* Dept of Physics Copy.

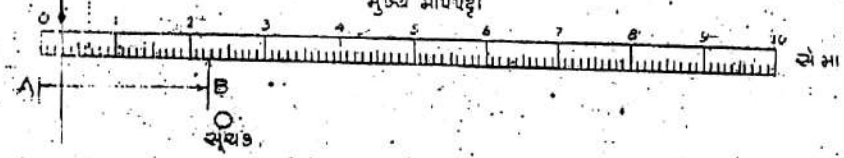
પ્રકીર્ણ પ્રયોગો

પ્રયોગ ૧

વર્નિયર કેલિપર્સ

હેતુ : વર્નિયર કેલિપર્સનો ઉપયોગ કરી આપેલા નિયમિત પિંડોનાં પરિમાણ માપી તેમનાં આયતન શોધવાં.

વર્નિયરનો સિદ્ધાંત : વર્નિયર એ માપન ઉપકરણની મુખ્ય માપપટી પરના અલ્પતમ ભાગનો અપૂર્ણાંશ ચોકસાઈપૂર્વક નિર્ધારિત કરવાની એક સગવડભરી શોધ છે. આકૃતિ ૧માં એક માપન ઉપકરણની વર્નિયર સિવાયની મુખ્ય માપ-

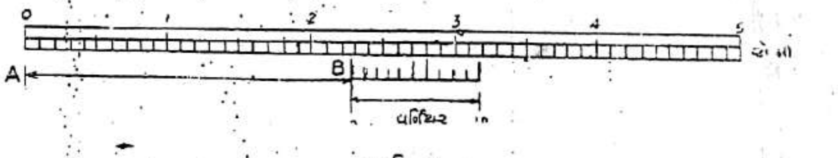


આકૃતિ ૧

પટી દર્શાવી છે. આવી માપપટી માપન ઉપકરણ સાથે કાં તો જડેલી હોય છે અથવા તેના પર સીધી રેખાંકિત કરેલી હોય છે. જે માપ લેવાનું હોય તેનું મૂલ્ય માપપટી પરના સરકતાં સૂચકથી જાણી શકાય છે. આ મુખ્ય માપપટી પરનું અલ્પતમ માપ 0.1 સેમી હોય છે.

આકૃતિ ૧માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સૂચકના સ્થાન પરથી જે માપન શોધતા હોઈએ તે માપન 2.2 સેમી અને 2.3 સેમી વચ્ચે છે, એટલી જ માહિતી આપણે પ્રાપ્ત કરી શકીએ છીએ. બીજા દશાંશ સ્થાનવાળો અંક જાણી શકતા

નથી. આ અંક મેળવવાની રીત પ્રો. પીરે વર્નિયરે શોધી હતી અને આથી જ તે વર્નિયર માપપટી કહેવાય છે. તેનો સિદ્ધાંત આકૃતિ ૨ માંથી સમજી શકાશે:



આકૃતિ ૨

વર્નિયર માપપટી મુખ્ય માપપટીને સહાયક માપપટી છે, અને તેના પરના વિભાગો મુખ્ય માપપટી પરના વિભાગો કરતાં જુદા હોય છે, પરંતુ સરળ રીતે સંબંધિત હોય છે. વર્નિયર માપપટી પરનો શૂન્ય અંક આકૃતિ ૧માં દર્શાવેલા સૂચકનું સ્થાન લે છે. તેના પછી વર્નિયર માપપટી હોય છે. આ વર્નિયર માપપટી એવી રીતે અંકિત કરવામાં આવે છે કે જેથી તેના પરના દસ વિભાગ મુખ્ય માપપટી પરના નવ વિભાગ બરાબર થાય છે. આનો અર્થ એ થયો કે પ્રત્યેક વર્નિયર વિભાગ મુખ્ય માપપટી પરનાં પ્રત્યેક વિભાગના 9/10 જેટલો થાય છે. આનો અર્થ એ પણ થાય કે મુખ્ય માપપટી પરના પ્રત્યેક વિભાગની લંબાઈ અને વર્નિયર માપપટી પરના પ્રત્યેક વિભાગની લંબાઈઓ વચ્ચેનો તફાવત મુખ્ય માપપટી પરના વિભાગના 1/10 જેટલો થાય છે. આ તફાવત વર્નિયરનો લઘુતમ માપાંક કહેવાય છે.

આ પરથી કહી શકાય કે આપેલા ઉપકરણથી ચોકસાઈપૂર્વક લઈ શકાય તે અલ્પતમ માપનને તેનો લઘુતમ માપાંક અથવા વર્નિયર અંક કહેવાય છે. આ કિસ્સામાં લઘુતમ માપાંક 0.01 સેમી મળે છે.

આકૃતિ ૨ માંનું માપ AB 2.2 સેમી છે. બીજા દશાંશનું મૂલ્ય શોધવા વર્નિયર માપપટી પરનો કયો અંક મુખ્ય માપપટી પરના કોઈ એક અંકની સાથી રેખામાં છે તે જોવું જોઈએ. આકૃતિ ૨માં વર્નિયર માપપટી પરનો છઠ્ઠો અંક મુખ્ય માપપટી પરના અંકની સાથમાં છે. માટે વર્નિયરનો સૂચક અંક, જે અહીં શૂન્યનો અંક છે તે, મુખ્ય માપપટી પરના 2.2 સેમી અંકથી 6×0.01 સેમી $= 0.06$ સેમી જમણી બાજુ છે. આથી ABની લંબાઈ 2.26 સેમી પ્રાપ્ત થાય છે.

ઉપર વર્ણવેલ વર્નિયર માપપટીનો પ્રત્યેક વિભાગ, મુખ્ય માપપટી પરના પ્રત્યેક વિભાગથી નાનો છે માટે તેને અગ્રલિપાઠી વર્નિયર અથવા ધન વર્નિયર

કહેવામાં આવે છે. જો વર્નિયરનો પ્રત્યેક વિભાગ મુખ્ય માપપટ્ટી પરના પ્રત્યેક વિભાગથી મોટો હોય તો આવું વર્નિયર પશ્ચાંભિમુખી વર્નિયર અથવા ઋણ વર્નિયર કહેવાય છે.

