UNIT – 3

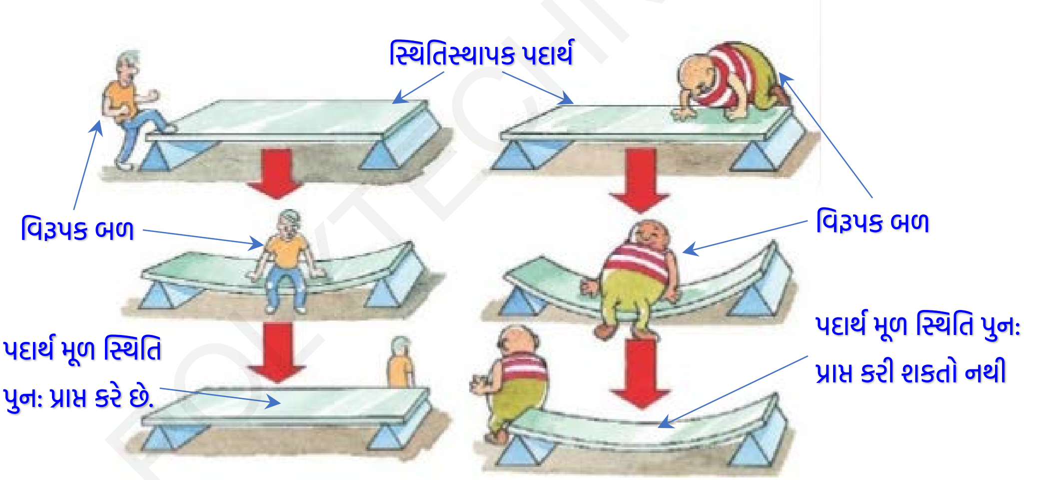
General Properties of Matter

પદાર્થના સામાન્ય ગુણધર્મો

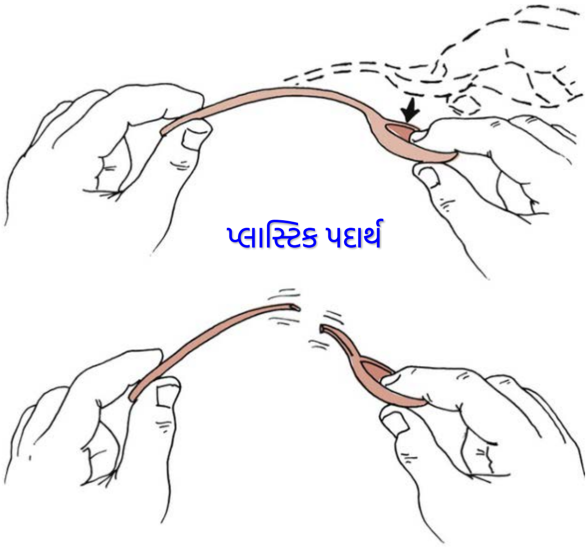
Que. 01. વ્યાખ્યાઓ આપો.

Ans:

1. **સ્થિતિસ્થાપકતા:** પદાર્થ પર બળ લગાડતાં તેની લંબાઈ, કદ કે આકારમાં વિરૂપણ ઉત્પન્ન થાય છે. આ બળ હટાવી લેવાં આવે તો પદાર્થ પોતાની મૂળ સ્થિતિ પ્રાપ્ત કરે છે. આવા ગુણધર્મને સ્થિતિસ્થાપકતા કહે છે.
2. **સ્થિતિસ્થાપક પદાર્થ:** પદાર્થ પર બળ લગાડતાં તેની લંબાઈ, કદ કે આકારમાં વિરૂપણ ઉત્પન્ન થાય છે. આ બળ હટાવી લેવાં આવે તો પદાર્થ પોતાની મૂળ સ્થિતિ પ્રાપ્ત કરે છે. આવો ગુણધર્મ ધરાવતા પદાર્થને સ્થિતિસ્થાપક પદાર્થ કહે છે.
3. **વિરૂપક બળ (Deforming Force):** જે બળ પદાર્થમાં લંબાઈ, કદ કે આકારમાં વિરૂપણ (વધારો કે ઘટાડો) ઉત્પન્ન કરી શકે છે તે બળને વિરૂપક બળ કહે છે.



4. **પુન: સ્થાપક બળ (Restoring force):** જે બળની અસર હેઠળ પદાર્થ પોતાની મૂળ સ્થિતિ પ્રાપ્ત કરી શકે તેવા બળને પુન: સ્થાપક બળ કહે છે.
5. **પ્લાસ્ટિક પદાર્થ (Plastic Material):** વિરૂપક બળ દૂર કર્યા બાદ જે પદાર્થ પોતાની મૂળસ્થિતિ અંશત: પણ પ્રાપ્ત ન કરી શકે તેવા પદાર્થને પ્લાસ્ટિક પદાર્થ કહે છે.



K.D. POLYTECHNIC, PATAN

Que. 02. પ્રતિબળની વ્યાખ્યા આપી તેનું સૂત્ર અને તેનો SI એકમ લખો.

Ans: **પ્રતિબળ (Stress):** પદાર્થના આડછેદના એકમ ક્ષેત્રફળ દીઠ ઉદભવતા પુનઃસ્થાપક બળને પ્રતિબળ કહે છે.

- પદાર્થ સંતુલનમાં હોય ત્યારે બાહ્ય વિરૂપક બળ અને પુનઃસ્થાપક બળ સમાન મૂલ્યના હોય છે.
- જો પુનઃસ્થાપક બળ F અને આડછેદનું ક્ષેત્રફળ A હોય તો પ્રતિબળ,

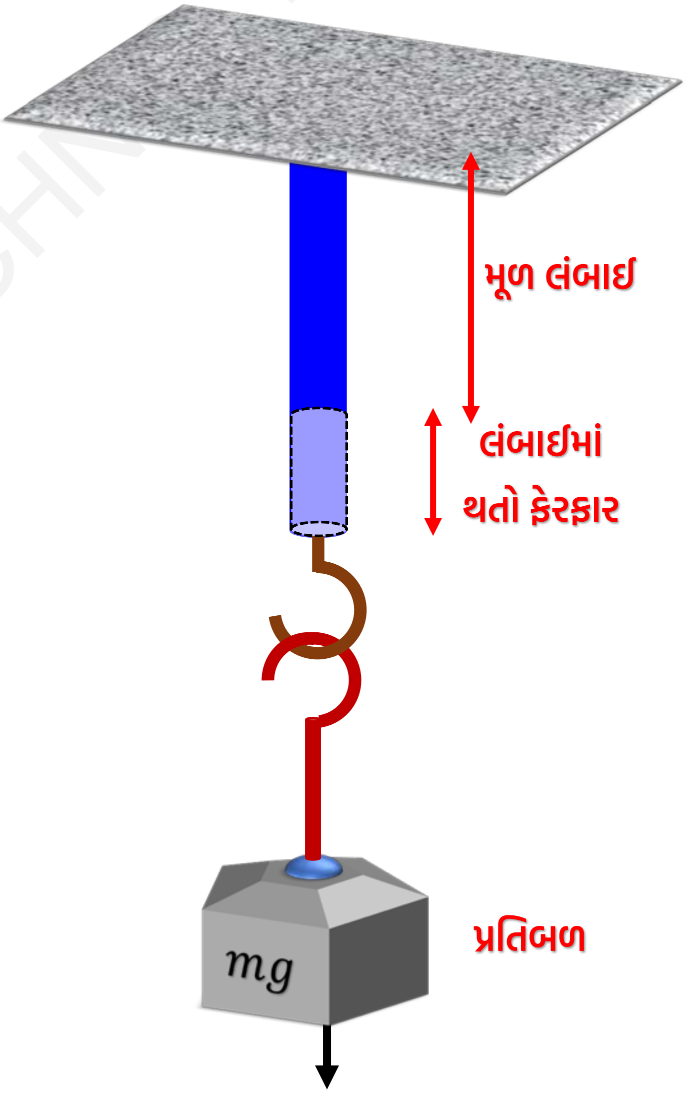
$$\sigma = \frac{\text{બળ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} = \frac{F}{A}$$

- પ્રતિબળનો એકમ N/m^2 અથવા પાસ્કલ (Pa) છે.

K.D. POLYTECHNIC, PATAN

Que. 03. પ્રતાન પ્રતિબળ પ્રકારો વ્યાખ્યા આપી સમજાવો તથા દરેકના SI એકમો લખો.

Ans:



પ્રતાન પ્રતિબળ (Longitudinal Stress): જે પ્રતિબળ પદાર્થની લંબાઈમાં વધારો કે ઘટાડો કરે તેને પ્રતાન પ્રતિબળ કહે છે.

$$\text{પ્રતાન પ્રતિબળ } \sigma_l = \frac{F_\perp}{A}$$

તણાવ પ્રતિબળ: જો પ્રતિબળ પદાર્થની લંબાઈમાં વધારો કરે તો તેવા પ્રતિબળને તણાવ પ્રતિબળ (Tensile Stress) કહે છે.

દાબીય પ્રતિબળ: જો પ્રતિબળ પદાર્થની લંબાઈમાં ઘટાડો કરે તો તેને દાબીય પ્રતિબળ (Compressive Stress) કહે છે.

- પ્રતાન પ્રતિબળનો એકમ N/m^2 અથવા પાસ્કલ (Pa) છે.
- કદ પ્રતિબળ (Volume/Bulk Stress): જે પ્રતિબળ પદાર્થના કદમાં વધારો કે ઘટાડો કરે તેને કદ પ્રતિબળ કહે છે.

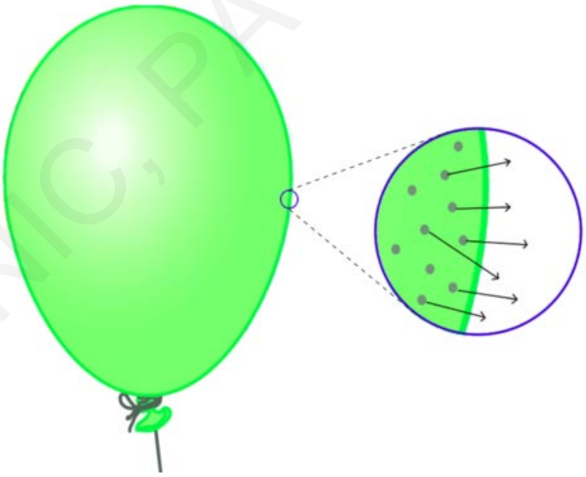
- **આકાર પ્રતિબળ (Shear Stress):** જે પ્રતિબળ પદાર્થના આકારમાં ફેરફાર કરે તેને આકાર પ્રતિબળ કહે છે.

Que. 04. કદ પ્રતિબળ (Volume/Bulk Stress) ની વ્યાખ્યા આપી સમજાવો તથા તેનો SI એકમ લખો.

Ans: કદ પ્રતિબળ (Volume/Bulk Stress): જે પ્રતિબળ પદાર્થના કદમાં વધારો કે ઘટાડો કરે તેને કદ પ્રતિબળ કહે છે.

$$\text{કદ પ્રતિબળ } \sigma_V = \frac{F_\perp}{A}$$

- કદ પ્રતિબળનો એકમ N/m^2 અથવા પાસ્કલ (Pa) છે.
- મરજીવો જ્યારે દરિયામાં ડૂબકી લગાવે છે ત્યારે મરજીવો દરેક બાજુથી દરિયાના પાણીનું બળ અનુભવે છે. અહીં પાણી દ્વારા લાગતું પ્રતિબળ મરજીવાના કદને (શરીરને) સંકોચવા પ્રયત્ન કરે છે.
- હવા ભરેલા ફુગ્ગાની અંદરની સપાટી પર અંદર રહેલી હવા બળ લગાડે છે. આ કિસ્સામાં ફુગ્ગાની સપાટી પર હવા દ્વારા લાગતું પ્રતિબળ ફુગ્ગાના કદમાં વધારો કરે છે.

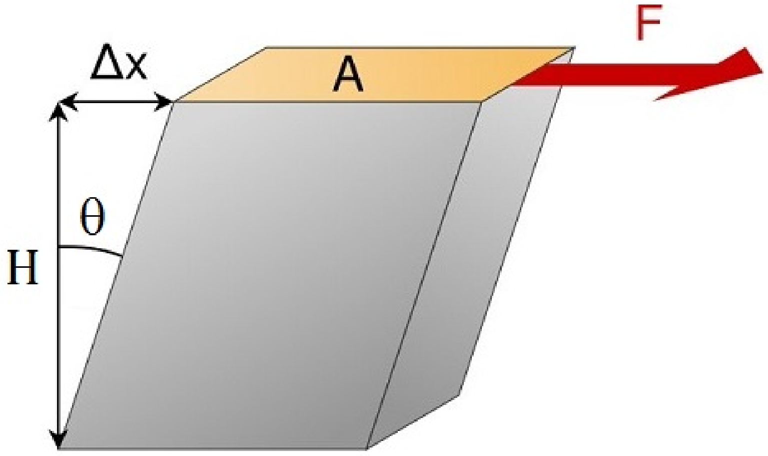


Que. 05. આકાર પ્રતિબળ (Shear Stress) ની વ્યાખ્યા આપી સમજાવો તથા તેનો SI એકમ લખો.

Ans: આકાર પ્રતિબળ: જે પ્રતિબળ પદાર્થના આકારમાં ફેરફાર કરે તેને આકાર પ્રતિબળ કહે છે.

$$\text{આકાર પ્રતિબળ } \sigma_S = \frac{F_\perp}{A}$$

- આકાર પ્રતિબળનો એકમ N/m^2 અથવા પાસ્કલ (Pa) છે.



- આ પ્રતિબળ પદાર્થની સપાટીને દોરેલા સ્પર્શકની દિશામાં લાગે છે.

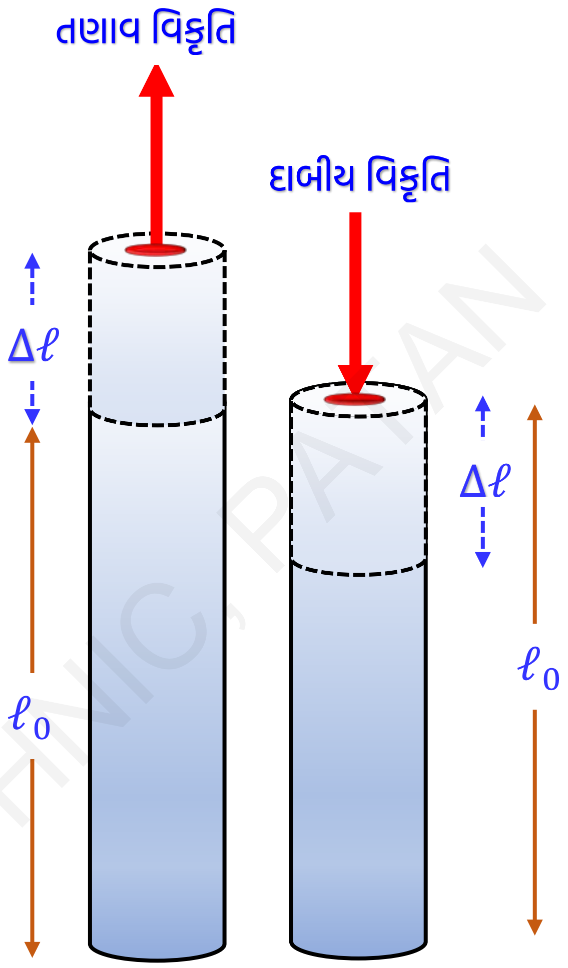
Que. 04. વિકૃતિ (Strain) ની વ્યાખ્યા આપી સમજાવો તથા તેનો SI એકમ લખો.

