેટીમાં વજનના સેટ ગ્રામ અને મિલીગ્રામ બંને સંપૂર્ણ છે તે ચકાસો.
3. પલ્લા સ્વચ્છ અને સૂકા છે તે ખાતરી કરો.
4. દટ્ટા K દ્વારા બીમ (સળિયા) Bની એરેસ્ટિંગ મીકેનીજમની કાર્યપદ્ધતિ યોગ્ય છે તેમ ચકાસો.
5. લેવલીંગ સ્ક્રૂ W_1 અને W_2ની મદદથી ભૌતિક તુલાના લાકડાના પાટીયા (base board) Wને સમક્ષિતિજ સમતલ કરો. સમતલ કરેલી સ્થિતિમાં ઓળંબો રેખા Rની નીચેની અણી એ જડિત નીડલ બિંદુ Nની બરાબર ઉપર રહેલી જોઈએ. સમતલ કરવાની પ્રક્રિયા માટે સ્પિરિટ લેવલનો ઉપયોગ કરો.
6. તુલાને કવર કરવા આપેલી કાચની પેટીના દરવાજા બંધ કરો અને દટ્ટા Kનો ઉપયોગ કરીને બીમ (સળિયા) Bને ધીમેથી ઊંચે કરો.
7. શિરોલંબ સ્તંભ Vના તળિયે જડિત કરેલ નાના માપક્રમની સાપેક્ષમાં દર્શક Pની દોલિત ગતિ નિહાળો. જો દર્શક ઝૂલ લેતો ન હોય, તો કોઈ એક પલ્લાને ધીમેથી નાનો ધક્કો આપો. દૃષ્ટિ સ્થાનના ભેદને નિવારવા તમારી આંખોની નજર માપક્રમને લંબરૂપે રાખો.

   ચેતવણી : દર્શકને અડવું નહિ.
8. દર્શક Pની સ્થિતિ જુઓ. તે મધ્યના શૂન્યના ચિહ્ન પર સ્થિર થાય છે કે માપક્રમ Gના મધ્યના શૂન્યના ચિહ્નની બંને બાજુ સમાન ખસે છે. જો આમ ન હોય તો બીમ (સળિયા)ના બે છેડા પર આપેલ બે બેલેન્સિંગ સ્ક્રૂ B_1 અને B_2 ને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી દર્શક મધ્યના શૂન્યના ચિહ્નની ગમે તે બાજુ સરખું ઝૂલે અથવા મધ્યના શૂન્યના ચિહ્ન પર સ્થિર થાય.

   ચેતવણી : બેલેન્સિંગ સ્ક્રૂને ગોઠવતાં પહેલાં બેલેન્સ (તુલા)ને એરેસ્ટ રાખો.
9. બેલેન્સ (તુલાની) કાચની પેટીના દરવાજા ખોલો. જે પદાર્થનું દ્રવ્યમાન (M) માપવાનું હોય, તેને ડાબા પલ્લામાં મૂકો અને યોગ્ય પ્રમાણમાં દ્રવ્યમાન M_1 (જે પદાર્થના આશરે અંદાજિત દ્રવ્યમાન કરતાં વધારે હોવું જોઈએ)ને બેલેન્સ (તુલા)ના જમણી બાજુના પલ્લામાં મૂકો. આ સ્થિતિમાં બેલેન્સ (તુલા) તેની સામાન્ય (એરેસ્ટેડ) સ્થિતિમાં છે. એટલે કે જ્યારે બીમ (સળિયો) B નીચે અને આધાર X_1 અને X_2 પર ગોઠવાયેલ હોય. વજનપેટીમાંથી પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન બહાર કાઢવા તેમજ પાછા મૂકવા માટે હંમેશા ચીપિયાઓનો ઉપયોગ કરો.

   ડાબી બાજુના પલ્લામાં પદાર્થ અને જમણી બાજુના પલ્લામાં દ્રવ્યમાન મૂકવાનું મનસ્વી છે અને આ પસંદ કરવાનું કારણ પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાનને સહેલાઈથી સંભાળી શકાય તે છે. ડાબોડી વ્યક્તિ જમણી બાજુના પલ્લામાં પદાર્થ અને ડાબી બાજુના પલ્લામાં પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન મૂકવાનું પસંદ કરી શકે છે. અહીં એ પણ સલાહ ભરેલું છે કે વજન પેટી પાટીયા Wના છેડાની નજીક અને જે પલ્લામાં પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન મૂકતા હોય, તેની તરફ રાખવી.
10. દટ્ટા Kનો ઉપયોગ કરીને સળિયા (બીમ)ને હળવાશથી ઊંચકો હવે બીમ (સળિયા)ની છરીની ધાર E સ્તંભ Vની ટોચ પર જડિત કરેલ પ્લેટ T પર ગોઠવાશે) અને દર્શક Pની

ગતિ નિહાળો. તે માપક્રમની એક બાજુ ખસેલો અથવા માપક્રમ Gના મધ્યસ્થ શૂન્ય ચિહ્નની કોઈ એક દિશામાં વધારે દોલિત થતો હોઈ શકે.

નોંધ : અવલોકન લેતાં હોય ત્યારે પલ્લાં સહેજ પણ ઝૂલવાં જોઈએ નહિ. જો તુલાની એરેસ્ટિંગ સ્થિતિમાં પલ્લાં ઝૂલતા હોય તો પલ્લાંને કાળજીપૂર્વક આંગળી અડકાવીને સ્થિર કરો.

11. તપાસો કે M_1 એ M કરતાં વધારે છે કે ઓછું આ હેતુ માટે બીમ (સળિયા)ને તેની પૂર્ણ સ્થિતિમાં ઉંચકેલ હોવું જોઈએ.
12. ભૌતિક તુલાને એરેસ્ટ કરો. ચીપિયાનો ઉપયોગ કરી જમણી બાજુના પલ્લામાં બીજુ પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન (M_2) મૂકો. જો M_1 દ્રવ્યમાન M કરતાં વધારે હોય તો M_2 ઓછું હોવું જોઈએ અને તેનાથી ઉલ્ટું પણ.
13. સળિયાને ઊંચકો અને દર્શક Pની ગતિ નિહાળો અને તપાસો કે જમણા પલ્લામાં મૂકેલ પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન એ હજુ દ્રવ્યમાન M કરતાં વધારે (કે ઓછું) છે જેથી દર્શક કોઈ એક દિશામાં વધુ દોલિત થાય છે. જો એવું હોય તો પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન ગ્રામમાં હોય તે રીતે રાખી દર્શક P માપક્રમ Gના શૂન્ય ચિહ્નની બંને બાજુ લગભગ એક સરખું ઝૂલે ત્યાં સુધી પદ 12 પુનરાવર્તિત કરો. પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન કે જે જમણી બાજુના પલ્લામાં મૂકેલ છે તે પદાર્થના દ્રવ્યમાન કરતાં સહેજ હલકું હોવું જોઈએ. જે પદાર્થના દ્રવ્યમાન Mના માપનમાં 1 gની ચોકસાઈનું પરિણામ દર્શાવે છે. બીમ (સળિયા) Bને નીચે ઉતારો.
14. દ્રવ્યમાનના સૂક્ષ્મ માપ માટે જમણી બાજુના પલ્લામાં વધારાના મિલિગ્રામના દ્રવ્યમાન ઘટતા ક્રમમાં ઉમેરતા જાવ જ્યાં સુધી દર્શક માપક્રમ Gના મધ્યસ્થ શૂન્ય ચિહ્નની બંને બાજુ લગભગ સરખા વિભાગ સુધી ઝૂલે ત્યાં સુધી દ્રવ્યમાન ઘટાડતા જાવ. (મિલીગ્રામ અને તેના નાના વજનને પકડવા માટે તેના ઉપર વળેલા છેડાને ચિપિયા વડે પકડો.) સંતુલિત સ્થિતિમાં (એટલે કે બંને પલ્લામાં મૂકેલા દ્રવ્યમાન સમાન થાય ત્યારે) દર્શક મધ્યસ્થ શૂન્યના ચિહ્ન પર ગોઠવાશે. હવાના જોકાને લીધે ઉદ્ભવતી ખલેલને રોકવા માટે કાચની પેટીના દરવાજા બંધ રાખો.