લઘુતમ માપાંક : ધારો કે મુખ્ય માપપટ્ટી પરના સૌથી નાના પ્રત્યેક વિભાગની લંબાઈ S છે, અને વર્નિયરના પ્રત્યેક વિભાગની લંબાઈ V છે. ધન વર્નિયર માટે તેના n વિભાગની લંબાઈ મુખ્ય માપપટ્ટીના $(n-1)$ વિભાગની લંબાઈ બરાબર થાય છે. તેથી વર્નિયરના પ્રત્યેક વિભાગની લંબાઈ

$$V=\frac{S(n-1)}{n} \text{ થાય.}$$

$$\therefore \text{ લઘુતમ માપાંક } = S-V=S-\frac{S(n-1)}{n}=S\left[1-\frac{n-1}{n}\right]$$

$$=S\left[\frac{n-n+1}{n}\right]=\frac{S}{n} \text{ મળે છે.}$$

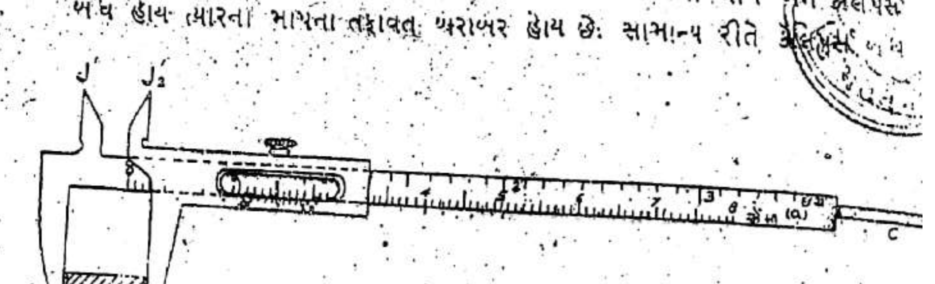
ઉપરના કિસ્સામાં મુખ્ય માપપટ્ટી પરના પ્રત્યેક વિભાગનું મૂલ્ય $S=0.1$ સેમી છે અને વર્નિયરના ભાગ $n=10$ છે. માટે લઘુતમ માપાંક $=\frac{0.1}{10}$ સેમી $=0.01$ સેમી છે.

વર્નિયર કૅલિપર્સ

આકૃતિ ૩માં કોઈ એક નળાકારની લંબાઈ માપવા ઉપયોગમાં લીધેલું વર્નિયર કૅલિપર્સ છે. વર્નિયર કૅલિપર્સને બે જડબાં J_1 અને J_2 હોય છે. ડાબું જડબું J_1 મુખ્ય માપપટ્ટી (a)ની સાથે જોડાયેલું અને તેને લંબ હોય છે. જમણું જડબું J_2 ડાબા જડબા J_1ને સમાન્તર હોય છે, જમણી બાજુ મુખ્ય માપપટ્ટી પર સરકી શકે એવું હોય છે, અને તેની સાથે વર્નિયર માપપટ્ટી (b) ધારણ કરે છે.

જ્યારે બે જડબાં J_1 અને J_2 એકબીજાને અડકે ત્યારે વર્નિયર માપપટ્ટીનો સૂચક મુખ્ય માપપટ્ટી પરના શૂન્ય અંક સાથે બરાબર સંપાત થતો હોવો જોઈએ. આમ ન બને તો સાધનમાં કાંઈક ત્રુટિ છે, જેને શૂન્યાંકી ત્રુટિ કહેવાય છે. ઉપરનાં બે જડબાં J_1' અને J_2' પોલાણનાં આંતરિક વિમિતિ માપવા માટે હોય છે. જમણી બાજુ દર્શાવેલો બહાર નીકળેલ દંડ કાણાની ઊંડાઈ માપવા માટે છે.

શૂન્યાંકી ત્રુટિ : વસ્તુની વાસ્તવિક વિમિતિ લીધેલા માપ અને કૅલિપર્સ બંધ હોય ત્યારના માપના તફાવત બરાબર હોય છે. સામાન્ય રીતે કૅલિપર્સ બંધ



આકૃતિ ૩

કરીએ ત્યારે વર્નિયરનો શૂન્યાંક મુખ્ય માપપટ્ટીના શૂન્યાંકની સીધમાં હોવો જોઈએ. તેમ ન હોય તો સાધનમાં શૂન્યાંકી ત્રુટિ છે એમ કહેવાય છે. આ ત્રુટિ માપ લેતી વખતે ધ્યાનમાં લેવી જોઈએ. વર્નિયર બંધ કરીને J_1 J_2 સંસર્ગમાં લાવો. વર્નિયરનો શૂન્યાંક (૧) મુખ્ય માપપટ્ટીના શૂન્યાંકની સીધમાં હશે અથવા (૨) તેની જમણી બાજુએ હશે અથવા (૩) તેની ડાબી બાજુએ હશે.

જો સીધમાં હોય તો શૂન્યાંકી ત્રુટિ શૂન્ય છે. જો જમણી બાજુ હોય તો શૂન્યાંકી ત્રુટિ ધન છે. જે ખરું માપ મેળવવા માટે પ્રાપ્ત અવલોકનમાંથી બાદ કરવી જોઈએ. જો ડાબી બાજુ હોય તો શૂન્યાંકી ત્રુટિ ઋણ હોય છે અને તે પ્રાપ્ત અવલોકનમાં ઉમેરવી જોઈએ. ધન ત્રુટિ હોય તો વર્નિયર પરની ડાબી બાજુથી એટલે કે શૂન્યાંકથી શરૂ કરીને તેનો જે અંક મુખ્ય માપપટ્ટી પરના કોઈ અંકની સીધમાં આવે તે અંક ગુણ્યા લઘુતમ માપાંક બરાબર ધન શૂન્યાંકી ત્રુટિ થાય છે. ઋણ ત્રુટિ હોય તો વર્નિયર પરની જમણી બાજુથી (એટલે કે 10ના અંકથી) શરૂ કરીને તેનો જે અંક મુખ્ય માપપટ્ટી પરના કોઈ અંકની સીધમાં આવે તે અંક ગુણ્યા લઘુતમ માપાંક બરાબર ઋણ શૂન્યાંકી ત્રુટિ થાય છે.

સાધન : વર્નિયર કૅલિપર્સ, સળિયો, ગોળો, નક્કર નળાકાર, પોલો નળાકાર વગેરે.

સાવચેતીઓ : (૧) શૂન્યાંકી ત્રુટિ શોધતી વખતે જડબાં J_1 અને J_2 સંપર્કમાં લાવી વધુ પડતાં દબાવશો નહીં અથવા ઢીલાં રાખશો નહીં.

(૨) જે વસ્તુનું પરિમાપ શોધવાનું હોય તેને J_1 અને J_2માં પકડો ત્યારે પણ J_1 અને J_2ને બહુ દબાવશો નહીં અથવા ઢીલાં રાખશો નહીં.

(૩) શૂન્યાંકી ત્રુટિ ધન છે કે ઋણ તે સાવધાનીપૂર્વક નક્કી કરો.

(૪) વસ્તુને જડબાંમાંથી લઈ લેતાં પૂર્વે જડબાંને બાંક પેચથી જકડવું જોઈએ.

(૫) વર્નિયર માપપટી પર આંકડા લખેલા ન હોય તો પ્રથમ અંકને 0 ગણી પછીના અંકોને 1, 2, 3,...ગણો.

પ્રયોગ પ્રકારાંતરો

(૧) આપેલા સળિયાની લંબાઈ વર્નિયર કેલિપર્સની મદદથી સેમીમાં અને ઇંચમાં શોધો. પ્રાપ્ત થતાં મૂલ્યોનો ઉપયોગ કરી એક ઇંચમાં સમાયેલા સેન્ટિમીટરની સંખ્યા શોધો.

નોંધ : એક ઇંચમાં સમાયેલા સેમીની સંખ્યા $= \frac{\text{સેમીમાં લંબાઈનું મૂલ્ય}}{\text{ઇંચમાં લંબાઈનું મૂલ્ય}}$
$= 2.54$

(૨) વર્નિયર કેલિપર્સનો ઉપયોગ કરી આપેલા ત્રિપાર્શ્વનું આયતન શોધો.

