જેથી તેની 0°ની રેખા લટકાવેલ લોલકની સ્થિર રેખા સાથે સુસંગત બને. લોલકને ખૂબ મોટા કોણીય કંપવિસ્તાર (ધારો કે 70°) માટે દોલનો કરાવો અને તેનો આવર્તકાળ માપો. દોલનોના કંપવિસ્તાર 5° અથવા 10°ના ક્રમમાં બદલતા જાવ અને દરેક કિસ્સામાં આવર્તકાળ માપતા જાવ. કોણીય કંપવિસ્તાર અને આવર્તકાળ T વચ્ચેનો આલેખ દોરો. લોલકનો આવર્તકાળ કંપવિસ્તાર સાથે કેવી રીતે બદલાય છે ?

તમે દોરેલા આલેખ પરથી A = 10° માટે મળતાં આવર્તકાળ T નું મૂલ્ય A = 50° માટે મળતા મૂલ્ય કરતાં કેટલું અલગ પડે છે ?

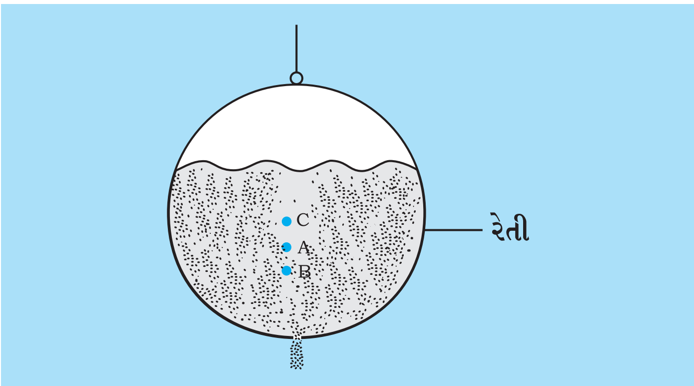
દોલનોના કયા કંપવિસ્તારથી આવર્તકાળનો સમય બદલવાનું શરૂ થાય છે તે શોધો. લોલકની મર્યાદા જણાવી તે ક્યારે સાદા લોલકમાં અંત પામે તે નક્કી કરો.]

6. લોલકના ગોળાનું દ્રવ્યમાન બદલાતું હોય, તો તેની આવર્તકાળ પર થતી અસરનો અભ્યાસ કરો. (દા.ત. પોલા ગોળામાં રેતી ભરી ક્રમશઃ રેતી બહાર નીકળતી જાય)

[**Hint :** જો T માં કોઈ ફેરફાર, થતો હોય, તો આ પ્રયોગમાં તે ઘણો નાનો હશે અને તેને નીચેના કારણોસર માપવો શક્ય નથી.

પોલા ગોળાનું ગુરુત્વકેન્દ્ર, ગોળાના કેન્દ્ર પર જ હશે. આ સાદા લોલકની લંબાઈ એ સમાન પરિણામના નક્કર ગોળા માટેના સાદા લોલકની લંબાઈ જેટલી જ હશે અથવા પોલા ગોળામાં સંપૂર્ણપણે રેતી ભરેલી હોય તેના જેટલી જ હશે.

જ્યારે થોડીક રેતી ગોળામાંથી બહાર નીકળી હશે ત્યારે પરિસ્થિતિ આકૃતિ E 6.5માં દર્શાવેલ છે. ગોળાનું ગુરુત્વકેન્દ્ર હવે નીચે જશે. ધારોકે A. આથી લોલકની અસરકારક લંબાઈ વધશે અને પરિણામે આવર્તકાળ T_A વધશે. ($T_A > T_O$) હજુ વધારે રેતી બહાર કાઢવામાં આવે તો ગુરુત્વકેન્દ્ર હજુ નીચે જશે. ધારોકે B. લોલક અસરકારક લંબાઈ વધશે આથી આવર્તકાળ T વધશે. આ પ્રક્રિયામાં જ્યાં સુધી બધી જ રેતી ગોળામાંથી બહાર ન નીકળે ત્યાં સુધી L અને T સતત એક જ દિશામાં બદલાતા (વધતાં) જશે. હવે ગોળો, પોલા ગોળા તરીકે વર્તશે અને તેનું ગુરુત્વકેન્દ્ર ફરીથી તેના કેન્દ્ર C પર સ્થાનાંતરિત થશે. તેનો આવર્તકાળ ફરીથી T_O જેટલો થશે.]



આકૃતિ E 6.5 : **રેતી ભરેલા પોલા ગોળાના ગુરુત્વકેન્દ્રમાં થતા ફેરફારની લોલકના આવર્તકાળ પર થતી અસર, રેતી ગોળા માંથી ક્રમશઃ બહાર નીકળે છે.**

પ્રયોગ 7

હેતુ

સીમાંત ઘર્ષણ અને લંબ પ્રતિક્રિયા બળ વચ્ચેના સંબંધનો અભ્યાસ કરવો તથા ગતિ કરતા પદાર્થની સપાટી અને સમક્ષિતિજ સપાટી વચ્ચેનો ઘર્ષણાંક શોધવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

હૂક સાથેનો લાકડાનો બ્લૉક, કાચ અથવા લેમીનેટેડ સપાટી ધરાવતી સમક્ષિતિજ સપાટી, (ટેબલની સપાટી પણ સમક્ષિતિજ સપાટી તરીકે વાપરી શકાય.) સમક્ષિતિજ ટેબલ અથવા સપાટીના એક છેડે લગાડેલ ઘર્ષણરહિત પુલી, સ્પિરિટ લેવલ, માપપટ્ટી, પલ્લું, દોરી, સ્પ્રિંગ બેલેન્સ, વજનપેટી, 100 g દળ ધરાવતા 5 પદાર્થ.

પદ અને વ્યાખ્યાઓ

ઘર્ષણ : સંપર્કમાં રાખેલી બે સપાટીઓ વચ્ચેની સાપેક્ષગતિનો વિરોધ કરવાના ગુણધર્મને ઘર્ષણ કહેવામાં આવે છે.

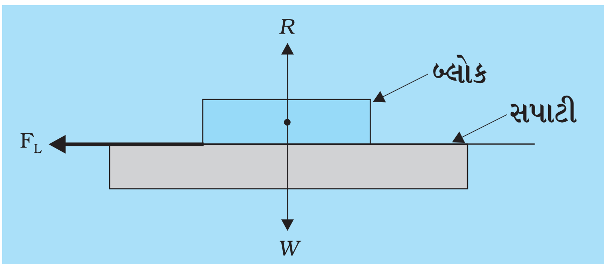
સ્થિત ઘર્ષણ : એકબીજાની સાપેક્ષે સરકવાની વર્તણૂક ધરાવતી પરંતુ એક બીજાના સંપર્કમાં રહેલી બે સ્થિર ઘન સપાટીઓ વચ્ચે લાગતું ઘર્ષણબળ.

સીમાંત ઘર્ષણ : સંપર્કમાં રહેલા બે પદાર્થમાંથી એક પદાર્થ સરકવાની તૈયારીમાં હોય ત્યારે લાગતા મહત્તમ સ્થિત ઘર્ષણબળને સીમાંત ઘર્ષણબળ કહે છે.

ગતિકીય (ગતિક) ઘર્ષણ : જ્યારે સંપર્કમાં રહેલા પદાર્થો વચ્ચે સાપેક્ષ ગતિ હોય, ત્યારે તેમની વચ્ચે ઉદ્‌ભવતા ઘર્ષણને ગતિકીય ઘર્ષણબળ કહે છે.

સિદ્ધાંત

ભેજરહિત સ્વચ્છ અને ઊંઝણ વિનાની બે ઘન સપાટીઓ વચ્ચે લાગતું મહત્તમ સ્થિત ઘર્ષણબળ એટલે સીમાંત ઘર્ષણબળ F_L, નીચેના આનુભાવિક નિયમોને અનુસરે છે.



આકૃતિ E 7.1 : સ્થિત ઘર્ષણબળને લીધે પદાર્થ સ્થિર છે

(i) સીમાંત ઘર્ષણબળ એ

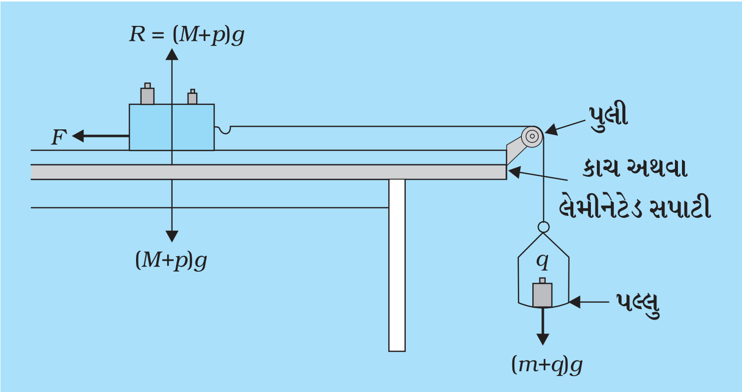
લંબ પ્રતિક્રિયાબળ R કે જે બ્લૉક (પદાર્થ)ના કુલ વજનબળ W વડે આપી શકાય છે તેના સમપ્રમાણમાં હોય છે. (આકૃતિ 7.1) સમક્ષિતિજ સપાટી માટે W અને R બંનેની કાર્યરેખા એક જ હોય છે.

$$F_L \propto R \Rightarrow F_L = \mu_L R$$

$$\text{એટલેકે, } \mu_L = \frac{F_L}{R}$$

આમ, સીમાંત ઘર્ષણબળ F_Lના મૂલ્ય અને લંબબળ Rના મૂલ્યનો ગુણોત્તર અચળ રહે છે. જે સંપર્કમાં રહેલી બે સપાટીઓ માટે સીમાંત ઘર્ષણબળ માટેના સ્થિત ઘર્ષણાંક (μ_L) તરીકે ઓળખાય છે.

(ii) સીમાંત ઘર્ષણબળ સંપર્કમાં રહેલ સપાટીઓના પ્રકાર પર આધાર રાખે છે અને લંબ પ્રતિક્રિયા બળ અચળ રહે ત્યાં સુધી વ્યાપક રુપે, તે સંપર્ક સપાટીના ક્ષેત્રફળથી સ્વતંત્ર છે. આથી, લંબપ્રતિક્રિયાબળ લગભગ અચળ રહે છે.



આકૃતિ E 7.2 : મર્યાદિત ઘર્ષણબળનો અભ્યાસ કરવાની પ્રાયોગિક ગોઠવણ

નોંધો કે $F_L = \mu_L R$ એ ઉગમબિંદુમાંથી પસાર થતી રેખાનું સમીકરણ છે. આમ, F_L (y-અક્ષ પર) અને R (x-અક્ષ પર)ના સુરેખ આલેખનો ઢાળ એ સીમાંત ઘર્ષણાંક μ_Lનું મૂલ્ય આપે છે.

આ પ્રયોગમાં લાકડાના બ્લૉક માટે સીમાંત ઘર્ષણબળ અને લંબ પ્રતિક્રિયાબળના સંબંધનો અભ્યાસ કર્યો. અહીં લાકડાના બ્લોકને સમક્ષિતિજ સપાટી (કાચ અથવા લેમીનેટેડ સપાટી) પર સરકાવવામાં આવે છે. (આકૃતિ E 7.2).

પદ્ધતિ

1. સ્પ્રિંગ બેલેન્સનું લઘુત્તમ માપ અને અવધી શોધો.
2. આપેલા લાકડાના બ્લૉકનું હૂક સહિતનું દ્રવ્યમાન (M) અને પલ્લાનું દ્રવ્યમાન (m) સ્પ્રિંગ બેલેન્સની મદદથી માપો.
3. ટેબલની સપાટી પર કાચ અથવા લેમીનેટેડ શીટને સમક્ષિતિજ ગોઠવો. જરૂર પડે તેની નીચે કાગળની અથવા કાર્ડબોર્ડની પટ્ટીઓ દાખલ કરો. આ સપાટી સમક્ષિતિજ છે તેની ચકાસણી સ્પિરિટ લેવલની મદદથી કરો. ઉપરની સપાટી સ્વચ્છ અને ભેજરહિત હોય તેની કાળજી રાખો.

4. આકૃતિ E 7.2માં દર્શાવ્યા મુજબ ટેબલની ઉપરની સપાટીના એક છેડે ઘર્ષણરહિત પુલી લગાવો. જરૂર પડે તો પુલીમાં ઊંઝણ કરો.
5. યોગ્ય લંબાઈની (ટેબલની ઊંચાઈ અને માપ અનુસાર) દોરીનો એક છેડો પલ્લા સાથે અને બીજો છેડો લાકડાના બ્લૉકના હૂક સાથે બાંધો.
6. લાકડાના બ્લૉકને સમક્ષિતિજ સપાટી પર મૂકો અને દોરીને પુલી ઉપરથી પસાર કરો. (આકૃતિ E 7.2). પુલી અને લાકડાના બ્લૉક વચ્ચે દોરી સમક્ષિતિજ રહે તેનું ધ્યાન રાખો. આ માટે પુલીની ઊંચાઈ લાકડાના બ્લૉકના હૂકની ઊંચાઈ પ્રમાણે ગોઠવો.
7. પલ્લામાં યોગ્ય દ્રવ્યમાન (q) મૂકો. ટેબલની ઉપરની સપાટી પર ધીમેથી ટપારો અને લાકડાનો બ્લૉક ગતિ કરવાની શરૂઆત કરે છે કે નહીં તે તપાસો.
8. પલ્લામાંનું દ્રવ્યમાન (q) ધીમે ધીમે એટલે સુધી વધારો કે ટેબલની ઉપરની સપાટી ધીમેથી ટપારતાં લાકડાનો બ્લૉક ગતિ કરવાની શરૂઆત કરે. પલ્લામાં મૂકેલ કુલ દ્રવ્યમાન (q)ની કોષ્ટક E 7.1માં નોંધ કરો.
9. લાકડાના બ્લૉકની સપાટી પર જ્ઞાત દ્રવ્યમાન (p) મૂકો અને પલ્લામાંનું દ્રવ્યમાન (q) એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી ટેબલની સપાટીને સહેજ ટપારતાં લાકડાનો બ્લૉક p દ્રવ્યમાન સહિત ગતિ કરવાની શરૂઆત કરે p અને q ના મૂલ્યો કોષ્ટક E 7.1માં નોંધો.
10. p ના ત્રણ કે ચાર મૂલ્યો માટે પદ 9 પુનરાવર્તિત કરી તેને અનુરુપ q ના મૂલ્યો કોષ્ટક E 7.1 માં નોંધો. F_L અને R નો આલેખ દોરવા માટે ઓછામાં ઓછા પાંચ અવલોકનો જરૂરી છે.

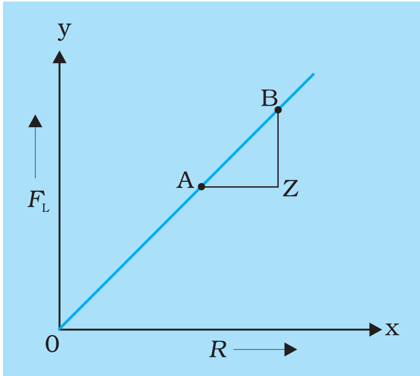
અવલોકનો :

1. સ્પ્રિંગ બેલેન્સનો વિસ્તાર = ... થી .... g
2. સ્પ્રિંગ બેલેન્સનું લઘુત્તમ માપ = ... g
3. પલ્લાનું દ્રવ્યમાન (m) = ... g
4. લાકડાના બ્લૉકનું દ્રવ્યમાન (M) = ... g
5. પ્રયોગના સ્થળે ગુરુત્વપ્રવેગ (g) = ... m s^{-2}

ક્રમ નં.	લાકડાના બ્લૉક પર મૂકેલ દ્રવ્યમાન (P)		દ્રવ્યમાનને લીધે લંબ બળ R (M + p) g	પલ્લાનું દ્રવ્યમાન (q)		સીમાંત ઘર્ષણબળ $F_L = (q+m)g$	ઘર્ષણાંક $\mu_L = \frac{F_L}{R}$	સરેરાશ μ_L
	(g)	(kg)	N	g	(kg)	(N)		
(1)								
(2)								
(3)								
(4)								
(5)								

આલેખ

લાકડાના બ્લૉક અને સમક્ષિતિજ સપાટી વચ્ચે લાગતા સીમાંત ઘર્ષણબળ (F_L) અને લંબ બળ (R)નો આલેખ દોરો. સીમાંત ઘર્ષણબળ F_L, y-અક્ષ પર અને લંબબળ R, x-અક્ષ પર લો. બધાં બિંદુઓને જોડતી રેખા દોરો. (આકૃતિ E 7.3). કેટલાક બિંદુઓ રેખા પર ન પણ આવે, પરંતુ રેખાની આસપાસ હશે. રેખાને પાછળ લંબાવતાં તે ઉગમબિંદુમાંથી પસાર થાય છે કે નહીં તે ચકાસો. આ રેખાનો ઢાળ લાકડાના બ્લૉક અને સમક્ષિતિજ સપાટી વચ્ચેનો સીમાંત ઘર્ષણાંક (μ_L) દર્શાવે છે. રેખાનો ઢાળ નક્કી કરવા, રેખા પર એકબીજાથી દૂર હોય તેવા બે બિંદુ A અને B આકૃતિ E 7.3માં દર્શાવ્યા મુજબ પસંદ કરો. Aમાંથી x-અક્ષને સમાંતર અને Bમાંથી y-અક્ષને સમાંતર રેખા દોરો. બે રેખાઓના છેદનબિંદુને Z કહો. આથી, AB રેખાનો ઢાળ μ_L નીચે મુજબ મળશે.