K.D. POLYTECHNIC, PATAN

Ans: વિકૃતિ: પ્રતિબળ (બાહ્યબળ)ની અસર હેઠળ પદાર્થમાં ઉદ્ભવતા વિરૂપણના માપનને વિકૃતિ કહે છે.

- વિકૃતિ એ એકમરહિત સાધિત ભૌતિક રાશી છે.

Que. 06. પ્રતાન વિકૃતિ (Longitudinal Strain) અને તેના પ્રકારોની વ્યાખ્યા આપી સમજાવો તથા તેના SI એકમ લખો.



Ans: પ્રતાન વિકૃતિ: પ્રતિબળને કારણે પદાર્થની એકમ લંબાઈ દીઠ થતાં વધારા કે ઘટાડાને પ્રતાન વિકૃતિ કહે છે.

$$\text{પ્રતાન વિકૃતિ} = \epsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0}$$

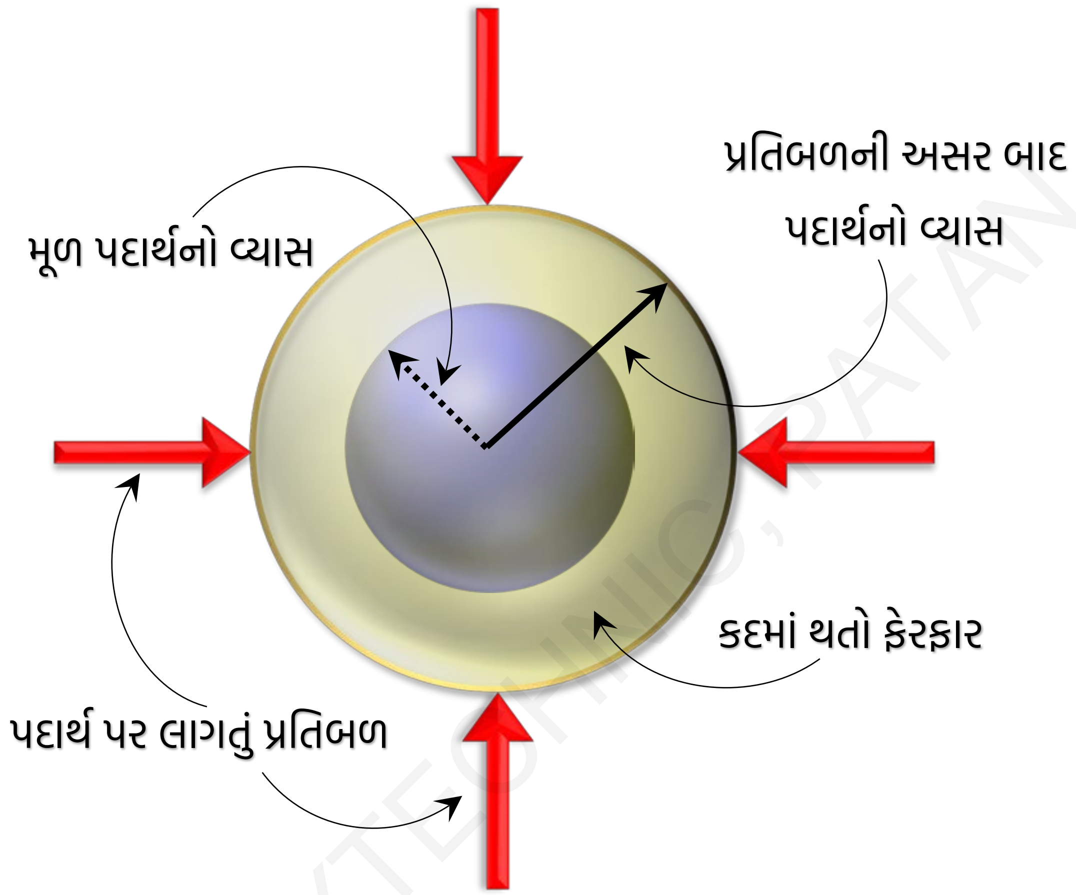
જ્યાં l_0 એ મૂળ લંબાઈ અને Δl એ લંબાઈમાં થતો ફેરફાર છે.

- જો બાહ્ય બળને કારણે લંબાઈમાં વધારો થતો હોય તો પ્રતાન વિકૃતિને તણાવ વિકૃતિ (Tensile Strain) કહે છે
- જો લંબાઈમાં ઘટાડો થતો હોય તો તે પ્રાતાન વિકૃતિને દાબીય વિકૃતિ (Compressive Strain) કહે છે.
- પ્રતાન વિકૃતિ એકમ રહિત ભૌતિક રાશી છે.

K.D. POLYTECHNIC, PATAN

Que. 07. કદ વિકૃતિની (Volume Strain) વ્યાખ્યા આપી સમજાવો તથા તેના SI એકમ લખો.

Ans: કદ વિકૃતિ: પ્રતિબળને કારણે પદાર્થની એકમ કદ દીઠ થતાં વધારા કે ઘટાડાને કદ વિકૃતિ કહે છે.



$$\text{કદ વિકૃતિ} \quad \epsilon_V = -\frac{\Delta V}{V}$$

જ્યાં V એ મૂળ કદ અને ΔV એ કદમાં થતો ફેરફાર છે.

- અહીં ઋણ નિશાની એ કદમાં થતો ઘટાડો સૂચવે છે.
- કદ વિકૃતિ એકમ રહિત ભૌતિક રાશી છે.

Que. 08. આકાર વિકૃતિની (Shear Strain) વ્યાખ્યા આપી સમજાવો તથા તેના SI એકમ લખો.

Ans: આકાર વિકૃતિ: પદાર્થના બે સપાટીઓ પર વિરુદ્ધ દિશામાં લાગતાં સમાન મુલ્યાનાં બળ-યુગ્મના કારણે પદાર્થના કદમા કોઈ જ પણ પ્રકારના ફેરફાર થયા વિના પદાર્થની સપાટીના આકારમાં થતા ફેરફારને આકાર વિકૃતિ કહે છે.

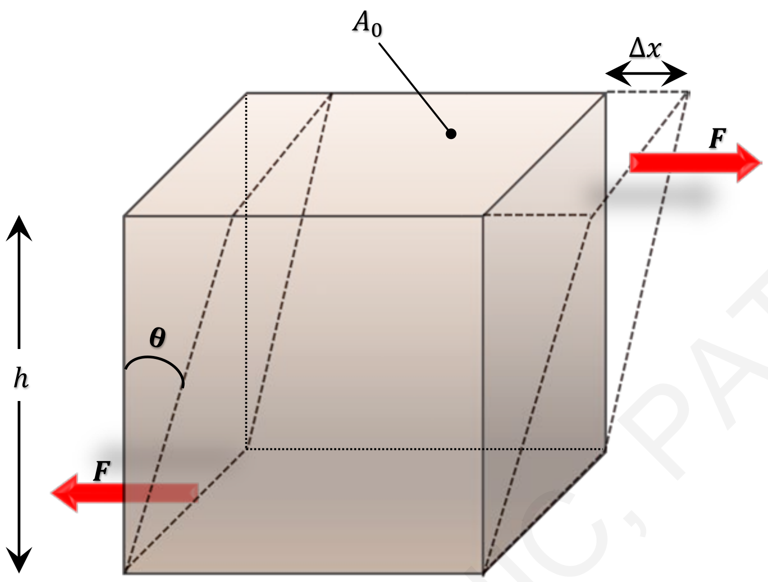
અથવા

સપાટીના સ્થાનાંતર અને તે સપાટીના જડિત સપાટી વચ્ચેના અંતરના ગુણોત્તરને આકાર વિકૃતિ કહે છે.

K.D. POLYTECHNIC, PATAN

$$\text{આકાર વિકૃતિ} = \tan\theta = \frac{\Delta x}{h}$$

જ્યાં h એ સપાટીનું સ્થાનાંતર (મૂળ ઊંચાઈ) અને Δx એ સપાટીનું સ્થાનાંતર છે.



Que. 09. હુકના નિયમ (Hooke's Law) નિયમનું વિધાન લખો અને યંગ મોડ્યુંલસનું સૂત્ર તારવો તથા યંગ મોડ્યુંલસનો SI એકમ લખો.

Ans: હુકનો નિયમ: *નાના વિરૂપણ માટે પદાર્થ પર લાગતું પ્રતિબળ અને તેમાં ઉત્પન થતી વિકૃતિ એકબીજાના સમપ્રમાણમાં હોય છે.*

$$\sigma(\text{પ્રતિબળ}) \propto \varepsilon(\text{વિકૃતિ})$$

$$\sigma = k\,\varepsilon$$

જ્યાં k એ સમપ્રમાણતાનો અચળાંક છે.

$$\therefore k = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

બીજા શબ્દોમાં રજૂ કરતાં,

$$k = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\text{પ્રતિબળ}}{\text{વિકૃતિ}} = \frac{\text{પદાર્થમાં વિરૂપણ ઉત્પન્ન કરવા માટે જરૂરી બળનું મૂલ્ય}}{\text{પદાર્થમાં ઉત્પન્ન થતી વિકૃતિનું મૂલ્ય}}$$

દરેક પદાર્થ માટે હુકનો નિયમ પ્રતિબળના અમુક મૂલ્ય સુધી જ સાચો ઠરે છે.

હૂકના નિયમ મુજબ નાના વિરૂપણ માટે,

$$\sigma = Y\epsilon$$

અહીં Y ને સ્થિતિસ્થાપકતાનો અચળાંક એટલે કે યંગ મોડ્યુલસ કહે છે.

K.D. POLYTECHNIC, PATAN

ધારો કે r ત્રિજ્યા અને l_0 લંબાઈ ધરાવતા તારના છેડે mg વજન જેટલું લટકાવામાં આવે ત્યારે લાગતું

$$\text{પ્રતાન પ્રતિબળ } \sigma = \frac{\text{તણાવ બળ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} = \frac{mg}{\pi r^2}$$

$$\text{પ્રતાન વિકૃતિ } \epsilon = \frac{\text{લંબાઈમાં થતો વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}} = \frac{l - l_0}{l} = \frac{\Delta l}{l}$$

$$\therefore Y = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\frac{mg}{\pi r^2}}{\frac{\Delta l}{l}}$$

$$\therefore Y = \frac{mgl}{\pi r^2 \Delta l}$$

યંગ મોડ્યુંલસનો એકમ: $[Y] = \frac{N}{m^2}$ $or\ Pa$

Que. 10. હુકના નિયમ (Hooke's Law) નિયમનું વિધાન લખો અને પ્રતિબળ → વિકૃતિનો આલેખ દોરી તેના દરેક ભાગ સમજાવો.

Ans: **હુકનો નિયમ:** *નાના વિરૂપણ માટે પદાર્થ પર લાગતું પ્રતિબળ અને તેમાં ઉત્પન્ન થતી વિકૃતિ એકબીજાના સમપ્રમાણમાં હોય છે.*

$$\sigma(\text{પ્રતિબળ}) \propto \varepsilon(\text{વિકૃતિ})$$

$$\sigma = k\,\varepsilon$$

જ્યાં k એ સમપ્રમાણતાનો અચળાંક છે.

$$\therefore k = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

બીજા શબ્દોમાં રજૂ કરતાં,

$$k = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\text{પ્રતિબળ}}{\text{વિકૃતિ}} = \frac{\text{પદાર્થમાં વિરૂપણ ઉત્પન્ન કરવા માટે જરૂરી બળનું મૂલ્ય}}{\text{પદાર્થમાં ઉત્પન્ન થતી વિકૃતિનું મૂલ્ય}}$$

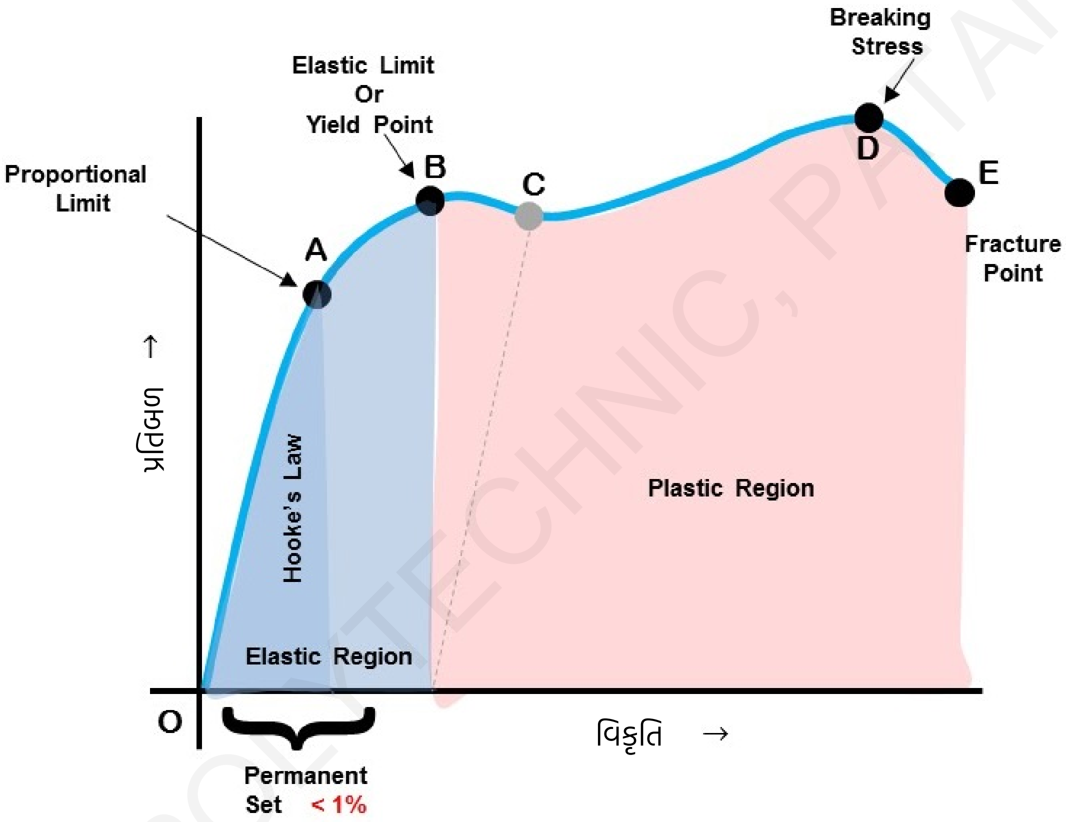
દરેક પદાર્થ માટે હુકનો નિયમ પ્રતિબળના અમુક મૂલ્ય સુધી જ સાચો ઠરે છે.

અહીં તાંબા અથવા નરમ લોખંડના તાર માટે પ્રતાન પ્રતિબળ અને પ્રતાન વિકૃતિનો આલેખ દર્શાવેલ છે.

- આ આલેખ બિંદુ A સુધી જ એટલે કે માત્ર પ્રથમ 1% સુધી જ સુરેખ જણાય છે, જે દર્શાવે છે કે પદાર્થ માત્ર બિંદુ A સુધી જ હુકના નિયમને અનુસરે છે, અર્થાત પદાર્થ પર લાગાડેલું પ્રતિબળ દૂર કરવામાં આવે તો પદાર્થની વિકૃતિ શૂન્ય થશે એટલે કે પદાર્થ પોતાની મૂળ લંબાઈ પ્રાપ્ત કરશે.

