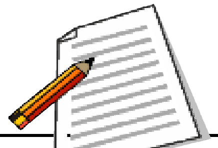


ଟିପ୍ପଣୀ

9

ପ୍ରବହପଦାର୍ଥର ଗୁଣଧର୍ମ

(PROPERTIES OF FLUIDS)

ଆନ୍ତଃ - ପାରମାଣବିକ ବଳମାନଙ୍କ ଯୋଗୁଁ ଘନ ବସ୍ତୁର ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ଆଚରଣ ଉପଲବ୍ଧ ହୁଏ ବୋଲି ତୁମେ ପୂର୍ବ ପାଠ୍ୟ ଅଧ୍ୟାୟରୁ ଜାଣିଛ । ଏହା ମଧ୍ୟ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଓ ଗ୍ୟାସ ପାଇଁ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ କି ? (ଉପଯୁକ୍ତ ଅବସ୍ଥାରେ ଏମାନେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବାରୁ, ଉଭୟଙ୍କୁ ସାଧାରଣ ଭାବେ ପ୍ରବହ କୁହାଯାଏ ।) ତୁମ ଅଞ୍ଚଳ / ରାଜ୍ୟ / ପ୍ରଦେଶରେ ତୁମେ କେବେ ନଦୀ ବନ୍ଧ ସ୍ଥଳୀକୁ ଯାଇଛ କି ? ଯଦି ଯାଇଥିବ, ଦେଖିବ ଯେ ଆମେ ଯେତେ ତଳକୁ ତଳକୁ ଯିବା, ବନ୍ଧର ମୋଟେଇ ସେଇ ଅନୁସାରେ ଅଧିକ ହୁଏ । ଏହାର ଅର୍ନ୍ତନିହିତ ଭୌତିକୀ ତତ୍ତ୍ୱ ସଂପର୍କରେ ଚିନ୍ତା କରିଛ କି ? ସେହିପରି ତୁମେ ବିଶ୍ୱାସ କରିବ କି ଯେ ଗୋଟିଏ ଜଳଗତୀୟ ମଞ୍ଚ (hydraulic platform) ଉପରେ ଠିଆ ହୋଇ ତୁମେ ଗୋଟିଏ କାର୍, ଟ୍ରକ୍, ବା ଏକ ହାତୀକୁ ମଧ୍ୟ ଟେକି ପାରିବ ? ଗାଡ଼ି ମରାମତି କାରଖାନାରେ ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ଜ୍ୟାକ୍ (gack) ସାହାଯ୍ୟରେ ମଞ୍ଚ ଉପରେ ଥିବା କାରକୁ କିପରି ଟେକାଯାଏ, ତୁମେ ଦେଖିଛ କି ? କେତେ ସହଜରେ ଏହାକୁ ଟେକାଯାଏ ? ତୁମେ ମଧ୍ୟ ଦେଖିଥିବ ଯେ ମଶାମାନେ ସ୍ଥିର ପାଣିରେ ବସି ପାରନ୍ତି କିମ୍ବା ତା' ଉପରେ ଚାଲି ପାରନ୍ତି, କିନ୍ତୁ ଆମେ ସେପରି କରି ପାରିବା ନାହିଁ । ଉତ୍ପ୍ଲାବନ (hydrostatic)ଚାପ, ପାସ୍କାଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଏବଂ ପୃଷ୍ଠତାନ ଭଳି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଧର୍ମ ଦ୍ୱାରା ଏହି ସମସ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣକୁ ତୁମେ ବୁଝାଇ ପାରିବ । ଏହି ପାଠରେ ତୁମେ ଏ ସଂପର୍କରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବ ।

ତୁମେ କେବେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିଛ ତୁମେ ପାଣି ଭିତର ତୁଳନାରେ ଭୂମି ଉପରେ ଶୀଘ୍ର ଚାଲି ପାରିବ ? ଯଦି ଦୁଇଟି କାହାଲୀରୁ ଜଳ ଓ ମହୁ ଅଲଗା ଢାଳିବ ତୁମେ ଦେଖିବ ଯେ ମହୁ ତୁଳନାରେ ଜଳ ସୁବିଧାରେ ବାହାରି ଯାଉଛି । ଏମାନଙ୍କର ପ୍ରବାହରେ ଏହି ପାର୍ଥକ୍ୟ ପ୍ରବହର କେଉଁ ଧର୍ମ ଯୋଗୁଁ ହୁଏ, ତାହା ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ପଢ଼ିବ ।