આકૃતિ E 7.3 : સીમાંત ઘર્ષણબળ (F_L) અને લંબબળ (R) વચ્ચેનો આલેખ

$$\mu_L = \frac{F_L}{R} = \frac{BZ}{AZ}$$

પરિણામ

લાકડાના બ્લૉક અને ટેબલની સપાટી (લેમીનેટેડ શીટ/કાચ) વચ્ચેના સીમાંત ઘર્ષણાંકનું મૂલ્ય μ_L :

(i) ગણતરી અનુસાર (કોષ્ટક E 7.1) = ...

(ii) આલેખ અનુસાર = ...

સાવચેતીઓ

1. ટેબલની સપાટી સમક્ષિતિજ અને ધૂળરહિત હોવી જોઈએ.
2. લાકડાના બ્લૉક અને પુલીને જોડતી દોરી સમક્ષિતિજ રહેવી જોઈએ.
3. પુલીનું ઘર્ષણ યોગ્ય ઊંઝણની મદદથી ઘટાડવું જોઈએ.
4. ટેબલની સપાટીને દરેક વખતે ધીમેથી ટપારવી.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. દરેક વખતે દ્રવ્યમાન, લાકડાના બ્લૉકના મધ્યમાં મૂકવું.
2. સપાટી ધૂળરહિત અને સૂકી હોવી જોઈએ.
3. દોરી તણાવરહિત અને વળરહિત હોવી જોઈએ.

ચર્ચા

1. ઘર્ષણબળ એ સંપર્કમાં રહેલી સપાટીના ખરબચડાપણા પર આધાર રાખે છે. જો સંપર્કમાં રહેલી સપાટીઓ આદર્શ રીતે (સંપૂર્ણપણે) લીસી હોય, તો તે બે સપાટીઓ વચ્ચે ઘર્ષણબળ હોતું નથી. જોકે ઘનપદાર્થમાં અણુઓ અને પરમાણુઓની ગોઠવણી વિતરણને લીધે આદર્શ રીતે લીસી હોય તેવી સપાટી શક્ય નથી. પરિણામે સહજ રીતે ખરબચડાપણું પ્રાપ્ત થાય છે.
2. આ પ્રાયોગિક ગોઠવણીમાં અને ગણતરીમાં, પુલી પાસેના ઘર્ષણબળને અવગણેલ છે. તેથી, શક્ય હોય ત્યાં સુધી પુલી લઘુત્તમ ઘર્ષણબળ ધરાવતી હોવી જોઈએ કેમકે તે ઘર્ષણરહિત હોતી નથી.
3. લાકડાના બ્લૉક અને સમક્ષિતિજ સપાટી વચ્ચે ધૂળના રજકણોની હાજરી ઘર્ષણબળ પર અસર કરી શકે છે અને તેથી તે અવલોકનોમાં ત્રુટિ ઉદ્‌ભવવાનું કારણ બની શકે છે. આથી, સમક્ષિતિજ સપાટી અને લાકડાના બ્લૉકની સંપર્કમાં રહેલી સપાટી સ્વચ્છ અને ધૂળરહિત હોવી જોઈએ.
4. લાકડાના બ્લૉક અને સમક્ષિતિજ સપાટી વચ્ચે પાણી અથવા ભેજની હાજરીને લીધે સપાટીના ગુણધર્મો બદલાઈ જાય છે. આમ, ગતિ કરતા પદાર્થની સપાટી અને સમક્ષિતિજ સપાટી વચ્ચેના ઘર્ષણનો અભ્યાસ કરતા હોય, ત્યારે તે સંપૂર્ણપણે સૂકી હોવી જોઈએ.
5. દોરીની સ્થિતિસ્થાપકતા એ અવલોકનમાં ત્રુટિનું ઉદ્‌ગમ બની શકે છે. આથી, પાતળી, નહિવત્‌ દ્રવ્યમાન ધરાવતી, મજબૂત અને સૂતરની વળરહિત દોરીનો ઉપયોગ ગતિ કરતા બ્લૉક અને પલ્લાને બાંધવા કરવો જોઈએ.
6. પુલી અને લાકડાના બ્લૉક વચ્ચેનો દોરીનો ભાગ સમક્ષિતિજ રહેવો જોઈએ, નહિતર તણાવબળનો દોરીમાંનો ઘટક બ્લૉકની ગતિ માટે જવાબદાર બને છે.
7. આ પ્રયોગ માટે બ્લૉકના પરિમાણ અને વજનિયાંના સેટની ઊચિત પસંદગી કરવી અગત્યની છે. જો બ્લૉક ખૂબ જ હલકો હોય તો તેનું સ્થિત ઘર્ષણબળ એ ખાલી પલ્લાના વજનબળ કરતાં પણ ઓછું થશે અને આ પરિસ્થિતિમાં એકલા બ્લૉકનો ઉપયોગ કરીને અવલોકનો લઈ શકાતા નથી. તે જ રીતે બ્લૉક પર મહત્તમ દ્રવ્યમાન તેના પર અલગ દળ મૂકીને મેળવી શકાય છે અને ખૂબ જ વધારે ન હોવું જોઈએ, નહિતર બ્લૉકને ગતિ કરાવવા વધારે બળની જરૂર પડે.
8. વધારાનું દ્રવ્યમાન p, દરેક વખતે લાકડાના બ્લૉકના મધ્યમાં મૂકવું જોઈએ.
9. ઘર્ષણાંકના માપનમાં શકય ત્રુટિ

$$= \frac{\Delta F_L}{F_L} + \frac{\Delta R}{R} = \ldots$$

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. તમારા અવલોકનના આધાર પર, સ્થિત ઘર્ષણબળ અને સરકતા પદાર્થના દ્રવ્યમાન વચ્ચેનો સંબંધ શોધો.
2. બે સપાટીઓ વચ્ચેના સીમાંત ઘર્ષણનો અભ્યાસ કરવા આપણે ગોળાકાર પદાર્થની પસંદગી કેમ નથી કરી ?
3. સમક્ષિતિજ સપાટી સ્વચ્છ અને સૂકી શા માટે હોવી જોઈએ ?
4. ગતિ કરતા પદાર્થ અને પુલી વચ્ચેના વિસ્તારમાં દોરી શા માટે સમક્ષિતિજ જ હોવી જોઈએ ?
5. આ પ્રયોગમાં જે સપાટી પર બ્લૉક ગતિ કરે છે તે સમક્ષિતિજ જ હોય તેની ચકાસણી શા માટે જરૂરી છે ?
6. 'બે સપાટીઓ વચ્ચે ઘર્ષણબળ કદાપિ શૂન્ય ન હોય', – વિધાન પર ચર્ચા કરો.
7. આ પ્રયોગમાં સામાન્યતઃ પોલીશ કર્યા વિનાની સપાટીઓ પસંદ કરાય છે - શા માટે ?
8. ઘર્ષણબળ એ Self-adjusting પ્રકારનું બળ છે – આ વિધાનનો અર્થ શું થાય ?
9. સ્થિત ઘર્ષણબળ અને લંબપ્રતિક્રિયાબળ વચ્ચેના સંબંધનો અભ્યાસ કરવાના પ્રયોગમાં પદાર્થને 3 Nનું બળ આપતાં તે ખસવાની શરૂઆત કરે છે. જ્યારે આ પદાર્થ પર 0.5 N, 1.0 N, 2.5 N, 3.5 N બળ લગાડવામાં આવે ત્યારે આ પદાર્થ પર લાગતા ઘર્ષણબળના મૂલ્યો અનુક્રમે કેટલા હશે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. લીસી સપાટીના પ્રકારની અસરનો અભ્યાસ કરવો.
   [**Hint :** જુદા જુદા પ્રકારની સપાટી જેવી કે, પ્લાયવુડ, કારપેટ બદલીને ઉપરનો પ્રયોગ ફરીથી કરો અથવા સપાટી પર તેલ કે પાવડર લગાડીને પ્રયોગ ફરીથી કરો.]
2. સંપર્કમાં રહેલ સપાટીના ક્ષેત્રફળના ફેરફારની અસરનો અભ્યાસ કરવો.
   [**Hint :** લાકડાના બ્લૉકને શિરોલંબ મૂકો અને પ્રયોગ ફરીથી કરો. પ્રયોગના અવલોકનો અને પરિણામો સમાન છે કે નહિ તેની ચર્ચા કરો.]
3. ઢાળવાળી સપાટી પરથી સરકતા પદાર્થ માટે સ્થિત ઘર્ષણાંક શોધો.

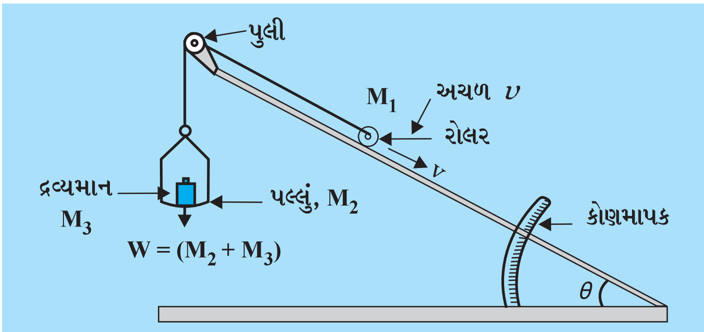
પ્રયોગ 8

હેતુ

ઢાળની સપાટી પર રહેલા રોલર પર ગુરુત્વાકર્ષણને લીધે અધોદિશામાં લાગતું બળ શોધવું અને ઢાળના ખૂણાનો તેની સાથેના સંબંધનો અભ્યાસ, બળ અને sin θ ના આલેખની મદદથી કરવો.

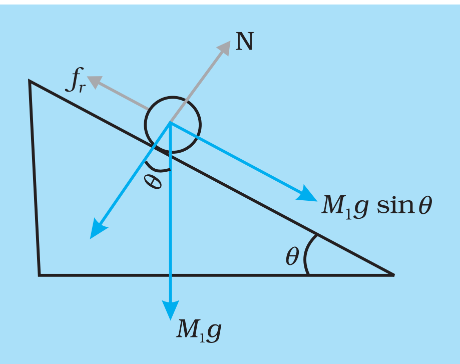
સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

કોણ માપક સાથેની ઢાળની સપાટી અને પુલી, રોલર, વજનપેટી, સ્પ્રિંગ બેલેન્સ, સ્પિરિટ લેવલ, પલ્લું અને દોરી.



આકૃતિ E 8.1 : **ઢાળની સપાટી પરના પદાર્થ માટે અધોદિશામાં લાગતું બળ શોધવા માટેની પ્રાયોગિક ગોઠવણ**

સિદ્ધાંત



આકૃતિ E 8.2 : **ફ્રી બોડી ડાયાગ્રામ**

આકૃતિ E 8.1માં દર્શાવ્યા મુજબની ગોઠવણી વિચારો. અહીં M_1 દ્રવ્યમાન ધરાવતું રોલર, સમક્ષિતિજ સપાટી પર θ કોણ ધરાવતી સપાટી પર મૂકેલ છે. ઉર્ધ્વદિશામાં બળ લગાડવા, ઢાળની સપાટી પર ટોચ પર લગાડેલી પુલી પરથી પસાર કરેલ દોરીના બીજા છેડે રાખેલા પલ્લામાં વજન ગોઠવીને M_1 દ્રવ્યમાનના પદાર્થ (રોલર) પર બળ લગાડવામાં આવે છે. જ્યારે M_1 દ્રવ્યમાન ધરાવતો પદાર્થ અચળ વેગ v થી ગતિ કરતો હોય, ત્યારે તેના પર લાગતું બળ

$$W = M_1 g \sin\theta - f_r$$

જ્યાં f_r એ રોલીંગને લીધે ઘર્ષણબળ, M_1 એ રોલરનું દ્રવ્યમાન અને W એ

દોરીમાં ઉદ્‌ભવતું કુલ તણાવબળ છે. (W = લટકાવેલ વજનબળ). અહીં દોરી અને પુલી વચ્ચે કોઈ ઘર્ષણબળ લાગતું નથી તેમ ધારો.

પદ્ધતિ

1. આકૃતિ E 8.1માં દર્શાવ્યા મુજબ ઢાળની સપાટી, રોલર અને પલ્લામાં યોગ્ય દ્રવ્યમાન ગોઠવો. પુલી ઘર્ષણરહિત છે તે ચકાસી લો. જો જરૂર હોય તો મશીન ઓઈલની મદદથી તેમાં ઊંઝણ કરો.
2. ઢાળની સપાટીની ટોચ પર રોલર સ્થિર રહી શકે તેટલા મૂલ્યનું વજનબળ W ગોઠવી શરૂઆત કરો.
3. પલ્લામાંના દ્રવ્યમાનમાંથી નાના મૂલ્યના પ્રમાણમાં દ્રવ્યમાન ઘટાડવાની શરૂઆત કરો અને ત્યાં સુધી દ્રવ્યમાન ઘટાડો કે જેથી રોલર નીચે તરફ અચળ વેગથી ખસવાની શરૂઆત કરે. વજનબળ W અને ખૂણો θ નોંધી લો. આકૃતિ E 8.2 એ પદાર્થ (રોલર) જ્યારે અધોદિશામાં ખસવાની શરૂઆત કરે ત્યારે મુક્ત પદાર્થ માટે રેખાકૃતિ દર્શાવેલ છે.
4. ઉપરના પદ 2 અને 3 જુદા જુદા ખૂણા માટે પુનરાવર્તિત કરી તમારા અવલોકનો, અવલોકન કોઠામાં નોંધો.

અવલોકનો

ગુરુત્વપ્રવેગ, g = ... m/s^2

રોલરનું દ્રવ્યમાન, m = (M_1) g

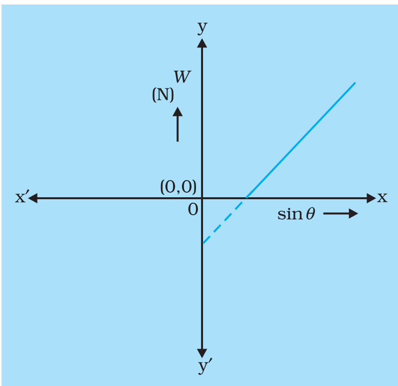
પલ્લાનું દ્રવ્યમાન = (M_2) g

કોષ્ટક E 8.1

ક્રમ નં.	$\theta°$	$\sin\theta$	પલ્લામાં મૂકેલ દ્રવ્યમાન M_3	બળ $W = (M_2 + M_3)\,g$ (N)
1				
2				
3				

આલેખ

$\sin\theta$ અને બળ Wનો આલેખ દોરો. (આકૃતિ E 8.3) તે સુરેખ હોવો જોઈએ.



આકૃતિ E 8.3 : W અને $\sin\theta$ વચ્ચેનો આલેખ

પરિણામ

પ્રાયોગિક ત્રુટિઓ સાથે, ઢાળની સપાટી માટે અધોદિશામાં લાગતું બળ, $\sin\theta$ના સમપ્રમાણમાં હોય છે. જ્યાં θ એ ઢોળાવનો ખૂણો છે.

સાવચેતીઓ

1. ઢાળની સપાટીએ સમક્ષિતિજ સપાટી પર ગોઠવાયેલ છે તેવું સ્પિરિટ લેવલની મદદથી ચકાસો.
2. પુલી ઘર્ષણરહિત હોવી જોઈએ.
3. મુક્ત રીતે લટકાવેલ વજન એ ટેબલ કે બીજી કોઈ વસ્તુને અડકેલ ન હોવું જોઈએ.
4. રોલર સરળતાથી ગબડવું જોઈએ એટલે કે સરક્યા વિના ગબડતું હોવું જોઈએ.
5. વજન W ખૂબ નાના પ્રમાણમાં ઘટાડતા જવું જોઈએ.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. અચળ વેગના નબળા નિર્ણયને લીધે ત્રુટિ દાખલ થઈ શકે છે.
2. પુલી સંપૂર્ણ ઘર્ષણરહિત હોઈ શકે નહિ.
3. રોલર ચોક્કસ કયા બિંદુએથી અચળ વેગથી સરકવાનું શરૂ કરે છે તે નક્કી કરવું મુશ્કેલ છે.
4. ઢાળની સપાટી એક સમાન લીસી કે ખરબચડી હોઈ શકે નહિ.
5. વજનપેટીમાંના વજનિયાં પ્રમાણભૂત હોતાં નથી.