નોંધ : જ્યાં સુધી મિલીગ્રામના દ્રવ્યમાન ઉમેરતા હોય કે દૂર કરતા હોય, ત્યાં સુધી તુલાનો (બેલેન્સનો) બાર (સળિયો) B તેના પૂર્ણપણે ઊંચકવો નહિ. દર્શકની સ્થિતિ બીમ (સળિયા)ને હળવાશથી અને ટૂંકા સમય માટે ઊંચકીને જોઈ લેવી.

15. તુલાને એરેસ્ટ કરો અને જમણી બાજુના પલ્લામાંથી દ્રવ્યમાન એક પછી એક બહાર કાઢો અને કુલ દ્રવ્યમાનની નોટબુકમાં નોંધ કરો. તે દ્રવ્યમાનોને વજનપેટીમાં તેમની યોગ્ય જગ્યાએ ફરીથી ગોઠવી દો. ડાબી બાજુના પલ્લામાંથી પદાર્થને પણ દૂર કરો.
16. એક જ પદાર્થ માટે પદ 9થી 15 વધુ બે વાર પુનરાવર્તિત કરો.
17. આપેલા બીજા પદાર્થનું દ્રવ્યમાન નક્કી કરવા પદ 9થી 15 પુનરાવર્તિત કરો.

    બીજા પદાર્થ માટે અવલોકનો સમાન કોષ્ટક E 4.1માં નોંધો.

અવલોકનો :

કોષ્ટક E 4.1 પહેલા પદાર્થ માટે દ્રવ્યમાન

ક્રમ નં.	પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન		પદાર્થનું દ્રવ્યમાન
	ગ્રામભાર x	મિલિગ્રામભાર y	$(x + y)$
	(g)	(mg)	(g)
(1)			
(2)			
(3)			

પહેલા પદાર્થનું સરેરાશ દ્રવ્યમાન = ... g

કોષ્ટક E 4.2 બીજા પદાર્થનું દ્રવ્યમાન

ક્રમ નં.	પ્રમાણભૂત દ્રવ્યમાન		પદાર્થનું દ્રવ્યમાન
	ગ્રામભાર x	મિલિગ્રામભાર y	$(x + y)$
	(g)	(mg)	(g)
(1)			
(2)			
(3)			

બીજા પદાર્થનું સરેરાશ દ્રવ્યમાન = ... g

પરિણામ

આપેલા પહેલા પદાર્થનું દ્રવ્યમાન = ... g અને બીજા પદાર્થનું દ્રવ્યમાન = ... g છે.

સાવચેતીઓ

1. ભૌતિક તુલા વડે માપેલ દ્રવ્યમાનમાં ચોકસાઈ તેમાં રહેલી લઘુમાપ ત્રુટિના આધારે નક્કી કરી શકાય છે. જે છરીની ધાર E અને પ્લેટ T વચ્ચેના ઘર્ષણના લીધે ઉદ્‌ભવતી હોય છે. ઘર્ષણ સંપૂર્ણપણે દૂર કરી શકાતું નથી. તેમ છતાં, જ્યારે છરીની ધાર તીક્ષ્ણ અને પ્લેટ સરળ હોય ત્યારે તેને ઘટાડી શકાય છે. તુલાના બીજા બધા ભાગોમાં ઉદ્‌ભવતું ઘર્ષણ ઘટાડવા માટે તુલાના બધા જ ભાગ સૂકા અને સ્વચ્છ હોવા જોઈએ.
2. દ્રવ્યમાન હંમેશા ઘટતાક્રમના મૂલ્યમાં ઉમેરવા જોઈએ. દ્રવ્યમાન પલ્લાના મધ્યમાં મૂકવાં જોઈએ.
3. તુલાની ક્ષમતા કરતાં વધારે દ્રવ્યમાન મૂકવું ન જોઈએ. સામાન્ય રીતે ભૌતિક તુલા 250 g સુધીના દ્રવ્યમાનના માપન માટે બનાવેલ હોય છે.

4. ભૌતિક તુલા વડે ગરમ અને ઠંડા પદાર્થોના દ્રવ્યમાન કરવાનું ટાળવું જોઈએ. તે જ રીતે ક્રિયાશીલ પદાર્થો જેવા કે રસાયણો, પ્રવાહી અને પાવડર સીધેસીધાં પલ્લામાં મૂકવા નહિ.

ત્રુટિઓના ઉદ્ગમ

1. તુલાના જુદા જુદા ભાગોમાં હંમેશાં થોડી ત્રુટિ ઘર્ષણના લીધે ઉદ્ભવે છે.
2. ભૌતિક તુલાની ચોક્સાઈ 1 mg છે. આ મર્યાદામાં સાધનની શક્ય ત્રુટિ આવી શકે.

ચર્ચા

આપેલ મૂલ્ય કરતાં પ્રાયોગિક મૂલ્યમાં ફેરફાર થવાના ઘણાં પરિબળો હોઈ શકે.

1. વજન મૂકવા કે બહાર કાઢવા ચીપિયાનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ. નહીંતર ધૂળના રજકણો તેમના પર ચોંટી જાય અને તે વજનની ગણતરીમાં આવી જાય.
2. સામાન્ય વલણ એવું રહેલું છે કે લેવલિંગ સ્ક્રૂ અને બેલેન્સિંગ સ્ક્રૂથી બીમ અથવા ભૌતિક તુલાને તેનો ઉપયોગ કરવાના પહેલાં જ ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

1. ચોક્કસ માપન માટે કાચની પેટીના દરવાજા બંધ કરવા શા માટે જરૂરી છે ?
2. બે ભૌતિક તુલામાંથી એકમાં સમાન ભૂજાઓ અને બીજામાં અસમાન ભૂજાઓ છે. તો કઈ ભૌતિક તુલા વાપરવી જોઈએ ? જ્યારે અસમાન ભૂજાવાળી ભૌતિક તુલાનો ઉપયોગ કરીએ ત્યારે કયા વધારાના પગલાં લેવાં જોઈએ ?
3. વજનપેટીમાંથી વાપરી શકાય તેવું લઘુત્તમ દ્રવ્યમાન 10 g છે. તો સાધનની શક્ય ત્રુટિ શોધો.
4. જો પલ્લામાં દ્રવ્યમાન મૂકવાને બદલે,પલ્લુ P_1 જે જગ્યાએ લટકાવેલું છે તે હૂક S_1 સાથે પદાર્થ (સ્ટીલના બ્લોક)ને લટકાવવામાં આવે તો માપેલ દ્રવ્યમાન સમાન હશે કે જુદુ જુદુ ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. દ્રવ્યના અછિદ્રાળુ બ્લૉકની ઘનતા નક્કી કરો અને આર્કિમિડિઝનાં સિદ્ધાંતની ચકાસણી કરો.