નોંધ : (૧) ત્રિપાર્શ્વના આધારની કોઈ એક પાર્શ્વ બાજુની લંબાઈ શોધો. ત્યાર પછી આ જ પાર્શ્વ બાજુની સામેના શિરોબિંદુથી તેના જ પર પડતા શિરોલંબની લંબાઈ શોધો. ત્યાર બાદ આધારનું ક્ષેત્રફળ $= \frac{1}{2} \times$ પાર્શ્વ બાજુની લંબાઈ $\times$ શિરોલંબની લંબાઈનો ઉપયોગ કરી આધારનું ક્ષેત્રફળ શોધો.

(૨) આ જ આધારની ઉપર ત્રિપાર્શ્વની ઊંચાઈ શોધો.

ત્રિપાર્શ્વનું આયતન = આધારનું ક્ષેત્રફળ $\times$ ત્રિપાર્શ્વની ઊંચાઈ થશે.

(૩) વર્નિયર કેલિપર્સના ઊંડાઈ માપકની મદદથી એક છેડે બંધ પોલા નળાકારની ઊંડાઈ શોધો.

નોંધ : કેટલાક પદાર્થોનાં આયતન માટેનાં સૂત્રો

પદાર્થ	સૂત્ર
ઘન	$(\text{લંબાઈ})^3 = l^3$
આયતાકાર સમાંતર ફલક	લંબાઈ × પહોળાઈ × જાડાઈ
ગોળો	$\frac{4}{3}\pi R^3$
નક્કર નળાકાર	$\pi r^2 h$
પોલો નળાકાર	$\pi(R_1^2 - R_2^2)h$

(stamp)

પ્રશ્નો

(૧) વર્નિયર માપપટી કોને કહેવામાં આવે છે અને શાથી ?

(૨) માપક ઉપકરણના લઘુતમ માપાંકની પરિભાષા આપો.

(૩) ધન શૂન્યાંકી ત્રુટિ અને ઋણ શૂન્યાંકી ત્રુટિ કોને કહેવામાં આવે છે ?

(૪) અગ્રાભિપાઠી વર્નિયર અને પાશ્ચાભિપાઠી વર્નિયર વચ્ચે શો તફાવત છે ?

(૫) પોલા નળાકારનો આંતરિક વ્યાસ અને બાહ્ય વ્યાસ વર્નિયરથી માપવામાં આવે ત્યારે શૂન્યાંકી ત્રુટિ ભિન્ન હશે શું ?

(૬) લઘુતમ માપાંક કેવી રીતે ઘટાડી શકાય ? લઘુતમ માપાંક ઘટાડવાથી શો ફાયદો થાય ?

(૭) માપ લેતી વખતે જડબાંને શાથી બહુ દબાવવાં જોઈએ નહીં અથવા તો ઢીલાં રાખવાં જોઈએ નહીં ?

પ્રયોગ ૨

માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂ

હેતુ : માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂનો ઉપયોગ કરી આપેલા નિયમિત પિંડોનાં પરિમાપ શોધવાં.

સિદ્ધાંત : વર્નિયર કેલિપર્સની મદદથી લઘુતમ માપ કેવળ 0.01 સેમી સુધી લઈ શકાય છે. આનાથી ઓછા વ્યાસવાળા પાતળા તારનો વ્યાસ અથવા આનાથી ઓછી જાડાઈવાળી પટ્ટીની જાડાઈ વગેરે માપી શકાય નહીં. આવાં

ક્રિયાક્રમ : (૧) મુખ્ય માપપટી પરના લઘુતમ વિભાગનું મૂલ્ય (S) નક્કી કરો. વર્નિયર માપપટી પરના વિભાગ (n)ની ગણતરી કરો.

$\therefore$ લઘુતમ માપાંક $= \frac{S}{n}$ સેમી

(૨) J_1 અને J_2 એકબીજાના સંપર્કમાં લાવો. વર્નિયરનો જે અંક મુખ્ય માપપટી પરના કોઈ એક અંકની સીધમાં આવે તે શોધો. જો આ અંક y હોય તો

શૂન્યાંક ત્રુટિ $(e) = \pm y \times c$ સેમી

(૩) આકૃતિ ૩માં બતાવ્યા પ્રમાણે આપેલા સળિયાને J_1 અને J_2 જડબાંની વચ્ચે જકડો. મુખ્ય માપપટીના અંકનું મૂલ્ય (L) વાંચી તેની નોંધ કરો. આ મૂલ્ય (L) શૂન્યાંક જે અંકની વચ્ચે હોય તેમાંના નાના અંકનું મૂલ્ય હશે. હવે મુખ્ય માપપટી પરના કોઈ એક અંક સાથે વર્નિયરનો જે અંક (N) સીધમાં હોય તે વાંચો અને તેની નોંધ કરો. આ વર્નિયર માપ $N \times C$ સેમી મૂલ્ય L માં ઉમેરવાથી વસ્તુનું કુલ પરિમાપ મળે છે.

$\therefore$ વસ્તુનું કુલ પરિમાપ $= L + N \times C$ સેમી

(૪) આ પરિમાપનાં ઓછામાં ઓછાં ત્રણ મૂલ્યો શોધી તેનું સરેરાશ મૂલ્ય x શોધો.

(૫) આ સરેરાશ મૂલ્ય (x)માંથી શૂન્યાંક ત્રુટિ (e) ધન હોય તો બાદ કરી અથવા ઋણ હોય તો તેમાં ઉમેરી પરિમાપનું વાસ્તવિક મૂલ્ય શોધો.

પરિમાપનું વાસ્તવિક મૂલ્ય $= x \mp e$ સેમી હશે.

(૬) તમારાં પ્રેક્ષણોને નીચે પ્રમાણે સારણીબદ્ધ કરો :

મુખ્ય માપપટી પરના અલ્પતમ વિભાગનું મૂલ્ય $(S) = \ldots$ સેમી

વર્નિયર માપપટી પરનાં વિભાગોની સંખ્યા $(n) = \ldots\ldots$

$\therefore$ લ. મા. $(C) = \frac{S}{n} = \ldots\ldots\ldots$ સેમી

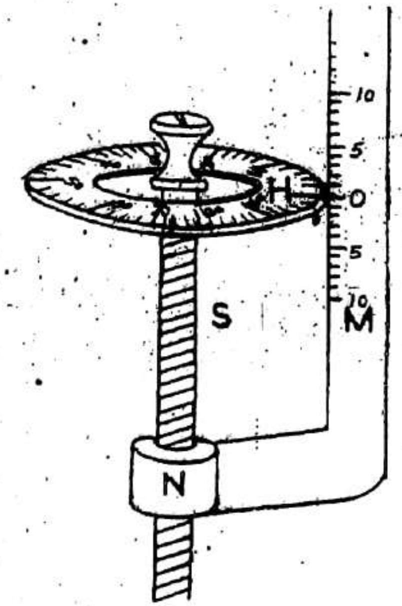
શૂન્યાંક ત્રુટિ $(e) = \ldots\ldots\ldots$ સેમી

પ્રેક્ષણ સારણી

પદાર્થ	પરિમાપ	પ્રેક્ષણ ક્રમાંક	મુખ્ય માપપટી પરનું માપ L સેમી	વર્નિયર માપપટી પરનો અંક N	કુલ પરિમાપ $L+N \times C$ સેમી	ઔસત પરિમાપ x	વાસ્તવિક પરિમાપ $x \mp e$	આયતન
સળિયો	લંબાઈ	૧						
		૨						
		૩						
	વ્યાસ	૧						
		૨						
		૩						
ગોળો	વ્યાસ	૧						
		૨						
		૩						

પરિમાપ માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂથી માપી શકાય છે, કારણ કે તેનો લઘુતમ માપાંક 0.001 સેમી અથવા 0.0005 સેમી હોય છે.