ચર્ચા

શૂન્યથી જેમ જેમ સમતલનો ઢોળાવ વધારતા જઈએ તેમ $mg\sin\theta$નું મૂલ્ય વધતું જાય છે અને તદ્અનુરૂપ ઘર્ષણબળ પણ વધતું જાય છે. પરિણામે, સ્થિત ઘર્ષણબળ $W = 0$ સુધી આપણે દોરીમાં કોઈ તણાવબળ લગાડવાની જરૂર નથી.

જો આપણે હજુ ખૂણો વધારીએ તો, દોરીમાં પરિણામી તણાવબળ સમતોલવા $mg\sin\theta - f_r$ બળની જરૂર પડે અથવા રોલર અધોદિશામાં પ્રવેગી ગતિ કરશે.

Wની ચોક્કસ કિંમત નક્કી કરવી મુશ્કેલ છે. અહીં આપણે રોલર ઢાળની ધાર પરથી નીચે તરફ ગબડવાની શરૂઆત કરે ત્યારનું તણાવબળ W_1 (<W) અને રોલર ઢાળની ધાર પરથી ઉપર તરફ ગતિ શરૂ કરે તે તણાવબળ W_2 (<W) મેળવીએ છીએ. આથી, આપણે સરેરાશ લઈ શકીએ.

$$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$$

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. ગતિની દિશામાં જ ઘર્ષણબળ લાગતું હોય તેવું ઉદાહરણ આપો.
2. રોલર અને ઢાળની સપાટી વચ્ચેનો રોલીંગ ઘર્ષણાંક મેળવવા આલેખનો ઉપયોગ કેવી રીતે કરી શકાય ?
3. અધોદિશામાં લાગતા બળ અને સમતલના ઢોળાવ કોણ વચ્ચેનો સંબંધ કયો છે ?
4. રોલર ઉપર તરફ કે નીચે તરફ અચળ વેગથી ગતિ કરે છે તે તમે કેવી રીતે નક્કી કરશો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

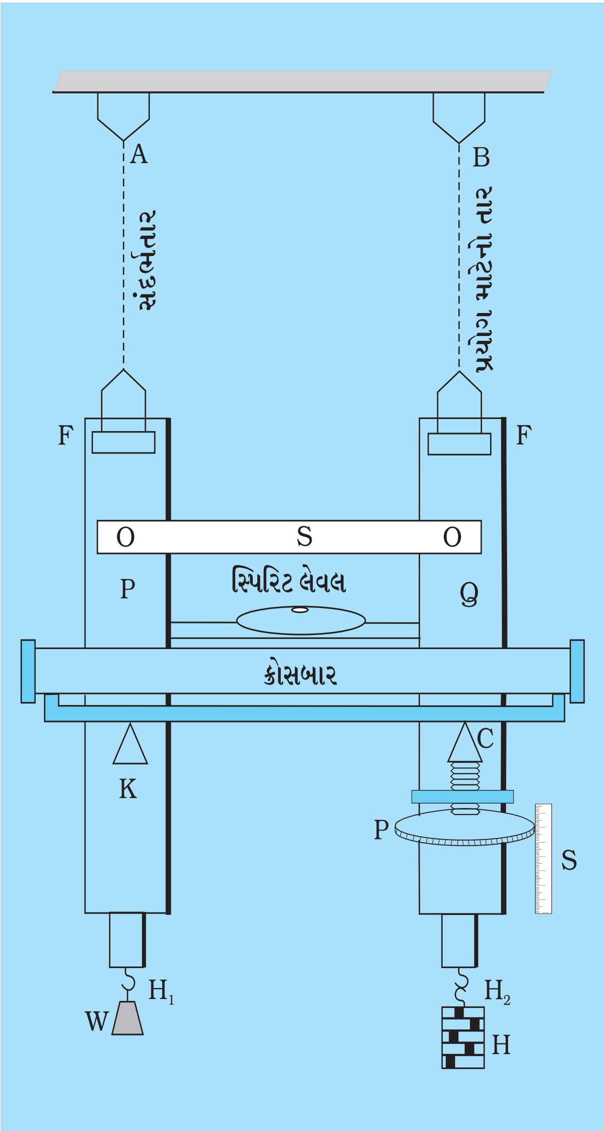
1. આલેખ પરથી અંતઃખંડ અને ઢાળ શોધો અને આપેલ સમીકરણની મદદથી તેનું અર્થઘટન કરો.
2. પલ્લામાં મૂકેલ દ્રવ્યમાનની ગોઠવણીથી રોલરને ઉપર તરફની દિશામાં ગતિ કરાવો. W' અને $\sin\theta$ ના આલેખનું અર્થઘટન કરો. જ્યાં W' એ રોલરને ઉપર તરફ અચળ વેગથી ગતિ કરાવવા પલ્લામાં ઉમેરેલું દ્રવ્યમાન છે.

પ્રયોગ 9

હેતુ

સર્લના સાધનની મદદથી આપેલા તારના દ્રવ્યનો યંગ મૉડ્યુલસ નક્કી કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી



આકૃતિ E 9.1 : Y નક્કી કરવા માટેનું સર્લનું સાધન

સર્લનું સાધન, ખાંચાવાળા વજનિયાં, પ્રયોગ માટેનો તાર, સ્ક્રૂગેજ અને સ્પિરિટ લેવલ.

સર્લનું સાધન

આ સાધનમાંથી ધાતુની બે ફ્રેમ A અને Bને એક સાથે એવી રીતે લટકાવવામાં આવે છે કે જેથી, તેઓ ઉર્ધ્વ દિશામાં એક બીજાની સાપેક્ષે ફરી શકે.

સ્પિરિટ લેવલ નક્કર ક્રોસબાર પર મૂકેલ છે. આ નક્કર ક્રોસબારનો એક છેડો માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂ Cની ટોચ પર અને બીજો છેડો જડિત ચપ્પાની ધાર K ઉપર ગોઠવેલ છે. માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂ તેના વર્તુળાકાર પરિઘ પર 100 સમાન વિભાગ ધરાવે છે. તેની બાજુમાં ઉર્ધ્વ દિશામાં હોય તેવો રેખીય સ્કેલ S ચોંટાડેલ છે. જો P અને Q બે ફ્રેમ વચ્ચે થોડું સાપેક્ષ સ્થાનાંતર થાય તો પણ સ્પિરિટ લેવલ સમક્ષિતિજ રહી શકતું નથી અને સ્પિરિટ લેવલમાંનો (હવાનો) પરપોટો તેના કેન્દ્રમાંથી ખસે છે. માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂ અને સ્પિરિટ લેવલની મદદથી ક્રોસબારને ફરીથી સમક્ષિતિજ ગોઠવો, સ્ક્રૂને જેટલો ફેરવવો પડે તે બે ફ્રેમ વચ્ચેનું સાપેક્ષ સ્થાનાંતર દર્શાવે છે.

ધાતુની બંને ફ્રેમ સમાન ધાતુના એકસરખી લંબાઈના બે તારની મદદથી એક જ સમક્ષિતિજ દઢ આધાર પરથી લટકાવેલ છે. તાર Bને પ્રયોગ માટેનો તાર (પ્રાયોગિક તાર) અને તાર A સંદર્ભ તાર કહેવાય છે. ફ્રેમ P અને Qના નીચેના છેડે H_1 અને H_2 હૂક આપેલ છે જેની મદદથી વજનિયાં લટકાવી શકાય છે. હૂક H_1 સંદર્ભ તારના છેડે જોડેલ છે. જે અચળ

વજનબળ Wની મદદથી તારને તંગ રાખે છે. હુક H_2 પ્રાયોગિક તારના છેડે જોડેલ છે અને તેની સાથે જોડેલ હેંગરમાં ખાંચાવાળા વજનિયાં મૂકી બળ લગાડી શકાય છે.

સિદ્ધાંત

આ સાધન હુકના નિયમ પર કાર્ય કરે છે. જો બળ F (= Mg)ને લીધે લંબાઈના તારની લંબાઈમાં થતો ફેરફાર (વધારો) l અને ત્રિજ્યા r હોય, તો આપેલા તારના દ્રવ્યનો યંગ મૉડ્યુલસ,

$$Y = \frac{MgL}{\pi r^2 l}$$

રીત

1. બંને હુકમાં વજનિયાં લટકાવો કે જેથી બંને તાર ખેંચાયેલા રહે અને અન્ય તારથી મુક્ત થઈ જાય. સંદર્ભતારને તંગ રાખવા તેના છેડે અચળ વજનબળ W લટકાવો.
2. દઢ આધારથી ફ્રેમ સાથે જોડાયેલા પ્રાયોગિક તારની લંબાઈ માપો.
3. સ્ક્રૂ ગેજનું લઘુત્તમ માપ શોધો. પ્રાયોગિક તારનો જુદી જુદી 5 જગ્યાએથી વ્યાસ માપો અને દરેક જગ્યા બે પરસ્પર લંબદિશામાં હોય. તારનો સરેરાશ વ્યાસ અને તે પરથી ત્રિજ્યા મેળવો.
4. ફ્રેમ સાથે જોડેલા માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂ માટે પેચ અંતર અને લઘુત્તમ માપ શોધો. આ સ્ક્રૂને એવી રીતે ગોઠવો કે સ્પિરિટ લેવલમાં (હવાનો) પરપોટો બરાબર મધ્યમાં રહે. માઇક્રોમીટરનું અવલોકન લો.
5. પ્રાયોગિક તાર સાથે જોડેલ હેંગરમાં વજન મૂકો અને ક્રમશઃ 0.5 kg ના ક્રમમાં વધારો. દરેક વજન માટે સ્પિરિટ લેવલમાં (હવાનો) પરપોટો, માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂને ફેરવીને મધ્યમાં લાવો અને તેનું અવલોકન નોંધો. તત્કાલ પ્રતિક્રિયાથી ઉદ્ભવતી ત્રુટિ નિવારો. (થોડી વાર પછી અવલોકન નોંધો.)
6. વજન વધારી ને લગભગ 8 અવલોકન લો.
7. ક્રમશઃ 0.5 kg વજન ઘટાડતાં જઈને પદ 5 મુજબ દરેક વખતે માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂનું અવલોકન લો.

અવલોકનો

તારની લંબાઈ (L) = ...

સ્ક્રૂગેજનું પેચઅંતર = ...

સ્ક્રૂગેજના વર્તુળાકાર સ્કેલ પર વિભાગની સંખ્યા = ...

સ્ક્રૂગેજનું લઘુત્તમ માપ = ...

સ્ક્રૂગેજની શૂન્ય ત્રુટિ = ...

કોષ્ટક E 9.1 તારના વ્યાસનું માપન

ક્રમ નં.	કોઈ એક દિશામાંનું અવલોકન			લંબ દિશામાંનું અવલોકન			સરેરાશ વ્યાસ $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$ (cm)
	મુખ્ય સ્કેલનું અવલોકન S (cm)	વર્તુળાકાર સ્કેલનું અવલોકન n	વ્યાસ d_1 = S + n × લઘુત્તમ માપ	મુખ્ય સ્કેલનું અવલોકન S (cm)	વર્તુળાકાર સ્કેલનું અવલોકન n	વ્યાસ d_2 = S + n × લઘુત્તમ માપ (cm)	
1							
2							
3							
4							
5							

સરેરાશ વ્યાસ (શૂન્ય ત્રુટિ માટે સુધારેલ) = ...

સરેરાશ ત્રિજ્યા = ...

લંબાઈમાં થતા વધારા (l) નું માપન

માઈક્રોમીટરનું પેચઅંતર = ...

વર્તુળાકાર સ્કેલ પરના કુલ વિભાગ = ...

માઈક્રોમીટર સ્ક્રૂનું લઘુત્તમ માપ = ...

ગુરુત્વપ્રવેગ g = ...

કોષ્ટક E 9.2 દ્રવ્યમાનના વધારાથી લંબાઈના વધારાનું માપન

ક્રમ નં.	પ્રાયોગિક તારના છેડે દ્રવ્યમાન M	માઈક્રોમીટરનું અવલોકન		સરેરાશ અવલોકન $\left(\frac{x+y}{2}\right)$ (cm)
	(kg)	દ્રવ્યમાન વધારતાં X (cm)	દ્રવ્યમાન ઘટાડતાં Y (cm)	
1	0.5			a
2	1.0			b
3	1.5			c
4	2.0			d
5	2.5			e
6	3.0			f
7	3.5			g
8	4.0			h

ગણતરી :

કોષ્ટક E 9.2 માં નોંધેલ અવલોકનોનો ઉપયોગ કરીને પ્રાયોગિક તારની લંબાઈમાં થતો વધારો કોષ્ટક E 9.3માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક E 9.3 આપેલ દ્રવ્યમાન માટે લંબાઈના વધારાની ગણતરી

ક્રમ નં.	સરેરાશ વધારો (cm)	દ્રવ્યમાન (kg)	સરેરાશ વધારો	1.5 kg ના દ્રવ્યમાન માટે લંબાઈનો વધારો
0.5		2.0		d – a
1.0		2.5		e – b
1.5		3.0		f – c

$$\therefore \quad \text{સરેરાશ } l = \frac{(a-d)+(b-e)+(c-f)}{3}$$

$$= \ldots \text{ cm (1.5 kg માટે)}$$

આપેલ પ્રાયોગિક તાર માટે, યંગ મૉડ્યુલસ $Y = \dfrac{MgL}{\pi r^2 l} = \ldots N/m^2$

આલેખ :

Yનું મૂલ્ય l અને Mg વચ્ચેનો આલેખ દોરીને પણ મેળવી શકાય છે. વજનબળ x-અક્ષ પર અને લંબાઈનો વધારો y-અક્ષ પર લઈને આલેખ દોરો. તે સુરેખ હોવો જોઈએ. તે રેખાનો ઢાળ $\dfrac{\Delta l}{\Delta Mg}$ મેળવો. આ મૂલ્યનો ઉપયોગ કરીને Yનું મૂલ્ય શોધો.

પરિણામ :

તારના દ્રવ્યનો યંગ મૉડ્યુલસ Y.

અર્ધ ટેબલની રીતની મદદથી = $Y \pm \Delta Y$ N/m^2

આલેખની મદદથી = $Y \pm \Delta Y$ N/m^2

ત્રુટિ :

Mના માપનમાં ઉદ્‌ભવતી અચોક્સાઈ ΔM બીમ બેલન્સ કે ભૌતિક તુલાના ઉપયોગથી પ્રમાણિત વજનપેટી અથવા ચોક્કસ ક્ષમતા ધરાવતી પાણીની બોટલની મદદથી મેળવી શકાય છે.

દરેક સમાન દ્રવ્યમાન માટે ખાંચાવાળા વજન Mમાં થતા ફેરફાર મેળવી તેમને ΔM_1 અને ΔM_2 વડે દર્શાવો. તેમનું સરેરાશ ΔM મેળવો. આ Mમાં ઉદ્ભવતી અચોક્સાઈ ΔM થશે.

ΔL - L માપવા માટે વાપરેલ માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ.

Δr - r માપવા માટે વાપરેલ માઈક્રોમીટર સ્ક્રૂગેજનું લઘુત્તમ માપ.

Δl - લંબાઈમાં થતો વધારો માપવા વાપરેલ સાધનનું લઘુત્તમ માપ.

સાવચેતીઓ

1. તારનો વ્યાસ જુદા જુદા સ્થાનેથી માપો. તેની એકરૂપતા ચકાસો.
2. દ્રવ્યમાન વધારતાં અને ઘટાડતાં હોય ત્યારે અમુક સમયગાળા બાદ સ્પિરિટ લેવલને ગોઠવો.

ત્રુટિના ઉદ્ગમો

1. જ્યારે દ્રવ્યમાન વધારતાં હોય ત્યારે તારના વ્યાસ બદલાઈ શકે છે.
2. લંબાઈનો વધારો માપવામાં સાધનની ત્રુટિ પગપેસારો કરી શકે છે.
3. તારની જાડાઈમાં બિનએકરૂપતા.

ચર્ચા

પ્રયોગ દરમિયાન માપન કરવામાં આવેલ કઈ ભૌતિક રાશિના માપનની સૌથી વધારે અસર Y (યંગ મૉડ્યુલસ)ના માપનની ચોક્સાઈમાં થઈ શકે છે ?