K.D. POLYTECHNIC, PATAN

- હવે બિંદુ A થી B સુધી જતાં હવે પ્રતિબળ અને વિકૃતિ સમપ્રમાણમાં હોતાં નથી. આમ છતાં પણ પદાર્થ સ્થિતિસ્થાપક કહેવાય છે, કારણ કે જો પદાર્થ પર લગાડેલું પ્રતિબળ ધીમે ધીમે દૂર કરવામાં આવે તો પદાર્થ પોતાના મૂળ માર્ગે બિંદુ O સુધી પાછો ફરે છે. આ સ્થિતિસ્થાપક વિરૂપણ પ્રતિવર્તી હોય છે.
- બિંદુ b આગળ સ્થિતિસ્થાપક વિસ્તાર પૂરો થાય છે. તેથી તેને Yield Point કહે છે.
- આ બિંદુથી આગળ જો પ્રતિબળ વધારવામાં આવે તો વિકૃતિમાં સતત વધારો થયા કરે છે. જો સ્થિતિસ્થાપકતાની મર્યાદાની બહાર કોઈ બિંદુ C આગળ પદાર્થ પર લાગતું પ્રતિબળ હટાવી લેવામાં



આવે તો તે પદાર્થ પોતાની મૂળ લંબાઈ પ્રાપ્ત કરતો નથી, પરંતુ તે તૂટક માર્ગે દર્શાવેલ માર્ગે એવી સ્થિતિ પ્રાપ્ત કરે છે જેથી તેની લંબાઈમાં કાયમી વધારો રહી જાય છે. આ સ્થિતિને કાયમી સ્થાપન (Permanent set) કહે છે.

- આ બિંદુથી આગળ પદાર્થના પ્રતિબળમાં વધારો કરતાં તેની વિકૃતિમાં ખૂબ જ ઝડપથી વધારો થાય છે જેને પ્લાસ્ટિક વર્તુણક (Plastic behavior) કહે છે. જે અંતે બિંદુ E આગળ પદાર્થ તૂટી જાય છે જેને ફ્રેક્ચર બિંદુ (Fracture point) કહે છે.

Que. 11. કદ સ્થિતિસ્થાપકતા અંકની વ્યાખ્યા આપી સમજાવો.

Ans: કદ સ્થિતિસ્થાપકતા અંક: કદ પ્રતિબળ અને કદ વિકૃતિના ગુણોત્તરને કદ સ્થિતિસ્થાપકતા અંક કહે છે.

જ્યારે પદાર્થ પર લાગતું પ્રતિબળ p થી વધારીને $p+\Delta p$ કરવામાં આવે ત્યારે તેની કદ વિકૃતિ $\Delta V/V_0$ બને છે. આમ, કદ સ્થિતિસ્થાપકતા અંક

$$B = \frac{\text{કદ પ્રતિબળ}}{\text{કદ વિકૃતિ}} = \frac{\Delta p}{-\frac{\Delta V}{V_0}}$$

$$B = -\frac{V_0 \cdot \Delta p}{\Delta \mathrm{V}}$$

અહિં દબાણમાં થતો વધારો પદાર્થના કદમાં ઘટાડો કરે છે તે સુચવવા માટે ઋણ નિશાની દર્શાવેલ છે.

- કદ સ્થિતિસ્થાપકતા અંક નો એકમ $\mathrm{N/m^2}$ અથવા Pa (પાસ્કલ) છે.

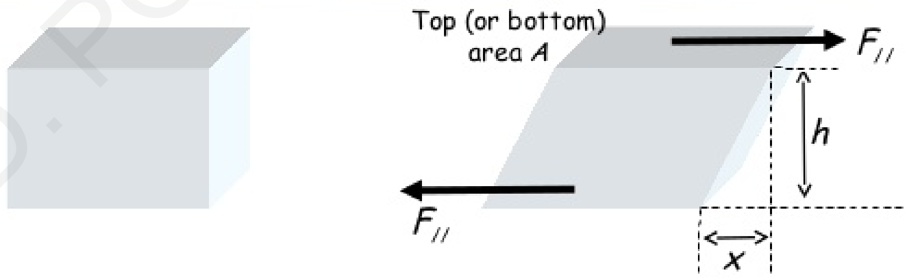
દબનીયતા: કદ સ્થિતિસ્થાપકતા અંકના વ્યસ્તને દબનીયતા (Compressibility) કહે છે.

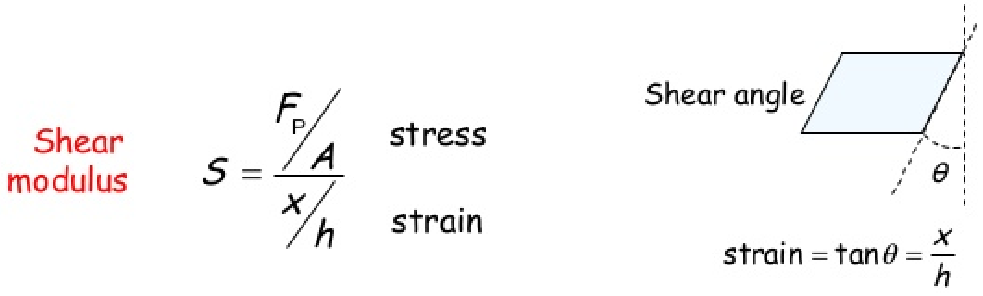
$$k = \frac{1}{B} = -\frac{1}{V_0}\frac{\Delta V}{\Delta p}$$

- તેનો એકમ Pa^{-1} અથવા atm^{-1} છે.
- પાણી માટે દબનીયતાનું મૂલ્ય $46.4 \times 10^{-6}\ Pa$ છે જેનો અર્થ પાણી પર લાગતું દબાણ જો 1 atm વધારવામાં આવે તો તેનું કદ 10,00,000 ભાગમાં માત્ર 46.4 ભાગ જેટલું ઘટે છે.

Que. 12. આકાર સ્થિતિસ્થાપક અંક (Shear Modulus or Modulus of Rigidity): અંકની વ્યાખ્યા આપી સમજાવો.

Ans: આકાર સ્થિતિસ્થાપક અંક: આકાર પ્રતિબળ અને આકાર વિકૃતિના ગુણોત્તરને આકાર સ્થિતિસ્થાપકતા અંક કહે છે.





K.D. POLYTECHNIC, PATAN

$$\eta = \frac{\text{આકાર પ્રતિબળ}}{\text{આકાર વિકૃતિ}}$$

- આકાર સ્થિતિસ્થાપકતા અંક નો એકમ N/m^2 અથવા Pa (પાસ્કલ) છે.
- જેમ આકાર સ્થિતિસ્થાપકતા અંક (Shear Modulus) નું મુલ્ય વધારે તેમ સમક્ષિતિજ દિશામાં આપવું પડતું બળનું મુલ્ય પણ વધારે આથી તેવો પદાર્થ વધુ સખત ગણાય છે. આ કારણસર આકાર સ્થિતિસ્થાપકતા અંક (Shear Modulus) ને ઘણી વખત સખતાઈનો અંક (Modulus of Rigidity) પણ કહેવામાં આવે છે.

પૃષ્ઠતાણ (Surface Tension)

દરેક પ્રવાહી માધ્યમ એક વિશિષ્ટ પ્રકારની સ્થિતિસ્થાપક વૃતિ ધરાવે છે, જે પ્રવાહીને તેની બાહ્ય સપાટીનું ક્ષેત્રફળ ન્યૂનતમ રહે તે પ્રકારે વર્તન કરે છે.

- સાબુનું પાણી કપડા પરના તૈલીય પદાર્થોને દુર કરી સ્વચ્છ કરે છે.
- મચ્છર જેવા કેટલાંક કીટકો પાણી પર ચાલી શકે છે.
- ઉપરના બંને ઉદાહરણો જેવા બીજા અનેક ઉદાહરણો પાછળ પૃષ્ઠતાણ જવાબદાર છે.
- આ તમામ ઘટનાઓના આણ્વીય સ્તરે (Molecular level) પ્રવાહીના અણુઓ વચ્ચે તેમજ પ્રવાહી અને તેના આસપાસના વાતાવરણના અણુઓ વચ્ચે લાગતા આકર્ષણ બળો મોટો ભાગ ભજવે છે.

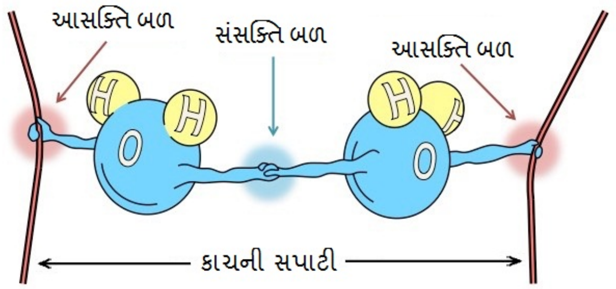
Que. 01. સંસક્તિ બળ અને આસક્તિ બળની વ્યાખ્યા લખી તેના ઉદાહરણ આપો.

Ans: સંસક્તિ બળ: બે સમાન પ્રકારના અણુઓ વચ્ચે લાગતા આકર્ષણબળને સંસક્તિ બળ કહે છે.

- દા.ત. પાણી (H_2O)ના બે અણુઓ વચ્ચે લાગતું આકર્ષણબળ અથવા પારા (Hg) ના બે અણુઓ વચ્ચે લાગતું આકર્ષણબળ.

આસક્તિ બળ: બે અસમાન પ્રકારના પ્રવાહીના અણુઓ વચ્ચે લાગતા આકર્ષણબળને સંસક્તિ બળ કહે છે.

- દા.ત. પાણી (H_2O) અને કાચના અણુઓ વચ્ચે લાગતું આકર્ષણબળ અથવા પારા (Hg) અને કાચના અણુઓ વચ્ચે લાગતું આકર્ષણબળ.



Que. 02. સંસક્તિ બળ અને આસક્તિ બળનો તફાવત આપો.

Ans.:

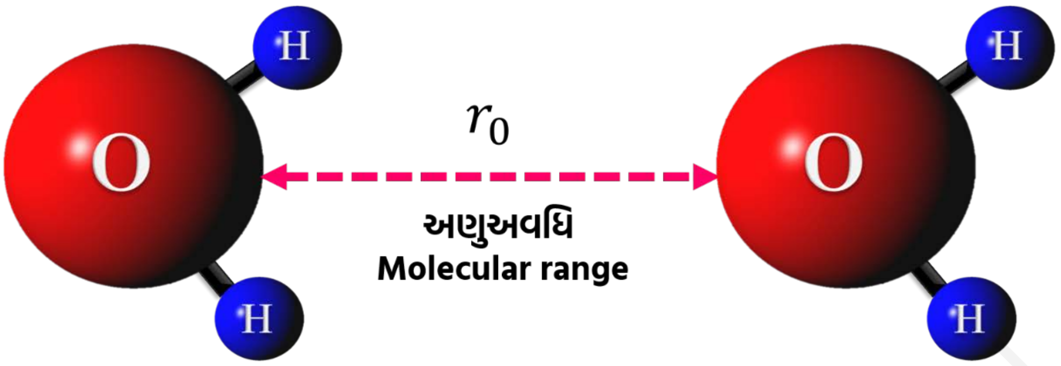
સંસક્તિ બળ	આસક્તિ બળ
બે સમાન પ્રકારના અણુઓ વચ્ચે લાગતા આકર્ષણબળને સંસક્તિ બળ કહે છે.	બે અસમાન પ્રકારના પ્રવાહીના અણુઓ વચ્ચે લાગતા આકર્ષણબળને સંસક્તિ બળ કહે છે.
દા.ત. પાણી અને પાણીના અણુઓ વચ્ચે લાગતું બળ	દા.ત. પાણી અને કાચના અણુઓ વચ્ચે લાગતું બળ
સંસક્તિ બળને કારણે પાણીના અણુઓ અન્ય કોઇ સપાટી પર ગોળાકાર આકાર ધારણ કરે છે.	આસક્તિ બળને કારણે પાણીના અણુઓ અન્ય સપાટી પર ફેલાય છે.
વનસ્પતિમાં, સંસક્તિ બળ પાણીના સતત સ્તંભ બનાવે છે જે પાણીના વહન માટે નિર્ણાયક છે.	વનસ્પતિમાં, આસક્તિ બળ કેશાકર્ષણને સાથ આપી પાણી વનસ્પતિના કોષોમાં ઉપર ચઢાવે છે.
સંસક્તિ બળને કારણે પ્રવાહીની મુક્ત સપાટી બહિર્ગોળ આકાર ધારણ કરે છે. જેમ કે, પારો (Hg).	આસક્તિ બળને કારણે પ્રવાહીની મુક્ત સપાટી અંતર્ગોળ આકાર ધારણ કરે છે. જેમ કે, પાણી.
સંસક્તિ બળનો મુખ્ય ઉદ્ભવ વાનડરવાલ બળ અને દ્વીધ્રુવીય આંતરક્રિયાઓને કારણે થાય છે.	આસક્તિ બળનો મુખ્ય ઉદ્ભવ હાઇડ્રોજન બંધ, રાસાયણિક બંધ અને સ્થિરવિદ્યુત બળને કારણે થાય છે.
ઉદાહરણો: 1. કાચના થર્મોમીટરના બલ્બમાં ભરેલો પારો 2. પાણીના બિંદુઓ 3. પૃષ્ઠતાણ 4. પાણીનું ઉચ્ચ ઉત્કલન બિંદુ 5. ઉચ્ચ સંસક્તિ બળ ધરાવતા પ્રવાહી ઢોળાઇ જાય ત્યારે તેઓ મણકા જેવા આકાર ધારણ કરે છે, જેમ કે પારો.	ઉદાહરણો: 1. પ્રવાહી દ્વારા સપાટીનું ભીંજાવું 2. કેશનળીમાં પ્રવાહીનું વહન 3. સપાટી પર કરવામાં આવતો રંગ 4. સ્ટીકર અને ગુંદર 5. કાચની નળીમાં ભરેલ પ્રવાહીનું મેનિસ્કસ (પ્રવાહીની મુકત વક્ર સપાટી)

Que. 03. અણુ અવધિ અને અણુક્રિયા ગોળાની વ્યાખ્યા આપી સમજાવો.

Ans: વાન્ડરવાલ બળના નિયમ મુજબ અણુઓ વચ્ચે કેટલાક પ્રકારના આકર્ષણબળ લાગતાં હોય છે. આ બળો જેમ અંતર વધે તેમ ઘટતા જાય છે. અને ચોક્કસ અંતરે (r_0) શૂન્ય બને છે. સામાન્ય રીતે તેનું મુલ્ય $10^{-9}\ m$ હોય છે.

અણુ અવધિ: અણુઓ વચ્ચે લાગતાં આકર્ષણબળો જે અંતર સુધી લાગુ પડે તે અંતરને અણુઅવધિ કહે છે.

K.D. POLYTECHNIC, PATAN



અણુક્રિયા ગોળો (Sphere of Influence): પ્રવાહીમાં રહેલ દરેક અણુ પોતાની આસપાસ તમામ દિશામાં રહેલા અણુ સાથે આંતરક્રિયા કરે છે. આ વિસ્તાર નક્કી કરવા માટે અણુક્રિયા ગોળાની કલ્પના કરવામાં આવે છે.