ତୁମେ ମଧ୍ୟ ଅନୁଭବ କରିଥିବ ଯେ ନରମ ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ୍ କିମ୍ବା ରବରର ପାଣିନଳୀର ମୁହଁକୁ ଚାପ ଦେଲେ ପାଣିର ଧାର ଅଧିକ ଦୂରରେ ପଡ଼େ । କ୍ରିକେଟ୍ ଖେଳାଳୀମାନେ ବଲ୍‌କୁ କିପରି ଘୁରାନ୍ତି, ଜାଣିଛ କି ? ଏକ ଉଡ଼ାଜାହାଜ କିପରି ଆକାଶକୁ ଉଠେ ? ଏହି ଚମତ୍କାର ପରିଘଟଣାମାନ ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ନିୟମ (Bernoulli's Principle) ସାହାଯ୍ୟରେ ବୁଝାଯାଇ ପାରିବ । ଏହି ପାଠ୍ୟ ଅଧ୍ୟାୟରେ ତୁମେ ଏହା ବିଷୟରେ ଜାଣିବ ।

ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ

ଏହି ପାଠର ଅଧ୍ୟୟନ ପରେ ତୁମେ:

- *ଏକ ତରଳ ବସ୍ତୁ ଭିତରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଗଭୀରତାରେ ଉଦ୍‌ସ୍ଥିତି (hydrostatic) ଚାପ ହିସାବ କରିପାରିବ;*
- *ପ୍ଲବତା ଓ ଆର୍କିମେଡ଼ିସଙ୍କ ନିୟମ ବୁଝାଇ ପାରିବ;*
- *ପାସ୍କାଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଉଲ୍ଲେଖ କରିପାରିବ ଏବଂ ଉଦ୍‌ସ୍ଥିତି ଚାପକ (Press), ଉଦ୍‌ସ୍ଥିତି ଲିଫ୍ଟ ଏବଂ ଉଦ୍‌ସ୍ଥିତି ବ୍ରେକ୍‌ର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବୁଝାଇ ପାରିବ;*
- *ପୃଷ୍ଠତାନ ଏବଂ ପୃଷ୍ଠଶକ୍ତି ବୁଝାଇ ପାରିବ;*
- *ଏକ କୈଶିକ ନଳୀରେ ଜଳର ଉତ୍ଥାନ ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କରିପାରିବ;*
- *ପ୍ରବହର ସାବଲୀଳ ଗତି ଏବଂ ଘୂର୍ଣ୍ଣିଗତି ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଜାଣି ପାରିବ;*

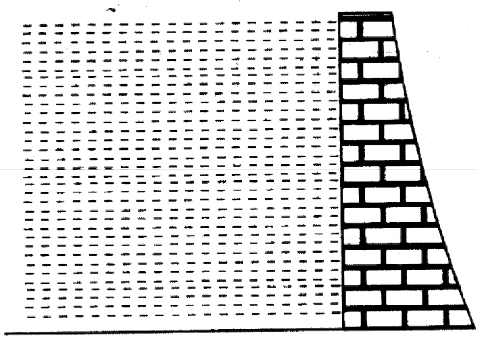
- *ଏକ ତରଳ ବସ୍ତୁର ପ୍ରବାହ ନିମିତ୍ତ ସଙ୍କଟ ପରିବେଗର ସଂଜ୍ଞା ଦେଇ ପାରିବ ଏବଂ ରେନଲଡ୍‌ଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ହିସାବ କରି ପାରିବ;*
- *ଶାନ୍ୟତା (viscosity) ଉଲ୍ଲେଖ କରି ପାରିବ ଏବଂ କେତେକ ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନର ଅଭିଜ୍ଞତାରେ ପ୍ରୟୋଗ କରି ପାରିବ ।*
- *ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ନିୟମ (Bernouilles Principle) ଉଲ୍ଲେଖ କରି ପାରିବ ଏବଂ କେତେକ ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନର ଅଭିଜ୍ଞତାରେ ପ୍ରୟୋଗ କରି ପାରିବ ।*