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. જો ઉપયોગમાં લીધેલ તારની લંબાઈમાં ઘટાડો કરવામાં આવે તો તેની (a) તારની લંબાઈમાં થતા વધારા પર (b) તારના પ્રતિબળ પર અસર શું થશે.
2. એક જ દ્રવ્યના જુદી જુદી ત્રિજ્યાઓ (r_1, r_2, r_3) ધરાવતા તારનો ઉપયોગ ઉપર્યુક્ત પ્રયોગમાં વાપરો. શું દ્રવ્યના સ્થિતિસ્થાપકતા યંગ મૉડ્યુલસમાં કોઈ ફેરફાર થશે ? તમારા પરિણામની ચર્ચા કરો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃતિઓ

1. જો મળી શકે તેમ હોય, તો જુદા જુદા દ્રવ્યના તારનો ઉપયોગ કરી પ્રયોગ ફરીથી કરો.
2. સમાન દ્રવ્યના પ્રાયોગિક તારની લંબાઈ બદલીને અને તેની દ્રવ્યના સ્થિતિસ્થાપકતાના યંગ મૉડ્યુલસ પર અસરનો અભ્યાસ કરો.

પ્રયોગ 10

હેતુ

દોલનોની રીતનો ઉપયોગ કરી હેલીકલ સ્પ્રિંગ માટે $T^2 - m$નો આલેખ દોરી તેનો બળઅચળાંક અને અસરકારક દ્રવ્યમાન શોધવું.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

જેના નીચેના છેડે દર્શક અને હૂક/કડી લગાડેલ હોય તેવી નહિવત વજનવાળી હેલીકલ આકારની સ્પ્રિંગ જે હેંગરમાંથી લટકાવેલ છે (સ્પ્રિંગનો અંદરનો વ્યાસ લગભગ 1 - 1.5 cm અથવા સ્પ્રિંગ બૅલેન્સમાં 100 g દ્રવ્યમાન હોવું જોઈએ), દૃઢ આધાર, હેંગર, ખાંચાવાળા 10 g દ્રવ્યમાન વાળા પાંચ વજનિયાં (જો સ્પ્રિંગનો બળ અચળાંક વધારે હોય, તો ખાંચાવાળા 20 g દ્રવ્યમાનના વજનિયાં પણ વાપરી શકાય), ક્લેમ્પવાળું સ્ટેન્ડ, દળતુલા, માપપટ્ટી (15 - 30 cm) અને સ્ટોપ વૉચ (0.1 s લઘુત્તમ માપ ધરાવતી).

સિદ્ધાંત

સ્પ્રિંગનો સ્પ્રિંગ અચળાંક (અથવા બળઅચળાંક) નીચેના સૂત્ર વડે આપી શકાય છે.

$$\text{સ્પ્રિંગ અચળાંક, } K = \frac{\text{પુનઃ સ્થાપકબળ}}{\text{લંબાઈનો વધારો}} \qquad \text{(E 10.1)}$$

આ રીતે, સ્પ્રિંગની લંબાઈના એકમ વધારા દીઠ પુનઃસ્થાપકબળ એ સ્પ્રિંગનો બળઅચળાંક છે. તેનું મૂલ્ય સ્પ્રિંગના સ્થિતિસ્થાપક ગુણધર્મ પરથી નક્કી કરી શકાય છે. દૃઢ આધાર (દીવાલમાં લગાવેલ ખીલી) પરથી લટકાવેલ સ્પ્રિંગના મુક્ત છેડે આપેલ પદાર્થને લટકાવો. જો પદાર્થને નીચે તરફ ખેંચીને છોડી દેવામાં આવે તો તે સરળ આવર્ત દોલનો કરે છે.

K સ્પ્રિંગઅચળાંક ધરાવતી હેલીકલ સ્પ્રિંગના દોલનોનો આવર્તકાળ T હોય, તો K અને T વચ્ચેનો સંબંધ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$ જ્યાં m પદાર્થનું દ્રવ્યમાન છે. જો સ્પ્રિંગનું પોતાનું દ્રવ્યમાન વધારે હોય તો ઉપર્યુક્ત સમીકરણ નીચે મુજબ આપી શકાય.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m_o + m}{K}} \qquad \text{(E 10.2)}$$

જ્યાં m_0 અને m અનુક્રમે સ્પ્રિંગના તંત્રનું (સ્પ્રિંગ, દર્શક અને હેંગર સહિતનું) અસરકારક દ્રવ્યમાન અને લટકાવેલ પદાર્થનું દ્રવ્યમાન છે. કડક સ્પ્રિંગ (મોટો બળઅચળાંક ધરાવતી સ્પ્રિંગ) માટે આવર્તકાળ નાનો હોય છે.

સમીકરણ (E 10.2)માં આવતા સ્પ્રિંગના તંત્રના દ્રવ્યમાન m_0નો સરળતાથી લોપ કરવા m_1 અને m_2 દ્રવ્યમાન ધરાવતા બે જુદા જુદા પદાર્થો લટકાવી તેમના દોલનોનો આવર્તકાળ T_1 અને T_2 મેળવવામાં આવે છે. આથી,

(E 10.3) $$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m_0 + m_1}{K}}$$

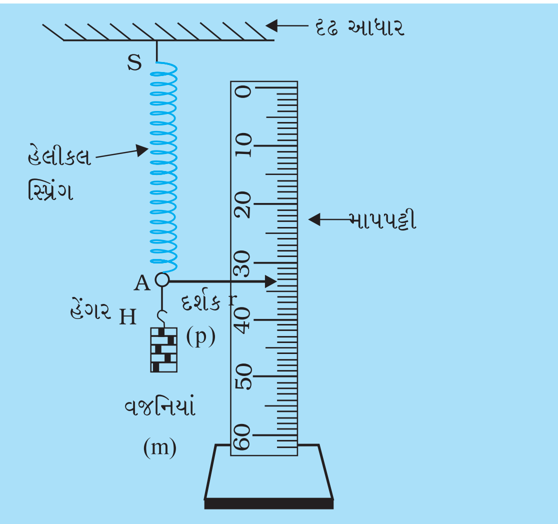
(E 10.4) અને $$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{m_0 + m_2}{K}}$$

સમીકરણ (E 10.3) અને (E 10.4)માંથી m_0નો લોપ કરતાં,

(E 10.5) $$K = \frac{4\pi^2 (m_1 - m_2)}{\left(T_1^2 - T_2^2\right)}$$ મળે છે.

સમીકરણ (E 10.5) અને m_1, m_2, T_1, અને T_2ના જ્ઞાન મૂલ્યોનો ઉપયોગ કરીને સ્પ્રિંગ તંત્રનો સ્પ્રિંગઅચળાંક K મેળવી શકાય છે.

પદ્ધતિ



આકૃતિ E 10.1 : હેલીકલ સ્પ્રિંગના બળ અચળાંકનો અભ્યાસ કરવા માટેની પ્રાયોગિક ગોઠવણ

1. આકૃતિ E 10.1 દર્શાવ્યા મુજબ હેલીકલ સ્પ્રિંગ SA (તેના મુક્ત છેડા A પર દર્શક P અને હેંગર H હોય તેવી) દૃઢ આધાર પરથી લટકાવેલ છે.
2. સ્પ્રિંગની નજીક ઉર્ધ્વ દિશામાં માપપટ્ટી ગોઠવો. પોઈન્ટર P એ આ માપપટ્ટીની ઉપર સહેલાઈથી તેને અડક્યા સિવાય મુક્ત રીતે ગતિ કરી શકે તેનું ધ્યાન રાખો.
3. માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ શોધો. (સામાન્ય રીતે 1 mm અથવા 0.1 cm હોય છે.)
4. તમે સ્ટોપ વૉચની કાર્યપદ્ધતિ સમજો થાવ અને તેનું લઘુત્તમ માપ શોધો.
5. હેંગરમાં ધીમેથી ખાંચાવાળું વજન અથવા પદાર્થ મૂકો જેનું દ્રવ્યમાન m_1 છે. દર્શક સ્થિર થાય ત્યાં સુધી રાહ જુઓ. આપેલા પદાર્થ માટે આ સમતોલન સ્થિતિ છે. હવે, પદાર્થને અધોદિશામાં થોડો ખેંચીને ધીમેથી છોડી દો જેથી તે તેની સ્થિર સ્થિતિ (સમતોલન સ્થિતિ)ની

આસપાસ ઉર્ધ્વ સમતલમાં દોલનો કરે. દર્શક Pની માપપટ્ટીની સ્થિતિ (x) એ આપેલા પદાર્થ માટે સંદર્ભ અથવા મધ્યમાન સ્થાન દર્શાવે છે. દર્શક P જ્યારે મધ્યમાન સ્થાન પાસેથી (ઉપર તરફ કે નીચે તરફ) પસાર થાય ત્યારે સ્ટોપ વૉચ ચાલુ કરો અને સાથે સાથે દોલનો ગણવાનું પણ શરૂ કરો.

6. કોઈ એક તરફની દિશા માટે જ્યારે દર્શક, મધ્યમાન સ્થાન (x) પાસેથી પસાર થાય એ રીતે દોલનો ગણવાનું ચાલુ રાખો. n (5 કે 10) દોલનો પૂર્ણ થાય ત્યારે સ્ટોપ વૉચ બંધ કરો. દોલન ગતિ કરતા પદાર્થના n દોલનો પૂર્ણ કરવા લાગતો સમય (t) નોંધો.
7. ઓછામાં ઓછા ત્રણ અવલોકનો માટે પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો અને દરેક વખતે એક સમાન દોલનો (n) માટેનો સમય નોંધો. n દોલનો માટેનો સરેરાશ સમય (t_1) શોધો અને એક દોલન માટેનો સમય ગણો એટલે કે m_1 દ્રવ્યમાનના પદાર્થ માટે હેલીકલ સ્પ્રિંગના દોલનનો આવર્તકાળ $T_1 \left(= \frac{t_1}{n}\right)$
8. ખાંચાવાળા બીજા બે દ્રવ્યમાન માટે પદ 5 અને 6નું પુનરાવર્તન કરો.
9. દરેક વજન માટે દોલનો આવર્તકાળ $T = \frac{t}{n}$ ગણો અને તમારા અવલોકનોને અવલોકન કોઠામાં નોંધો.
10. દરેક પદાર્થ માટે સ્પ્રિંગઅચળાંક (K_1, K_2, K_3)ની ગણતરી કરો અને આપેલ હેલીકલ સ્પ્રિંગ માટે સરેરાશ સ્પ્રિંગઅચળાંકનું મૂલ્ય શોધો.
11. T^2 વિરુદ્ધ mના આલેખમાં T^2, y-અક્ષ પર અને m, x-અક્ષ પર લઈ Kનું મૂલ્ય મેળવી શકાય છે.

[**નોંધ :** સમયના માપનમાં આવતી ત્રુટિ ન્યૂનતમ રાખવા માટે દોલનોની સંખ્યા n શક્ય તેટલી મોટી રાખવી જોઈએ. દોલનોની સંખ્યા n નક્કી કરવાની એક સુગમ રીત સ્ટોપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ પર આધારિત છે. જો સ્ટોપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ 0.1 s હોય તો માપનમાં 1 %ની ત્રુટિ માટે ઓછામાં ઓછા 10 s ના સમયનું માપન કરવું જોઈએ. આથી, દોલનોની સંખ્યા n એવી રીતે પસંદ કરવી જોઈએ કે જેથી દોલિત થતો પદાર્થ તે દોલનો 10 s કરતાં વધારે સમયમાં પૂર્ણ કરે.]

અવલોકનો

માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ = ... mm = ... cm

સ્ટોપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ = ... s

પદાર્થ 1 નું દ્રવ્યમાન m_1 = ... g = ... kg

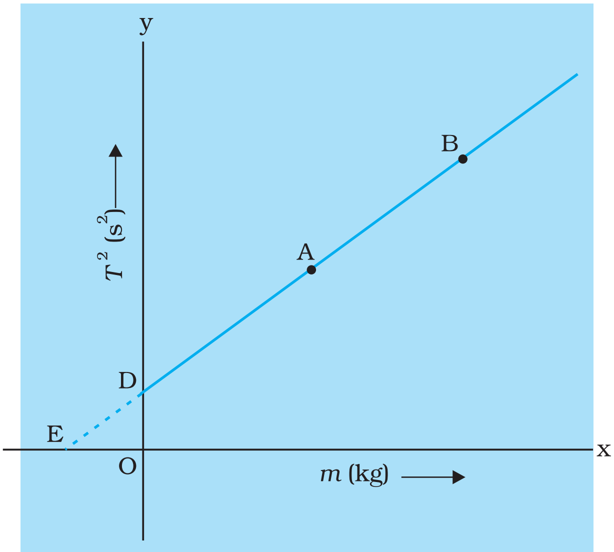
પદાર્થ 2 નું દ્રવ્યમાન m_2 = ... g = ... kg

પદાર્થ 3 નું દ્રવ્યમાન m_3 = ... g = ... kg

કોષ્ટક E 10.1 વજન સાથેની હેલીકલ સ્પ્રિંગના દોલનો માટે આવર્તકાળનું માપન

ક્રમ નં.	પદાર્થનું દળ m (kg)	દર્શકનું સરેરાશ સ્થાન x (cm)	દોલનોની સંખ્યા (n)	n દોલનો માટેનો સમય t (s)				આવર્તકાળ T = t/n (s)
				1	2	3	સરેરાશ t (s)	

ગણતરી



આકૃતિ E 10.2 : હેલીકલ સ્પ્રિંગ માટે T^2 અને m વચ્ચેનો આલેખ

સમીકરણ (E 10.5)માં m_1, m_2, m_3 અને T_1, T_2, T_3ની કિંમતો મૂકો.

$$K_1 = 4\pi^2(m_1 - m_2)/(T_1^2 - T_2^2)$$

$$K_2 = 4\pi^2(m_2 - m_3)/(T_2^2 - T_3^2)$$

$$K_3 = 4\pi^2(m_1 - m_3)/(T_1^2 - T_3^2)$$

K_1, K_2, અને K_3ના મૂલ્યો મેળવો તેની સરેરાશ કિંમત એ આપેલ હેલીકલ સ્પ્રિંગનો સ્પ્રિંગઅચળાંક K છે. પરિણામને યોગ્ય SI એકમ અને સાર્થક અંકો સહિત દર્શાવો.

સ્પ્રિંગઅચળાંક અને સ્પ્રિંગનું અસરકારક દ્રવ્યમાન T^2 અને m વચ્ચેના આલેખ પરથી પણ મેળવી શકાય છે. કે જે આકૃતિ E 10.2માં દર્શાવ્યા મુજબ સુરેખ મળે.

સુરેખ આલેખના ઢાળ m' નો ઉપયોગ કરી હેલીકલ આકારની સ્પ્રિંગના સ્પ્રિંગઅચળાંકનું મૂલ્ય $K\left(=\frac{4\pi^2}{m'}\right)$ મેળવી શકાય છે.

y-અક્ષ પરનો અંતઃખંડ c અને ઢાળ m'ના મૂલ્યો જાણીને હેલીકલ સ્પ્રિંગનું અસરકારક દ્રવ્યમાન $m_o\left(=\frac{c}{m'}\right)$ ગણી શકાય છે. આ ઉપરાંત સુરેખાના x-અક્ષ પરના અંતઃખંડ cનું મૂલ્ય જાણવાથી હેલીકલ સ્પ્રિંગનું અસરકારક દ્રવ્યમાન m_o $(=-c')$ સીધેસીધું મેળવી શકાય છે.

પરિણામ

આપેલ હેલીકલ સ્પ્રિંગનો સ્પ્રિંગઅચળાંક = ... N m^{-1}

હેલીકલ સ્પ્રિંગનું અસરકારક દ્રવ્યમાન m_o = ... g = ... kg

Kમાં ઉદ્‌ભવતી ત્રુટિ, ઢાળમાં ઉદ્‌ભવતી ત્રુટિ પરથી ગણી શકાય.

$$\frac{\Delta K}{K} = \frac{\Delta \text{ઢાળ}}{\text{ઢાળ}}$$

અસરકારક દ્રવ્યમાન m_oમાં ઉદ્ભવતી ત્રુટિ એ અંતઃખંડમાં ઉદ્ભવતી ત્રુટિ અને ઢાળમાં ઉદ્ભવતી ત્રુટિ જેટલી હોય છે. એક વાર ત્રુટિની ગણતરી થઈ જાય પછી પરિણામ ત્રુટિ સહિત દર્શાવી શકાય.