   Hint : પહેલાં નાના બ્લૉક (સ્ટીલના બ્લૉક)ને હૂક S_1 થી લટકાવો અને તેનું હવામાં દ્રવ્યમાન નક્કી કરો. હવે, લટકાવેલ બ્લૉકને પાણીથી અડધા ભરેલા અંકિત નળાકારમાં મૂકો. બ્લૉકનું પાણીમાં દ્રવ્યમાન માપો. શું આ સરખા છે ? વધારે છે કે ઓછું ? સ્ટીલ બ્લૉકનું કદ પણ શોધો. બ્લૉકના દ્રવ્યની ઘનતા શોધો. સ્ટીલના બ્લૉકના હવામાં અને પાણીમાં માપેલા દ્રવ્યમાનની મદદથી આર્કિમિડિઝનો સિદ્ધાંત ચકાસો.

પ્રયોગ 5

હેતુ

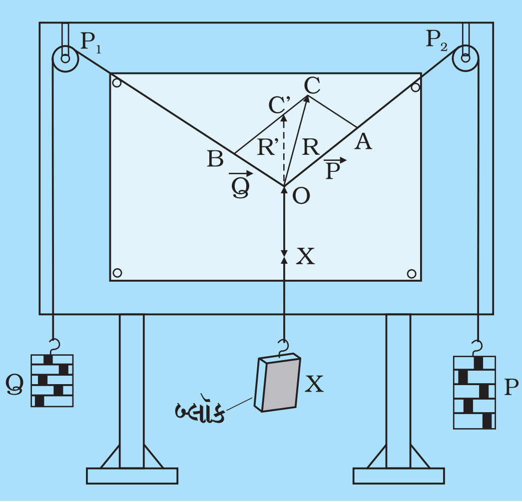
સદિશ સરવાળા માટેના સમાંતર બાજુ ચતુષ્કોણના નિયમની મદદથી આપેલા પદાર્થ (લાકડાના બ્લૉક)નું વજન માપવું.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

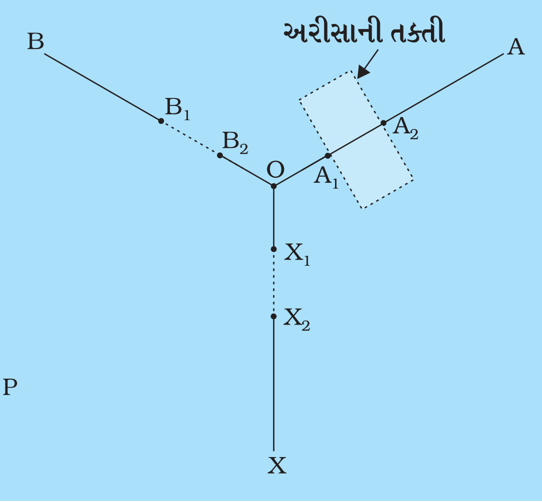
હૂક લગાડેલ આપેલ પદાર્થ સદિશના સમાંતર બાજુ ચતુષ્કોણના નિયમનું સાધન (ગ્રેવસેન્ડનું સાધન) મજબૂત દોરો, સ્લોટ પાડેલા વજનના બે સેટ, સફેદ કાગળ, અરીસાની પાતળી પટ્ટી, અણીદાર પેન્સિલ.

સામગ્રીનું વર્ણન

ગ્રેવસેન્ડનું સાધન : લાકડાના એક બોર્ડને ઊભા લાકડાના બે સ્તંભ પર આકૃતિ E 5.1 (a)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે જડિત કરેલું છે. બે ગરગડીઓ P_1 અને P_2ને ઉપરની બાજુએ બે ખૂણે મૂકેલ છે. જેના પર વજન લટકાવવાનું છે તે હેંગરને દોરી વડે પુલી (ગરગડી) પરથી પસાર કરી છેડા પર P અને Q બે બળો હેંગરમાં વજન લટકાવી લગાડવામાં આવે છે. જેનું વજન શોધવાનું છે તે પદાર્થને દોરીની મધ્યમાંથી X-બળ વડે લગાડેલ છે.



આકૃતિ E 5.1 (a) : ગ્રેવસેન્ડનું સાધન



આકૃતિ E 5.1 (b) : સ્કેલ પર અંકન કરેલા બળો

સિદ્ધાંત

સમાંતર બાજુ ચતુષ્કોણના સદિશ સરવાળાના નિયમ પર આ સાધન કાર્ય કરે. નિયમ અનુસાર ''જ્યારે એક જ બિંદુએ લાગતા બે બળોને તેમના મૂલ્ય અને દિશા અનુસાર સમાંતરબાજુ ચતુષ્કોણની બે બાજુઓ તરીકે લેવાય ત્યારે પરિણામી બળ મૂલ્ય અને દિશાની રીતે સમાંતર બાજુ ચતુષ્કોણના વિકર્ણ પરથી થઈ જે બિંદુએ બળો લાગે છે તે બિંદુમાંથી પસાર થાય છે.''

જો P અને Q બે બળોના મૂલ્યો હોય તથા θ તેમની વચ્ચેનો ખૂણો હોય તો પરિણામી બળ,

$$R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta}$$

બે જ્ઞાત બળો P અને Q તથા ત્રીજુ અજ્ઞાત બળ જે પદાર્થના વજન વડે લગાડેલ છે તે બધા બિંદુ 'O' પર એવી રીતે લાગે છે, (આકૃતિ 5.1 (a)). જેથી તે બધા સંતુલનમાં રહે, આ અજ્ઞાત બળ એ બે બળોના પરિણામી જેટલું છે. આમ, આપેલા પદાર્થના વજન શોધી શકાય છે.

પદ્ધતિ

1. ઓળંબાની મદદથી ગ્રેવસેન્ડના સાધનને શિરોલંબ સ્થિતિમાં ગોઠવો. ગરગડીઓ ઘર્ષણરહિત ફરે છે તેની ખાતરી કરો. લાકડાના બોર્ડ પર સફેદ પેપરની શીટ ડ્રોઈંગપીનની મદદથી લગાડો.
2. એક દોરીનો લાંબો (પૂરતો) ટૂકડો લઈ તેના છેડે બે હેંગર લટકાવો. બીજી એક ટૂંકી દોરી લઈ તેને પ્રથમ દોરીના મધ્યમાં બાંધી ગાંઠ 'O' બનાવો અને તેના છેડે અજ્ઞાત વજન લટકાવો. તેમને ગરગડી પર આકૃતિ E 5.1 (a)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ખાંચાવાળા (સ્લોટવાળા) વજન સહિતના હેંગર સાથે લટકાવો.
3. હેંગરમાં એવી રીતે વજન લટકાવો કે જેથી દોરીઓથી બનેલું જંક્શન પેપરના નીચેના અર્ધભાગમાં સંતુલિત રહે છે. એ વાતની ખાતરી કરો કે વજન અથવા દોરી બોર્ડ કે ટેબલના કોઈપણ ભાગને સ્પર્શે નહિ.
4. ઘર્ષણ ન લાગતું હોય, તે જગ્યાએ ત્રણ દોરીની ગાંઠ ને લાવો. પહેલાં ગાંઠને ઘર્ષણ ન લાગતું હોય ત્યાંથી થોડી દૂર લાવો, પછી છોડી દેતાં તે આપોઆપ ઘર્ષણ લાગતું નથી તે જગ્યાએ પહોંચી જાય છે. કેમકે તે સંતુલનમાં નથી, જ્યારે તે ફરે ત્યારે બોર્ડને હળવેથી પકડી રાખો. જે બિંદુ એ ગાંઠ આવીને સ્થિર ઊભી રહે તે એ બિંદુ છે જ્યાં ઘર્ષણ નથી. તે બિંદુ પર નિશાન કરો. વધારે વખત આ રીપીટ કરો. જુદી-જુદી દિશામાંથી ગાંઠ ઘર્ષણ લાગતું ન હોય તે સ્થિતિમાં આવે અને સ્થિર થાય ત્યાં નિશાન કરો. આ બધા બિંદુઓના કેન્દ્રને શોધી (અંદાજીત) ત્યાં 'O' નિશાન કરો.