ଟିପ୍ପଣୀ

9.1 ଉଦ୍‌ସ୍ଥିତି (hydrostatic) ଚାପ

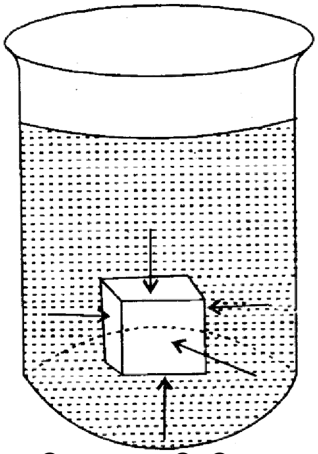
କାଗଜରେ ପିନ୍ (pin) ଫୋଡ଼ିଲାବେଳେ ତୁମେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିଥିବ ଯେ ଚଟକା ପିନ୍ ତୁଳନାରେ ଗୋଜିଆ ପିନ୍‌ରେ କାମ କରିବା ସହଜ । କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଅଧିକ ହେଲେ, ତୁମକୁ ଅଧିକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ହେବ । ତେଣୁ ଆମେ କହି ପାରିବା ଯେ, କ୍ଷେତ୍ରଫଳ କମ୍ ହେଲେ ସମାନ ବଳ ପାଇଁ ପ୍ରଭାବ ଅଧିକ ହୁଏ । ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପ୍ରତି ବଳର ଏହି ପ୍ରଭାବକୁ **ଚାପ** କୁହାଯାଏ ।

ଚିତ୍ର 9.1 କୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କର । ଏହା ଏକ ନଦୀବନ୍ଧର ପାର୍ଶ୍ଵକାନ୍ଥର ଆକୃତି ଦେଖାଉଛି । ଦେଖ, ତଳକୁ ଏହାର ମୋଟେଇ ଅଧିକ । ଘରେ କାନ୍ଥ ପାଇଁ ଆମେ ଏହିଭଳି ଆକୃତି ବ୍ୟବହାର କରୁ କି ? ନା, ଘରର କାନ୍ଥ ମୋଟେଇ ସବୁଠି ସମାନ ? କି ଭୌତିକୀ ଅଭିଲକ୍ଷଣ (characteristic) ଯୋଗୁଁ ଆମେ ଏ ଭଳି ପରିବର୍ତ୍ତନ କରୁ ତାହା ତୁମେ ଜାଣିଛ କି ?



ଚିତ୍ର 9.1 ଏକ ନଦୀବନ୍ଧର ପାର୍ଶ୍ଵକାନ୍ଥର ଗଠନ

ପୂର୍ବ ଅଧ୍ୟାୟର ପାଠ୍ୟରୁ ତୁମେ ମନେ ପକାଅ ଯେ ଏକ ବାହ୍ୟ ବଳ ଦ୍ଵାରା ବିରୂପଣ ହେଲେ ଘନ ବସ୍ତୁରେ ଅପରୂପଣ ପ୍ରତିବଳ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ, କାରଣ ଆନ୍ତଃ-ପାରମାଣବିକ ବଳର ପରିମାଣ ଅତ୍ୟଧିକ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରବହ ପଦାର୍ଥରେ ଅପରୂପଣ ପ୍ରତିବଳ ନାହିଁ ଏବଂ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ପ୍ରବହରେ ନିମଜ୍ଜିତ ହେଲେ, ପ୍ରବହ ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ବଳ ବସ୍ତୁର ପୃଷ୍ଠତଳ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ, ଚିତ୍ର 9.2 । ପାତ୍ରର କାନ୍ଥ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରବହ ମଧ୍ୟ ଚାପ ପ୍ରୟୋଗ କରେ ।

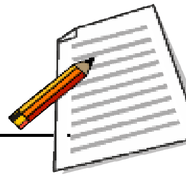


ଚିତ୍ର 9.2 ଏକ ନିମଜ୍ଜିତ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ପ୍ରବହ ଯୋଗୁଁ ବଳ

ଅଭିଲମ୍ବ ବଳ ବା ପ୍ରବହ ଦ୍ଵାରା ଏକକ ପୃଷ୍ଠକ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପ୍ରତି ପ୍ରଣୋଦ (thrust) କୁ ଚାପ କୁହାଯାଏ । ଏହାକୁ ଆମେ P ଦ୍ଵାରା ସୂଚାଉ :

$$P = \frac{\text{ପ୍ରଣୋଦ}}{\text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ}} \qquad (9.1)$$