ચર્ચા

1. સ્પ્રિંગઅચળાંક શોધવાના પ્રયોગમાં ચોકસાઈ મુખ્યત્વે સ્પ્રિંગના દોલનોના આવર્તકાળ Tના માપનમાં રાખેલી ચોકસાઈ પર આધાર રાખે છે. સમીકરણ (E 10.5)માં આવર્તકાળનું પદ T^2ના સ્વરૂપમાં છે. આથી, Tના માપનમાં નાની સરખી પણ અચોકસાઈ પરિણામમાં T^2ના સ્વરૂપમાં આવે છે. જે પરિણામને અસરકારક રીતે અસર કરે છે. 0.1 sની ચોકસાઈવાળી સ્ટોપ વૉચ વાપરવી વધારે હિતાવહ છે.
2. સ્ટોપ વૉચ ચાલુ કે બંધ કરવામાં મોડું થવાથી કેટલીક વ્યક્તિગત ત્રુટિઓ પરિણામમાં હંમેશાં ઉદ્ભવે છે.
3. હવાના પ્રવાહો કેટલીક વખત દોલનોને અસર કરે છે. પરિણામે આવર્તકાળ પર અસર થાય છે. જો લટકાવેલ પદાર્થ ઝડપથી છોડી દેવામાં આવે તો તે પણ દોલનોના આવર્તકાળ પર અસર કરે છે. આથી, પદાર્થને મધ્યમાન સ્થાનથી કોઈ એક છેડા પર (ઉપર તરફના કે નીચે તરફના) લઈ જવામાં આવે ત્યારે ખૂબ જ ધીમેથી છોડી દેવાની ખાસ કાળજી રાખવી જોઈએ.
4. સ્પ્રિંગના છેડે લટકાવેલ પદાર્થ મધ્યમાન, સમતોલન સ્થાનની આસપાસ તરફ અને વિરુદ્ધ દિશામાં (સ.આ.ગ.માં) ગતિ કરવો જોઈએ. સમીકરણ (E 10.1) અને (E 10.2) દોલનોના નાના કંપવિસ્તાર માટે અથવા સ્થિતિસ્થાપકતાની હદ (હુકનો નિયમ)ની મર્યાદામાં સ્પ્રિંગમાં નાના વધારા માટે જ સાચું છે. પ્રારંભમાં પદાર્થને ખૂબ નાના અંતર માટે ખેંચીને ખૂબ જ ધીમેથી દોલનો માટે ઉર્ધ્વ દિશામાં દોલિત કરવા છોડી દેવાની કાળજી રાખો.
5. હેલીકલ સ્પ્રિંગના દોલનો સંપૂર્ણપણે અવમંદન વગરના (પ્રાકૃતિક) હોતા નથી. હવાના ઉત્પ્લાવકબળ અને શ્યાનતાને પરિણામે દોલનોનો આવર્તકાળ સહેજ વધે છે. નાની અને ઊંચી ઘનતાવાળા પદાર્થ (સ્ટીલ/બ્રાસ જેવા પદાર્થ)માંથી બનાવેલ નરમ સ્પ્રિંગ વાપરવાથી આ અસર ઘટાડી શકાય છે.
6. હેલીકલ સ્પ્રિંગને લટકાવવા દઢ આધાર જરૂરી છે. ક્યારેક ખાંચાવાળા વજનિયાં તેમના લખેલ દ્રવ્યમાન જેટલું જ દ્રવ્યમાન ધરાવતા હોતાં નથી આથી દોલનોના આવર્તકાળમાં કેટલીક વખત આધાર અને પદાર્થના દ્રવ્યમાનના સ્વીકારેલ મૂલ્યને લીધે કેટલીક ત્રુટિ દાખલ થાય છે.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. બે સ્પ્રિંગ - A (નરમ) અને B (કડક), એક જ દઢ આધાર પરથી વારાફરતી તેમના પલ્લામાં સમાન દ્રવ્યમાન મૂકી લટકાવો. તેમના ઉર્ધ્વદિશાના દોલનો જુદાજુદા સમયે મેળવો અને તેમના દોલનોનો આવર્તકાળ નોંધો. કઈ સ્પ્રિંગના દોલનો ધીમા હશે ?
2. તમને છ જાણીતા દ્રવ્યમાનો (m_1, m_2, m_3,.....m_6) હેલીકલ સ્પ્રિંગ અને સ્ટોપ વૉચ આપેલ છે. હેલીકલ સ્પ્રિંગના છેડે તેમને વારાફરતી લટકાવી તેમના દોલનોને અનુરૂપ આવર્તકાળ (T_1, T_2, ...T_6) માપવાનું કહેવામાં આવે છે.

(a) સમીકરણ (E 10.2) અનુસાર અને પદાર્થના દ્રવ્યમાન m, x-અક્ષ પર અને T^2, y-અક્ષ પર લઈ આલેખ દોરતાં, તેના વક્રનો આકાર કેવો મળે ?

(b) ઉપર દોરેલ આલેખના ઢાળ, x-અક્ષ અને y-અક્ષ પરના અંતઃખંડનું અર્થઘટન કરો અને તે પરથી (i) હેલીકલ સ્પ્રિંગનો સ્પ્રિંગઅચળાંક K અને (ii) તેનું અસરકારક દ્રવ્યમાન m_o શોધો.

[**Hint :** (a) સમીકરણ (E 10.2), $T^2 = (4\pi^2/K)\, m + (4\pi^2/K)\, m_o$ સ્વરૂપે ફરીથી લખી શકાય જે m ઢાળ અને y-અક્ષ પર c અંતઃખંડ બનાવતી રેખાના સમીકરણ $y = mx + c$, જેવું છે. m અને T^2 વચ્ચેનો આલેખ આકૃતિ E 10.2માં દર્શાવ્યા અનુસાર રેખા AB જેવો મળવો જોઈએ. ઉપર (a)માં દર્શાવેલ સમીકરણ અનુસાર,

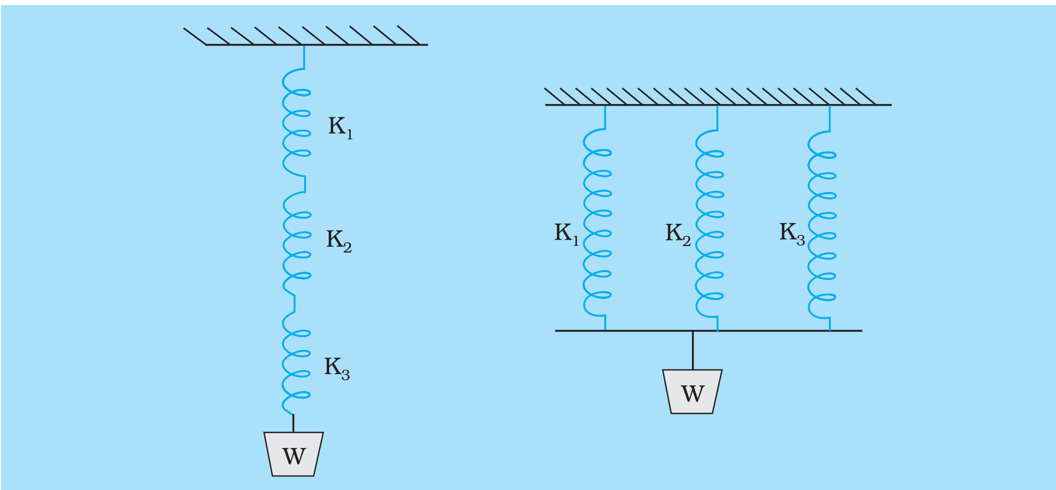
y-અક્ષ પરનો અંતઃખંડ (OD), $c = (4\pi^2/K)\, m_o$; $(x = 0, y = c)$

x-અક્ષ પરનો અંતઃખંડ (OE), $c' = -c/m' = -m_o$; $(y = 0, x = c/m')$

ઢાળ, $m' = \tan\theta = OD/OE = c/c' = -c/m_o = (4\pi^2/K)$]

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. જુદાં જુદાં સ્પ્રિંગઅચળાંક K_1, K_2, K_3 ધરાવતી ત્રણ સ્પ્રિંગ લો અને તેમને આકૃતિ E 10.3માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે શ્રેણીમાં જોડો. સંયુક્ત સ્પ્રિંગના દોલનોનો આવર્તકાળ શોધો અને સ્પ્રિંગના વ્યક્તિગત સ્પ્રિંગઅચળાંક અને સંયુક્ત સ્પ્રિંગઅચળાંક વચ્ચેનો સંબંધ તપાસો.
2. ઉપર્યુક્ત પ્રવૃત્તિ E 10.4માં દર્શાવ્યા મુજબની ગોઠવણી માટે પુનરાવર્તિત કરો અને બંને ગોઠવણીઓ માટે સ્પ્રિંગઅચળાંક અને આવર્તકાળમાં કોઈ તફાવત છે કે કેમ તે શોધો.
3. સ્પ્રિંગઅચળાંક 20.5 N m^{-1} છે તેનું ભૌતિક મહત્ત્વ શું થાય ?
4. જો શક્ય હોય, તો સ્પ્રિંગનું દ્રવ્યમાન માપો. શું આ દ્રવ્યમાન અસરકારક દ્રવ્યમાન m_o સાથે સંબંધિત છે ?



આકૃતિ E 10.3 : શ્રેણીમાં જોડેલ સ્પ્રિંગ

આકૃતિ E 10.4 : સમાંતરમાં જોડેલ સ્પ્રિંગ

પ્રયોગ 11

હેતુ

નિયત તાપમાને નિશ્ચિત હવાના જથ્થાના માટે દબાણ (P) સાથે કદ (V)માં થતા ફેરફારનો અભ્યાસ P અને V તથા P અને $\frac{1}{V}$ના આલેખની મદદથી કરવો.

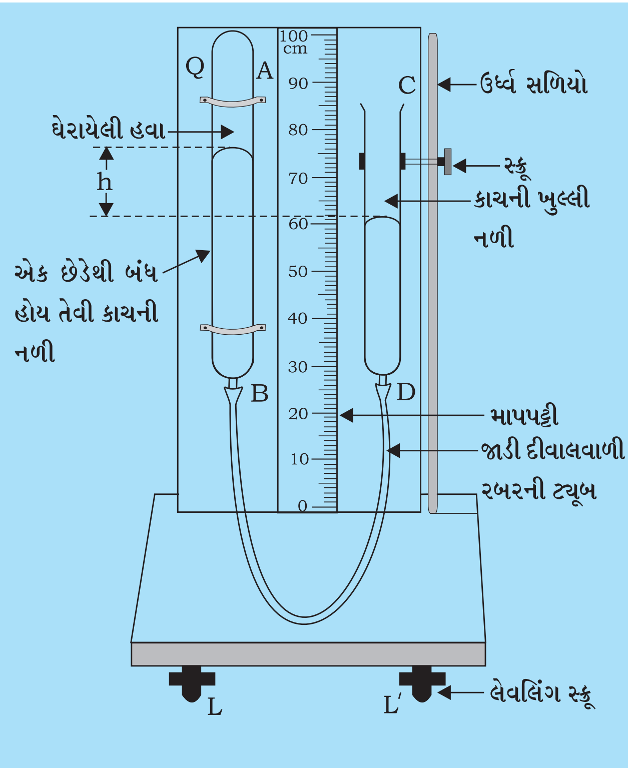
સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

બોઈલના નિયમનું સાધન, ફોર્ટિનનું બેરોમીટર, વર્નિયર કેલીપર્સ, થર્મોમીટર, સેટસ્કેવર અને સ્પિરિટ લેવલ.

વર્ણન અને સાધન

બોઈલના નિયમનું સાધન લગભગ 25 cm લંબાઈ અને 0.5 cm વ્યાસ ધરાવતી કાચની બે નળીઓ ધરાવે છે (આકૃતિ E 11.1). એક ટ્યૂબ AB એક છેડેથી બંધ અને બીજી ટ્યૂબ CD ખુલ્લી હોય છે. બંને નળીઓ બીજા છેડે પાતળા છેડામાં પરિણમે છે (B અને D). B અને D છેડાઓ જાડી દિવાલવાળી રબરની ટ્યુબથી જોડેલી હોય છે. કાચની નળી AB શિરોલંબ રીતે માપપટ્ટી સાથે જોડેલી હોય છે. બીજી નળી CD શિરોલંબ દિશામાં શિરોલંબ સળિયા સાથે સરકી શકે તેવી હોય છે અને તેને ગમે તે ઊંચાઈએ સ્ક્રૂ Sની મદદથી સ્થિર ગોઠવી શકાય છે.

નળી CD, AB અને રબરની પાઈપમાં પારો ભરેલ હોય છે. બંધ ટ્યૂબ ABમાં કંઈક હવા ઘેરાયેલી રહે છે. નળીમાં હવાનું કદ હવાના સ્તંભની લંબાઈના સમપ્રમાણમાં હોય છે કેમકે તે સમાન આડછેદ ધરાવે છે.



આકૃતિ E 11.1 : બોઈલના નિયમનું સાધન

આ સાધનને સમક્ષિતિજ સમતલ પર ઉર્ધ્વ સ્ટેન્ડ સાથે ગોઠવેલ હોય છે. આ એકમ (સાધન) સાથે લેવલિંગ સ્ક્રૂ આપેલ હોય છે.

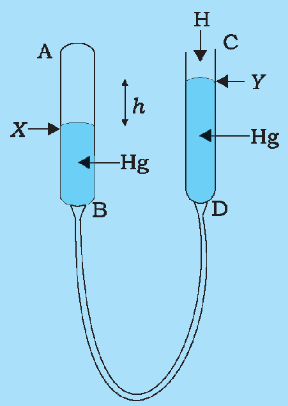
પદ્ધતિ

(a) દબાણનું માપન :

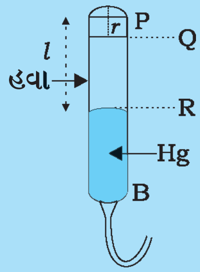
AB ટ્યૂબમાં ઘેરાયેલી હવાનું દબાણ માપવા માટે બે નળી AB અને CDમાં પારાની સપાટી (X અને Y)વચ્ચેનો તફાવત (h) મેળવવામાં (નોંધવામાં) આવે છે. કેમકે એકબીજા સાથે જોડાયેલ પાત્રમાં (નળીમાં) કોઈ પણ સમક્ષિતિજ સપાટીઓએ એક સમાન દબાણ હોય છે.

P (ઘેરાયેલી હવાનું દબાણ) = H $\pm$ h (E 11.1)

જ્યાં H વાતાવરણનું દબાણ છે.



આકૃતિ E 11.2 : **AB નળીમાં હવાનું દબાણ = H + h**



આકૃતિ E 11.3 : **AB નળીમાં ઘેરાયેલી હવાનું કદ**

(b) ઘેરાયેલી હવાના કદનું માપન

બંધ નળી અંકિત ન હોય તેવા કિસ્સામાં

નળીમાં હવાનું કદ

= PR લંબાઈમાં હવાનું કદ – વક્રાકાર PQ ભાગમાં હવાનું કદ

ધારોકે નળીની ત્રિજ્યા r છે.

વક્રાકાર ભાગનું કદ = r ત્રિજ્યાના અર્ધગોળાનું કદ

$$= \frac{1}{2} \times \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{2}{3}\pi r^3$$

PQ નું કદ = $\pi r^2 \times r = \pi r^3$

કદમાં ત્રુટિ = $\pi r^3 - \frac{2}{3}\pi r^3 = \frac{1}{3}\pi r^3$

લંબાઈમાં પરિણામી ત્રુટિ = $\dfrac{\frac{1}{3}\pi r^3}{\pi r^2} = \frac{1}{3} r$

લંબાઈમાં સુધારો $= -\frac{1}{3}r = -\frac{1}{3}\,PQ$ (E 11.2)

આ પદ માપેલ લંબાઈ *l*માંથી બાદ કરવું પડે.

બોઈલનો નિયમ : નિયત તાપમાને, ઘેરાયેલી હવાના દ્રવ્યમાનને લીધે ઉદ્ભવતું દબાણ, તેના કદના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.

$$P \alpha \frac{1}{V}$$

અથવા $PV =$ અચળ (E 11.3)

આથી, $P - V$ આલેખ વક્ર મળે જ્યારે $P - \frac{1}{V}$નો આલેખ સુરેખ મળે.

(c) આપેલા દબાણ માટે હવાનું કદ માપવું.