વ્યાખ્યા: *પ્રવાહીમાં કોઈ અણુને યાદચ્છિક રીતે કેન્દ્ર તરીકે લઇ અને અણુઅવધિ r_0 જેટલી ત્રિજ્યા લઇ ગોળો દોરવામાં આવે તો આ ગોળાને અણુક્રિયા ગોળો કહે છે.*

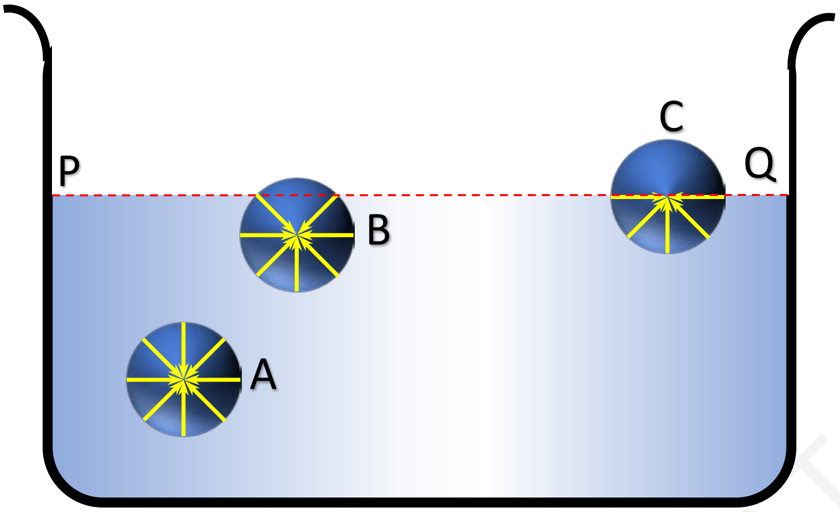
- આદર્શ રીતે આવા ગોળાની અંદરના ભાગે રહેલા અણુઓ જ કેન્દ્ર પર બળ લગાડી શકે છે.
- ગોળાની બહારના અણુઓ દ્વારા લાગતું બળ લગભગ શૂન્ય (અવગણી શકાય તેટલું નાનું) હોય છે.
- આ ગોળાની અંદર રહેલા અણુઓ એકબીજા પર સમરૂપ બળ લગાડે છે.

Que. 04. લા'પ્લાસનો અણુવાદ (Molecular Theory) આકૃતિ સહીત સમજાવો.

Ans: અહીં આકૃતિમાં દર્શાવેલ પ્રવાહીના ચાર અણુઓ A, B, C અને D ને ધ્યાનમાં લઈએ. અણુ A આ પ્રવાહીની સંપૂર્ણ અંદર છે; B પ્રવાહીની સપાટીની નજીક; C, માત્ર સપાટી પર અને D પ્રવાહી સપાટીની ઉપર. આ ચારેય અણુઓ માટે તેમના અણુક્રિયા ગોળાનો વિસ્તાર પણ દર્શાવેલ છે.

- અણુ A નો અણુક્રિયા ગોળો સંપૂર્ણપણે પ્રવાહીની અંદર હોવાથી, તે અન્ય અણુઓ દ્વારા તમામ દિશામાં સમાન રીતે આકર્ષાય છે. તેથી, તેના પર પરિણામી સંયોજક બળ શૂન્ય છે. તેથી, તે પહેલાની જેમ જ સ્થિતિમાં રહેશે.
- અણુ B નો અણુક્રિયા ગોળો પ્રવાહીની બહાર આંશિક રીતે રહેલો હોવાથી, પાણીના અણુઓને લીધે નીચે તરફનું આકર્ષણ બળ એ ઉપરની બાજુના (હવા) અણુઓ દ્વારા લાગતા આકર્ષણ બળ કરતાં વધી જાય છે. તેથી, B પર પરિણામી બળ નીચેની બાજુએ કાર્ય કરે છે.

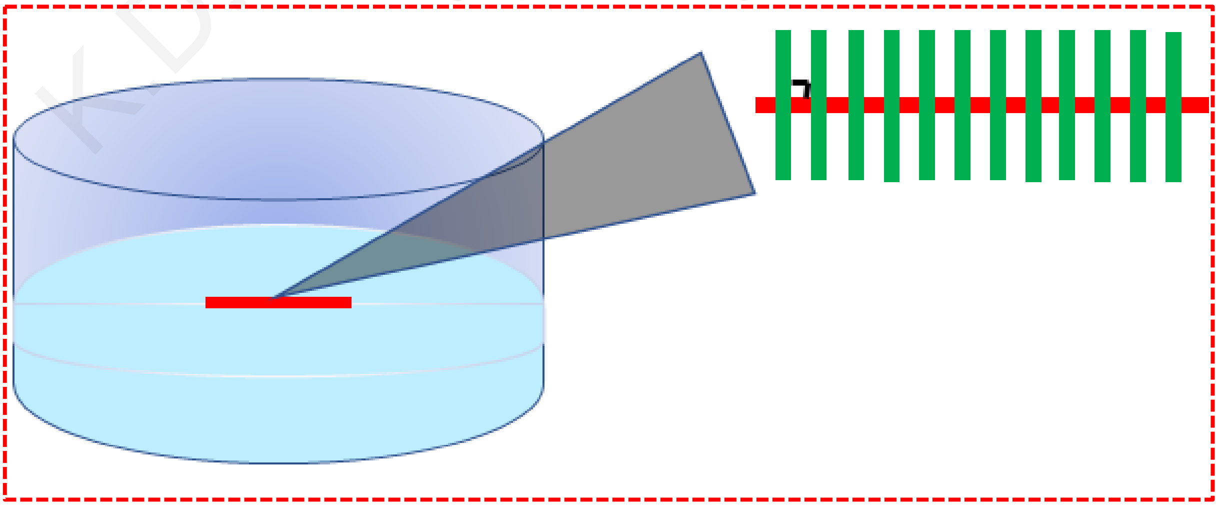
K.D. POLYTECHNIC, PATAN



- અણુ C એ અડધો પ્રવાહીની સપાટી પર હોવાથી તેનો અણુક્રિયા ગોળો અડધા ભાગની અંદર અને બાકીનો અડધો ભાગ પ્રવાહીની સપાટીની ઉપર રહેલો છે. આમ, સમગ્ર નીચલા અડધા ભાગમાં પાણીના અણુઓ હોય છે. આથી આ કિસ્સામાં નીચે તરફનું બળ મહત્તમ છે.
- અણુ C ની માફક આ ઘટના સપાટી પર રહેલા તમામ અણુઓ માટે સમાન હશે. પ્રવાહી સપાટીના એકમ વિસ્તાર દીઠ નીચે (અથવા અંદર) ની તરફ લાગતા બળને સંસક્તિ બળ કહેવામાં આવે છે.
- અહીં સ્પષ્ટ છે કે પ્રવાહીની સમગ્ર સપાટી (PQ) પર અણુઓ વચ્ચેના આકર્ષણને કારણે નીચે તરફ ખેંચાય છે. આ સપાટી સંકોચાય છે, એટલે કે, તે સપાટી PQ ના ક્ષેત્રફળમાં ઘટાડો કરે છે. આ સપાટી પર રહેલા અણુઓની કુલ સંખ્યાને ઘટાડે છે. પરિણામે, સપાટી તણાવ હેઠળ રહે છે. પ્રવાહીની સપાટી ખેંચાયેલી સ્થિતિસ્થાપક પટલ(ફિલ્મ)ની જેમ વર્તે છે. સપાટી સંકોચનની આ વૃત્તિમાંથી પૃષ્ઠતાણ ઉદ્દભવે છે. આ પૃષ્ઠતાણ પ્રવાહીની સપાટી પર સ્પર્શકની દિશામાં લાગે છે.

Que. 05. પૃષ્ઠતાણની બે વ્યાખ્યા આપી તેના SI એકમ લખો.

Ans: **વ્યાખ્યા – 1: પૃષ્ઠતાણ:** સ્થિર પ્રવાહીની મુક્ત સપાટી પર કલ્પેલી એકમ લંબાઈની રેખાને લંબ અને સપાટીને દોરેલા સ્પર્શકની દિશામાં અણુઓ દ્વારા લાગતાં બળને પૃષ્ઠતાણ કહે છે.



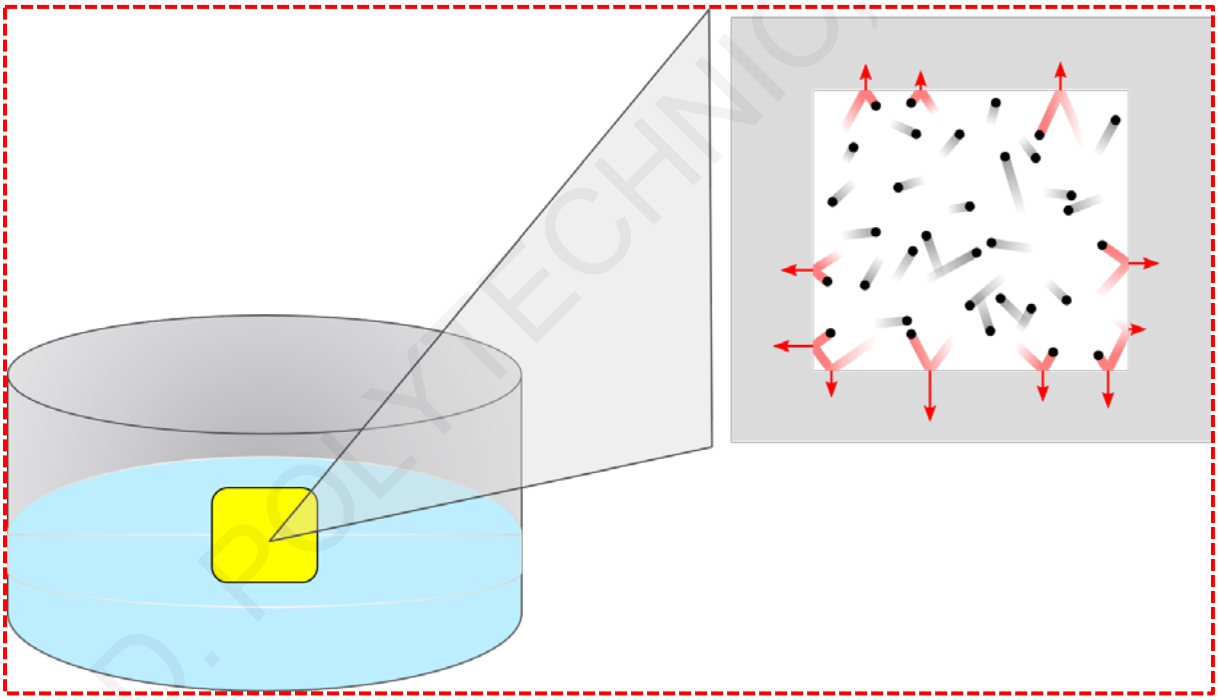
$$\text{પૃષ્ઠતાણ (T)} = \frac{\text{બળ}}{\text{લંબાઈ}} = \frac{F}{l}$$

- આ વ્યાખ્યા મુજબ પૃષ્ઠતાણનો MKS એકમ $\frac{N}{m}$ અને CGS એકમ $\frac{dyne}{cm}$ છે.
- 20°C તાપમાને પાણીનું પૃષ્ઠતાણ 72 $dyne/cm$ અથવા 0.072 N/m છે.
- 20°C તાપમાને પારાનું પૃષ્ઠતાણ 465 $dyne/cm$ અથવા 0.465 N/m છે.

વ્યાખ્યા - 2: પૃષ્ઠતાણ: પ્રવાહીની મુક્ત સપાટીના એકમ ક્ષેત્રફળ દીઠ રહેલા અણુઓની કુલ સ્થિતિઊર્જા અથવા પૃષ્ઠઊર્જાને પુષ્ઠતાણ કહે છે.

$$\text{પૃષ્ઠતાણ (T)} = \frac{\text{કુલ સ્થિતિઊર્જા (પૃષ્ઠઊર્જા)}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} = \frac{E}{A}$$

- આ વ્યાખ્યા મુજબ પૃષ્ઠતાણનો MKS એકમ $\frac{J}{m}\left(\frac{\text{જુલ}}{\text{મીટર}}\right)$ અને CGS એકમ $\frac{erg}{cm}\left(\frac{\text{અર્ગ}}{\text{સેમી}}\right)$ છે.



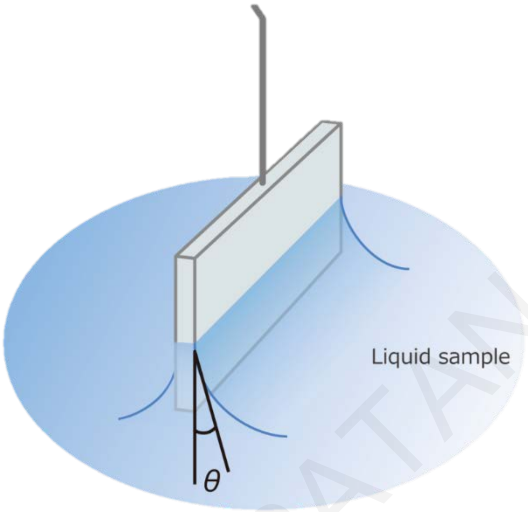
Que. 06. સ્પર્શકોણની વ્યાખ્યા આપી ઉદાહરણ સાથે સમજાવો.

Ans: અહીં પાણી અને પારા જેવાં પ્રવાહીઓનું કાચની સપાટી સાથેનું આસક્તિ બળ કેવું હોય છે તે રજુ કરેલ છે.

- પાત્રમાં રહેલા સ્થિર પ્રવાહીની મુક્ત સપાટીનો આકાર અને તે સપર્ક સપાટીને ભીંજવશે નહિ કે તેનો આધાર સ્પર્શકોણ પર રહેલો છે.

K.D. POLYTECHNIC, PATAN

- પ્રવાહીના સ્પર્શકોણ એ પ્રવાહીઓમાં પ્રવર્તતા સંસક્તિ બળ અને આસક્તિ બળની સાપેક્ષ તીવ્રતા પર આધાર રાખે છે.
- જો પ્રવાહીનું સંસક્તિ બળ તેના આસક્તિ બળ કરતાં વધારે હોય તો તેનો સ્પર્શકોણ 90° કરતાં મોટો ($\theta > 90°$) હોય છે અને પ્રવાહી તેમ વધુ બિંદુવત બને છે અને પ્રવાહી ગોળાકાર આકાર ધારણ કરે છે.