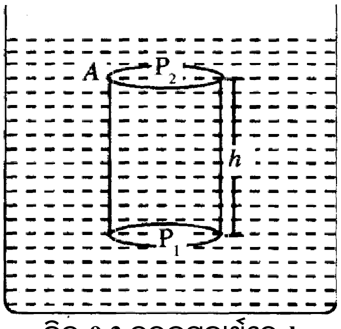
ସ୍ଥିରଥିବା ଏକ ପ୍ରବହ ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ଚାପକୁ ଉତ୍‌ପ୍ଲାବନ ବଳ କୁହାଯାଏ । ଚାପର SI ଏକକ Nm^{-2} ଏବଂ ଏହାକୁ ମଧ୍ୟ ଫ୍ରେଞ୍ଚ ବୈଜ୍ଞାନିକ ବ୍ଲାଇସ୍ ପାସ୍କାଲ୍ (Blais Pascal) ଙ୍କ ସମ୍ମାନରେ ପାସ୍କାଲ୍ (Pa) କୁହାଯାଏ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

9.1.1 ଗୋଟିଏ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଭିତରେ ଉଦ୍‌ସ୍ଥିତି ଚାପ

(Hydrostatic pressure at a point inside a liquid)



ଚିତ୍ର 9.3 ତରଳପଦାର୍ଥରେ h ଉଚ୍ଚତାର ଏକ କାଳ୍ପନିକ ସ୍ତମ୍ଭକ

ଚିତ୍ର 9.3 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି, ଏକ ପାତ୍ରରେ ଗୋଟିଏ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ନିଅ ଏବଂ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A ଓ ଉଚ୍ଚତା h ଥିବା ଏକ କାଳ୍ପନିକ ସମକୋଣୀ ବୃତ୍ତାକାର ସ୍ତମ୍ଭକ ବିଚାର କର । ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଯୋଗୁଁ ସ୍ତମ୍ଭକର ତଳ ପୃଷ୍ଠ ଓ ଉପର ପୃଷ୍ଠରେ ହେଉଥିବା ଚାପର ପରିମାଣ ଯଥାକ୍ରମେ P_1 ଓ P_2 ହେଉ । ତେଣୁ ସ୍ତମ୍ଭର ତଳପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଯୋଗୁଁ ହେଉଥିବା ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ବଳ P_1A ଏବଂ ଉପର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ନିମ୍ନମୁଖୀ ବଳ ହେଉଛି P_2A । ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ (net) ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ବଳର ପରିମାଣ ହେଉଛି $(P_1A - P_2A)$ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ସ୍ତମ୍ଭକରେ ଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ = ସାନ୍ଦ୍ରତା × ସ୍ତମ୍ଭକର ଆୟତନ

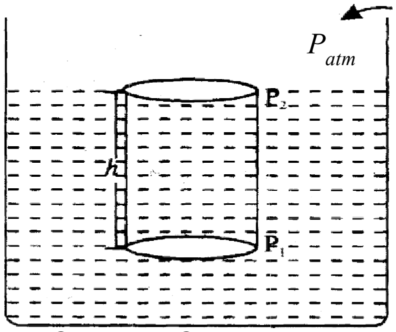
= $r.A.h.$ ଏଠାରେ r ହେଉଛି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା

\ ସ୍ତମ୍ଭକରେ ଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ = $r.g.h.A$

ଯେହେତୁ ସ୍ତମ୍ଭକଟି ସଂତୁଳନରେ ଅଛି, ଏହା ଉପରେ ମିଳିତ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ ନିଶ୍ଚୟ ଶୂନ୍ ହେବ । ତେଣୁ

$$P_1A - P_2A - r\,ghA = 0 \qquad (9.2)$$

Þ $P_1 - P_2 = r\,gh$



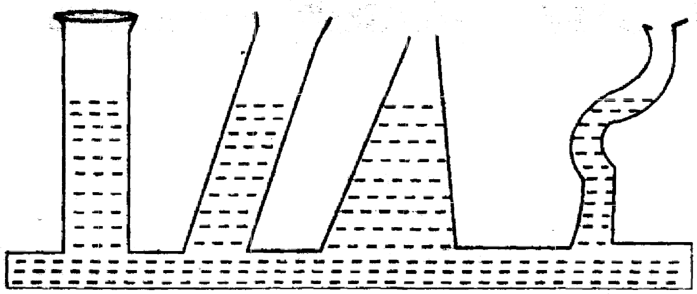
ଚିତ୍ର 9.4 ଗୋଟିଏ ପାଖ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଦେଶରେ ଥାଇ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ସିଲିଣ୍ଡର