5. દોરી પર લાગતા બળને અંકિત કરો અને કાગળની નીચે કાચની (અરીસાની) પટ્ટી મૂકો. આંખની સ્થિતિને ફેરવી દોરી અને તેના પ્રતિબિંબ વચ્ચેનો દષ્ટિસ્થાનભેદ દૂર કરો અને અરીસાની ધાર પાસેના બે બિંદુઓ A_1 અને A_2 અંકિત કરો (આકૃતિ 5.1 (b)). આ જ રીતે અન્ય બે બળોની દિશાને બિંદુઓ B_1 અને B_2 તથા X_1 અને X_2 વડે OB અને OX પર અનુક્રમે નિશાનથી અંકિત કરો.
6. હેંગરને દૂર કરી, દરેક હેંગરનું વજન અને તેમાં લગાડેલા સ્લોટવાળા વજન શોધો.
7. બોર્ડને ટેબલ પર મૂકી, બિંદુઓની નિશાન કરેલી (પેપર પર) ત્રણ જોડીઓને જોડો. આ રેખાઓને લંબાઈ ‘O’ બિંદુમાં ભેગી કરો. આ ત્રણ રેખાઓ, ત્રણ બળોની દિશા દર્શાવે છે.
8. યોગ્ય પ્રમાણમાપ લો (0.5 N) (50 g wt) = 1 cm અને લંબાઈઓ OA અને OB જે બિંદુ O પર લાગતાં અનુક્રમે P અને Q બળો દર્શાવે છે. સ.બા.ચ. OACB પૂર્ણ કરો જેની પાસેની બાજુઓ OA અને OB હોય. પ્રમાણમાપ એવી રીતે લો, કે જેથી દોરેલો સ.બા.ચ. પેપરસીટ પર મહત્તમ ક્ષેત્રફળ રોકે.
9. બિંદુઓ O અને Cને જોડો. OCની લંબાઈથી આપેલા પદાર્થનું વજન મપાય છે. જોઈ લો કે OC સીધી રેખા XO પર છે કે નહિ, જો ના હોય તો તેને BC સાથે બિંદુ C′ એ મળવા દો. ખૂણો COC′ માપો.
10. પદ 1થી 9નું જુદા જુદા વજનના બે સેટ લગાવી પુનરાવર્તન કરો અને અજ્ઞાત વજનનું સરેરાશ ગણો.

અવલોકનો

દરેક હેન્ગરનું વજન = ... N

સ્કેલ 1 cm = ... N

કોષ્ટક E 5.1 આપેલા પદાર્થના વજનનું માપન

ક્રમ નં.	બળ P = Wt હેન્ગર અને સ્લોટવાળા વજનિયાનું વજન		બળ = Q = Wt સ્લોટવાળા વજનિયાં + હેન્ગરનું વજન		લંબાઈ OC = L	અજ્ઞાત વજન = L × S	ખૂણો COC′
	P (N)	OA (cm)	Q (N)	OB (cm)	(cm)	(N)	
(1)							
(2)							
(3)							

પરિણામ

આપેલા પદાર્થનું શોધાયેલું વજન = ... N

સાવચેતીઓ

1. ગ્રેવસેન્ડના સાધનના બોર્ડને ટેબલ પર લંબ મૂકેલ છે. ઓળંબાની મદદથી તે શિરોલંબ છે કે નહિ તે ચેક કરો. જો ના હોય તો તેના પાયાની નીચે પેકીંગ મૂકી ટેબલની ઉપરની સપાટીને સમાંતર બનાવો.
2. ગરગડીઓ મુક્ત રીતે ફરી શકે તેની કાળજી રાખો. એટલે કે ગરગડી અને ધરી વચ્ચે ખૂબ ઓછું ઘર્ષણ હોય.

ત્રુટીના ઉદ્‌ગમો

1. ઓઇલીંગ કર્યા પછી પણ ગરગડીઓમાં ઘર્ષણ લાગે છે.
2. સ્લોટ પાડેલા વજનિયાં ચોક્સાઇવાળા હોતા નથી.
3. દોરી પર સ્થિતિઓના નિશાન કરતી વખતે થોડી અચોક્કસાઇ થઈ શકે છે.

ચર્ચા

1. ગ્રેવસેન્ડનું સાધન સદિશ સરવાળાના સ.બા.ચ.ના બળ માટેના નિયમ તથા ત્રિકોણના નિયમને તપાસવા માટે વપરાય છે. આ તપાસવા આ જ પદ્ધતિમાં અજ્ઞાત વજનના સ્થાને પ્રમાણિત વજન લગાવાય છે.
2. ઘર્ષણ જ્યાં લાગતું નથી, તે બિંદુ (ત્રણ દોરીઓના જંકશન માટે) શોધવાની પ્રયોગ પદ્ધતિ તદ્દન યોગ્ય છે. જો તમે બીજી કોઈ પદ્ધતિથી તપાસવા માંગતા હોય તો જંકશનને છેક ડાબી, છેક જમણી, સૌથી ઉપર, સૌથી નીચે જેવી સ્થિતિઓએ લઈ જાઓ, જ્યાં તે રહી શકે છે, ત્યાં ઘર્ષણ મહત્તમ છે. આ ચાર સ્થિતિઓનું કેન્દ્ર એ જ્યાં ઘર્ષણ નથી એ બિંદુ છે.
3. જો ઘર્ષણ લાગતું નથી તે બિંદુ જો ચોક્સાઇપૂર્વક શોધવામાં ન આવે તો તેની શું અસર થાય ? લાગતાં ત્રણ વજનબળો ઉપરાંત ચોથું ઘર્ષણબળ લાગે. આ ચારેય બળો સંતુલનમાં છે. આથી P અને Qનું પરિણામી ઉર્ધ્વદિશામાં ના પણ હોઈ શકે એટલે કે Xની સંપૂર્ણ વિરુદ્ધ ના પણ હોઈ શકે.
4. ઘણીવાર સ્લોટવાળા વજનિયાંની લખેલી કિંમતમાં મોટી ત્રુટી હોય છે, તેથી P અને Qની કિંમતોને સ્પ્રિંગતુલાથી તપાસવી હિતાવહ છે. Xના પરિણામને પણ સ્પ્રિંગતુલાથી તપાસવું હિતાવહ છે.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. સદિશ સરવાળા માટે સ.બા.ચ.નો નિયમ લખો.
2. આપેલા બે બળો માટે :
   (a) પરિણામી બળનું મહત્તમ મૂલ્ય.
   (b) પરિણામી બળનું લઘુત્તમ મૂલ્ય શું હોઈ શકે ?
3. કઈ પરિસ્થિતિમાં સમાંતર બાજુ, સમબાજુ થઈ શકે ?
4. જો લાગતા ત્રણેય બળો મૂલ્યમાં સમાન હોય તો સમાંતરબાજુને કેવી રીતે સુધારી શકાય ?
5. જ્યારે ગાંઠ સંતુલિત સ્થિતિમાં હોય , ત્યારે ગરગડી પર કોઈ બળ લાગશે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓનું સૂચન