માઇક્રોમીટર : આ સાધન (જુઓ આકૃતિ ૧) સ્ક્રૂ (S) અને ચાકી (N)ના સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે. પેચને જ્યારે ચાકીમાં ફેરવવામાં આવે છે ત્યારે તે



આકૃતિ ૧

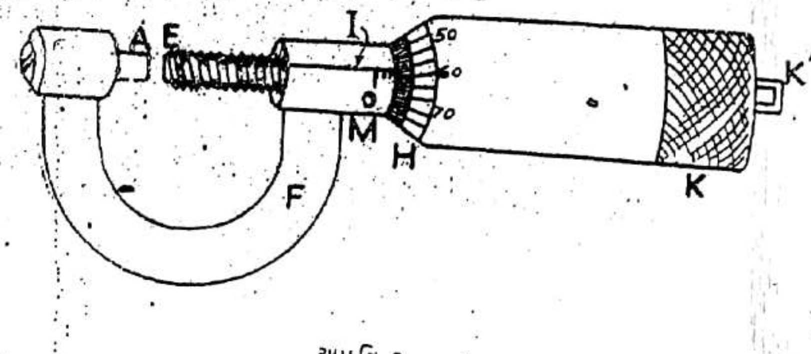
આગળ અથવા પાછળ ખસે છે. પેચને આ રીતે એક પૂર્ણ ચક્કર ફેરવીએ તો તે તેના પરના બે ક્રમિક દોરા વચ્ચેના લંબ અંતર જેટલું આગળ અથવા પાછળ ખસે છે અને આ અંતર પેચનું દોરા અંતર કહેવાય છે. પેચના દોરા એવી રીતે કાપવામાં આવ્યા હોય છે કે જેથી દોરા અંતર 1 મિમી અથવા 0.5 મિમી થાય. તે મુખ્ય માપપટી M પર Sને પૂર્ણ ચક્કર ફેરવી મેળવી શકાય છે. પેચના આ એક આંટાના 100 સરખા ભાગ પાડવામાં આવે (જુઓ આકૃતિ ૧માં H) તો પેચને એક ભાગ જેટલો ફેરવતાં તે દોરા અંતરના 100મા ભાગ જેટલો આગળ અથવા પાછળ ખસે છે. આ કારણે પેચના ઉપયોગથી દોરા અંતરના 100મા ભાગનું માપ લઈ શકાય. આ અંતર માઇક્રોમીટરનો લઘુતમ માપાંક

3

છે. દોરા અંતર 0.1 સેમી હોય તો આ કિસ્સામાં, લઘુતમ માપાંક $(C)=0.001$ સેમી થશે.

માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂ (માઇક્રોમીટર કેલિપર, આકૃતિ ૨.)

આ ઉપકરણ એક લોખંડના અર્ધગોળાકાર ચોકઠા (F)નું બનેલું હોય છે. ચોકઠા Fને એક છેડે એરણ (A) હોય છે જે સમંજનીય અથવા અસમંજનીય હોય છે. Fને બીજે છેડે ચાકી અને માપપટી M જડેલાં હોય છે. માપપટી M



આકૃતિ ૨

પોલા નળાકાર પર મિલિમીટરમાં અંકિત કરેલી હોય છે, જેમાંથી પરિશુદ્ધ સ્ક્રૂ પસાર કરેલો હોય છે. આકૃતિ ૨માં આ સ્ક્રૂનો છેડો E બતાવ્યો છે. આ સ્ક્રૂ સાથે 100 સરખા ભાગે અંકિત ગતિમય માપપટી H અને ખાંચા પાડેલો દટ્ટો K જડેલાં હોય છે. Kની સાથે રેચિટ K' જડેલો હોય છે. આથી દટ્ટા Kને જ્યારે એક ચક્કર ફેરવવામાં આવે ત્યારે છેડો E એરણ તરફ દોરા અંતર જેટલો આગળ ખસે છે.

કેટલીક વાર M અર્ધમિલિમીટરમાં અંકિત કરેલી હોય છે અને H 50 સરખા ભાગે અંકિત કરેલી હોય છે. બંને કિસ્સામાં દટ્ટાને H પરના એક ભાગ જેટલો ફેરવવામાં આવે ત્યારે સ્ક્રૂ 0.001 સેમી આગળ અથવા પાછળ ખસશે. આ તેનો લઘુતમ માપાંક છે.

આ પરથી માઇક્રોમીટરના લઘુતમ માપાંકની પરિભાષા આ પ્રમાણે મળે છે. માઇક્રોમીટરના સ્ક્રૂને તેની પર જડેલી ગતિમય માપપટી H પરના એક

ભાગ જેટલો ફેરવવામાં આવે તો તે જેટલું અંતર આગળ (અથવા પાછળ) ખસે તે અંતર તેનો લઘુતમ માપાંક કહેવાય છે.

$\therefore$ માઇક્રોમીટરનો લઘુતમ માપાંક $= \dfrac{\text{સ્ક્રૂનું દોરા અંતર}}{\text{ગતિમય માપપટ્ટી પરના અંકની સંખ્યા}}$

શૂન્યાંકી ત્રુટિ : સ્ક્રૂને ફેરવી તેનો E છેડો એરણ Aના સંસર્ગમાં લાવવામાં આવે ત્યારે H માપપટ્ટીનો શૂન્યાંક S માપપટ્ટીની શૂન્યાંક રેખા Iની સીધમાં તથા M માપપટ્ટીના શૂન્યાંક પાસે Hની કિનારી હોય તો શૂન્યાંકી ત્રુટિ હોતી નથી.

પરંતુ H માપપટ્ટીનો શૂન્યાંક આ વખતે સૂચક રેખા Iની આગળ અથવા પાછળ હોય તો શૂન્યાંકી ત્રુટિ હોય છે. H પરનો શૂન્યાંક Iથી પાછળ હોય તો ત્રુટિ ઋણ હોય છે અને આગળ હોય તો ત્રુટિ ધન હોય છે. આ શૂન્યાંકી ત્રુટિ (e)નું મૂલ્ય પ્રાપ્ત અંકને લઘુતમ માપ વડે ગુણતાં મળે છે. ત્રુટિ (e) ઋણ હોય તો પ્રાપ્ત મૂલ્યમાં ઉમેરવાથી અને ધન હોય તો તેમાંથી બાદ કરવાથી વાસ્તવિક મૂલ્ય મળે છે.

સાધન : માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂ, સળિયો, ગોળો, કાચની તકતી જેવા નિયમિત પદાર્થો.