ତେଣୁ, h ଉଚ୍ଚତାର ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସ୍ତମ୍ଭର ନିମ୍ନଭାଗରେ ଚାପ P ହେଉଛି

$$P = r\,gh$$

ଅତଏବ, ଗୋଟିଏ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଯୋଗୁଁ ଉତ୍‌ପ୍ଳାବନ ବଳର ଗଭୀରତା ସହିତ ରୈଖିକ ଭାବରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ଏହି କାରଣରୁ ନଦୀ ବନ୍ଧର କାନ୍ଥର ମୋଟେଇ ବନ୍ଧର ଗଭୀରତା ବୃଦ୍ଧି ସହିତ ଅଧିକ କରିବାକୁ ହୁଏ ।

ଚିତ୍ର (9.4) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇ ଥିବା ଭଳି ସିଲିଣ୍ଡର୍‌ର ଉପର ପାଖ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଖୋଲା ପୃଷ୍ଠତଳରେ ରହିଛି ବୋଲି ଧରିଲେ, P_2 ଜାଗାରେ ରହିବ P_{atm} (ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପ) । ଆମେ ଯଦି P_1 ଜାଗାରେ P ଲେଖିବା, ତେବେ ପୃଷ୍ଠଦେଶରୁ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଗଭୀରତାରେ ପରମ (absolute) ଚାପ ହେବ ।



ଚିତ୍ର 9.5 ପାତ୍ରର ଆକୃତି ଉପରେ ଚାପ ନିର୍ଭରକରେ ନାହିଁ ।

$P - P_{atm} = \rho g h$

$P = P_{atm} + \rho g h$ (9.3)

ଲକ୍ଷ୍ୟକର, ସମୀକରଣ (9.3) ରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ବ୍ୟଞ୍ଜକରେ ସିଲିଣ୍ଡର୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଥିବା କୌଣସି ପଦ ନାହିଁ । ଏହାର ଅର୍ଥ, ପାତ୍ରର ଆକୃତି ଯାହା ହେଲେ ବି ଗୋଟିଏ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଗଭୀରତାରେ ଚାପ ସମାନ ।

ଉଦାହାରଣ 9.1 : ଏକ ମିଟର ମୋଟେଇର ଏକ ସିମେଣ୍ଟ କାନ୍ଥ 10^5 Nm^{-2} ପାର୍ଶ୍ୱ ଚାପ ସମ୍ଭାଳି ପାରେ । 100 ମିଟର ଗଭୀରତାରେ ଏକ ଜଳ-ବନ୍ଧରେ ପାର୍ଶ୍ୱକାନ୍ଥର ମୋଟେଇ କେତେ ହେବ ?

ଜଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା = 10^3 kg m^{-3} ଏବଂ $g = 9.8$ ms^{-2} ।

ସମାଧାନ : ବନ୍ଧର ସର୍ବନିମ୍ନ ଜଳରେ ପାର୍ଶ୍ୱକାନ୍ଥ ଉପରେ ଚାପ

$P = h \rho g$

$= 100 \times 10^3 \times 9.8$

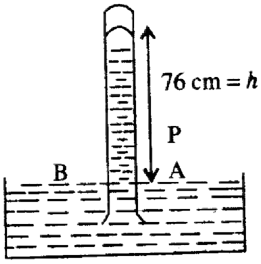
$= 9.8 \times 10^5 \, Nm^{-2}$

$9.8 \times 10^5 \, Nm^{-2}$ ଚାପ ସମ୍ଭାଳିବାକୁ କାନ୍ଥର ମୋଟେଇ କେତେ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ, ତାହା ଏକକ ପଦ୍ଧତି ପ୍ରୟୋଗ କରି ହିସାବ କରି ହେବ । ଅତଏବ କାନ୍ଥର ମୋଟେଇ

$t = \frac{9.8 \times 10^5}{10^5} \frac{Nm^{-2}}{Nm^{-2}} = 9.8$ ମିଟର ।

9.1.2 ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପ (Atmospheric Pressure)