1. પદાર્થની (અજ્ઞાત વજનવાળા) સ્થિતિની અન્ય બળોની સ્થિતિ સાથે અદલાબદલી કરી અન્ય પદાર્થનું વજન શોધવું.
2. બંને બળો સરખા રાખી અને અજ્ઞાત વજનને બદલાતાં જઈ બે બળો વચ્ચેના ખૂણાનો અભ્યાસ કરો.
3. સદિશોના સ.બા.ચ.ના નિયમનો ઉપયોગ કરી નળાકારના દ્રવ્યની ઘનતા અંદાજવાની યોગ્ય પદ્ધતિ જણાવો.
4. સદિશો માટેના સ.બા.ચ.ના નિયમને નીચેની પરિસ્થિતિમાં લાગુ કરો.
   (a) ગિલોલ (b) તીરકામઠું (c) હેન્ડગ્લાઈડીંગ
   (d) પતંગ (e) સાઈકલ પેડલીંગ

પ્રયોગ 6

હેતુ :

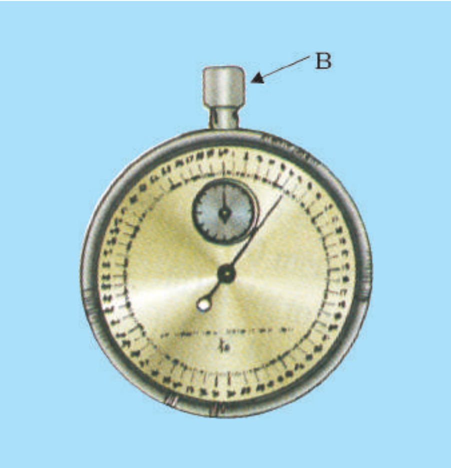
સાદા લોલકની મદદથી L – T અને L – T^2ના આલેખ દોરો અને યોગ્ય આલેખનો ઉપયોગ કરી સેકન્ડ લોલકની અસરકારક લંબાઈ શોધો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી :

ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડ, બૂચના ટુકડા, હુકવાળો ધાતુ (બ્રાસ/લોખંડ)નો ગોળો, લાંબી મજબૂત દોરી (લગભગ 2 m), સ્ટોપ વૉચ, મીટરપટ્ટી, આલેખ પેપર, પેન્સિલ, રબર.

સ્કૂલ પ્રયોગશાળામાં સમય માપતા સાધનોનું વર્ણન :

સ્કૂલ પ્રયોગશાળામાં સમય માપન માટે વપરાતું સૌથી સામાન્ય સાધન સ્ટોપ વૉચ અથવા સ્ટોપ ક્લૉક છે. તેમના નામ પરથી કહી શકાય કે પ્રયોગ કર્તાને જરૂર પડે તે પ્રમાણે તેને ચાલુ કે બંધ કરવાની વ્યવસ્થા હોય છે.



આકૃતિ E 6.1 (a) : સ્ટોપ વૉચ

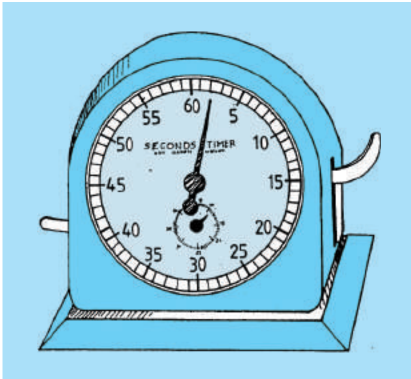
(a) સ્ટોપ વૉચ : સ્ટોપ વૉચ એ ખાસ પ્રકારની ઘડિયાળ છે. તેને બહુહેતુક દટ્ટો અથવા બટન (B) હોય છે. જેની મદદથી સ્ટોપ વૉચ ચાલુ/બંધ/શૂન્ય પર પરત જઈ શકાય છે. (આકૃતિ E 6.1 (a)) તેને બે વર્તુળાકાર ડાયલ હોય છે. મોટું ડાયલ એ મોટા સેકન્ડ કાંટા માટે અને નાનું ડાયલ એ નાના મિનિટ કાંટા માટે છે. સેકન્ડ કાંટા માટેના ડાયલમાં 30 સમાન વિભાગો હોય છે. દરેક વિભાગ 0.1 સેકન્ડ રજૂ કરે છે. સ્ટોપ વૉચનો ઉપયોગ કરતાં પહેલાં તેનું લઘુત્તમ માપ શોધવું પડે. એક પરિભ્રમણમાં સેકન્ડ કાંટો 30 સેકન્ડ (કાળા રંગથી લખેલ)નો સમય અને પછી બીજા પરિભ્રમણમાં બીજી 30 સેકન્ડનો સમય કાપે છે. (લાલ રંગથી લખેલ) આથી લઘુત્તમ માપ 0.1 s થશે.

(b) સ્ટોપ ક્લૉક : સ્ટોપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ 0.1 s હોય છે. આકૃતિ E 6.1 (a) જ્યારે સ્ટોપ ક્લૉકનું લઘુત્તમ માપ 1 s હોય છે. આથી, સ્કૂલ પ્રયોગશાળામાં વધારે ચોક્સાઈથી સમયગાળાના માપન માટે સ્ટોપ વૉચ વધુ ઈચ્છનીય છે. જો કે હવે ડિજિટલ સ્ટોપ વૉચ પણ પ્રાપ્ય છે. આ પ્રકારની ઘડિયાળમાં બટન દબાવીને તેને ચાલુ કરી શકાય છે અને તે જ બટનને ફરી એકવાર દબાવીને બંધ કરી શકાય છે. પસાર થયેલો સમયગાળો ઘડિયાળમાં સીધેસીધો જોવા મળશે.

પદ અને વ્યાખ્યાઓ

1. **સેકન્ડ લોલક :** આ એ પ્રકારનું લોલક છે કે જે એક તરફના છેડાના મહત્તમથી બીજી તરફના છેડાના મહત્તમ સુધી જવા ચોક્કસાઈથી 1 સેકન્ડનો સમય લે છે. આમ, તેનો આવર્તકાળ ચોક્સાઈપૂર્વક 2 સેકન્ડ છે.

2. **સાદુ લોલક :** બિંદુવત્ દ્રવ્યમાનને અતન્ય દ્રવ્યમાન વગરની દોરી વડે દૃઢ આધાર પરથી લટકાવેલ છે. વ્યવહારમાં ઊંચી દ્રવ્ય ઘનતા ધરાવતો નાનો, દળદાર, ઘન ગોળો કે જેની ત્રિજ્યા r એ લોલકની લંબાઈ કરતાં ખૂબ જ ઓછી હોય, તેને વજન વગરની ખેંચી ન શકાય તેવી દોરીના છેડે લટકાવેલ હોય છે અને દોરીનો બીજો છેડો ક્લેમ્પ સાથે જડિત હોય છે. આકૃતિ E 6.2 (a) એ આદર્શ સાદા લોલકની અસરકારક ગોઠવણી દર્શાવે છે.



આકૃતિ E 6.1 (b) : **સ્ટોપક્લોક**

3. **લોલકની અસરકારક લંબાઈ :** જ્યાંથી લટકાવેલ છે તે બિંદુ અને ગોળાના કેન્દ્ર (ગુરુત્વકેન્દ્ર) વચ્ચેના અંતર L, $L = l + r + e$ ને અસરકારક લંબાઈ કહે છે. જ્યાં, l એ ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડથી હૂકના ઉપરના બિંદુ સુધી લંબાઈ, e એ હૂકની લંબાઈ અને r એ ગોળાની ત્રિજ્યા છે.