1. થર્મોમીટરની મદદથી ઓરડાનું તાપમાન નોંધો.
2. ફોર્ટિનના બેરોમીટર (પરિયોજના P – 9)ની મદદથી વાતાવરણનું દબાણ નોંધો.
3. લેવલિંગ સ્ક્રૂ અને સ્પિરિટ લેવલની મદદથી સાધનને શિરોલંબ દિશામાં ગોઠવો.
4. નળી CDને સરકાવીને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેમાં પારાની સપાટી નળી ABમાંના પારાની સપાટી જેટલી થાય. પારાની ઉપરના બહિર્ગોળ મેનીસ્કસનું અવલોકન લેવા સેટસ્ક્વેરનો ઉપયોગ કરો.
5. બંધ નળીના ઉપરના છેડા P અને વક્રસપાટી શરૂ થાય તે બિંદુ Q ને અનુરૂપ માપપટ્ટી પરથી અવલોકનો નોંધો $\frac{1}{3}PQ$ની ગણતરી કરી તેની નોંધ કરો.
6. CD ને એવી રીતે ઉપર લઈ જાવ કે જેથી નળી AB અને CDમાં પારાની સપાટી જુદી જુદી મળે. નળી AB અને CDમાં પારાની સપાટીના મેનીસ્કસ x અને yનું કાળજીપૂર્વક અવલોકન લેવા સેટસ્ક્વેરનો ઉપયોગ કરો.
7. *h* ના 5 જુદા જુદા મૂલ્યો માટે નળી CD ની ગોઠવણીનું પુનરાવર્તન કરો. આ ખૂબ જ ધીમેથી અને ધક્કો ન લાગે તે રીતે કરો. ABની સાપેક્ષે CD ના સ્થાનમાં ધીમેથી ફેરફાર કરો અને ધ્યાન રાખો કે ત્યાં તાપમાનમાં ફેરફાર ન થાય, નહિતર બોઈલનો નિયમ માન્ય રહેશે નહિ.
8. બંધ નળી AB નો વ્યાસ નક્કી કરવા માટે વર્નિયર કેલીપર્સનો ઉપયોગ કરો અને તે પરથી તેની ત્રિજ્યા *r* શોધો. $\frac{1}{3}PQ = \frac{1}{3}r$ ગણો.
9. તમારા અવલોકનો કોષ્ટક E 11.1 માં નોંધો.
10. (i) P વિરુદ્ધ V અને (ii) P અને $\frac{1}{V}$ના આલેખ દોરો. આલેખનું અર્થઘટન કરો.

અવલોકનો અને ગણતરી

1. ઓરડાનું તાપમાન = ... °C
2. ફોર્ટિનના બેરોમીટરની મદદથી નોંધેલ વાતાવરણનું દબાણ = ... cm Hg
3. AB નળીના વક્રભાગને લીધે ઊંચાઈ *l*માં સુધારો.

   (a) બંધ નળી ABની ટોચ માટેનું અવલોકન (P) = ... cm.

   નળી ABની એક સમાન પહોળાઈવાળો ભાગ શરૂ થાય (અથવા વક્રસપાટી અંત પામે) તે બિંદુનું અવલોકન Q = ... cm.

   તફાવત (P – Q) = r = ... cm.

   સુધારો $\frac{1}{3}$ r = ... cm..

   અથવા

   (b) નળી ABનો વ્યાસ = d = ... cm.

   ત્રિજ્યા $r = \frac{1}{2}$d = ... cm.

   ઊંચાઈ l માં સુધારો = $\frac{1}{3}$ r.

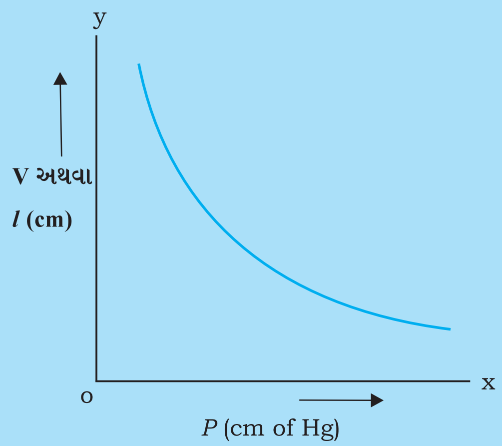
પરિણામ

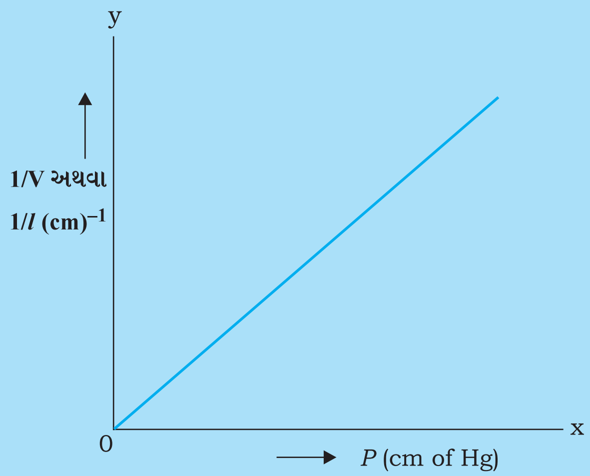
1. પ્રાયોગિક મર્યાદામાં રહીને P અને V નો આલેખ વક્ર મળે છે.
2. પ્રાયોગિક મર્યાદામાં રહીને PV ગુણાકાર અચળ રહે છે. (ગણતરી પરથી)

કોષ્ટક E 11.1 : બંધ હવાના કદ અને દબાણનું માપન

ક્રમ નં.	બંધ નળી ABમાં પારાની સપાટી X (cm-Hg)	ખુલ્લી નળી CDમાં પારાની સપાટી Y(cm-Hg)	દબાણ તફાવત h = X -Y (cm-Hg)	ABમાં હવાનું દબાણ =H ± h (cm-Hg)	હવાનું કદ XA $\left(l-\frac{1}{3}r\right)$	PV અથવા P × l	$\frac{1}{V}$ અથવા $\frac{1}{l}$
(1)							
(2)							
(3)							
(4)							

નોંધ : જ્યારે નળી ABમાં હવાનું દબાણ વાતાવરણના દબાણ કરતાં વધારે કે ઓછું હોય, ત્યારે H ± *h*ને સપાટી X અને Yના સંદર્ભમાં ગણતરીમાં લઈ શકાય.





આકૃતિ E 11.4 : **કદ V અને દબાણ P વચ્ચેનો આલેખ**

આકૃતિ E 11.5 : $\frac{1}{V}$ **અને દબાણ P વચ્ચેનો આલેખ**

નોંધો કે આકૃતિ E 11.4માં દર્શાવ્યા મુજબ P અને V વચ્ચેનો આલેખ વક્ર અને P અને $\frac{1}{V}$ વચ્ચેનો આલેખ સુરેખ મળે છે (આકૃતિ E 11.5).

3. P અને Vનો સુરેખ આલેખ દર્શાવે છે કે અચળ તાપમાને આપેલ દ્રવ્યમાનની ઘેરાયેલી હવાનું દબાણ તેના કદના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.

સાવચેતીઓ

1. સાધન જ્યારે ઉપયોગમાં લેવાતું ન હોય, ત્યારે તેને ઢાંકીને રાખવું
2. અવલોકન લેતા હોય તે દરમિયાન સાધનને ખસેડવું નહિ.
3. જ્યારે બંધ નળીમાં હવાનું કદ માપતા હોય ત્યારે વક્ર ભાગને લીધે મળતા સુધારાને ધ્યાનમાં રાખો.
4. ઉપયોગમાં લીધેલ પારો સ્વચ્છ હોવો જોઈએ અને કાચ પર પારાનો કોઈ અંશ ન હોવો જોઈએ. જ્યારે ઉપયોગ થતો ન હોય ત્યારે ખુલ્લી નળીમાં રૂનો બૂચ લગાડો.
5. પારાની સપાટીનું અવલોકન લેતા હોય, ત્યારે તેની ઉપરના મેનીસ્કસને સ્પર્શકરૂપે સેટસ્ક્વેર ગોઠવવું જોઈએ.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. ઘેરાયેલી હવા સૂકી ન પણ હોય.
2. પ્રયોગ દરમિયાન પ્રયોગશાળામાં વાતાવરણનું દબાણ અને તાપમાન બદલાઈ શકે છે.

3. બંધ નળી ABનો બંધ છેડો અર્ધગોળાકાર હોતો નથી.
4. વાતાવરણના સંપર્કને લીધે પારો તેના ઑક્સાઈડમાં રૂપાંતરિત થઈ શકે છે.

ચર્ચા

1. ઊંચાઈના તફાવત (h)ની ચોકસાઈ માટે સાધન શિરોલંબ દિશામાં જ છે તેની ચકાસણી કરો.
2. કાચની બંને નળીના વ્યાસ સરખા અથવા સરખા ન પણ હોય; પરંતુ સાધન શિરોલંબ હોવું જ જોઈએ.
3. ખુલ્લી નળીને ઉપર કે નીચે ખૂબ જ ધીમેથી લઈ જવી જોઈએ કે જેથી ઘેરાયેલી હવાનું તાપમાન સમાન જળવાઈ રહે.
4. અવલોકનો ક્રમમાં લેવા જોઈએ (વાતાવરણના દબાણ કરતાં વધારે અને ઓછા). આ વિચારણા ખૂબ મોટો વિસ્તાર સૂચવે છે તથા જો તે ધીમેથી લેવામાં આવે તો વાતાવરણનું દબાણ અને તાપમાન સમગ્ર અવલોકનો દરમિયાન સમાન જળવાઈ રહે છે. આથી, સમયનો બગાડ થતો નથી.
5. સેટસ્ક્વેરની મદદથી બંને નળીમાં પારાના ઉપરના મેનીસ્કસના અવલોકનોની નોંધ શા માટે કાળજીપૂર્વક કરવી જોઈએ ?

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. $\frac{1}{V}$ વિરુદ્ધ 'h'નો આલેખ દોરો અને જ્યારે $h = 0$ હોય, ત્યારે $\frac{1}{V}$નું મૂલ્ય નક્કી કરો. આ કિંમતને વાતાવરણના દબાણની સાથે સરખાવો. તમારા પરિણામનું યોગ્ય અર્થઘટન આપો.
2. બંધ નળીના વક્રભાગના કદનો અંદાજ મેળવવા માટે બે રીતો ઉપર તમારું મંતવ્ય જણાવો. આ બે રીત માટે કંઈ ધારણાઓ કરવામાં આવી છે ?
3. જો AB નળીનો વ્યાસ ખૂબ જ વધારે હોય, તો શા માટે વક્રભાગનો અંદાજ અવિશ્વસનીય હોય છે ?
4. જ્યારે સાધનનો ઉપયોગ કરતા ન હોય ત્યારે ખુલ્લી નળીમાં રહેલા પારાને દૂષિત થતો અટકાવવા તેને ઢાંકીને રાખવું જોઈએ. પારાનું ઑક્સિડેશન પ્રયોગને કેવી રીતે અસર કરે છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. સાધનને એક બાજુ સહેજ નમાવીને X અને Yના બે અથવા ત્રણ મૂલ્યો માટે 'h'ના મૂલ્ય નોંધો.
2. કાચની યુ-નળી લો. તેને પાણીથી ભરો. તેની એક ભૂજામાં તેલ ભરો. બે ભૂજાઓમાં પાણીની ઊંચાઈ, પાણી અને તેલની ઊંચાઈનો તફાવત નોંધો. તેલની ઘનતા જાણી શકાય. આ પ્રયોગમાં વાતાવરણનું દબાણ શું ભાગ ભજવે છે ?

પ્રયોગ 12

હેતુ

કેશાકર્ષણની રીતથી પાણીનું પૃષ્ઠતાણ શોધવું.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

કાચની અથવા પ્લાસ્ટીકની કેશનળી, ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર, બીકર, ટાંકણી સાથેનો બૂચ, ક્લેમ્પ અને સ્ટેન્ડ, થર્મોમીટર, મંદ નાઇટ્રીક ઍસિડનું દ્રાવણ, મંદ કોસ્ટીક સોડાનું દ્રાવણ, પાણી, ઓળંબો.

સિદ્ધાંત

જ્યારે પ્રવાહી કેશનળીમાં ઉપર જતું હોય (આકૃતિ E 12.1) ત્યારે મેનિસ્કસની નીચે રહેલા ρ ઘનતાના પ્રવાહીનું વજન, સંપર્ક સપાટીના પરિઘ પર ઉર્ધ્વદિશામાં લાગતા પૃષ્ઠતાણ જેટલું હોય છે. આથી,

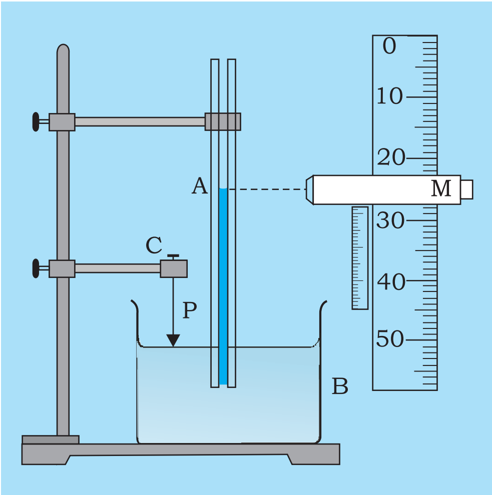
$2\pi r T = \pi r^2 h\rho g$ (લગભગ) પાણી માટે

અથવા $T = \dfrac{h\rho g r}{2}$

જ્યાં T = પ્રવાહીનું પૃષ્ઠતાણ

h = પ્રવાહીના સ્તંભની ઊંચાઈ

r = કેશનળીની અંદરની ત્રિજ્યા



આકૃતિ E 12.1 **: કેશનળીમાં પ્રવાહીનું ઉર્ધ્વગમન**

પદ્ધતિ

1. બારી પાસે યોગ્ય જગ્યાએ પ્રયોગ કરો અથવા પ્રકાશિત બલ્બનો ઉપયોગ કરો.
2. કેશનળી અને બીકરને કોસ્ટીક સોડા અને નાઇટ્રીક ઍસિડના દ્રાવણથી વારાફરતી સાફ કરી અંતમાં પાણી વડે સંપૂર્ણપણે સાફ કરો.
3. બીકરમાં પાણી ભરો અને તેનું તાપમાન માપો.
4. કેશનળીને બીકરની ઉપર રાખી, તેના ઉપરના છેડાને ક્લેમ્પ વડે જડી દો. ઓળંબાનો ઉપયોગ કરી તેને ઉર્ધ્વ ગોઠવો નળીને નીચે ખસેડો કે જેથી તેનો નીચેનો છેડો બીકરના પાણીમાં ડૂબે.

5. ટાંકણી Pને બૂચ Cમાં દબાવી, બીજા ક્લેમ્પમાં એવી રીતે જડો કે જેથી તેની અણી આકૃતિ E 12.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પાણીની સપાટીને સ્પર્શે. ટાંકણી કેશનળીને અડકે નહિ તેનું ધ્યાન રાખો. ટાંકણીને ધીમે ધીમે નીચે કરો જેથી તેની અણી પાણીની સપાટીને ફક્ત સ્પર્શે. આવું કરવા માટે ટાંકણીની અણી અને પાણીમાં તેનું પ્રતિબિંબ એકાકાર થાય.
6. હવે ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર Mને કેશનળીમાં રહેલા પાણીની મેનિસ્કસ Aની સામે ગોઠવો. ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રના ક્રોસવાયરને મેનિસ્કસના નીચેના બિંદુએ સ્પર્શક તરીકે ગોઠવો, જે ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર Mમાં ઊંધુ દેખાશે. જો મેનિસ્કસને ગોઠવવામાં તકલીફ પડે તો કેશનળીના બહારની બાજુએ મેનિસ્કસના નીચેના બિંદુએ કાગળના નાના ટુકડાને મૂકો અને તેને સંદર્ભ તરીકે ગોઠવો અને ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રનું અવલોકન લો.
7. મેનિસ્કસની સ્થિતિનું કેશનળી પર પેન વડે નિશાન કરો. હવે કાળજીપૂર્વક કેશનળી અને બીકરને ટાંકણીની સ્થિતિમાં ફેરફાર થાય નહિ તે રીતે દૂર કરો.
8. ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રને ટાંકણીની અણી પર ગોઠવો અને ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રનું અવલોકન લો.
9. કાળજીપૂર્વક નિશાન કરેલા બિંદુ પાસેથી કેશનળી કાપી લો. કેશનળીને સ્ટેન્ડ પર સમક્ષિતિજ ગોઠવો. હવે ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રને નળીના આડા/આડછેદ પર ગોઠવી તેના આંતરિક વ્યાસના બે પરસ્પર લંબ દિશાના અવલોકનો લો.