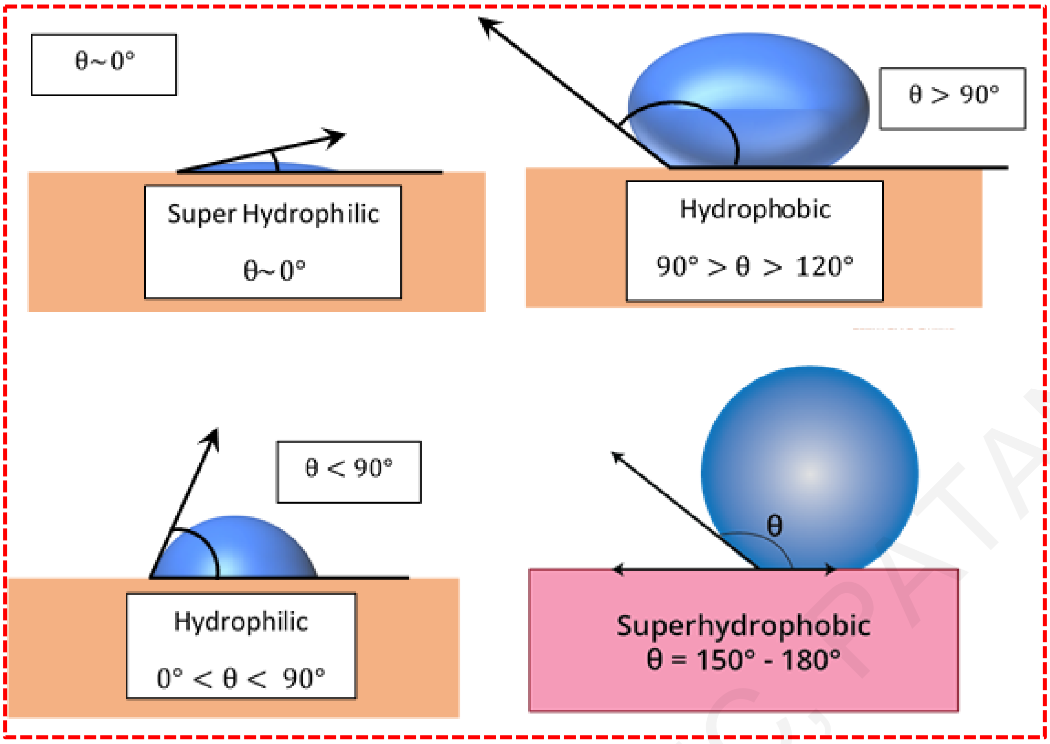
- જો પ્રવાહીનું આસક્તિ બળ તેના સંસક્તિ બળ કરતાં વધારે હોય તો તેનો સ્પર્શકોણ 90° કરતાં નાનો ($\theta < 90°$) હોય છે અને તેમ તેમ પ્રવાહી બિંદુવત આકાર ત્યજીને વધુને વધુ સપાટ આકાર ધારણ કરવા લાગે છે અને સપાટી પર વધુ ફેલાય છે.

વ્યાખ્યા: *પ્રવાહીની મુકત સપાટી અને ઘન પદાર્થની સંપર્ક સપાટીના છેદબિંદુ આગળ પ્રવાહીની સપાટીને દોરેલા સ્પર્શક અને ઘન પદાર્થની સપાટીના સમતલ વચ્ચેના પ્રવાહીમાં માપવામાં આવતા ખૂણાને સ્પર્શકોણ કહે છે.*

- સ્પર્શકોણ: 0°: સપાટી સંપૂર્ણપણે ભીંજાય છે. (સુપર-હાઇડ્રોફીલીક સપાટી)
- સ્પર્શકોણ: 0° થી 90° ની વચ્ચે: સપાટી ભીંજાય છે. (હાઇડ્રોફીલીક સપાટી)
- સ્પર્શકોણ: 90° થી 180°ની વચ્ચે: સપાટી લગભગ ભીંજાતી નથી. (હાઇડ્રોફોબીક સપાટી)
- સ્પર્શકોણ: 180°: સંપૂર્ણ પ્રત્યાકર્ષક સપાટી ભીંજાતી નથી. (અલ્ટ્રાહાઇડ્રોફોબીક સપાટી – Lotus અસર)

સપાટી (Interface)	**સ્પર્શકોણ (Contact angle) θ**
પાણી – કાચ	0°
ઓર્ગેનિક પ્રવાહી – કાચ	0°
ઇથાઇલ આલ્કોહોલ – કાચ	0°
કેરોસીન – કાચ	26°
પાણી – ચાંદી	90°
પાણી – પેરાફીન	107°
પારો – કાચ	140°

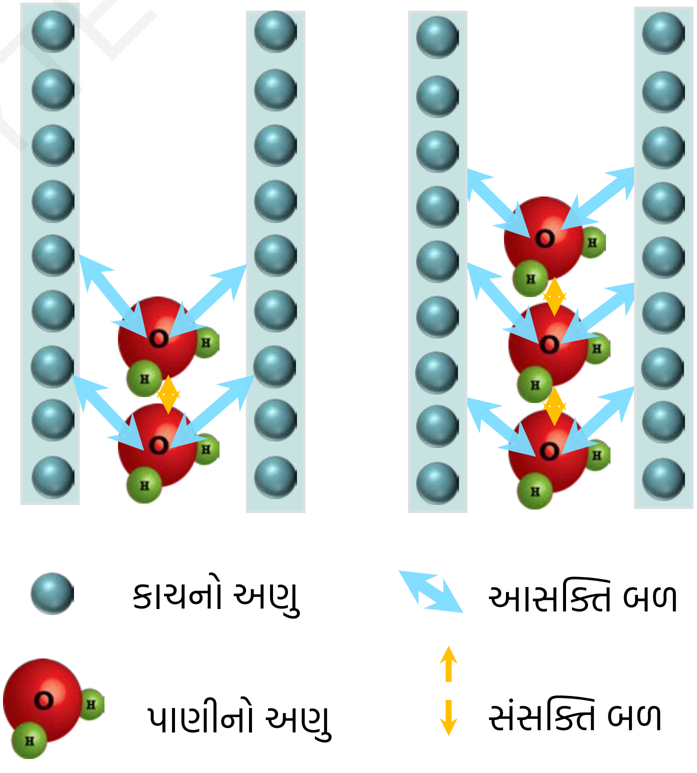
K.D. POLYTECHNIC, PATAN



Que. 07. કેશાકર્ષણની વ્યાખ્યા આપી ઉદાહરણ સાથે સમજાવો.

Ans: **કેશાકર્ષણ:** *પ્રવાહીની સાંકડા વેહવાળી નળીમાં કોઈ પણ સહાય વિના ગુરુત્વાકર્ષણબળની વિરુદ્ધ વહી શકવાની ક્ષમતાને કેશાકર્ષણ કહે છે.*

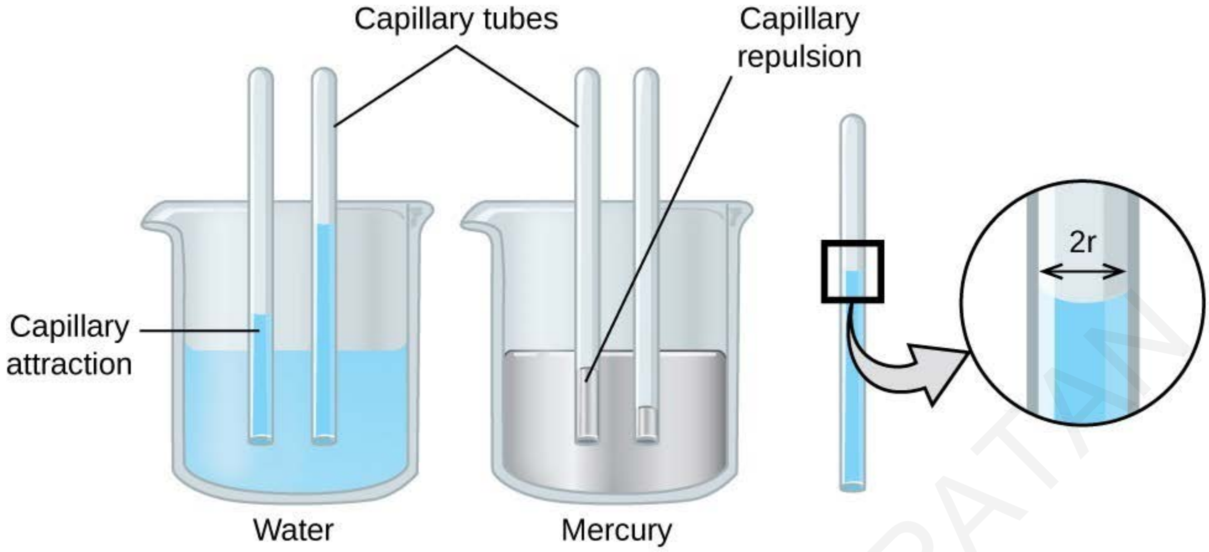
- જ્યારે કેપેલરીને પ્રવાહીમાં ઉર્ધ્વ ડુબાડવામાં આવે ત્યારે કેપેલરીની અંદરના કાચના અણુઓ અને પાણીના અણુઓ સાથેનું આસક્તિ બળ; પાણી પાણીના અણુઓ વચ્ચેના સંસક્તિ બળ કરતા વધારે હોય છે.



- આથી પાણીનો અણુ કાચના અણુઓ તરફ આકર્ષાય છે, જેથી તેની મુક્ત સપાટીનું ક્ષેત્રફળ વધે છે. આથી પૃષ્ઠતાણના ગુણધર્મ મુજબ પ્રવાહી પોતાની મુકત સપાટીનું ક્ષેત્રફળ સંકોચવા માટે તે વધુ ઉપર ચઢે છે.

K.D. POLYTECHNIC, PATAN

- આનાથી વિપરીત પારામાં સંસક્તિ બળ વધુ હોવાથી તે કેપેલરીમાં નીચે ઉતરે છે.



Que. 08. પૃષ્ઠતાણના ઉપયોગીતાઓની યાદી બનાવો.

Ans: (નીચેના ઉપયોગો પૈકી કોઈ પણ ચૌદ ઉપયોગો તૈયાર કરવા)

1. પૃષ્ઠતાણને કારણે જ વરસાદનાં ટીંપા ગોળ આકાર ધારણ કરે છે.
2. દીવામાં રાખેલી દિવેટ મારફતે તેલ જેવું પ્રવાહી કેશાકર્ષણ દ્વારા ઉપર સુધી આકર્ષાય છે.
3. મચ્છર જેવા નાના જીવજંતુઓ પાણી પર ચાલી શકે છે.
4. સ્થિર પાણીની સપાટી પર મુકેલી પેપરક્લિપ કે સોય તરી શકે છે.
5. વહેલી સવારે વનસ્પતિના પર્ણો પર પાણી(ઝાકળ)ના ગોળાકાર બિંદુઓ જામેલા જોવા મળે છે.
6. કમળ અને પોયણાં જેવી જલાભેદ્ય વનસ્પતિના પર્ણો પાણીમાં સતત રહેતા હોવા છતાં પણ પર્ણોના પાણી પ્રત્યેના ઓછા સંસક્તિ બળને કારણે પર્ણો ભીનાં થતાં નથી.
7. કાચની સપાટી પર પાણીનાં બિંદુઓ ગોળાકાર આકાર ધારણ કરે છે.
8. વેક્સ(Wax) અથવા પેઈન્ટ(Paint) કરેલી કારની સપાટી પર પાણી એકઠું થયા વગર સરળતાથી વહી જાય છે.
9. ફાઉન્ટન પેનમાં વપરાતી શાહી પણ કેશાકર્ષણના સિધ્ધાંત મુજબ કાગળ સુધી નીચે ઉતરે છે.
10. પારો કાચની સપાટીને બિલકુલ ભીંજવતો નથી આ ગુણધર્મને કારણે સચોટ અવલોકન લેવા માટે થર્મોમીટરમાં પારો વપરાય છે.
11. પાણી અને તેલ જેવા પ્રવાહી અલગ પૃષ્ઠતાણ હોવાને કારણે એકબીજામાં ભળતા નથી.
12. માદા મચ્છર પોતાના ઈંડા પાણીની સપાટી પર તરતાં મુકે છે. આથી જો પાણી ભરેલા ખાબોચિયામાં કેરોસીન જેવા પ્રવાહી છાંટવામાં આવે તો કેરોસીનને કારણે સપાટીનું પૃષ્ઠતાણ ઘટી જાય છે, આથી ઈંડા પાણીમાં ડૂબી જાય છે અને નવા મચ્છરનો ઉપદ્રવ ઘટાડી શકાય છે.
13. હાથ સાફ કરવા માટે વપરાતા સેનીટાઈઝર (Sanitizer) નું પૃષ્ઠતાણ ઓછું હોવાથી સરળતાથી પુરા હાથ પર ફેલાય છે અને તેણે જંતુમુક્ત કરે છે.

K.D. POLYTECHNIC, PATAN

14. ટુથપેસ્ટનું પૃષ્ઠતાણ ઓછું હોવાથી તેમાં સરળતાથી ફીણ વળે છે અને દરેક દાંત સુધી તે ફેલાઈ તેને સ્વચ્છ કરે છે.
15. ડીટરજન્ટ ઉમેરવાથી તે પાણીનું પૃષ્ઠતાણ ઘટાડે છે જેથી ડીટરજન્ટવાળું પાણી સરળતાથી કપડાં પરથી મેલ અને તૈલી પદાર્થોને આકર્ષીને કપડાંની સફાઈ કરે છે.
16. વનસ્પતિનાં પ્રકાંડ પાણીના વહન માટે પાતળી કેશનલીકાઓ ધરાવે છે જે મૂળ દ્વારા શોષાતું પાણી કેશાકર્ષણના સિધ્ધાંત મુજબ તેના પર્ણો સુધી પહોંચાડે છે.
17. કાચના ગોળા (bead) અથવા બુલેટ(Bullet) બનાવવા માટે પીગાળેલા કાચ અથવા ધાતુને ઠંડા પાણી ભરેલા નળાકારમાં ઉંચેથી રેડવામાં આવે છે. પાણીનાં પૃષ્ઠતાણને કારણે તેઓ ગોળાકાર આકાર ધારણ કરે છે.
18. વાસણ કે કપડા ધોવાના પ્રવાહી તથા બીયર જેવા આલ્કોહોલમાં વધુ માત્રામાં ફીણ ઉત્પન્ન થાય તે માટે તે પ્રવાહીઓના પૃષ્ઠતાણ ઓછા મુલ્યનાં રાખવામાં આવે છે.
19. છત્રી અને કેટલાંક પ્રકારના તંબુઓના કાપડ પર પર વરસાદનું પાણી અંદર દાખલ થતું નથી. અને તેના પર ગોળાકાર બિંદુઓ સ્વરૂપે જામેલા જોવા મળે છે.
20. વાઈન ભરેલા ગ્લાસમાં પૃષ્ઠતાણને કારણે ગ્લાસની સપાટી પર "Tears of wine (વાઈનનાં અશ્રુબિંદુઓ)" જોવા મળે છે, જે વાઈનમાં રહેલા આલ્કોહોલના પ્રતિશત (%) પ્રમાણ નક્કી કરવામાં મદદરૂપ થાય છે.
21. કમળા જેવા રોગના નિદાન માટે Hay's Test દ્વારા યુરીનમાં હાજર રહેલા Bile ક્ષારની તપાસ માટે પૃષ્ઠતાણના ગુણધર્મનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.
22. માનવીય ચામડી પર થતાં ઘા ના ઉપચાર માટે વપરાતાં એન્ટીસેપ્ટિક (Antiseptic)નું પૃષ્ઠતાણ નીચું હોવાથી તે ઘા ની આસપાસ સરળતાથી ફેલાઈ શકે છે.
23. જલાભેધ કાપડ બનાવવા માટે કાપડ પર યોગ્ય દ્રવ્ય લગાડવામાં આવે છે. આવું દ્રવ્ય ઉમેરવાથી સપાટીનો સંપર્કકોણનું મુલ્ય વધે છે જે કાપડને જલાભેધ બનાવે છે.
24. કૃત્રિમ પેશી (tissue) બનાવવા માટે જાણીતી ટીસ્યુ એન્જીનીયરીંગ જેવી શાખામાં કૃત્રિમ ચામડી બનાવવા માટે પૃષ્ઠતાણનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.
25. રંગો અને શ્યાહી બનાવતી તેમાં સ્પર્ષકો (Surfactants) ઉમેરવામાં આવે છે જેથી રંગ અને શ્યાહીના પૃષ્ઠતાણ ઘટે છે અને તેઓ સપાટી પર આસાનીથી ફેલાઈ શકે છે.
26. માનવ શરીરના લાળ, આંસુ, લોહી, પસસેવો, ગળફો અને મૂત્ર જેવા પ્રવાહીઓના પૃષ્ઠતાણ શોધી કેટલાંક જટિલ રોગો વિષે માહિતી મેળવી તેમનું નિવારણ કરી શકાય છે.
27. ફોટો ફિલ્મ, મેગ્નેટિક ટેપ અને ડિસ્ક, લેટેક્ષ જેવા પદાર્થો પર વધુ પૃષ્ઠતાણ ધરાવતા રસાયણો વડે કોટીંગ કરવામાં આવે તો આવા પદાર્થોની સપાટીઓ ભીની થતી નથી. આનાથી પીપરિત જો ઓછું પૃષ્ઠતાણ ધરાવતા રસાયણ વડે કોટીંગ કરવામાં આવે તો સપાટીની કોટીંગની ગુણવત્તા જળવાતી નથી. આથી કોટીંગ રસાયણોના પૃષ્ઠતાણ પર યોગ્ય નિયંત્રણ દ્વારા જ સફળ કોટીંગ પ્રાપ્ત કરી શકાય છે.