ଆମେ ଜାଣିଛୁ ପୃଥିବୀକୁ ଘେରି ରହିଛି ପ୍ରାୟ 200 କି.ମି. ଉଚ୍ଚତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ । ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟ ଚାପକୁ ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପ କୁହାଯାଏ । ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପ ଯୋଗୁଁ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିବାକୁ ଜର୍ମାନ ବୈଜ୍ଞାନିକ O.V.Guericke ଗୋଟିଏ ପରୀକ୍ଷା କଲେ । ସେ ତମ୍ବାରୁ ତିଆରି 20 ଇଞ୍ଚ ବ୍ୟାସର ଦୁଇଟି ଫାଙ୍କା ଅର୍ଦ୍ଧଗୋଲକ ନେଲେ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କୁ ଦୃଢ଼ ଭାବରେ ଯୋଡ଼ି ଦେଲେ । ଭିତରେ ବାୟୁଥିବା ଅବସ୍ଥାରେ ଏମାନଙ୍କୁ ସୁବିଧାରେ ଅଲଗା କରି ହେବ । ଏକ ବାୟୁ ପମ୍ପ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଏମାନଙ୍କ ଭିତରେ ଥିବା ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ କଲେ, ଦୁଇ ଅର୍ଦ୍ଧଗୋଲକୁ ଅଲଗା କରିବାକୁ ଆଠଟି ଘୋଡ଼ା ସାହାଯ୍ୟରେ ଟାଣିବାକୁ ହେଲା ।



ଚିତ୍ର 9.6 : ଟରିସେଲିଙ୍କ ବାରୋମିଟର

ଉଦସ୍ଥିତି ଚାପ ନିମିତ୍ତ ସୂତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରି ଟରିସେଲି (Toricelli) ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପର ପରିମାଣ ନିରୂପଣ କଲେ ।

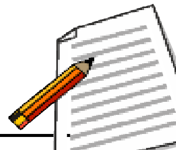
ସେ ପ୍ରାୟ 1 ମି. ଲମ୍ବା ନଳୀରେ 13,600 kg m^{-3} ସାନ୍ଦ୍ରତାର ପାରଦ ଭର୍ତ୍ତି କଲେ ଏବଂ ଚିତ୍ର 9.6 ଦର୍ଶାଇଲା ଭଳି ଏକ ପାରଦ ପାତ୍ରରେ ସିଧା ଓଲଟେଇ ରଖିଲେ । ସେ ଦେଖିଲେ ଯେ ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ 76 ସେ.ମିର ଏକ ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭ ନଳୀରେ ଭର୍ତ୍ତି ହୋଇ ରହିବ ।

ସଂତୁଳନ ଅବସ୍ଥାରେ, ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପ ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭ ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ଚାପ ସହିତ ସମାନ । ତେଣୁ,

$P_{atm} = h \rho g = 0.76 \times 13600 \times 9.8 \, Nm^{-2}$

$= 1.01 \times 10^5 \, Nm^{-2}$

$= 1.01 \times 10^5 \, Pa$



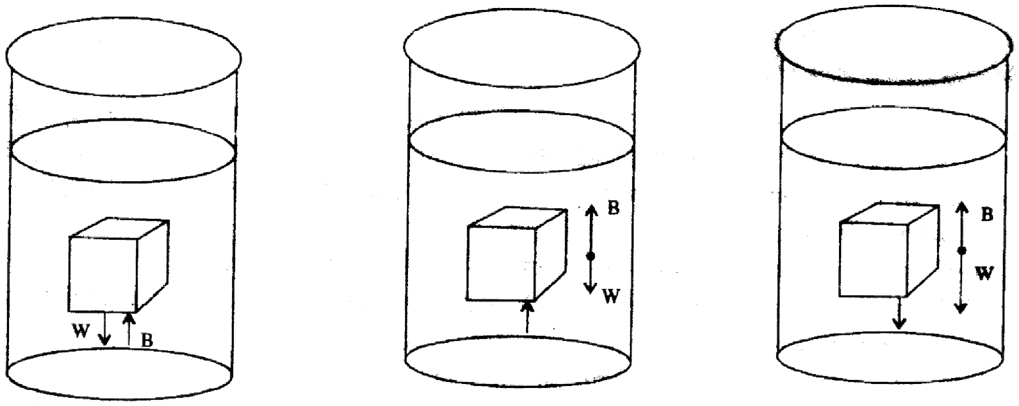
ଟିପ୍ପଣୀ

9.2 ପ୍ଲବତା (Buoyancy)