અવલોકનો

hનું માપન

માઈક્રોસ્કોપનું લઘુત્તમ માપ = ... mm

કોષ્ટક E 12.1 : કેશાકર્ષણનું માપન

ક્રમ નં.	મેનિસ્કસનું અવલોકન h_1 (cm)			પાણીની સપાટીને સ્પર્શતી પીનની અણીનું અવલોકન h_2 (cm)			$h = h_1 - h_2$
	મુખ્ય માપનું અવલોકન S (cm)	વર્નિયર માપનું અવલોકન n	h_1 = (S + n × લઘુત્તમ માપ)	મુખ્ય માપનું અવલોકન S′ (cm)	વર્નિયર માપનું અવલોકન n'	h_2 = (S′ + n × લઘુત્તમ માપ) (cm)	
1							
2							
3							

કોષ્ટક E 12.2 : કેશનળીના વ્યાસનું માપન

ક્રમ	એક વ્યાસ પરના અવલોકન (cm)		વ્યાસ $d_1(x_2-x_1)$	લંબ વ્યાસ પરના અવલોકન (cm)		વ્યાસ $d_2(y_2-y_1)$	સરેરાશ વ્યાસ d
	એક છેડો	બીજો છેડો	(cm)	એક છેડો	બીજો છેડો	(cm)	$=\dfrac{d_1+d_2}{2}$
1	x_1	x_2		y_1	y_2		
2							
3							

સરેરાશ ત્રિજ્યા r = ... cm; પાણીનું તાપમાન θ = ... °C

0 °C તાપમાને પાણીની ઘનતા = ... g cm^{-3}

ગણતરી

Tના સૂત્રમાં h, r, g અને ρ ની કિંમત મૂકી પૃષ્ઠતાણની ગણતરી કરો.

પરિણામ

પાણીનું .... °C તાપમાને પૃષ્ઠતાણ = ... ± .... Nm^{-1}

સાવચેતી

1. કેશનળીમાં કોઈ પણ અશુદ્ધિ ન રહે તે માટે તેને પહેલા કોસ્ટિક સોડાના દ્રાવણમાં અને પછી મંદ નાઇટ્રીક ઍસિડના દ્રાવણમાં ડુબાડી અને છેલ્લે પાણી વડે સંપૂર્ણપણે વીંછળવી.
2. કેશનળીને પાણીમાં ડુબાડતી વખતે શિરોલંબ રાખવી.
3. કેશનળી પૂરતા પ્રમાણમાં ભીંજાયેલી છે તે ખાત્રી કરવી, બીકરને ઊંચું નીચું કરો. પાત્રમાં પાણીની સપાટી ઊંચી નીચી કરવી. કેશનળીમાં પાણીના લેવલની ઊંચાઈમાં કોઈ ફેર પડવો જોઈએ નહિ.
4. કેશનળીના પાણીની ઉંચાઈનું લેવલ, બીકરની ધારથી સહેજ ઉંચે હોવું જોઈએ જેથી અવલોકન લેવામાં તેની ધાર અવરોધક ન બને.
5. પ્રયોગ પહેલાં અને પછી તાપમાન નોંધવું.
6. પાણીના સ્તંભની ઊંચાઈનું માપન અંતર્ગોળ મેનિસ્કસના નીચેના બિંદુએથી કરવું.

ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. પ્રવાહીમાં કોરી કેશનળી મૂકવાથી પૃષ્ઠતાણના માપનમાં સારી એવી ત્રુટિ આવે કારણ કે જ્યારે પાત્રમાં લેવલ ઘટાડીએ ત્યારે કેશનળીમાં પ્રવાહીનું લેવલ ન પણ ઘટે.

2. અશુદ્ધિઓ અને તાપમાનના કારણે પણ પૃષ્ઠતાણ બદલાય છે.
3. શિરોલંબ ન ગોઠવાયેલી કેશનળીમાં પાણીના સ્તંભની ઉંચાઈના માપનમાં ત્રુટિ આવી શકે.
4. ચલ સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રમાં મેનિસ્કસની અયોગ્ય ગોઠવણીના કારણે કેશનળીમાં પ્રવાહીના સ્તંભની ઊંચાઈના માપનમાં ત્રુટિ ઉદ્‌ભવી શકે.

ચર્ચા

1. અત્યંત પાતળી કેશનળીમાં મેનિસ્કસ અર્ધગોળાકાર લઈ શકાય અને મેનિસ્કસના નીચેના બિંદુથી ઉપરના પ્રવાહીનું વજન $\frac{1}{3}\rho r^3 \pi g$ છે આ બળને ધ્યાનમાં લેતાં પૃષ્ઠતાણનું સુધારેલું સૂત્ર $T = \frac{1}{2}\rho g r \left(h + \frac{r}{3}\right)$ થાય. પૃષ્ઠતાણની વધુ ચોકસાઈવાળી ગણતરી આ સૂત્રથી થઈ શકે.
2. જો કેશનળી કોરી હશે તો તેમાં ચોક્કસ ઊંચાઈ સુધી ગયેલું પાણી પાછું નીચે આવતું નથી. આથી, કેશનળી અંદરથી ભીની હોવી જરૂરી છે. કેશનળીની અંદરની સપાટી બરાબર ભીંજાય તે માટે તેને બીકરના પાણીની અંદર ઉપર-નીચે કરો વૈકલ્પિક રીતે બીકરને પણ ઉપર-નીચે કરી શકાય.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. જો કેશનળીની લંબાઈ, પાણીની સપાટીની શક્ય ઊંચાઈ કરતાં ઓછી હોય તો, આવી કેશનળીને પાણીમાં ડૂબાડતાં શું થાય ? તમારો જવાબ સમજાવો.
2. બે માચીસની સળીઓ એકબીજાને સમાંતર, એકબીજાથી તદ્દન નજીક તરતી હોય અને જો એક ટીપું સાબુનું દ્રાવણ અથવા એક ટીપું ગરમ પાણીનું બંનેની વચ્ચે પાડવામાં આવે તો શું થાય ? તમારો જવાબ સમજાવો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. જુદા-જુદા તાપમાને પ્રયોગ કરી શકાય અને પૃષ્ઠતાણ પર તાપમાનની અસરનો અભ્યાસ કરી શકાય.
2. અશુદ્ધિ જેવી કે NaCl અથવા ખાંડનું દ્રાવણ ઉમેરી પ્રયોગ કરી શકાય અને અશુદ્ધિના લીધે પૃષ્ઠતાણ પર થતી અસરનો અભ્યાસ કરી શકાય.
3. ઢોળાવવાળી સ્થિતિમાં કેશનળીને ગોઠવીને તેમાં ઉપર જતા પ્રવાહીની ઊંચાઈનો અભ્યાસ કરી શકાય.

પ્રયોગ 13

હેતુ

આપેલા પ્રવાહીમાં ગોળાકાર પદાર્થના ટર્મિનલ (અંતિમ) વેગ માપી તે પ્રવાહીનો શ્યાનતા ગુણાંક નક્કી કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

પહોળા વેહ વાળી (લગભગ 1.25 m લાંબી અને 4 cm વ્યાસવાળી) કાચ અથવા એક્રેલિકની નળી, 10 cm લંબાઈ અને 1 cm વ્યાસવાળી ટૂંકી આંતરીક નળી અથવા ફનેલ, 1 mmથી 3 mm વ્યાસવાળા સ્ટીલના ગોળાઓ (છરાઓ). પારદર્શક શ્યાન પ્રવાહી (દિવેલ/ગ્લિસરીન), પ્રયોગનું સ્ટેન્ડ, ચીપિયા, રબરબેન્ડ, રબરની બે સ્ટોપર (કાણાવાળી એક), થર્મોમીટર અને મીટરપટ્ટી.

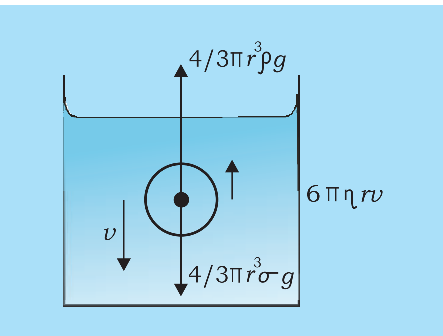
સિદ્ધાંત

'r' ત્રિજ્યા અને 'σ' ઘનતા ધરાવતા ગોળાકાર પદાર્થને 'ρ' ઘનતા અને 'η' શ્યાનતા ગુણાંક ધરાવતા શ્યાન પ્રવાહીમાં મુક્તપતન આપતા v ટર્મિનલ વેગ મેળવે છે. ઉપરની દિશામાં લાગતા ઉત્પ્લાવક બળ અને શ્યાનતા બળને ગોળા પર અધોદિશામાં લાગતું વજનબળ સમતોલે છે. (આકૃતિ E 13.1).

ગોળા પર લાગતું વજનબળ = ગોળા પર લાગતુ ઉત્પ્લાવક બળ + શ્યાનતા બળ.

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \sigma g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g + 6\pi\eta r v \qquad \text{(E 13.1)}$$

અથવા
$$v = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 (\sigma - \rho) g}{6\pi\eta r} = \frac{2r^2}{9}\frac{(\sigma - \rho) g}{\eta} \qquad \text{(E 13.2)}$$



આકૃતિ E 13.1 : **શ્યાનપ્રવાહીમાં ટર્મિનલ વેગ સાથે પતન કરતાં ગોળાકાર પદાર્થ પર લાગતા બળો**

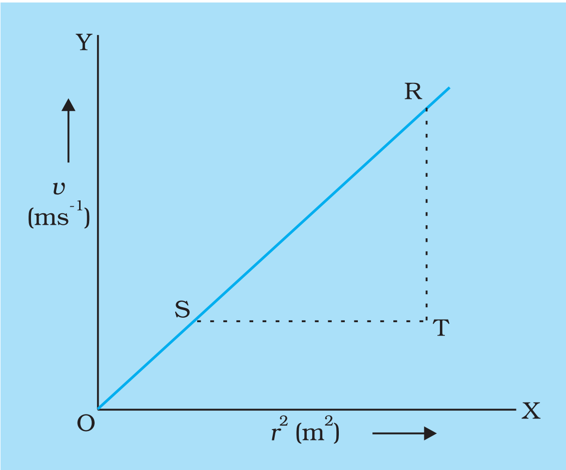
જ્યાં v = ટર્મિનલ વેગ, જે શ્યાન પ્રવાહીમાં ગતિ કરતી વખતે પદાર્થ દ્વારા અચળ બળની અસર હેઠળ મેળવાયેલો અચળ વેગ છે.

ટર્મિનલ વેગ ગોળાકાર પદાર્થના વ્યાસના વર્ગના સમપ્રમાણમાં છે. આથી, જુદી-જુદી ત્રિજ્યાના ગોળાકાર છરાઓને શ્યાન પ્રવાહીમાં મુક્ત પતન કરાવી v વિરુદ્ધ r^2નો આલેખ દોરતાં તે આલેખ સુરેખ મળે છે (આકૃતિ E 13.2).

આ રેખાનો ઢાળ $\frac{v}{r^2}$ નું સરેરાશ મૂલ્ય આપે છે. જેના વડે પ્રવાહીનો શ્યાનતાગુણાંક શોધી શકાય છે. આથી,

$$\eta = \frac{2}{9} g(\sigma - \rho) \frac{r^2}{v} = \frac{2}{9} \frac{(\sigma - \rho) g}{(\text{રેખાનો ઢાળ})}$$

$$= \text{.........} \ \text{Nsm}^{-2}$$



આકૃતિ E 13.2 : ટર્મિનલ વેગ v વિરુદ્ધ ગોળાની ત્રિજ્યાઓ r^2નો આલેખ

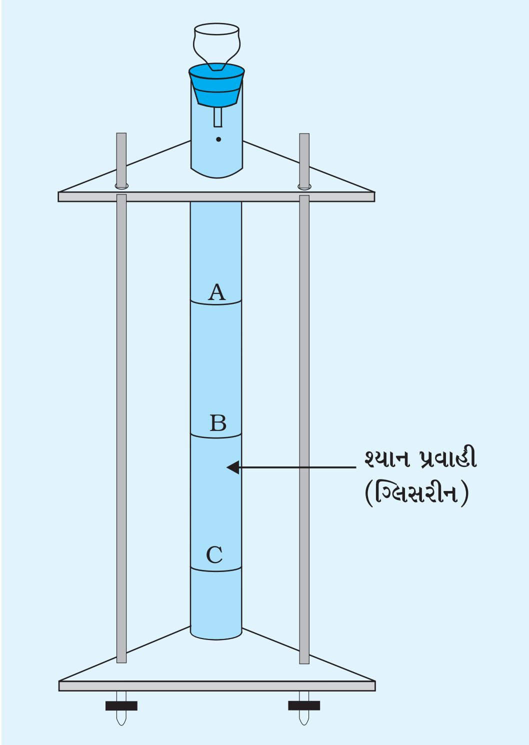
સમીકરણ E 13.3માં આપેલો સંબંધ યોગ્ય રીતે જળવાય તે માટે પ્રવાહી જે પાત્રમાં ભરેલું છે તે પાત્રની ત્રિજ્યા R એ ગોળાકાર છરાની ત્રિજ્યા r કરતાં ઘણી વધારે હોવી જોઈએ. (R >> r) તથા નળાકાર પાત્રની ઊંચાઈ પૂરતી હોવી જોઈએ જેથી છરો ટર્મિનલ વેગ મેળવી શકે તથા ગતિ દરમિયાન છરો પાત્રની દીવાલ સાથે સંપર્કમાં આવવો જોઈએ નહિ.

પદ્ધતિ

1. સ્ટોપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ શોધો.
2. ઓરડાનું તાપમાન થર્મોમીટરની મદદથી નોંધો.
3. પહોળા વેહવાળી પારદર્શક કાચની અથવા એક્રેલિકની (જેનો વ્યાસ લગભગ 4 cm અને લંબાઈ લગભગ 1.25 m) નળી લો. પહોળી નળીના એક છેડે હવાચુસ્ત રબરની સ્ટોપર લગાવો. નળીમાં પારદર્શક શ્યાન પ્રવાહી (દા.ત. : ગ્લિસરીન) ભરો. નળીને શિરોલંબ રાખી આકૃતિ E 13.3માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડમાં લગાવો. પહોળા વેહવાળી નળીમાં રહેલા શ્યાન પ્રવાહીમાં કોઈ હવાનો પરપોટો ન રહે તેનું ધ્યાન રાખો.
4. ત્રણ રબર બેન્ડ A, B અને C પહોળા વેહવાળી નળીને ફરતે એવી રીતે લગાવો કે જેથી નળી ચાર ભાગમાં વહેંચાય (આકૃતિ E 13.3) તથા AB = BC ≈ 30 cm. રબર બેન્ડ Aને પહોળા વેહવાળી નળીના મુખથી 40 cm નીચે લગાવો. (લંબાઈ એટલી રાખો કે જેથી છરો ટર્મિનલ વેગ મેળવી શકે.)
5. ચોખ્ખા અને કોરા સ્ટીલના જુદી-જુદી ત્રિજ્યાઓના છરાઓનો સેટ અલગ કરો. દરેક સેટમાં ચારથી પાંચ એકસરખી ત્રિજ્યાઓના (r_1) છરાઓ રાખો. આ છરાઓને પેટ્રીડીશ અથવા વૉચ ગ્લાસમાં રાખેલ પ્રાયોગિક શ્યાનપ્રવાહી (ગ્લિસરીન)માં સંપૂર્ણપણે વીંછળો.

નહિતર આ છરા પ્રવાહીમાં પ્રવેશતાં તેની સપાટી પર હવાના પરપોટા ઉદ્ભવે.

6. પહોળી નળીના ખુલ્લા મુખ પાસે રબરની સ્ટૉપર વડે નાની ઇનલેટ (inlet) નળી ગોઠવો. ઇનલેટ (inlet) નળીના સ્થાને કાચની ફનેલનો પણ ઉપયોગ કરી શકાય. આકૃતિ 13. 3માં દર્શાવ્યા મુજબ ચીપિયાની મદદથી r_1 ત્રિજ્યાના નાના ગોળાને નળીના મુખ પાસે રાખી મુક્ત પતન કરાવવામાં આવે છે. ગોળો ઇનલેટ (inlet) નળીમાંથી પસાર થઈ પ્રવાહીના સ્તંભની અક્ષ પર પતન કરે છે.
7. બે સ્ટોપ વૉચ લો અને જ્યારે ગોળો રબર બેન્ડ A પાસેથી પસાર થાય ત્યારે બંને ચાલુ કરો. જ્યારે ગોળો B પાસેથી પસાર થાય ત્યારે એક સ્ટોપ વૉચ બંધ કરો અને જ્યારે ગોળો C પાસેથી પસાર થાય ત્યારે બીજી સ્ટોપ વૉચ બંધ કરો.