ક્રિયાક્રમ : (૧) સૌપ્રથમ સ્ક્રૂનું દોરા અંતર (p) શોધો. આ માટે સ્ક્રૂને પૂરાં 10 ચક્કર ફેરવો અને તે કેટલું અંતર (x) આગળ ખસે છે તે M માપપટ્ટી પરથી સેમીમાં શોધો. સ્ક્રૂનું દોરા અંતર $p=\frac{x}{10}$ સેમી મળશે.

(૨) ગતિમય માપપટ્ટી H પરના અંકોની સંખ્યા (n) ગણો.

$\therefore$ લઘુતમ માપાંક $(C) = \dfrac{\text{દોરા અંતર}}{H \text{ પરના અંકોની સંખ્યા}} = \dfrac{p}{n}$ મળશે.

(૩) અગાઉ સમજાવ્યા પ્રમાણે શૂન્યાંકી ત્રુટિ (e) હોય તો શોધો.

(૪) આપેલી વસ્તુને જે પરિમાપ માપવાનું હોય તે પ્રમાણે એરણ A અને સ્ક્રૂના છેડા Eની વચ્ચે દટ્ટા Kને ફેરવી હળવેથી જકડો. આમ કરતાં સ્ક્રૂ ફેરવવામાં બિનજરૂરી દબાણ આપશો નહીં. બિનજરૂરી દબાણ ન લાગે તે માટે રેચિટ K'નો ઉપયોગ કરવો. M માપપટ્ટી પરનો H માપપટ્ટીની કિનારી પાસેનો ખુલ્લો અંક વાંચી તદનુરૂપ મુખ્ય માપ M શોધો. સાથે જ H માપપટ્ટી પરનો સૂચક રેખા Iની સીધમાંનો અંક V પણ વાંચો, જે વર્નિયર મૂલ્ય $V \times C$ આપશે.

$\therefore$ વસ્તુનું કુલ પરિમાપ $= M + V \times C$ સેમી મળશે.

(૫) આ પ્રમાણે એ જ પરિમાપ ત્રણ વખત શોધો અને તેમાંથી સરેરાશ પરિમાપ x શોધો.

(૬) શૂન્યાંકી ત્રુટિ (e) ઋણ હોય તો xમાં ઉમેરી અથવા ધન હોય તો xમાંથી બાદ કરી પરિમાપનું વાસ્તવિક મૂલ્ય શોધો.

(૭) તમારાં પ્રેક્ષણો નીચે પ્રમાણે સારણીબદ્ધ કરો :

સ્ક્રૂનું દોરા અંતર, $p=\frac{x}{10}=$ ... સેમી.

ગતિમય માપપટ્ટી H પરના અંકની સંખ્યા $n=$ ...

$\therefore$ લઘુતમ માપ $C=\frac{p}{n}=$ ... સેમી.

શૂન્યાંકી ત્રુટિ, $e=$ ... સેમી.

પ્રશ્નો

(૧) સ્ક્રૂની પિચ્છટ એટલે શું ? તે શાના કારણે હોય છે અને કેવી રીતે તેની અસર નાબૂદ કરી શકાય છે ?

(૨) કેટલાંક ઉપકરણોમાં રેચિટ હોય છે. આનો ઉપયોગ શો હશે ?

(૩) સ્ક્રૂનો છેડો બહુ જકડવો જોઈએ નહીં. શાથી ?

(૪) કાગળના ટુકડાની જાડાઈ તમે કેવી રીતે માપશો ?

(૫) સામાન્ય સ્ક્રૂ અને માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂ વચ્ચે શો તફાવત હોય છે ?

(૬) આ સાધનને સ્ક્રૂ ગેજ પણ કહેવાય છે. શાથી ?

નોંધ : (૧) પેચને તેની ચાકીમાં મુક્ત સરકવા માટે હંમેશ થોડી જગા રાખવામાં આવે છે. તેના વપરાશ સમયના ઘર્ષણને કારણે ઘસારો પડે છે અને તેથી આ જગા વધતી જાય છે. આવું થાય ત્યારે પેંચને એક દિશામાં ફેરવી ઊલટી દિશામાં ફેરવીએ ત્યારે થોડોક સમય તે ખસતો નથી, અને ત્રુટિ ઉદ્ભવે છે. આ ત્રુટિ સ્ક્રૂની પિચ્છટની ત્રુટિ કહેવાય છે.

(૨) ઉપકરણને વધુ પડતું દબાવતાં તેને જે નુકસાન થાય છે તેનાથી રક્ષણ કરવા રેચિટ લગાડવામાં આવે છે. કેટલાંક ઉપકરણોમાં ઘર્ષણ પકડ (ઘર્ષણ ક્લચ) આ જ ઉપયોગ માટે હોય છે.

પ્રયોગ ૩

સ્ફેરોમીટર

હેતુ : (અ) આપેલી કાચની તકતીની જાડાઈ માપવી.

(બ) વૉચ ગ્લાસની વક્રતા ત્રિજ્યા શોધવી.

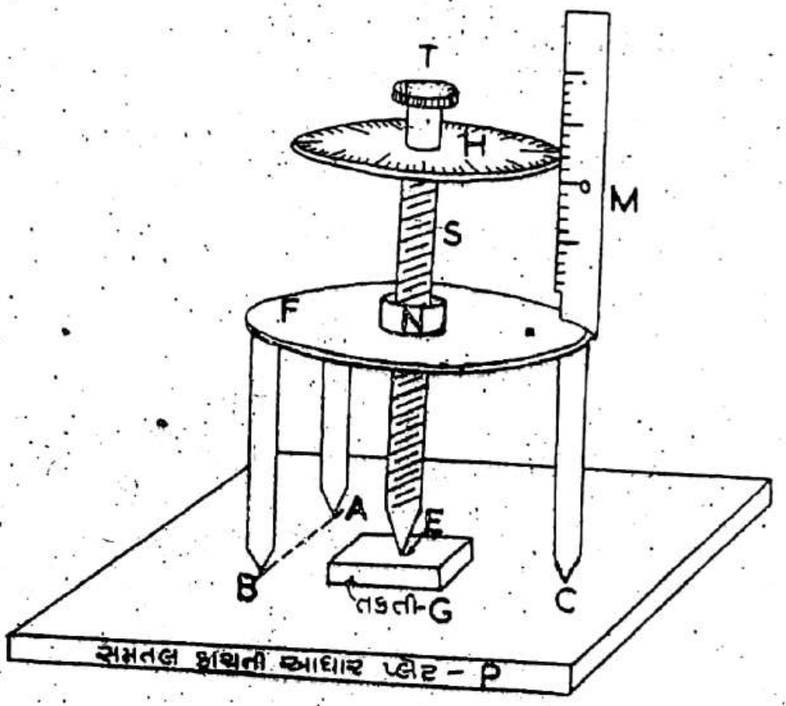
સિદ્ધાંત : સ્ફેરોમીટર એક ઉપકરણ છે જેની મદદથી ગોળાકાર પૃષ્ઠની વક્રતા ત્રિજ્યા શોધી શકાય છે, અને તેથી જ તે સ્ફેરોમીટર કહેવાય છે.