ଏହା ଏକ ସାଧାରଣ ଅଭିଜ୍ଞତା ଯେ ପାଣି ଭିତରେ ଏକ ବସ୍ତୁ ଉଠାଇବା ସେହି ବସ୍ତୁକୁ ବାୟୁରେ ଉଠାଇବା ଠାରୁ ସହଜ । ବସ୍ତୁମାନଙ୍କ ଉପରେ ପ୍ରବହମାନଙ୍କ ଯୋଗୁଁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ବଳମାନଙ୍କର ପାର୍ଥକ୍ୟ ଯୋଗୁଁ ଏହା ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରବହରେ ନିମଜ୍ଜିତ ଏକ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଯେଉଁ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ, ତାହାକୁ ଉତ୍ପ୍ଲାବକ ବଳ କୁହାଯାଏ । ପ୍ରବହରେ ନିମଜ୍ଜିତ ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଉତ୍ପ୍ଲାବକ ବଳର ପ୍ରକୃତି ଆର୍କିମେଡ଼ିସ୍ (Archimedes) ଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଥିଲା ।

ତାଙ୍କର ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣକୁ ଭିତ୍ତି କରି ସେ ଏକ ସୂତ୍ର ପ୍ରତିପାଦନ କଲେ, ଯାହାକୁ କି ବର୍ତ୍ତମାନ ଆର୍କିମେଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ କୁହାଯାଏ । ଏହା ଅନୁସାରେ, **ଯଦି ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଆଂଶିକ ହେଉ ବା ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ହେଉ ଏକ ପ୍ରବହ ମଧ୍ୟରେ ନିମଜ୍ଜିତ ରହେ, ତେବେ ଏହା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳର ପରିମାଣ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ବିସ୍ଥାପିତ ପ୍ରବହର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ ।**

ଉଦ୍‌ସ୍ଥିତି ବଳ ପ୍ରଭାବରେ ଏକ ବସ୍ତୁର ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥା ଚିତ୍ର 9.7 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।

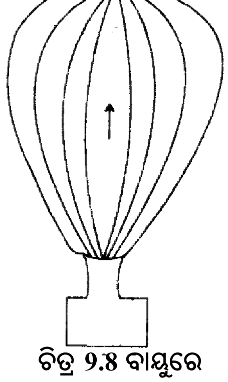


ଚିତ୍ର 9.7 : (a) ସଂତୁଳିତ ଅବସ୍ଥାରେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଉତ୍ପ୍ଲାବକ ବଳ B ର ମୂଲ୍ୟ ଏହାର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ । (b) ପ୍ରବହ ଠାରୁ କମ୍ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଥିବା ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ନିମଜ୍ଜିତ ଏକ ବସ୍ତୁ ଉପଲବ୍ଧ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ବଳ ଅନୁଭବ କରେ । (c) ପ୍ରବହ ଠାରୁ ଅଧିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଥିବା ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ନିମଜ୍ଜିତ ଏକ ବସ୍ତୁ ବୁଡ଼ିଯାଏ ।

ଉଦ୍‌ସ୍ଥିତି ବଳର ଆଉ ଏକ ଉଦାହରଣ ମିଳେ ଚିତ୍ର ୨.୫ ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଗରମ ବାୟୁ ବେଲୁନ୍‌ର ଗତିରୁ । ଯେହେତୁ ଗରମ ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଶୀତଳ ବାୟୁ ଠାରୁ କମ୍, ବେଲୁନ୍ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ବଳ ଯୋଗୁଁ ଏହା ଉଡ଼େ ।

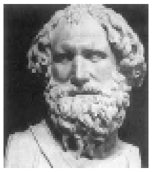
ଭାସମାନ ବସ୍ତୁ (Floating objects)