સિદ્ધાંત

સાદુલોલક **સરળ આવર્તગતિ (સ.આ.ગ.)** કરે છે. જેમાં લોલકના ગોળાનો પ્રવેગ એ તેના મધ્યમાન સ્થાનથી અંતરના સમપ્રમાણમાં અને હંમેશાં મધ્યમાન સ્થાન તરફની દિશામાં હોય છે. સાદા લોલકના નાના કંપવિસ્તાર સાથેના દોલનો માટેનો આવર્તકાળ નીચેના સૂત્ર દ્વારા આપી શકાય છે.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \qquad \text{(E 6.1)}$$

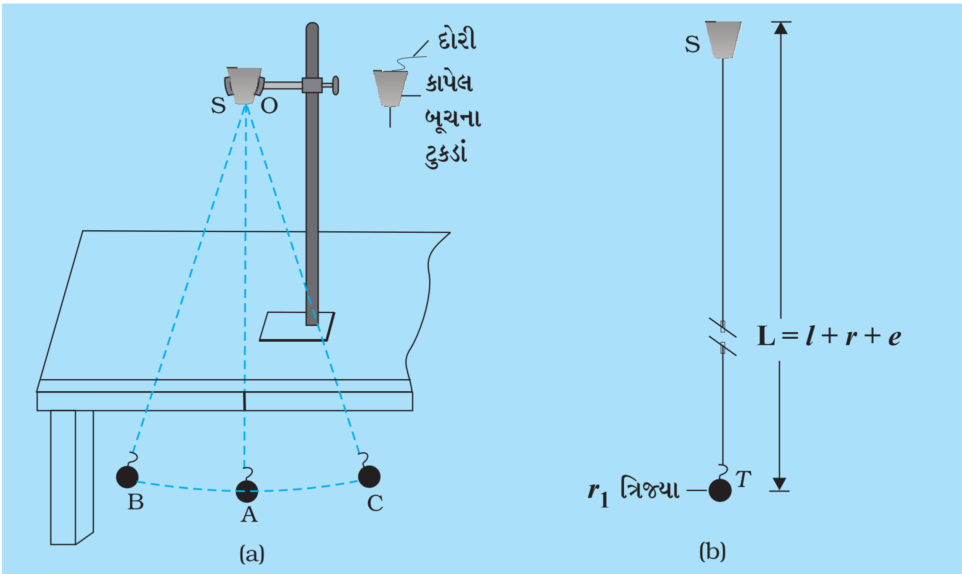
જ્યાં, L લોલકની લંબાઈ અને g એ પ્રયોગ જે સ્થળે કરતા હોય તે સ્થળનો ગુરુત્વપ્રવેગ છે.
સમીકરણ 6.1 નીચે મુજબ પણ લખી શકાય.

$$T^2 = \frac{4\pi^2 L}{g} \qquad \text{(E 6.2)}$$

પદ્ધતિ

1. ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડને ટેબલ પર મૂકો. લોલકના ગોળા સાથે લગાડેલા હૂક સાથે લગભગ 150 cm લંબાઈની દોરી બાંધો. દોરીનો બીજો છેડો બે ભાગમાં વિભાજિત બૂચમાંથી પસાર કરો.

2. બે ભાગમાં વિભાજિત બૂચને ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડમાં મજબૂત એવી રીતે ગોઠવો કે બૂચને બે ભાગમાં વિભાજિત કરતી રેખાએ OA રેખાને કાટખૂણે ગોઠવાય અને તે રેખાની દિશામાં લોલક દોલનો કરી શકે. (આકૃતિ E 6.2 (a)). ચોકના ટુકડા અથવા શાહીથી શિરોલંબ દિશામાં રહેલા દોરા OAને સમાંતર અને તેની પાછળ રહે તેમ નિશાન કરો જે લોલકની સ્થિર સ્થિતિ છે. ધ્યાન રાખો કે ગોળો શિરોલંબ રીતે (તળિયાથી લગભગ 2 cm ઊંચે) ટેબલની ધારથી થોડે દૂર રહેવો જોઈએ કે જેથી તે મુક્ત રીતે દોલનો કરી શકે.
3. સાદા લોલકની અસરકારક લંબાઈ આકૃતિ E 6.2 (b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે માપો.



આકૃતિ E 6.2 (a) : સાદુ લોલક; B અને C અંત્યબિંદુઓના સ્થાન દર્શાવે છે.

આકૃતિ E 6.2 (b) : સાદા લોલકની અસરકારક લંબાઈ

4. ગોળાને શિરોલંબ દિશા OA સાથે કોઈ એક તરફ 15° કરતાં વધુ ન હોય, તેવા ખૂણે કોણીય સ્થાનાંતરિત કરી, ધીમેથી મુક્ત કરો. જો તમને એમ લાગે કે સ્ટેન્ડ હાલક-ડોલક થાય છે તો સ્ટેન્ડના પાયા પર કોઈ વજનદાર વસ્તુ મૂકો. એ ધ્યાન રાખો કે લોલકનો ગોળો તેની સ્થિર સ્થિતિ (અથવા મધ્યમાન સ્થાન) OAને અનુલક્ષીને શિરોલંબ દિશામાં દોલનો કરવાનું ચાલુ કરે ત્યારે (i) તેની પોતાની અક્ષને અનુલક્ષીને ભ્રમણ અથવા (ii) ઉપર કે નીચે તરફ દોલનો અથવા (iii) તેના મધ્યમાન સ્થાનની આસપાસ ઉપવલય કક્ષામાં ભ્રમણ કરતો હોવો જોઈએ નહિ.
5. લોલકને થોડા સમય સુધી દોલિત થવા દો. થોડા દોલનો પૂર્ણ થાય પછી જ્યારે લોલકના ગોળા સાથે બાંધેલી દોરી મધ્યમાન સ્થાનથી (ધારોકે ડાબેથી જમણે) પસાર થાય ત્યારે સ્ટોપ વૉચ/ક્લોક ચાલુ કરો. તેને શૂન્ય દોલન ગણો.
6. જ્યારે જ્યારે લોલકનો ગોળો મધ્યમાન સ્થાન OAથી તે જ દિશામાં (ડાબેથી જમણે) તરફ જાય ત્યારે દોલનો ગણવાનું 1, 2, 3.....*n* ચાલુ રાખો. *n* દોલનો (20 અથવા 25) પૂર્ણ થાય

ત્યારે સ્ટોપ વૉચ/ક્લૉક બંધ કરો. n એવી રીતે પસંદ કરવો જોઈએ કે n દોલનો પૂર્ણ કરવા લાગતો સમય 50 s અથવા વધારે હોય. લોલકને n દોલનો પૂર્ણ કરવા લાગતો કુલ સમય (t) નોંધો. n દોલનો માટેના આ અવલોકનોનું પુનરાવર્તન કરી તે માટે લાગતો સમય નોંધો આ અવલોકનોની સરેરાશ લો. લોલકને એક દોલન પૂર્ણ કરવા લાગતો સમય એટલે કે આવર્તકાળ $T\left(=\frac{t}{n}\right)$ શોધો.