આ સાધનનો સિદ્ધાંત પ્રયોગ ૨ની આકૃતિ ૧ અને તેની સમજૂતી પ્રમાણેનો છે.

સ્ફેરોમીટર

સ્ફેરોમીટર આકૃતિ ૧માં બતાવ્યું છે. તેના જુદા જુદા ભાગો આ પ્રમાણે છે : F ધાતુની એક ગોળ સમતલ ચકતી છે, તેની સાથે ત્રણ સરખી

લંબાઈના ધાતુના ઊભા અણીદાર પગ એવી રીતે જડેલા હોય છે કે જેથી તેમના છેડા A, B અને C સમબાજુ ત્રિકોણ ABCનાં ત્રણ શિરોબિંદુઓ બનાવે



આકૃતિ ૧

ચકતી Fના કેન્દ્રમાં રાખેલી ચાકી Nમાંથી એક અણીદાર છેડા Eવાળો સ્ક્રૂ સરકાવવામાં આવેલો હોય છે. આ સ્ક્રૂના ઉપરના છેડે બીજી એક ગોળાકાર ચકતી H હોય છે. ચકતી Hની કિનારી પર સરખે અંતરે 100 અથવા 50 ત્રૈજ્ય અંકો પાડેલા હોય છે, જે વર્નિયર માપપટી બનાવે છે. ધાતુની ચકતી F પર પોલાદની વચ્ચે શૂન્યાંકવાળી મિલિમીટરમાં અંકિત કરેલી પટ્ટી M લંબ રહે તેવી રીતે જડેલી હોય છે. અંકિત પટ્ટી M મુખ્ય માપપટ્ટી કહેવાય છે. ચકતી Hની ધાર અંકિત પટ્ટી Mને લગોલગ રહી ફરે એવી રીતે જડેલી હોય છે.

શૂન્યાંકી ત્રુટિ : સ્ફેરોમીટરને સમતલ કાચની આધાર પ્લેટ P પર મૂકો. સ્ક્રૂ Sને ફેરવી એવી રીતે સમાંજિત કરો કે તેનો અણીદાર છેડો E આધાર પ્લેટ Pને માત્ર અડકે.

પ્રેક્ષણ સારણી

વસ્તુનો આકાર	પરિમાણ	પ્રેક્ષણ ક્રમાંક	M પરનું મુખ્ય માપ M સેમી	વર્નિયર H પરનું મૂલ્ય અંકોમાં V	વર્નિયર H પરનું મૂલ્ય સેમીમાં $V \times C$	કુલ પરિમાણ $(M + V \times C)$ સેમી	સરેરાશ પરિમાણ x	વાસ્તવિક પરિમાણ $x \pm e$
સળિયો	વ્યાસ $(=2r)$	૧						
		૨						
		૩						
	લંબાઈ (l)	૧						
		૨						
		૩						
કાચની પતરી	જાડાઈ	૧						
		૨						
		૩						
—	—	—						

અન્ય ગણતરી : સળિયાનું આયતન $= \pi r^2 l$ વગેરે.

સાવચેતીઓ : (૧) અવલોકન લેતી વખતે સ્ક્રૂના દટ્ટા K પર બિનજરૂરી દબાણ કરશો નહીં. આને માટે છેલ્લે K'નો ઉપયોગ કરવો.

(૨) વસ્તુને તેનાં જુદાં જુદાં સ્થાન પરથી જકડી અનેક પ્રેક્ષણો લેવાં અને તેમાંથી સરેરાશ મૂલ્ય શોધવું.

(૩) પિચ્છટની ત્રુટિથી બચવા સ્ક્રૂ હંમેશાં એક જ બાજુ ફેરવી પ્રેક્ષણ લેવું.

(૪) સ્ક્રૂનો છેડો E એરણ A સાથે તે ઉપયોગમાં ન હોય ત્યારે અથવા શૂન્યાંકી ત્રુટિ શોધતી વખતે વધુ પડતો દાબશો નહીં.

પ્રયોગ પ્રકારાન્તરો

(૧) આપેલા ગોળાનો વ્યાસ માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂનો ઉપયોગ કરીને શોધો, અને તે પરથી તેનું આયતન શોધો. ગોળાને સમભુજ દાંડી તુલાથી તોળી તેનું દ્રવ્યમાન શોધો. ગોળાનાં દ્રવ્યના ઘનતવની ગણતરી કરો.

$$\text{નોંધ : ઘનત્વ} = \frac{\text{ગોળાનું દ્રવ્યમાન}}{\text{તેનું આયતન}};$$

$$\text{આયતન} = \frac{4}{3}\pi r^3.$$

(૨) આપેલા નક્કર નળાકારની લંબાઈ વર્નિયર કેલિપર્સ વડે અને તેની ત્રિજ્યા માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂ વડે શોધો. પ્રાપ્ત મૂલ્યોનો ઉપયોગ કરી નળાકારનું આયતન શોધો.

$$\text{નોંધ : આયતન} = \pi r^2 l$$

(૩) માઇક્રોમીટર સ્ક્રૂનો ઉપયોગ કરી આપેલા બે ગોળાઓનાં આયતનોનો અનુપાત શોધો.

$$\text{નોંધ : } \frac{V_1}{V_2} = \frac{\frac{4}{3}\pi r_1^3}{\frac{4}{3}\pi r_2^3} = \frac{r_1^3}{r_2^3} = \frac{\left(\frac{d_1}{2}\right)^3}{\left(\frac{d_2}{2}\right)^3} = \frac{d_1^3}{d_2^3}.$$

નોંધ : સ્ફેરોમીટરના ઉપયોગમાં ત્રુટિ સીધી નિવારી શકાય છે. આમ કરવા માટે પ્રથમ અગાઉ સમજાવ્યા પ્રમાણે સપાટ કાચની પ્લેટ પર તેને ગોઠવો. ત્યાર બાદ કાચનો ટુકડો સ્ક્રૂની નીચે પ્લેટ પર મૂકી સ્ક્રૂનો અણીદાર છેડો E માત્ર અડકે તેમ ગોઠવણી કરો. હવે કાચનો ટુકડો દૂર કરી, સ્ક્રૂ ફેરવતા જાઓ અને સાથે જ M માપપટ્ટી પાસેથી કુલ કેટલા વર્નિયરના અંક પસાર થાય છે તે ગણતા જાઓ. સ્ક્રૂની અણી સપાટ પ્લેટને માત્ર અડકે ત્યાં સુધી આમ કરી વર્નિયરના અંક V શોધો.

તો ટુકડાની જાડાઈ $= V \times C$ સેમીમાં મળશે.

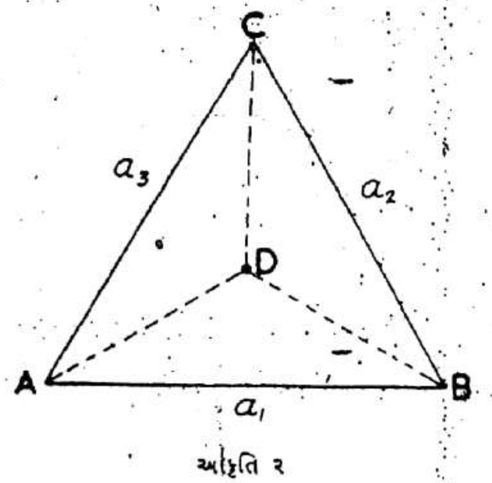
(બ) સાધન : સ્ફેરોમીટર, મીટરપટ્ટી, સપાટ કાચની આધાર પ્લેટ, વૉચ ગ્લાસ, લેન્સ ઇત્યાદિ.