K.D. POLYTECHNIC, PATAN

28. અગ્નિ શામક (Fire Extinguishers) બોટલમાં વપરાતાં પ્રવાહીઓ ઝડપથી આગના કેન્દ્ર પર ફેલાઇ જવાનો ગુણધર્મ ધરાવતાં હોય છે. આ માટે તેમનાં પૃષ્ઠતાણ યોગ્ય મુલ્યનાં રાખવા ખુબ જ જરૂરી છે.
29. અવકાશમથકમાં ઝીરો-ગ્રેવિટીને કારણે કોઇ પણ પ્રવાહીનું તરલીય વર્તુંણક મુખ્યત્વે પૃષ્ઠતાણ વડે જ નક્કી થાય છે. અવકાશ યાત્રી માટે વપરાતી પાણી પીવાની બોટલ, સાંકડી જગ્યામાંથી અન્ય કોઇ પ્રવાહીના વહન માટે કેપેલરી જેવી રચના જ વપરાય છે.
30. સેમી-કંડકટર ઉધોગમાં સીલીકોન વેફરની પાતળી ફિલ્મ પર સબસ્ટ્રેટના શોષણ માટે વપરાતી ડીપ કોટીંગ, રોલ કોટીંગ અને સ્પિન કોટીંગ જેવી પધ્ધતિઓમાં શોષણનો દર જે તે સબસ્ટ્રેટના પૃષ્ઠતાણ પર આધાર રાખે છે.
31. ઓટોમોબાઇલ, સચોટ મશીન, પ્રિન્ટીંગ મશીન જેવા મશીનોમાં વપરાતું લુબ્રિકેટિંગ ઓઇલ મશીનના નાના ભાગો તથા સાંધાઓમાં સરળતાથી ફેલાઈ શકે તે માટે તેના પૃષ્ઠતાણને ઉમેરકો (additives) વડે નિયંત્રિત કરવામાં આવે છે.
32. ચોકલેટ, બટર, માયોનીસ, કોસ્મેટીક, પ્રવાહી દવાઓ જેવા ઇમ્લ્સીફાઇડ વસ્તુઓ બનાવવા માટે પાણીનું પૃષ્ઠતાણ જેટલું ઓછુ હોય તેટલી જ સરળતાથી તેલ જેવા પ્રવાહીને પાણીમાં મેળવી (Blend) કરી શકાય છે.
33. રેટલ-સ્નેક જેવા સરીસૃપ ચામડીની નીચે સુધી જઇ શકે તેવા (Hypodermic) દાંત(fang) ધરાવે છે, જે ઉંચી તીવ્રતાથી વિષને છોડે છે. કેટલાંક બીજા સરીસૃપમાં તેમની વિષ-ગ્રંથીનાં દાંતના ખાંચાની અંદરની બાજુએ અને બહારની બાજુના પૃષ્ઠતાણના તફાવતને કારણે વિષ બહાર નીકળી શિકારનાં સ્નાયુમાં પહોંચે છે.

સ્નિગ્ધતા (શ્યાનતા) (Viscosity)

પાણી અને આલ્કોહોલ જેવાં પ્રવાહીઓ ઘન પદાર્થની સપાટી પર ખુબ જ ઝડપથી વહી શકે છે, જ્યારે મધ કે તેલ જેવા પ્રવાહી ખુબ જ ધીમે ધીમે વહન પામે છે.

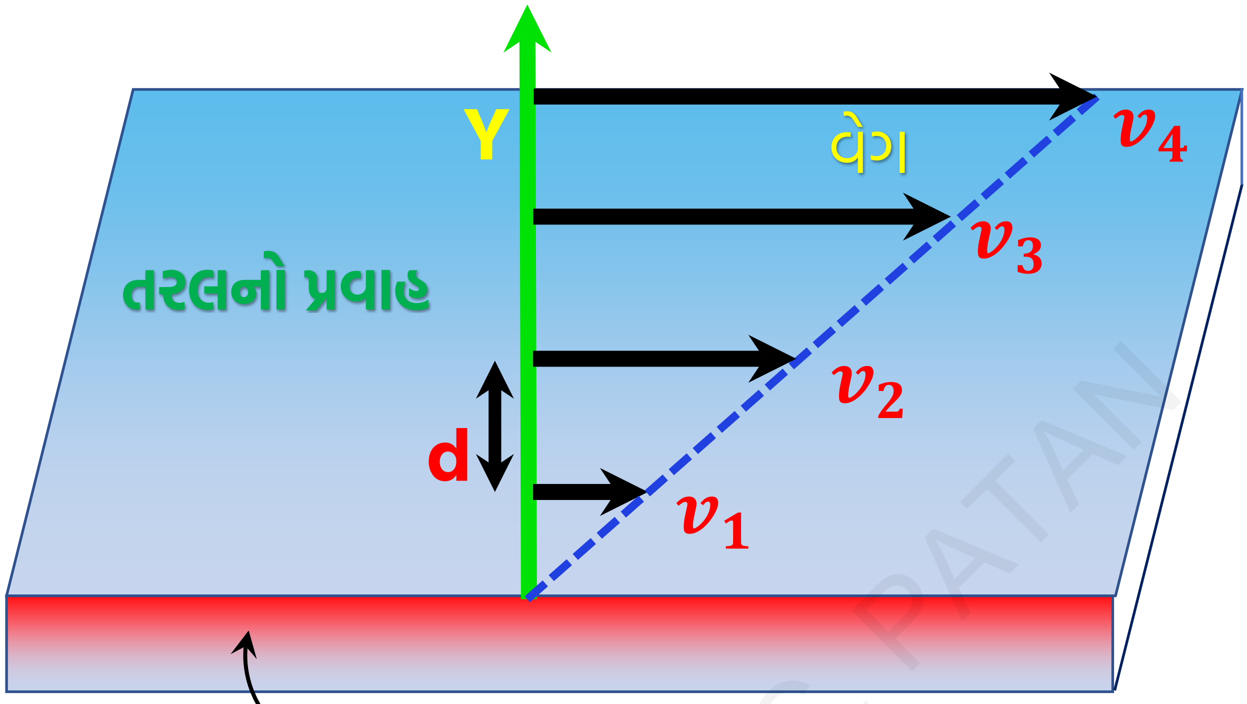
કોઇ પણ પ્રવાહી કેટલી ઝડપથી વહન પામી શકે તેનો આધાર તે પ્રવાહીની સ્નિગ્ધતા પર રહેલો છે.

Que. 01. સ્નિગ્ધતાની વ્યાખ્યા આપી સમજાવો.

Ans: આકૃતિમાં એક સ્થિર સમક્ષિતિજ સપાટી પર તરલનો પ્રવાહ દર્શાવેલ છે.

- સ્થિર સપાટીના સંપર્કમાં રહેલા તરલના સ્તરનો વેગ શૂન્ય હોય છે અને ક્રમશ: ઉપરની સપાટી તરફ જતા દરેક ક્રમિક આવતા સ્તરોનો વેગ વધીને મહત્તમ બને છે.
- દરેક સ્તરો વચ્ચે વેગના તફાવતને કારણે ઘર્ષણ થાય છે અને એક બળ ઉદ્ભવે છે. આ બળ તરલની ગતિનો વિરોધ કરે છે.

K.D. POLYTECHNIC, PATAN



K.D. POLYTECHNIC, PATAN

વ્યાખ્યા: તરલના જે ગુણધર્મને કારણે તેના બે સ્તરો વચ્ચેની સાપેક્ષ ગતિ અવરોધાય છે તે ગુણધર્મને તરલની સ્નિગ્ધતા કહે છે.

- સ્નિગ્ધતા એ પ્રવાહીનો એક આંતરિક ગુણધર્મ છે, જે પોતાના જ પ્રવાહનો વિરોધ કરે છે.
- પાણી કરતાં મધની સ્નિગ્ધતા વધારે હોવાથી તે પાણી જેટલી આસાનીથી વહી શકતું નથી.

Que. 02. વેગ-પ્રચલનની વ્યાખ્યા આપી તેનો SI એકમ જણાવો.

Ans: **વેગ પ્રચલન (Velocity Gradient):** સ્તરીય વહનમાં પ્રવાહીના વહનની દિશાને લંબ એવી દિશામાં એકબીજાથી એકમ અંતરે રહેલા બે ક્રમિક સ્તરોના વેગના તફાવતને વેગ પ્રચલન કહે છે.

ઉપર દર્શાવેલ આકૃતિ મુજબ કોઇ બે ક્રમિક સ્તર વચ્ચેનું અંતર d લઇએ તથા તેમના વેગનાં મુલ્ય અનુક્રમે v_1 અને v_2 હોય તો, વેગ પ્રચલનની વ્યાખ્યા મુજબ,

$$\text{વેગ પ્રચલન} = \frac{v_2 - v_1}{d}$$

- વેગ પ્રચલનનો એકમ s^{-1} છે.

Que. 03. ન્યુટનનો સ્નિગ્ધતાનો નિયમ (Newton's Law of Viscosity)સમજાવો.

Ans: ન્યુટને અચળ તાપમાને કરેલા પ્રયોગો દ્વારા સિદ્ધ કર્યું કે પ્રવાહીના સ્તરીય વહનમાં ઉદ્ભવતું બળ તે તરલની સપાટીના ક્ષેત્રફળ અને તે તરલના વેગ પ્રચલનના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

પ્રવાહીનું સ્નિગ્ધતા બળ એ તરલની સપાટીના ક્ષેત્રફળના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

$$F \propto A$$

પ્રવાહીનું સ્નિગ્ધતા બળ એ તરલના વેગ પ્રચલનના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

$$F \propto \frac{v_2 - v_1}{d}$$

ઉપરોક્ત બંને બાબતોનો સમન્વય કરતાં,

$$\therefore F \propto A\left(\frac{v_2 - v_1}{d}\right)$$

$$\therefore F = \eta\, A\left(\frac{v_2 - v_1}{d}\right)$$

અહીં η એ સ્નિગ્ધતા ગુણાંક છે જે પ્રવાહીના પ્રકાર અને પ્રવાહીના તાપમાન પર આધાર રાખે છે.

$$\eta = \frac{F/A}{\left(\frac{v_2 - v_1}{d}\right)}$$

જોસપાટીનું ક્ષેત્રફળ $A = 1\ m^2$ અને વેગ પ્રચલન $\frac{v_2 - v_1}{d} = 1\ s^{-1}$ લેવામાં આવે તો, $\eta = F$ થાય. આ પરથી તેની વ્યાખ્યા નીચે મુજબ આપી શકાય.

વ્યાખ્યા: તરલના વહનમાં, તરલના એકમ વેગ પ્રચલન અને તરલ સપાટીના એકમ ક્ષેત્રફળ દીઠ ઉદ્ભવતા અવરોધક બળના મૂલ્યને તે તરલનો સ્નિગ્ધતા ગુણાંક અથવા શ્યાનાતા ગુણાંક (Co-efficient of Viscosity) કહે છે.

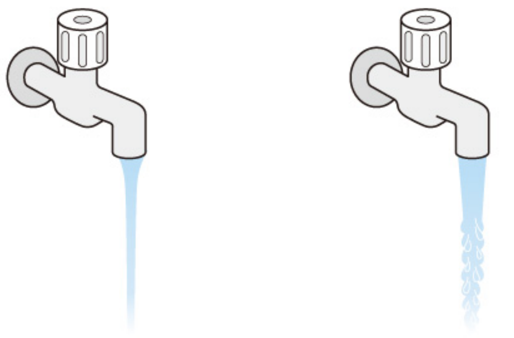
η નો MKS એકમ $N \cdot s/m^2$ η નો CGS એકમ dyne $\cdot\, s/cm^2$

તેનો અન્ય એકમ $1\ \frac{dyne \cdot s}{cm^2} = 1\ poise$

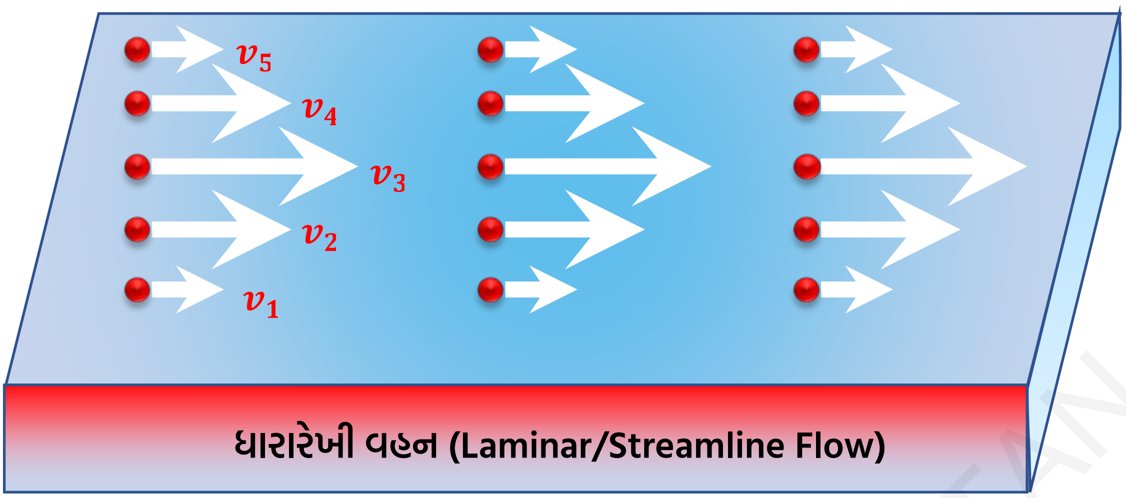
Que. 04. ન્યુટનનો સ્નિગ્ધતાનો નિયમ (Newton's Law of Viscosity)સમજાવો.

Ans: ધારારેખી વહન (Laminar / Streamline Flow): જો પ્રવાહીના તરલ વહનમાં સ્તરના દરેક બિંદુ પાસે તરલનો વેગ સમય સાથે અચળ રહે તો તેવા પ્રકારના વહનને ધારારેખી વહન કહે છે.