7. લોલકની લંબાઈ 10 cm જેટલી બદલો. પદ 6 ફરીથી નવી લંબાઈ માટે (t) સમયના માપન માટે 20 દોલનો અથવા વધારે દોલનો માટે પુનરાવર્તિત કરો અને સરેરાશ સમય શોધી આવર્તકાળ શોધો. લોલકની જુદી જુદી લંબાઈ માટેના બીજા 5 અથવા 6 અવલોકનો લો અને દરેક કિસ્સામાં સરોરાશ સમય અને આવર્તકાળ શોધો.
8. અવલોકનો અવલોકન કોઠામાં યોગ્ય એકમ અને સાર્થક અંકો સહિત નોંધો.
9. અસરકારક લંબાઈ (L), x-અક્ષ પર અને T^2 (અથવા T) y-અક્ષ પર લો અને કોષ્ટક E 6.1માં નોંધેલ અવલોકનોનો ઉપયોગ કરીને આ અક્ષો પર L અને T^2 (અથવા T)ને રજૂ કરવા યોગ્ય પ્રમાણમાપ પસંદ કરો. L અને T^2નો આલેખ દોરો. (આકૃતિ E 6.4 અનુસાર) અને L અને T વચ્ચેનો પણ આલેખ દોરો. (આકૃતિ E 6.3) $L - T^2$ અને $L - T$ ના આલેખના આકાર કેવા મળે ? આ આકારોને ઓળખો.

અવલોકનો

(i) આપેલ લોલકના ગોળાની ત્રિજ્યા = ... cm

(ii) આપેલ હૂકની લંબાઈ e = ... cm

(iii) મીટર સ્કેલ (મીટર માપક્રમ)નું લઘુત્તમ માપ = ... mm = ... cm

(iv) સ્ટોપ વૉચ/ક્લૉકનું લઘુત્તમ માપ = ... s

કોષ્ટક E 6.1: સાદા લોલકની અસરકારક લંબાઈ અને આવર્તકાળનું માપન

ક્રમ	આધાર બિંદુથી ગોળાના હૂક સુધી દોરીની લંબાઈ l	અસરકારક લંબાઈ $L = (l + r + e)$		ગણેલા દોલનોની સંખ્યા n	n દોલનો માટેનો સમય t (s)				આવર્તકાળ $T\left(=\frac{t}{n}\right)$	t^2
		cm	m		(i)	(ii)	(iii)	સરેરાશ t (s)	s	s^2

આલેખ દોરવા

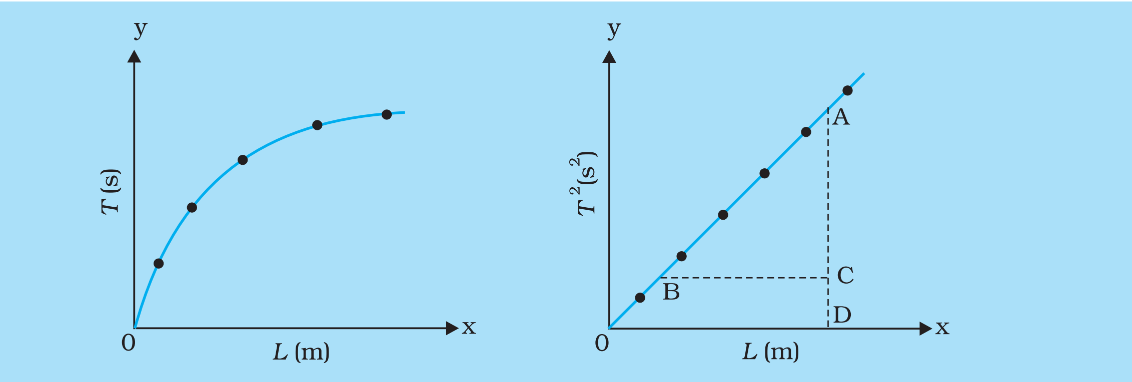
(i) L વિરુદ્ધ Tનો આલેખ

કોષ્ટક E 6.1માં નોંધેલ અવલોકનોને આધારે L વિરુદ્ધ Tનો આલેખ, Lને x-અક્ષ અને Tને y-અક્ષ પર લઈને દોરો. તમને આ આલેખ વક્ર મળશે. જે આકૃતિમાં E 6.3માં દર્શાવ્યા અનુસાર પરવલયનો એક ભાગ છે.

(ii) L વિરુદ્ધ T^2નો આલેખ

કોષ્ટક E 6.1માં નોંધેલ અવલોકનોને આધારે L વિરુદ્ધ T^2નો આલેખ, Lને x-અક્ષ અને T^2ને y-અક્ષ પર લઈને દોરો. તમને આ આલેખ ઉગમબિંદુમાંથી પસાર થતી સુરેખા મળશે. જે આકૃતિ E 6.4 માં દર્શાવેલ છે.

(iii) T^2 વિરુદ્ધ Lના આલેખ પરથી સેકન્ડ લોલક માટે $T^2 = 4s^2$ ના આધારે અસરકારક લંબાઈ નિર્ધારિત કરો.



***આકૃતિ E 6.3* : L વિરુદ્ધ Tનો આલેખ**

***આકૃતિ E 6.3* : L વિરુદ્ધ Tનો આલેખ**

પરિણામ

1. L વિરુદ્ધ Tનો આલેખ ઉપર તરફ બહિર્ગોળ વક્ર છે.
2. L વિરુદ્ધ T^2નો આલેખ સુરેખ મળે.
3. L વિરુદ્ધ T^2ના આલેખ પરથી સેકન્ડ લોલકની અસરકારક લંબાઈ .... cm.

નોંધ : સાદા લોલકના ગોળાની ત્રિજ્યા કેલીપર્સનો ઉપયોગ કરીને મેળવેલ વ્યાસ પરથી મેળવી શકાય. જેમાં સાદા લોલકના ગોળાને પ્રયોગ E 1.1 (a)માં વર્ણવ્યા મુજબ (a) સાદા કેલીપર્સ કે (b) વર્નિયર કેલીપર્સની મદદથી તેની બે ભૂજાઓ વચ્ચે મૂકીને તેનો વ્યાસ માપી શકાય છે. આ ગોળાને બે સમાંતર કાર્ડબોર્ડની વચ્ચે મૂકી તે બે કાર્ડબોર્ડ વચ્ચેની જગ્યા (વ્યાસ) અથવા અંતર માપપટ્ટીની મદદથી માપી શકાય.