ક્રિયાક્રમ : (૧) આગળ (અ)માં સમજાવ્યા પ્રમાણે સ્ફેરોમીટરનો લઘુતમ માપાંક અને તેની શૂન્યાંકી ત્રુટિ શોધો.

(૨) કાગળ પર સ્ફેરોમીટર મૂકી સહેજ દબાવો જેથી કાગળ પર તેના ત્રણ પગના છેડા A, B અને Cનાં નિશાન મળે (આકૃતિ ૨).

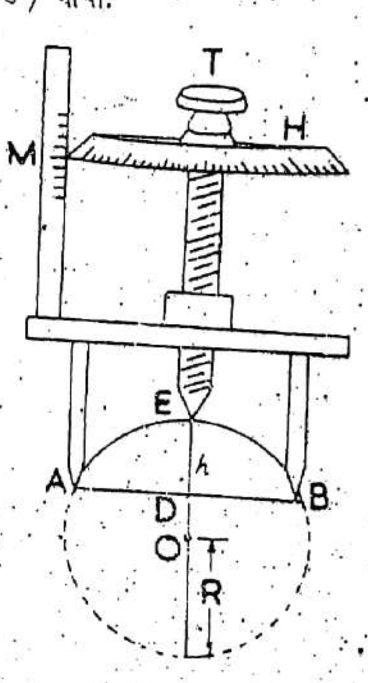
(૩) આ બિંદુઓ વચ્ચેનાં અંતર $AB = a_1$, $BC = a_2$ અને $AC = a_3$ માપો. તેમાંથી બે પગ વચ્ચેનું સરેરાશ અંતર $a = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3}$ શોધો.

(૪) આગળ (અ)માં સ્ફેરોમીટરથી જે રીતે કાચનાં ટુકડાની જાડાઈ માપી



આકૃતિ ૨

તે જ રીતે તેની જગ્યાએ વૉચ ગ્લાસને ઊંધો મૂકી (અથવા છતો મૂકી) તેની સેજિટા h (આકૃતિ ૩) માપો.



આકૃતિ ૩

(૫) તમારાં પ્રેક્ષણો નીચે પ્રમાણે સારણીબદ્ધ કરો :

સ્ક્રૂનું દોરા અંતર $p = \frac{x}{10}$ સેમી $= \dots$ સેમી

ગતિમાપ માપપટ્ટી H પરનાં અંકની સંખ્યા $n = \dots$

લઘુતમ માપાંક, $C = \frac{p}{n} = \dots$ સેમી

શૂન્યાંકી ત્રુટિ, $e = \dots$ સેમી

સ્ફેરોમીટરના ત્રણ પગ વચ્ચેનું સરેરાશ અંતર $a = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \dots$ સેમી

આ સ્થિતિમાં વર્નિયર માપપટ્ટી H નો શૂન્યાંક મુખ્ય માપપટ્ટીના શૂન્યાંકની સીધમાં હોવો જોઈએ. આમ ન હોય તો ઉપકરણમાં ત્રુટિ છે, જે શૂન્યાંકી ત્રુટિ કહેવાય છે. આ ત્રુટિ પ્રથમ વર્નિયરના અંક (V)માં શોધો.

તો શૂન્યાંકી ત્રુટિ $(e) = V \times C$ સેમી મળશે.

(અ) **સાધન :** સ્ફેરોમીટર, સપાટ કાચની આધાર પ્લેટ, કાચની પ્લેટનો ટુકડો.

ક્રિયાક્રમ : (૧) પ્રથમ સ્ક્રૂનું દોરા અંતર શોધો. આ માટે સ્ક્રૂને 10 પૂર્ણ ચક્કર ફેરવો અને મુખ્ય માપપટ્ટી M પર વર્નિયર માપપટ્ટીવાળી ચકતી H ખસે તે અંતર (x) શોધો.

$\therefore$ દોરા અંતર $= p = \frac{x}{10}$ સેમી

(૨) વર્નિયર માપપટ્ટી H (જે શીર્ષ માપપટ્ટી અથવા વર્તુળાકાર માપપટ્ટી પણ કહેવાય છે) પરના અંકોની સંખ્યા (n)ની ગણતરી કરો, અને સ્ફેરોમીટરનો લઘુતમ માપાંક $C = \frac{p}{n}$ સેમી શોધો.

(૩) અગાઉ સમજાવ્યા પ્રમાણે શૂન્યાંકી ત્રુટિ (e) શોધો.

(૪) આધાર પ્લેટ P પર સ્ફેરોમીટર મૂકી કાચની પ્લેટના જે ટુકડાની જાડાઈ માપવાની હોય તેને સ્ક્રૂના અણીદાર છેડા નીચે મૂકો (જુઓ આકૃતિ ૧). સ્ક્રૂને એવી રીતે સમંજિત કરો કે અણીદાર છેડો E આ ટુકડાની સપાટીને માત્ર અડકે. હવે સ્ફેરોમીટરના મુખ્ય માપ અને વર્નિયર માપની નોંધ કરો.

(૫) તમારાં અવલોકનો નીચે પ્રમાણે સારણીબદ્ધ કરો :

સ્ક્રૂનું દોરા અંતર $p = \frac{x}{10}$ સેમી $= \ldots$ સેમી

ગતિમય માપપટ્ટી H પરના અંકની સંખ્યા $n = \ldots$ સેમી

$\therefore$ લઘુતમ માપાંક, $C = \frac{p}{n} = \ldots$ સેમી

શૂન્યાંકી ત્રુટિ, $e = \ldots$ સેમી

પ્રેક્ષણ સારણી

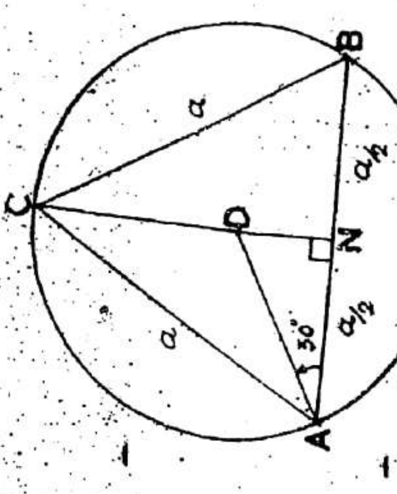
વસ્તુ	પરિમાપ	પ્રેક્ષણ ક્રમાંક	મુખ્ય માપ M સેમીમાં	વર્નિયર H પરનું માપ		કુલ પરિમાપ $(M + V \times C)$ સેમીમાં	સરેરાશ પરિમાપ x	વાસ્તવિક પરિમાપ $x \pm e$
				અંક Vમાં	$V \times C$ સેમીમાં			
તકતી		૧						
		૨						
		૩						

(6)

તો ત્રિજ્યા $R=\frac{a^2}{6h}+\frac{h}{2}=\ldots$ સેમી મળશે.