આકૃતિ E 13.3 **: શ્યાન પ્રવાહી ભરેલ નળીની અક્ષ પર પતન પામતો સ્ટીલનો ગોળો**

8. બંને સ્ટોપ વૉચથી મળેલા સમય t_1 અને t_2 નોંધો.
   t_1 = Aથી B સુધીનું અંતર કાપવા માટેનો સમય.
   t_2 = Aથી C સુધીનું અંતર કાપવા માટેનો સમય. જો ગોળો 'A' ને ક્રોસ કરે તે પહેલાં તેને ટર્મિનલ વેગ મેળવ્યો હશે તો $t_2 = 2\,t_1$ થાય. જો આમ ન હોય તો પ્રયોગ એ જ પરિસ્થિતિમાં ફરીથી કરો.
9. જુદી-જુદી ત્રિજ્યાના ગોળાઓ લઈ પ્રયોગ પુનરાવર્તિત કરો.
10. દરેક ગોળાનો ટર્મિનલ વેગ શોધો.
11. ટર્મિનલ વેગ 'v' અને ગોળાની ત્રિજ્યાના વર્ગ r^2નો આલેખ દોરો. જે સુરેખ મળશે. રેખાનો ઢાળ શોધો અને તે પરથી સમીકરણ E 13.3નો ઉપયોગ કરી પ્રવાહીનો શ્યાનતા ગુણાંક શોધો.

અવલોકનો

1. પ્રયોગમાં લીધેલ પ્રવાહી (ગ્લિસરીન)નું તાપમાન θ = ... °C
2. સ્ટીલના ગોળાના દ્રવ્યની ઘનતા σ = ... kgm^{-3}
3. નળીમાં રહેલ શ્યાન પ્રવાહીની ઘનતા = ... kgm^{-3}
4. પ્રયોગમાં લીધેલ શ્યાન પ્રવાહીની ઘનતા ρ = ... kgm^{-3}

5. પહોળા વેહવાળી નળીનો આંતરીક વ્યાસ = ... cm = ... m
6. પહોળા વેહવાળી નળીની લંબાઈ = ... cm = ... m
7. A અને B વચ્ચેનું અંતર = ... cm = ... m
8. B અને C વચ્ચેનું અંતર = ... cm = ... m

   બે ક્રમિક રબર બેન્ડ વચ્ચેનું સરેરાશ અંતર h = ... cm = ... m
9. પ્રયોગશાળાના સ્થળ પર ગુરુત્વપ્રવેગ g = ... ms^{-2}
10. સ્ટોપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ = ...

કોઠો E 13.1 : સ્ટીલના ગોળાઓના પતન માટે લાગતા સમયનું માપન

ક્રમ નં.	નાની ગોળીઓનાવ્યાસ અને ત્રિજ્યા		ગોળીઓની ત્રિજ્યાનો વર્ગ	રબર બેન્ડ વચ્ચેનું અંતર h = ... cm કાપવા લાગતો સમય				ટર્મિનલ વેગ
	d cm	$r = d/2$ (m)	r^2 (m^2)	A અને B t_1 (s)	A અને C t_2 (s)	B અને C $t_3 = t_2 - t_1$ (s)	સરેરાશ સમય $t = \frac{t_1 + t_3}{2}$ (s)	$v = \frac{h}{t}$ (ms^{-1})
1								
2								
3								

આલેખ

r^2 ને x-અક્ષ પર અને v ને y-અક્ષ પર લઈ r^2 અને v નો આલેખ દોરો. આલેખ આકૃતિ 13.2 અનુસાર હશે.

રેખાનો ઢાળ $\frac{v}{r^2} = \frac{RT}{ST}$

આથી, $\eta = \frac{2}{9} \frac{r^2(\sigma - \rho)g}{(\text{રેખાનો ઢાળ})}$

ત્રુટિ $\frac{\Delta\eta}{\eta} = \frac{2\Delta r}{r} + \frac{\Delta\text{ઢાળ}}{\text{ઢાળ}}$

ηની પ્રમાણિત કિંમત = ... Nsm^{-2}

% ત્રુટિ = ... %

પરિણામ

આપેલ શ્યાન પ્રવાહીનો θ^o = ... °C તાપમાને શ્યાનતા ગુણાંક = ... ± .... Nsm^{-2}

સાવધાની અને ત્રુટિના ઉદ્‌ગમો

1. ટર્મિનલ વેગ (વધુ ચોક્કસાઈથી શ્યાનબળ F)પરની અસર (ભલે નાની હોય, તો પણ) ઘટાડવા માટે, પ્રાયોગિક શ્યાન પ્રવાહી ધરાવતી પહોળા વેહવાળી નળીની ત્રિજ્યા પતન પામતા ગોળાની ત્રિજ્યા કરતાં ઘણી વધારે રાખવી.
2. સ્ટીલના ગોળાઓનું પતન નળીની દીવાલને સ્પર્શ્યા વગર થવું જોઈએ.
3. શ્યાન પ્રવાહીમાં ગોળાને હળવેકથી મુક્ત પતન આપવું.

ચર્ચા

1. ગોળાઓ સંપૂર્ણ ગોળાકાર હોવા જોઈએ, નહિ તો ટર્મિનલ વેગનું સૂત્ર લગાડી શકાય નહિ.
2. પતન કરતાં ગોળાઓની ગતિ સુરેખ હોવી જોઈએ.
3. પહોળા વેહવાળી નળીનો વ્યાસ, ગોળાઓની સરખામણીમાં ઘણો વધારે હોવો જોઈએ.

સ્વ મૂલ્યાંકન

1. શું વરસાદના બધા ટીપાં કદ પર આધાર રાખ્યા સિવાય જમીન પર એકસરખા વેગથી અથડાય છે ?
2. ગોળાકાર સિવાયના આકાર માટે પણ શું સ્ટોક્સનો નિયમ લગાડી શકાય ?
3. પ્રવાહીના શ્યાનતા ગુણાંક પર તાપમાનની શું અસર થાય છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

1. જુદી-જુદી ત્રિજ્યાવાળા સ્ટીલના ગોળાઓ માટે 'η'નું મૂલ્ય શોધી શકાય તેની સરખામણી પ્રયોગમાં મળેલ કિંમત સાથે કરવી.
2. સરસીયાંના તેલની શ્યાનતા શોધવી. [**Hint :** સાધનોની ગોઠવણ કરી પહોળા વેહવાળી નળીમાં ગ્લિસરીનના સ્થાને સરસીયાંનું તેલ લેવું.]
3. દૂધની શુદ્ધતા તપાસવી. [**Hint :** લાંબી નળીમાં સરસીયાંના તેલનો ઉપયોગ કરવો. આંખમાં ટીપાં નાખવાના ડ્રોપરમાં દૂધ ભરો. પહોળી વેહવાળી નળીમાં દૂધનું એક ટીપું નાખો અને તેનો ટર્મિનલ વેગ શોધો. સરસીયાંના તેલના શ્યાનતા ગુણાંકના જ્ઞાત મૂલ્યનો ઉપયોગ કરી દૂધની ઘનતાની ગણતરી કરો.]
4. પાણીમાં ઉર્ધ્વગતિ કરતા હવાના પરપોટાના સમય પર પાણીની શ્યાનતાની અસરનો અભ્યાસ. [**Hint :** માછલીઘર (Aquarium) માં વપરાતા પરપોટા બનાવવાના સાધનનો ઉપયોગ કરો. તેને પહોળા વેહવાળી નળીમાં મૂકો, ઉર્ધ્વગતિ કરતા હવાના પરપોટાનો ટર્મિનલ વેગ શોધો.]

પ્રયોગ 14

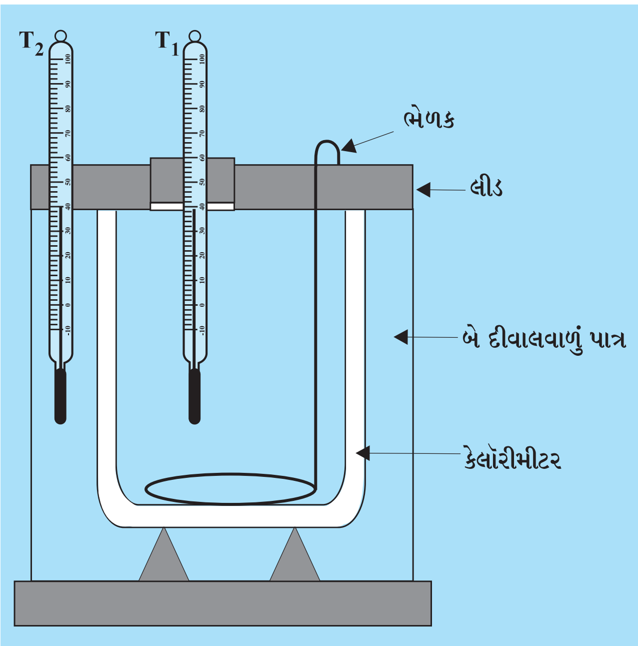
હેતુ

ગરમ પદાર્થના તાપમાન અને સમયના સંબંધનો અભ્યાસ શીતવક્ર (cooling curve) દોરી ને કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ન્યૂટનના શીતનના નિયમનું સાધન કે જેમાં કૉપર કેલૉરીમીટર તથા થર્મોમીટર અને ભેળક ભરાવી શકાય તેવી કાણાં પાડેલી લાકડાની લીડ (ઢાંકણ) અને બે દીવાલવાળું પાત્ર, સેલ્સિયસ માપક્રમના બે થર્મોમીટર (જેનું લઘુત્તમ માપ 0.5 °C કે 0.1 °C હોય) સ્ટોપ ક્લોક, બર્નર, પ્રવાહી (પાણી), ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડ, કાણાંવાળી રબરની બે સ્ટોપર, દોરી અને બીકર.

સાધનનું વર્ણન



આકૃતિ E 14.1 **: ન્યૂટનના શીતનના નિયમનું સાધન**

આકૃતિ 14.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે શીતનના નિયમના સાધનમાં બે દીવાલવાળું પાત્ર હોય છે જેને અવાહક ઢાંકણ (લીડ) વડે બંધ કરી શકાય. બંને દિવાલો વચ્ચે ભરેલું પાણી ખાત્રી આપે છે કે કેલોરીમીટરના પરિસરનું તાપમાન અચળ રહે છે. પ્રવાહી અને કેલોરીમીટરનું તાપમાન ઘણા લાંબા સમય સુધી અચળ રહે છે જેથી તાપમાનનું માપન સંભવ થાય. કેલોરીમીટરમાં પાણીનું તાપમાન અને બંને દિવાલો વચ્ચે પાણીનું તાપમાન, બે થર્મોમીટરની મદદથી નોંધાય છે.

સિદ્ધાંત (Theory)

ગરમ પદાર્થના ઉષ્મા ગુમાવવાનો દર, ગરમ પદાર્થના તાપમાન અને પરિસરના તાપમાનના તફાવત, દ્રવ્યની જાત અને પદાર્થની સપાટીના ક્ષેત્રફળ પર આધાર રાખે છે. આ ન્યૂટનનો શીતનનો નિયમ છે.

'm' દ્રવ્યમાન અને 's' વિશિષ્ટ ઉષ્મા ધરાવતા પદાર્થનું પ્રારંભિક તાપમાન θ, જે પરિસરના તાપમાન θ_0 કરતાં વધુ

છે. આ પદાર્થનો ઉષ્મા ગુમાવવાનો દર $\frac{dQ}{dt}$ છે. જ્યાં dQ એ ગરમ પદાર્થે પરિસરમાં નાના સમયગાળામાં ગુમાવેલ ઉષ્માનો જથ્થો છે.

ન્યૂટનના શીતનના નિયમ અનુસાર, ઉષ્મા ગુમાવવાનો દર

$$\frac{dQ}{dt} = -k(\theta - \theta_o) \tag{E 14.1}$$

વળી, $$\frac{dQ}{dt} = ms\frac{d\theta}{dt} \tag{E 14.2}$$

(E 14.1) અને (E 14.2)ને સરખાવી તાપમાનના ફેરફારનો દર,

$$\frac{d\theta}{dt} = -\frac{k}{ms}(\theta - \theta_o) \tag{E 14.3}$$

જ્યાં k સપ્રમાણતાનો અચળાંક અને $k' = \frac{k}{ms}$ એ પણ અચળાંક છે. (જે કેલોરીમીટર વડે પ્રયોગ કરીએ છીએ એ તે કેલોરીમીટરનો જળતુલ્યાંક ms વડે દર્શાવેલ છે. સમીકરણ (E 14.2) અને (E 14.3) માં ઋણ નિશાની ઉષ્મા ગુમાવવાને કારણે થતો તાપમાનનો ઘટાડો સૂચવે છે. સમીકરણ (E 14.3)ને આ રીતે લખી શકાય.

$$d\theta = -k'(\theta - \theta_o)\,dt$$

સંકલન લેતાં,

$$\int\frac{d\theta}{\theta - \theta_o} = -k'\int dt$$

અથવા $\quad ln(\theta - \theta_o) = \log_e(\theta - \theta_o) = -k't + c$

અથવા $$ln(\theta - \theta_o) = 2.303\log_{10}(\theta - \theta_o) = -k't + c \tag{E 14.4}$$

જ્યાં c = સંકલનનો અચળાંક

સમી. (E 14.4) $\log_{10}(\theta - \theta_o)$ વિરુદ્ધ tનો આલેખ સુરેખ છે તે દર્શાવે છે.

પદ્ધતિ

1. થર્મોમીટર T_1 અને T_2નું લઘુત્તમ માપ શોધો. બીકરમાં થોડું પાણી લઈ તેનું તાપમાન કોઈ એક થર્મોમીટર વડે માપો. (ઓરડાના તાપમાન θ_o) તેને T_1 કહો.
2. સ્ટોપ વૉચની કાર્ય પ્રણાલી ચેક કરી તેનું લઘુત્તમ માપ શોધો.
3. બે દીવાલવાળા પાત્રમાં ઓરડાના તાપમાને પાણી ભરો. તે પાણીમાં T_2 થર્મોમીટર દાખલ કરી ક્લેમ્પ સ્ટેન્ડ સાથે જડો.
4. ઓરડાના તાપમાન θ_o કરતાં વધારે તાપમાને (લગભગ 40 °C) પાણીને ગરમ કરી, કેલૉરીમીટરમાં ટોચ સુધી ભરો.

5. ગરમ પાણી ભરેલા કેલૉરીમીટરને મૂકી, પાત્રને કાણાં પાડેલી ઢાંકણ વડે બંધ કરી થર્મોમીટર T_1 અને ભેળક કેલૉરીમીટરમાં રહે તેમ કાણાંની મદદથી ગોઠવો. (આકૃતિ E 14.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે)
6. જ્યારે બંને થર્મોમીટર T_1 અને T_2 વચ્ચેના અવલોકનોનો તફાવત આશરે 30 °C હોય, ત્યારે બંને દિવાલો વચ્ચે દોરાયેલા પાણીનું પ્રારંભિક તાપમાન થર્મોમીટર T_2 વડે નોંધો. થર્મોમીટર T_1 નું પ્રારંભિક અવલોકન નોંધો.
7. ભેળકની મદદથી પાણીને ધીરે ધીરે અને સતત હલાવો. થર્મોમીટર T_1નું અવલોકન પહેલાં દર અડધી મિનિટે અને પછી આશરે દર એક મિનિટે નોંધો અને અંતમા દર બે મિનિટે નોંધો.
8. એક સાથે સ્ટોપ વૉચ અને થર્મોમીટર T_1 ના અવલોકનો નોંધો. પાણી ધીરે ધીરે અને સતત હલાવતાં, જ્યાં સુધી કેલૉરીમીટરમાં ભરેલ પાણીનું તાપમાન બહાર ઘેરાયેલા પાણીના તાપમાન કરતાં 5 °C ઊંચુંના આવે ત્યાં સુધી ઘેરાયેલા પાણીનું થર્મોમીટર T_2 વડે તાપમાન નોંધો.
9. અવલોકનોની નોંધ કોષ્ટકમાં કરો. દરેક અવલોકન માટે તાપમાનનો વધારો $(\theta - \theta_o)$ અને લઘુગણક કોષ્ટકની મદદથી $\log_{10}(\theta - \theta_o)$ શોધો. આ અવલોકનો કોષ્ટકમાં અનુરૂપ જગ્યાઓ પર નોંધો.
10. x-અક્ષ પર સમય t અને y-અક્ષ પર $\log_{10}(\theta - \theta_o)$ લઈ આલેખ દોરો. આલેખનું અર્થઘટન કરો.

અવલોકનો

બંને સમાન થર્મોમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... °C

સ્ટોપ વૉચનું લઘુત્તમ માપ = ... S

ઘેરાયેલા પાણીનું પ્રારંભિક તાપમાન θ_1 = ... °C

ઘેરાયેલા પાણીનું અંતિમ તાપમાન θ_2 = ... °C

ઘેરાયેલા પાણીનું સરેરાશ તાપમાન $\theta_o = \dfrac{\theta_1 + \theta_2}{2}$ =......... °C

કોષ્ટક E 14.1 : સમય સાથે પાણીના તાપમાનના તફાવતનું માપન

ક્રમ નં.	સમય (t) (s)	ગરમ પાણીનું તાપમાન θ°C	ગરમ પાણીનું વધારાનું તાપમાન $(\theta - \theta_o)$ °C	$\log_{10}(\theta - \theta_o)$
1				
2				
.				
.				
20				