ચર્ચા

1. સેકન્ડ લોલકની લંબાઈ માટેના પરિણામની ચોક્સાઈ એ મુખ્યત્વે અસરકારક લંબાઈના માપનમાં (મીટરપટ્ટીની મદદથી) અને લોલકના આવર્તકાળ T (સ્ટોપ વૉચની મદદથી)ના માપનમાં ચોક્સાઈ પર આધાર રાખે છે. સમીકરણ E 6.2માં આવર્તકાળ T^2ના પદમાં છે આથી, Tના માપનમાં રહેલી નાની અચોક્સાઈ પણ T^2માં ગણનાપાત્ર ત્રુટિ ઉદભવે છે. અને પરિણામમાં નોંધપાત્ર અસર ઉપજાવે છે. 0.1 s ચોક્સાઈવાળી સ્ટોપ વૉચ એ ઓછી ચોક્સાઈવાળી સ્ટોપ ક્લૉક/વૉચ કરતાં વધારે ઇચ્છવા યોગ્ય છે.
2. કેટલીક વ્યક્તિગત ત્રુટિઓ કાયમી અવલોકનોમાં ભળી જાય છે. જેમ કે સ્ટોપ વૉચ યોગ્ય સમયે શરૂ ન કરી અથવા જ્યારે લોલકનો ગોળો મધ્યમાન સ્થાનથી આગળ વધે કે તરત જ સ્ટોપ વૉચ બંધ કરે. ખાસ કાળજી રાખીને જ્યારે લોલકનો ગોળો મધ્યમાન સ્થાનની એક દિશામાં આગળ વધે ત્યારે સ્ટોપ વૉચ ચાલુ કે બંધ કરવાનું રાખો.
3. કેટલીક વખત હવાના પ્રવાહો પૂરેપૂરા અવગણી શકાતા નથી, આને પરિણામે લોલકના ગોળાની ગતિ ઉર્ધ્વ સમતલમાં થવાને બદલે શાંકવાકાર (ઉપવલયાકાર) બની જાય છે. ગોળાની સ્પીન અથવા શાંકવાકાર ગતિને પરિણામે દોરામાં વળ ચઢે છે જે આવર્તકાળને અસર કરે છે. લોલકના ગોળાને સમતોલન સ્થાનથી એકબાજુ લઈ જઈને કાળજીપૂર્વક હળવાશથી મુક્ત કરવો જોઈએ.
4. લોલકના ગોળાને દૃઢ આધારથી લટકાવવા નાયલોનની દોરીને બદલે પાતળી, હલકી, મજબૂત, સુતરાઉ દોરી વાપરવી જોઈએ. દોરીની સ્થિતિસ્થાપકતા એ લોલકની અસરકારક લંબાઈના માપમાં કંઈક અંશે ત્રુટિનું કારણ બની શકે છે.
5. સાદુ લોલક મધ્યમાન સંતુલિત સ્થિતિની આગળ અને પાછળ સ.આ.ગ. કરે છે. સમીકરણ (E 6.1)માં L અને T વચ્ચે સંબંધ દર્શાવતું સૂત્ર $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ વડે દર્શાવેલ છે જેનું પાલન થવા તેના દોલનો નાના કંપવિસ્તારવાળા અથવા તેનો દોલન કોણ θ નાનો હોવો જોઈએ. યાદ રાખો કે આ સંબંધ એ $\sin\theta \approx \theta$ (θ રેડીયનમાં હોય ત્યારે)ની ધારણા પર નાના કોણીય સ્થાનાંતર માટે જ યોગ્યતા ધરાવે છે.
6. હવાનું ઉત્પ્લાવકબળ અને હવાની સ્યાનતાના લીધે લોલકનો આવર્તકાળ સહેજ વધે છે. આ અસરને ખૂબ જ મોટા પ્રમાણમાં ઘટાડવા માટે નાનો, દળદાર અને વધુ ઘનતાવાળો ધાતુનો (જેવી કે લોખંડ/સ્ટીલ/બ્રાસ) ગોળો લેવો જોઈએ.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

1. તમે દોરેલા L અને T^2 વચ્ચેના આલેખ તથા L અને T વચ્ચેના આલેખનું અર્થઘટન કરો.
2. જો સાદા લોલકની અસરકારક લંબાઈ બે ગણી, ચાર ગણી એમ થાય તો આવર્તકાળમાં કેવો ફેરફાર થાય તે તપાસો.
3. T^2 વિરુદ્ધ Lના આલેખ પરથી તમે ગુરુત્વપ્રવેગ ‘g’નું મૂલ્ય કેવી રીતે નક્કી કરશો ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. સાદા લોલક માટે $L - T^2$ ના આલેખ વડે આપેલા સ્થળે ગુરુત્વપ્રવેગ g નું મૂલ્ય નક્કી કરો.
2. લોલકના ગોળાના પરિમાણની સાદા લોલકના આવર્તકાળ પર થતી અસરનો અભ્યાસ કરવો.

   [**Hint :** સમાન પ્રાયોગિક ગોઠવણી સાથે, સમાન દ્રવ્ય (ઘનતા) ધરાવતા પરંતુ જુદા જુદા વ્યાસના કેટલાક ગોળા લો. લોલકની દોરીની લંબાઈ દરેક કિસ્સામાં સમાન રાખો. ગોળાઓને એક પછી એક બાંધતા જાવ અને 10° જેટલા સૂક્ષ્મ કોણવર્તન માટે દરેક વખતે 50 દોલનો માટેનો સમય માપો. જુદા જુદા પરિમાણ ધરાવતા ગોળાઓ વડે બનતા લોલકનો આવર્તકાળ શોધો વ્યાસમાં થતા ફેરફારને સરભર કરવા દોરીની લંબાઈને યોગ્ય રીતે ગોઠવો.

   શું લોલકના ગોળાના પરિમાણની આવર્તકાળ પર અસર થાય છે ? જો હા, તો કેવો ફેરફાર થાય છે તે ચકાસો.]
3. સાદા લોલકના ગોળાના દ્રવ્ય (ઘનતા)ની લોલકના આવર્તકાળ પર થતી અસરનો અભ્યાસ કરવો.

   [**Hint :** સમાન પરિમાણવાળા પરંતુ જુદા જુદા દ્રવ્યના બનેલાં કેટલાક ગોળાઓ લઈ સમાન પ્રકારની પ્રાયોગિક ગોઠવણ રાખો. લોલકની લંબાઈ દરેક કિસ્સામાં સમાન રાખો. દરેક કિસ્સામાં લગભગ 10°ના કોણીય સ્થાનાંતર માટે જુદા જુદા દ્રવ્યના ગોળા દ્વારા બનતા લોલકનો આવર્તકાળ માપો.

   શું આવર્તકાળ લોલકના ગોળાના દ્રવ્ય (ઘનતા) પર આધાર રાખે છે ? જો હા, તો કેવા પ્રકારનો કેટલો ફેરફાર આવે છે તે ચકાસો. જો ના, તો લોલકનો ઉપયોગ સમય માપક તરીકે કરવાનો એક વધારાનો વિકલ્પ તમને મળશે.]
4. લોલકના ગોળાના દ્રવ્યમાનની સાદા લોલકના આવર્તકાળ પરની અસરનો અભ્યાસ કરવો.

   [**Hint :** સમાન પરિમાણવાળા, જુદા જુદા દ્રવ્યના (જુદા જુદા દ્રવ્યમાનના) બનેલા કેટલાક લોલકના ગોળાઓ લઈ સમાન પ્રકારની પ્રાયોગિક ગોઠવણ રાખી પ્રયોગ કરો. દરેક કિસ્સા માટે લોલકની લંબાઈ સમાન રાખો. દરેક કિસ્સામાં લગભગ 10°ના કોણીય સ્થાનાંતર માટે જુદા જુદા દ્રવ્યમાનવાળા ગોળા માટે લોલકનો આવર્તકાળ માપો. શું આવર્તકાળ લોલકના ગોળાના દ્રવ્યમાન પર આધાર રાખે છે ? જો હા, તો કેટલા પ્રમાણમાં ફેરફાર આવે છે. જો ના, તો લોલકનો ઉપયોગ સમય માપન તરીકે કરવાનો વધારાના વિકલ્પ તમને મળશે.]
5. લોલકના દોલનોના કંપવિસ્તારની સાદાલોલકના આવર્તકાળ પર થતી અસરનો અભ્યાસ કરવો.

   [**Hint :** સમાન પ્રાયોગિક ગોઠવણી સાથે ગોળાનું દ્રવ્યમાન સમાન અને લોલકની લંબાઈ ચોક્કસ રાખો. કોણીય કંપવિસ્તાર માપવા માટે કાર્ડબોર્ડ પર મોટું કોણમાપક બનાવો અને તેના પર 0°થી 90°ના 5°ના અંતરાલે ચાપ બનાવો. તેને ટેબલની ધાર પર બે ડ્રોઈંગપીનની મદદથી એવી રીતે ચોંટાડો કે