નોંધ : $R=\frac{a^2}{6h}+\frac{h}{2}$ નું સૂત્ર આ પ્રમાણે મેળવી શકાય.

આકૃતિ ૩માં AEX સ્ફેરોમીટરના પગના એક અણીદાર છેડા અને ત્રણેના અણીદાર છેડાને અડકતું વર્તુળ છે. આ ગોળાકાર પૃષ્ઠનો એક કેન્દ્રીય છેદનો ભાગ છે, જેનું કેન્દ્ર O છે. આકૃતિમાંથી સ્પષ્ટ થાય છે કે જો પૃષ્ઠ સપાટ હોત તો સ્ક્રૂનો અણીદાર છેડો D આગળ સ્પર્શ કરત. $DE=h$ સેન્ટિમીટર કહેવાય છે. ગોળાકાર પૃષ્ઠના A, B, C છેડાઓમાંથી પસાર થતું વર્તુળ લઈએ છે જેની ત્રિજ્યા AD છે (જુઓ આકૃતિ ૪).



આકૃતિ ૪

આકૃતિ ૩ના વર્તુળની ભૂમિતિમાંથી આપણને મળે છે :

$$AD^2=h(2R-h)$$

$$AD^2=2Rh-h^2$$

$$\therefore R=\frac{AD^2}{2h}+\frac{h}{2}$$

વસ્તુ	પરિમાપ	પ્રેક્ષણ ક્રમાંક	મુખ્ય માપ M સેમીમાં	વર્નિયર H પરનું માપ: અંક V માં	$V \times C$ સેમીમાં	કુલ માપ $(M+V \times C)$ સેમીમાં
વોચ ગ્લાસ	સેજિટા	૧				
		૨				
		૩				
લેન્સ	એક બાજુની સેજિટા	૧				
		૨				
		૩				
	બીજી બાજુની સેજિટા	૧				
		૨				
		૩				

આકૃતિ ૪માંથી, D એ સમબાજુ ત્રિકોણ ABCનું પરિકેન્દ્ર છે. માટે $\angle DAN = 30°$ થાય છે.

$$\therefore \frac{AN}{AD} = \cos 30 = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ અને } AN = \frac{a}{2} \text{ છે.}$$

$$\therefore AD = \frac{2}{\sqrt{3}} AN = \frac{2}{\sqrt{3}} \times \frac{a}{2} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$\therefore AD^2 = \frac{a^2}{3} \text{ થાય.}$$

$$\therefore R = \frac{a^2}{3 \times 2h} + \frac{h}{2}$$

$$\therefore R = \frac{a^2}{6h} + \frac{h}{2} \text{ મળે છે.}$$

સાવચેતીઓ : (૧) h અને aમાં પરિમાપ સેમીમાં હોવાં જોઈએ.

(૨) શૂન્યાંકી ત્રુટિ ઉત્તલ તથા અવતલ વક્રતલ પ્રમાણે ધન કે ઋણ સંજ્ઞાવાળી ગણાય છે. આ ત્રુટિ ઉમેરવાની છે કે બાદ કરવાની તે સૌપ્રથમ નક્કી કરી લેવું.

(૩) વર્નિયરના અંકનું વાચન પણ ધ્યાનથી કરવું, કારણ કે ઉત્તલ વક્રતલ માટે એક બાજુ અને અવતલ વક્રતલ માટે ઊલટી બાજુ સ્ક્રૂ ફેરવવાનો હોય છે.

(૪) માપ લેતી વખતે સ્ક્રૂને વધુ દબાવશો નહીં.

(૫) પિચ્છટની ત્રુટિ ટાળવા સ્ક્રૂ એક જ બાજુ ફેરવવો જોઈએ.

પ્રયોગ પ્રકારાન્તરો

(૧) આપેલા ઉભયોત્તલ લેન્સની વક્રતા ત્રિજ્યાઓ સ્ફેરોમીટરનો ઉપયોગ કરી શોધો. તેનું ફોકસ અંતર...સેમી હોય તો લેન્સના દ્રવ્યનો વર્તનાંક શોધો.

નોંધ : $\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

આ સૂત્રનો ઉપયોગ કરતાં સંજ્ઞા પ્રણાલિકા આર. ઈ. વહીંએ દાખલ કર્યા પ્રમાણે લેવી, જે નીચે પ્રમાણે છે :

(i) સર્વ અંતરો પરાવર્તક કે વર્તક પૃષ્ઠના ધ્રુવથી તેની પ્રધાન અક્ષ પર માપવાં.

(ii) વાસ્તવિક અંતરો ધન લેવાં અને આભાસી અંતરો ઋણ લેવાં.

(iii) અવતલ પરાવર્તક પૃષ્ઠની વક્રતા ત્રિજ્યા ધન લેવી અને ઉત્તલ પરાવર્તક પૃષ્ઠની વક્રતા ત્રિજ્યા ઋણ લેવી.

(iv) અવતલ વર્તક પૃષ્ઠની વક્રતા ત્રિજ્યા ઋણ લેવી અને ઉત્તલ વર્તક પૃષ્ઠની વક્રતા ત્રિજ્યા ધન લેવી.

આ પ્રણાલિકાને આધારે ઉપરના સૂત્રમાં f, R_1 અને R_2નાં મૂલ્યો વગ આવશે. આ પ્રણાલિકાનો ફાયદો એ છે કે વક્ર અરીસા તથા લેન્સ બંધાને માટેનું એક જ સૂત્ર $\frac{1}{f} = \frac{1}{D_0} + \frac{1}{D_i}$ મળે છે. D_0 = વસ્તુ અંતર અને D_i = પ્રતિબિંબ અંતર છે.

(૨) સ્ફેરોમીટરની મદદથી અવતલ અરીસાની વક્રતા ત્રિજ્યા R શોધો અને તે પરથી તેનું ફોકસ અંતર f શોધો.

નોંધ : $R = 2f$

પ્રશ્નો

(૧) સ્ફેરોમીટરનો સિદ્ધાંત શો છે?

(૨) વક્રતા અને વક્રતા ત્રિજ્યામાં શો તફાવત છે?

(૩) સ્ફેરોમીટરથી પૃથ્વીની વક્રતા ત્રિજ્યા માપી શકાય ખરી?

(૪) આપેલી સપાટી વક્ર છે કે નહીં તે તમે વૈજ્ઞાનિક ઢબે કેવી રીતે જાણી શકશો?

(૫) સમતલ અરીસાની વક્રતા ત્રિજ્યા કેટલી?

(૬) સ્ફેરોમીટરના બાહ્ય પગો વચ્ચેનું અંતર લેવું શાથી સલાહભર્યું છે?

(૭) ચાર પગવાળો સ્ફેરોમીટર તમે ક્યાં વાપરી શકશો? (આવો સ્ફેરોમીટર નળાકારની વક્રતા ત્રિજ્યા, સૂત્રમાં ફેરફાર કરી શોધવા, વાપરી શકાય છે.)

(૮) સ્ફેરોમીટરના પગ તથા સ્ક્રૂ પિત્તળના ન બનાવતાં પોલાદના શાથી બનાવવામાં આવે છે?