ઉદા. ઓછા ખોલેલા નળ દ્વારા આવતું પાણી, ધીમી ગતિએ વહેતું ઝરણું.



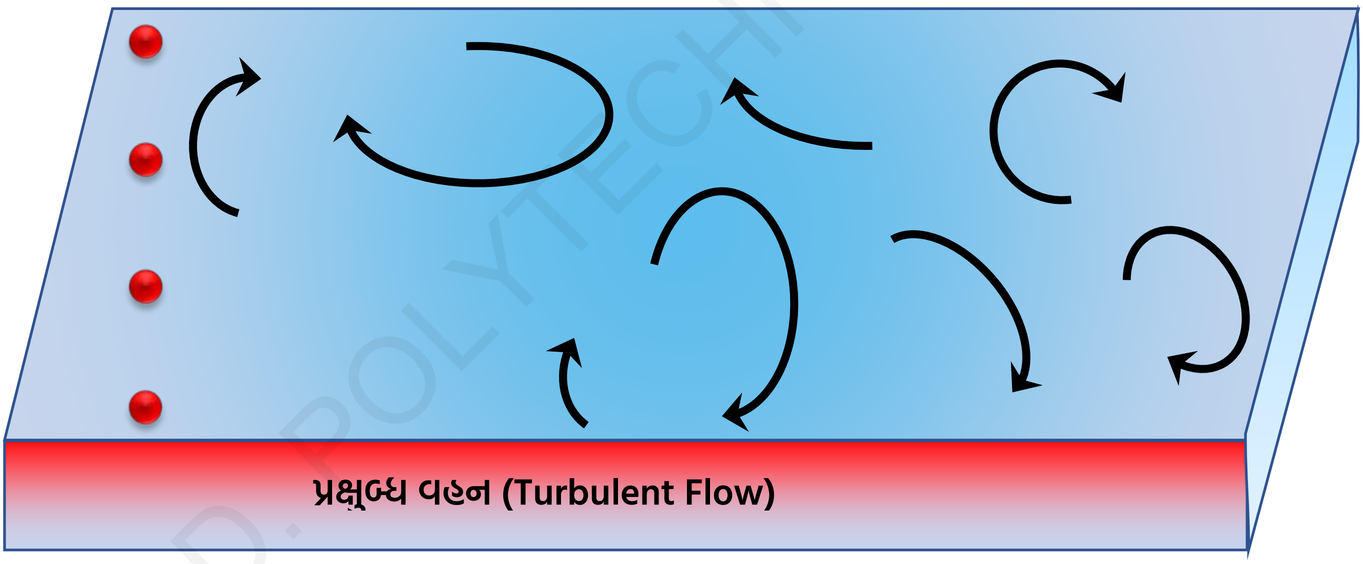
(a) Laminar flow (b) Turbulent flow



પ્રક્ષુબ્ધ વહન (Turbulent Flow): જો પ્રવાહીના તરલ વહનમાં સ્તરના દરેક બિંદુ પાસે તરલનો વેગ સમય સાથે બદલાતો રહે તો તેવા પ્રકારના વહનને પ્રક્ષુબ્ધ વહન કહે છે.

- ઉદા. દરિયાના મોજાની ગતિ, ધોધરૂપે પડતું પાણી.

ક્રાંતિ વેગ (Critical Velocity): પ્રવાહીના વહનમાં વેગના જે મુલ્ય માટે તરલનું વહન ધારરેખીમાંથી પ્રક્ષુબ્ધ વહનમાં પરિવર્તન પામે તે વેગને ક્રાંતિ વેગ કહે છે.



Que. 05. રેનોલ્ડ નંબર સમજાવો તથા તેના ઉપયોગો લખો,

Ans: બ્રિટીશ વિજ્ઞાની રેનોલ્ડે સાબિત કર્યું કે નળીમાં વહેતા તરલના પ્રકાર નીચેની બાબતો પર આધાર રાખે છે.

(1) તરલનો સ્નિગ્ધતા ગુણાંક (η)

(2) તરલની ઘનતા (ρ)

(3) તરલનો સરેરાશ વેગ (v)

K.D. POLYTECHNIC, PATAN

(4) તરલ જે નળીમાંથી વહી રહ્યું છે તે નળીનો વ્યાસ (D)

આ બાબતો પરથી વિજ્ઞાની રેનોલ્ડે નીચે મુજબનું સૂત્ર રજુ કર્યું.

$$R_e = \frac{\rho \cdot \upsilon \cdot D}{\eta}$$

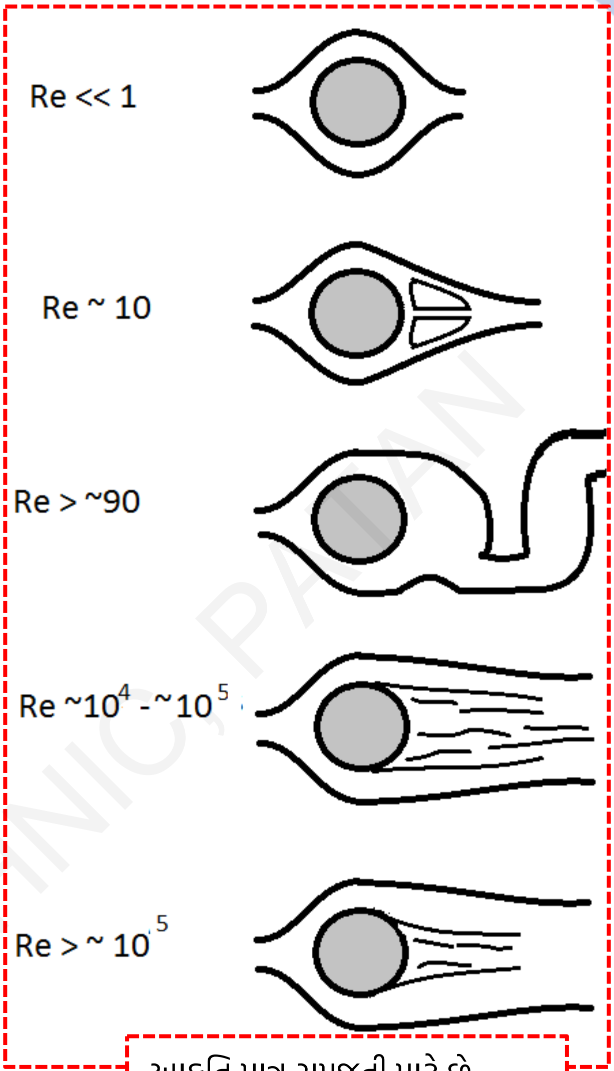
તરલ વહન સાથે સંકળાયેલા પરિબળોના મુલ્યો ઉપરોક્ત સૂત્રમાં મુકવામાં આવે છે. આ મુલ્ય નીચે મુજબ વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે,

(1) જો $R_e < 2300$ હોય તો પ્રવાહીનું વહન ધારારેખી હોય છે.

(2) જો $R_e > 4000$ હોય તો પ્રવાહીનું વહન પ્રક્ષુબ્ધ હોય છે.

(3) જો $2300 < R < 4000$ હોય તો પ્રવાહીનું વહન અનિશ્ચિત (મિશ્ર પ્રકાર) હોય છે.

આમ , પ્રવાહીના વહનનો પ્રકાર રેનોલ્ડ નંબર (R) ના મુલ્ય પર આધાર રાખે છે.



આકૃતિ માત્ર સમજુતી માટે છે.

ક્રિટીકલ રેનોલ્ડ અંક (R_c): જો પ્રવાહીનો વેગ ક્રાંતિ વેગ જેટલો હોય તો મળેલા રેનોલ્ડ અંકને ક્રિટીકલ રેનોલ્ડ અંક કહે છે.

રેનોલ્ડ અંકના ઉપયોગો: (કોઈ પણ ચાર ઉપયોગો લખવા)

- પ્રવાહીના વહનનો પ્રકાર નક્કી કરવા માટે તેનો સૌથી વધુ ઉપયોગ થાય છે.
- ઘર્ષણબળને કારણે થતાં વ્યયના કિસ્સામાં સ્નિગ્ધતાના અચળાંકની ગણતરી કરવા માટે તેનો ઉપયોગ થાય છે.
- ઔધોગિક ક્ષેત્રે વપરાતાં તરલના વહન માટે ઉપયોગમાં લેવાતી પાઈપિંગ પ્રણાલીની (Piping System) સંરચના (Design) નક્કી કરવા માટે રેનોલ્ડ નંબર અતિ ઉપયોગી છે.
- વાતાવરણની હવાને પણ તરલ ગણી શકાય છે. આથી તેના માટે રેનોલ્ડ નંબરની ગણતરી કરી શકાય છે.

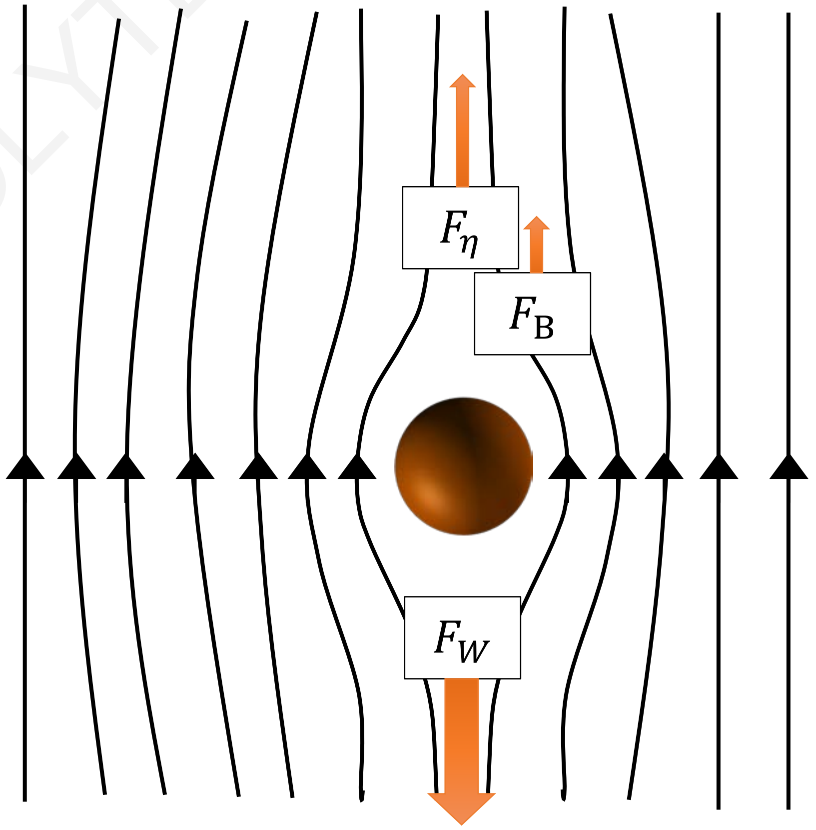
- વિન્ડ ટનલ ટેસ્ટિંગ (Wind Tunnel Testing) માં પદાર્થોની સપાટીઓના એરોડાયનામિક અભ્યાસ માટે તેનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.
- હવાઈ મુસાફરી માટે વપરાતાં હવાઈ જહાજ (Air craft) ની પાંખોનો (Wings) આકાર અને પ્રકાર નક્કી કરવા માટે રેનોલ્ડ નંબરની ગણતરી કરવામાં આવે છે.
- હવાઈ જહાજના પ્રાયોગિક મોડેલ (Experimental Model) અને તેના પૂર્ણ કદના મોડેલ વચ્ચે સમાનતા નક્કી કરવા માટે રેનોલ્ડ નંબર ઉપયોગી છે.
- તરલ યંત્રશાસ્ત્ર (Fluid Mechanics) માં પ્રવાહીઓના વહનની શ્રેણી (Scaling) નક્કી કરવા માટે તેનો ઉપયોગ થાય છે.
- બે પ્રવાહીઓના માટે તેમના વહનની ગતિશીલ સમાનતા નક્કી કરવા માટે રેનોલ્ડ નંબરનો ઉપયોગ થાય છે.
- બેક્ટેરિયા જેવા સૂક્ષ્મ જીવ પાણી અથવા કોષરસ જેવા પ્રવાહીમાં કેવી રીતે તરશે તેનું પ્રાયોગિક મોડેલ નક્કી કરવા માટે પણ રેનોલ્ડ નંબરનો ઉપયોગ થાય છે.

Que. 06. સ્ટોક્સનો નિયમ લખો અને ગોળાકાર પદાર્થનું તરલમાં થતું પતન સમજાવો તથા ટર્મિનલ વેગનું સૂત્ર લખી તેના દરેક પદ સમજાવો.

Ans: જ્યારે કોઈ ઘન પદાર્થ પ્રવાહીમાં મુકત પતન પામે છે ત્યારે તે પ્રવાહીના સ્નિગ્ધતા બળ દ્વારા ખેંચાણ અનુભવે છે.

(1) પેરાશુટ જમ્પર જ્યારે મુક્ત પતન પામતો હોય ત્યારે

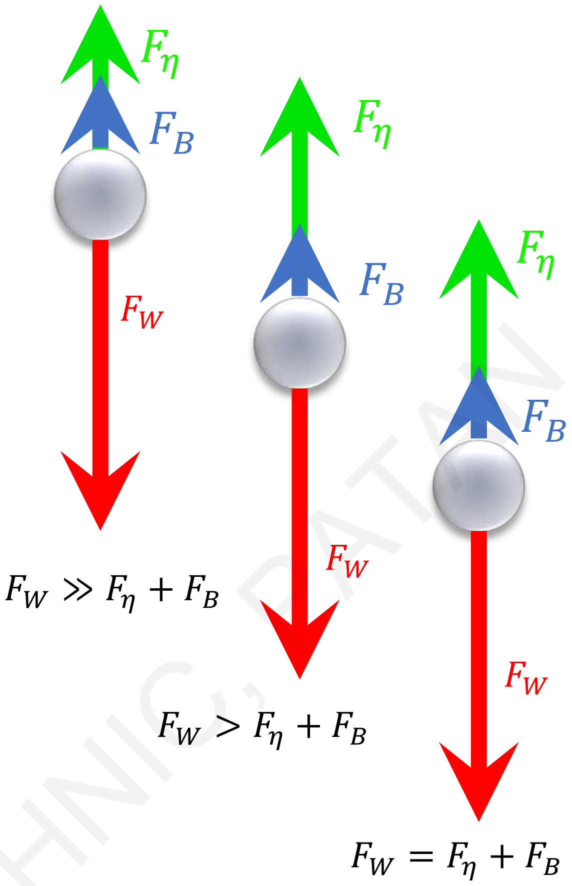
(2) શૂન્યાવકાશમાંથી અવકાશયાન જ્યારે વાતાવરણમાં દાખલ થાય ત્યારે



- પ્રવાહીમાં મુકત પતન પામતા ગોળાકાર

K.D. POLYTECHNIC, PATAN

પદાર્થ પર લાગતા બળનું સૂત્ર સૌપ્રથમ જ્યોર્જ ગેબ્રિયલ સ્ટોક્સ નામના વૈજ્ઞાનિકે ઈ.સ. 1851 માં આપ્યું હતું.



- જ્યારે ગોળાકાર પદાર્થ પ્રવાહીમાં મુક્ત પતન પામે છે ત્યારે પ્રવાહીના તરલને ખેંચે છે. આ ખેંચાણ કારણે પ્રવાહીના જુદાજુદા સ્તરો વચ્ચે સાપેક્ષ ગતિ થાય છે જેન પરિણામે સ્નિગ્ધતા બળ ઉત્પન થાય છે જે સ્નિગ્ધતા બળ પદાર્થની ગતિ આવરોધે છે.
- **નિયમ:** *જ્યારે η જેટલી સ્નિગ્ધતા ધરાવતા પ્રવાહી માધ્યામમાં υ જેટલા વેગથી ગતિ કરતા અને r ત્રિજ્યા ધરાવતા ગોળાકાર પદાર્થ પર લાગતું બળ*

$$F = 6\pi\,\eta\,r\,\upsilon$$

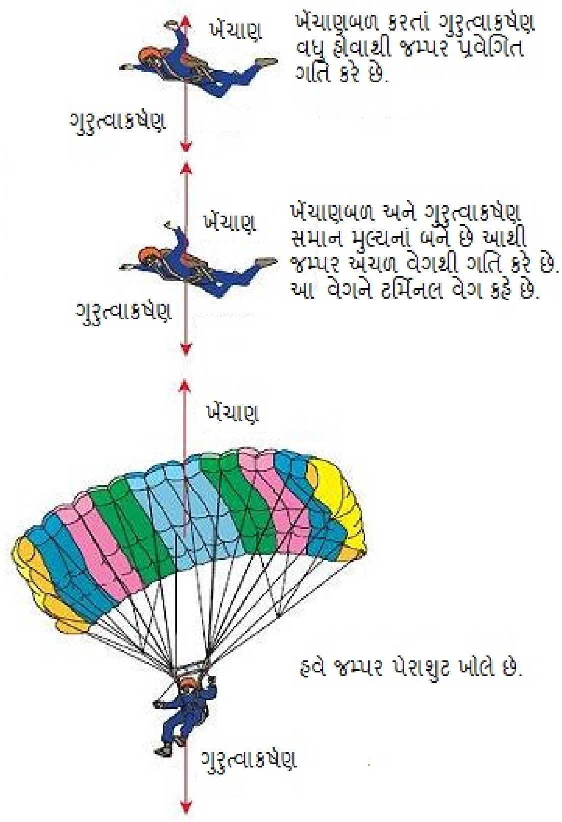
- જ્યારે ગોળાકાર પદાર્થ પ્રવાહીમાં મુક્ત પતન પામે છે ત્યારે તેના પર ત્રણ પ્રકારનાં બળો લાગે છે.

(1) F_W - ગુરુત્વાકર્ષણ - અધોદિશામાં

(2) F_η - પ્રવાહીનું સ્નિગ્ધતા બળ - ઉર્ધ્વદિશામાં

(3) F_B - પ્રવાહીનું ઉત્પ્લાવક બળ – ઉર્ધ્વદિશામાં

- ગોળાના મુકત પતનની શરૂઆતમાં $F_W > F_\eta + F_B$ હોય છે.
- પ્રવાહીમાં ગોળાના સતત પતન દરમિયાન પ્રાથમિક તબકકામાં ગુરુત્વાકર્ષણને કારણે ગોળાનો વેગ વધતો જાય છે.
- પદાર્થ પર લાગતું સ્નિગ્ધતા બળ ગોળાના વેગના સમપ્રમાણમાં હોવાથી સ્નિગ્ધતા



K.D. POLYTECHNIC, PATAN

બળનું મુલ્ય પણ વધતું જાય છે. એક સમયે ગોળાના ઉર્ધ્વદિશામાં લાગતા બળો અને અધોદિશામાં લાગતા બળો સમાન મુલ્યના થાય છે. આમ, $F_W = F_\eta + F_B$

- આમ ગોળા પર લાગતું કુલ બળ શુન્ય થાય છે. ન્યુટનના પ્રથમ નિયમ મુજબ પદાર્થ પર લાગતું બળ શુન્ય થાય ત્યારે તે પદાર્થ અચળ વેગથી ગતિ કરે છે.
- આમ ગોળા પર લાગતું કુલ બળ શુન્ય હોવાથી તે અચળ વેગથી ગતિ કરે છે. આ વેગને ટર્મિનલ વેગ કહે છે.
- **વ્યાખ્યા**: તરલ વહનમા મુક્ત પતન પામતા ગોળાકાર પદાર્થ પર લાગતા કુલ સમાસ બળ જ્યારે શૂન્ય થાય ત્યારે તે અચળ વેગથી ગતિ કરે છે આ વેગને ટર્મિનલ વેગ કહે છે.

$$v_t = \frac{2}{9}\frac{r^2(\rho - \sigma)g}{\eta}$$

જ્યાં r = ગોળાની ત્રિજ્યા

ρ = ગોળાની ઘનતા

σ = પ્રવાહીની ઘનતા

g = પૃથ્વીનો ગુરુત્વપ્રવેગ

η = પ્રવાહીની સ્નિગ્ધતા

Que. 07. સ્નિગ્ધતા(શ્યાનાતા)ના ઉપયોગો લખો.

Ans: સ્નિગ્ધતાના ઉપયોગો:

- સૌંદર્ય પ્રસાધનો (Cosmetics): સૌંદર્ય પ્રસાધનો જેવાં કે ફાઉન્ડેશન, લીપ ગ્લોસ, આઇ લાઇનર, મસ્કરા, નેઈલ પોલીશ વગેરેના ઉત્પાદકો ખાસ એ વાતનું ધ્યાન રાખે છે કે તે લગાવ્યા બાદ શરીરના ભાગો પર લાંબા સમય સુધી લાગેલું રહે. આ માટે તેઓ પ્રસાધનનાં ઉત્પાદનનાં અંતિમ તબક્કામાં તેમાં તેલ અને મીણને મિશ્ર કરે છે જ્યાં સુધી પ્રસાધન ઈચ્છિત સ્નિગ્ધતા ધરાવતું ન બને.

- બોડી શેમ્પુ (Body Shampoo): બોડી શેમ્પુની સ્નિગ્ધતા એવી રાખવામાં આવે છે જેથી તે જ્યાં સુધી શરીર પરનો મેલ સાફ ન થાય ત્યાં સુધી શરીર પર રહે.

K.D. POLYTECHNIC, PATAN

- Ointments: ઓઇમેન્ટની સ્નિગ્ધતા ઘણી વધારે હોવાથી cream ની માફક ચામડી દ્વારા શોષાતું નથી. તે શરીરનાં લગાવેલ ભાગ પર વધુ સમય સુધી રહે છે. આ ગુણધર્મને કારણે મેડીકલ ક્ષેત્રે તેનો બહોળો ઉપયોગ થાય છે.

- Food Industry: સ્નિગ્ધ ખોરાક સહેલાઇથી યોગ્ય આકાર આપી અને ફેલાવી શકાય છે અને બીજા પ્રકારના ખોરાક સાથે જોડી પણ શકાય છે. દાત. દહીં (Yogurt), માયોનીસ (Mayonnaise)

  સેન્ડવીચ બનાવતી વખતે બ્રેડનાં બે પડ વચ્ચે રહેલ સલાડ (salad) ને માયોનીસ સારી રીતે જોડી રાખે છે. જે કામ તેલ કરી શકતું નથી.

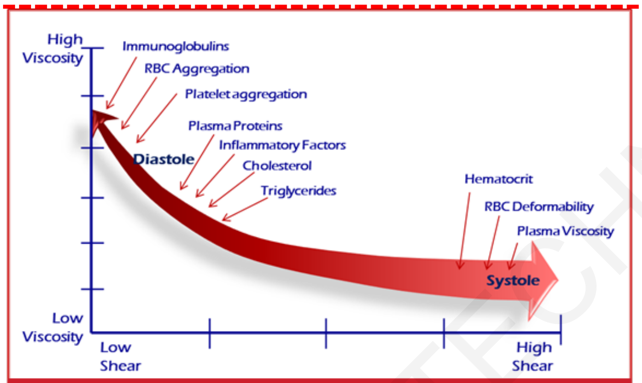
- પાસ્તા બનાવતી વખતે ઉમેરવામાં આવતી ક્રીમ પાસ્તા અને ટોપિંગને સારી રીતે જોડી રાખે છે. ક્રીમ અને માખણ (Butter) જ્યારે રાંધવામાં આવે છે ત્યારે તે વધુ સ્નિગ્ધ બને છે આથી તેને ઘણી રેસીપીના પાયા (Base) તરીકે ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે.

- અમુક પ્રકારની વાનગીઓ (પંજાબી) બનાવવા માટે તેમાં ગ્રેવી અનિવાર્ય છે, પરતું આ ગ્રેવી વધુ સ્નિગ્ધ બને ત્યાં સુધી તેને રાંધવામાં આવે છે. આમ તે તેમાં રહેલા અન્ય ઘટકો સાથે યોગ્ય રીતે જોડાય છે. જે અંતે વાનગીને લિજ્જતદાર બનાવે છે.

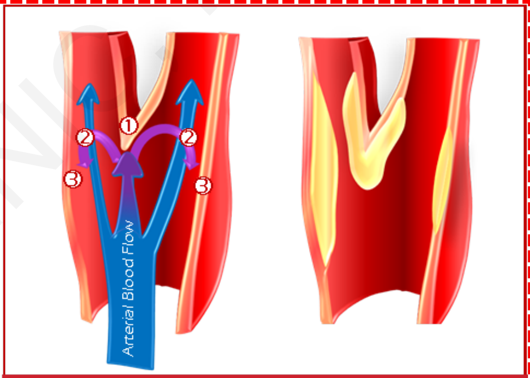
- Ice cream બનાવવા માટે દૂધ અનિવાર્ય છે, પરતું દૂધને ગરમ કરતાં તેની સ્નિગ્ધતા ઘટી જાય છે. આથી તેમાં સ્ટાર્ચ અથવા CNC Powder ઉમેરવામાં આવે છે આથી તે વધુ સ્નિગ્ધ બને છે. આમ તે ખાઈ શકાય તેટલા સમય સુધી તેનો આકાર અને સ્વરૂપ જાળવી રાખે છે.

- Tomato soup બનાવતી વખતે અંતે પાણીનું બાષ્પીકરણ થયા બાદ Soup ની સ્નિગ્ધતા વધે છે. વાયુના પરપોટા soup માં હોવાથી તેમાં નાના વિસ્ફોટ થાય છે. આ Mini Volcano વિસ્ફોટ દઝાડે તેવા હોય છે.

- Health Science: માણસ શરીર માટે લોહીની યોગ્ય સ્નિગ્ધતા ખુબ જ અગત્યની છે. વધુ સ્નિગ્ધતા



At systole, blood is flowing faster and is less viscous. At diastole, slower flowing blood is more viscous. Factors associated with cardiovascular disease impact blood viscosity at different points along the curve.

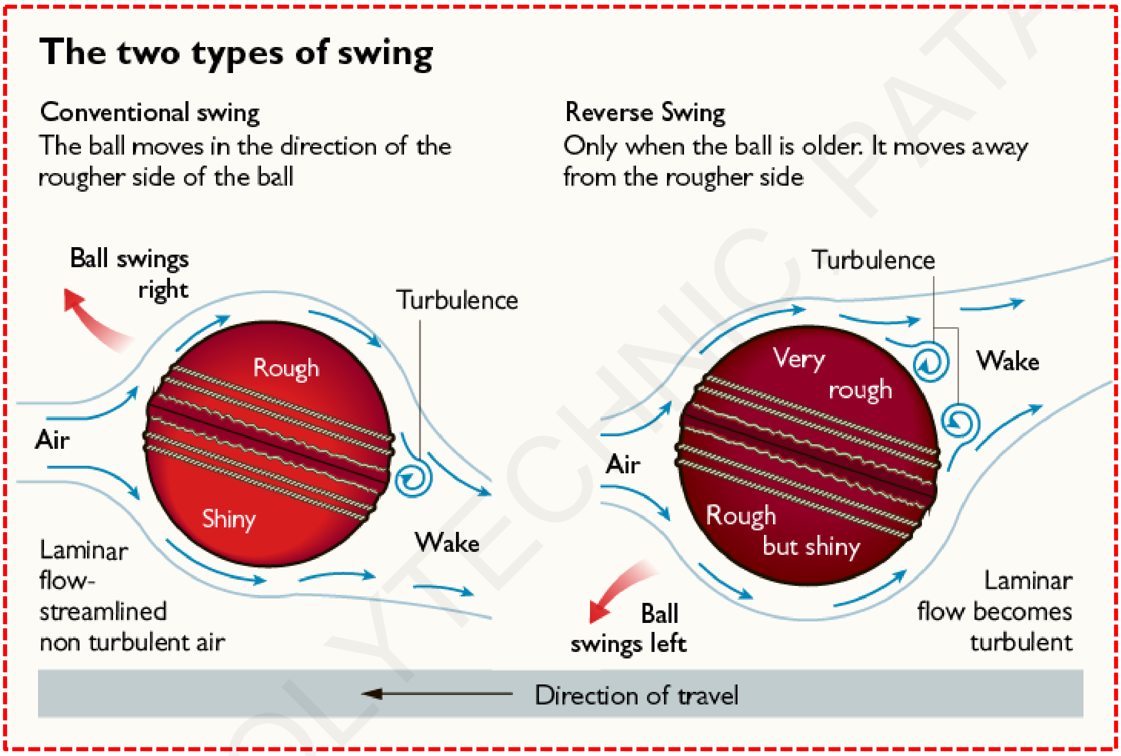


Abrasive, highly viscous blood damages the intima at a bifurcation point ❶, where turbulent flow ❷ causes further damage to lateral walls ❸. This initiates the atherosclerotic process resulting in plaque formation in these locations.

ધરાવતું રક્ત સામાન્ય રક્તની માફક પુરા શરીરમાં ઝડપથી વહી શકાતું નથી. આથી શરીરન કોષો, સ્નાયુઓ અને મગજને જરૂરી પોષકદ્રવ્યો અને ઓક્સીજન પુરતા પ્રમાણમાં મળતો નથી, જેથી ક્યારેક કોષો મૃત થાય છે.

દા.ત. અતિશય ઠંડા પાણીમાં પડેલા માણસનું રક્ત ઠંડીને કારણે વધુ સ્નિગ્ધ થાય છે. આ સ્થિતિ (Hypothermia) લાંબો સમય રહે વ્યક્તિનું મૃત્યું પણ થઇ શકે છે.

- Volcanology: જ્વાળામુખીના મેગ્માની સ્નિગ્ધતા પરથી જ્વાળામુખીનો વિસ્ફોટ કેટલો ભયાવહ હોઈ શકે તેની જાણકારી મેળવી શકાય છે.
- જ્યારે મેગ્માની સ્નિગ્ધતા ઓછી હોય ત્યારે જ્વાળામુખીના મુખમાંથી (Crater) ઓછા દબાણથી બહાર ફેંકાય છે અને તે સરળતાથી પહાડ પરથી વહેવા લાગે છે. દા.ત. હવાઈ ટાપુનો જ્વાળામુખી
- Sports: ક્રિકેટની રમતમાં બોલ બે પ્રકારે સ્વીંગ થઇ શકે છે. બોલની એક સપાટી ખરબચડી કરવામાં આવે છે જ્યારે બીજી બાજુની સપાટી લીસી હોય છે. હવામાંથી ગતિ કરતી વખતે ખરબચડી સપાટી પર ખેંચાણ (Turbulence) ઉત્પન થાય છે. જે બોલને ડાબે કે જમણે Swing આપે છે.



===========================

K.D. POLYTECHNIC PATAN