ଜଳପୃଷ୍ଠରେ ଭାସୁଥିବା କାଠ ଖଣ୍ଡି ତୁମେ ନିଶ୍ଚୟ ଦେଖିଥିବ । ସଂତୁଳିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଥିଲା ବେଳେ ଏହା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳମାନଙ୍କୁ ତୁମେ ଚିହ୍ନାଇ ପାରିବ କି ? ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ, ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ବଳ ହେଉଛି ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ, ଯାହାକି ତା'କୁ ତଳକୁ ଟାଣେ । କିନ୍ତୁ, ବିସ୍ଥାପିତ ଜଳ ଯୋଗୁଁ ସୃଷ୍ଟ ଉତ୍ପ୍ଲାବକ ବଳ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ । ସଂତୁଳିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଏହି ବଳମାନ ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରତିହତ କରିନ୍ତି ଏବଂ ବସ୍ତୁଟି ଜଳରେ ଭାସେ । ଏହାର ଅର୍ଥ, ଏକ ଭାସମାନ ବସ୍ତୁ ନିଜର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ ଓଜନର ପ୍ରବହକୁ ବିସ୍ଥାପିତ କରେ ।



ଚିତ୍ର 9.8 ବାୟୁରେ ଭାସମାନ ଗରମ ବାୟୁ ଭର୍ତ୍ତି ବେଲୁନ୍

ଆର୍କିମେଡ଼ିସ୍ (Archimedes) (287-212 BC)



ଜଣେ ଗ୍ରୀକ୍ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନୀ, ଇଂଜିନିୟର୍ ଓ ଗଣିତଜ୍ଞ ବୋଧହୁଏ ତାଙ୍କ ସମୟର ସର୍ବଶ୍ରେଷ୍ଠ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଥିଲେ । ବସ୍ତୁମାନଙ୍କ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଉତ୍ପ୍ଲାବକ ବଳର ଧର୍ମ ଆବିଷ୍କାର ପାଇଁ ସେ ବିଖ୍ୟାତ । ଆର୍କିମେଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କ ସ୍କ୍ରୁ ଏବେ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ପ୍ରଥମେ ଜାହାଜ ସନ୍ଧିରୁ ଜଳ ଉତ୍ତୋଳନ ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଟି ଏକ ଆନତ ଘୂର୍ଣ୍ଣନକ୍ଷମ କୁଣ୍ଡଳାକାର ନଳୀ । ସେ ମଧ୍ୟ 'କାଟାପୁଲ୍ଟ'(catapult) ଉଦ୍ଭାବନ କରିଥିଲେ ଏବଂ ଲିଭର (lever) ଓ ପୁଲି (pulley) ଇତ୍ୟାଦି ତିଆରି କରିଥିଲେ ।

ଥରେ ଆର୍କିମେଡ଼ିସ୍‌ଙ୍କୁ ନିଜ ସହର ସିରାକ୍ୟୁସ୍ (Syracuse)ର ରାଜା ହେରନ୍ (Hieron) ତାଙ୍କ ମୁକୁଟଟି ଖାଣ୍ଟି ସୁନାରେ ତିଆରି ହୋଇଛି କି ଏଥିରେ କିଛି ଅନ୍ୟ ଧାତୁ ସହିତ ଅପମିଶ୍ରିତ ହୋଇଛି ମୁକୁଟର କୌଣସି କ୍ଷତି ନ କରି ଜାଣିବାକୁ ଚାହିଁଲେ । ସ୍ନାନ କଲାବେଳେ ତାଙ୍କର ହାତ ଓ ଗୋଡ଼ମାନ ଜଳରେ ବୁଡ଼ିବା ଯୋଗୁଁ ନିଜ ଓଜନର ଆଂଶିକ ହ୍ରାସରୁ ସେ ଏ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ପାଇଲେ । ତାଙ୍କର ଆବିଷ୍କାରରେ ସେ ଏତେ ବିହ୍ୱଳିତ ହୋଇଗଲେ ଯେ ରାଜପଥରେ ନଗ୍ନାବସ୍ଥାରେ "ଇଉରେକା, ଇଉରେକା, ଅର୍ଥାତ୍ ମୁଁ ପାଇଗଲି ଚିତ୍କାର କରି ଦଉଡ଼ିଲେ ।

9.3 ପାସ୍କାଲଙ୍କ ନିୟମ (Pascals Law)

ତୁମେ ବସ୍‌ରେ ଯାତ୍ରା କଲାବେଳେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିଥିବ ଯେ ଡ୍ରାଇଭର୍ ନିଜ ପାଦ ଦ୍ୱାରା ବ୍ରେକ୍ (brake)ରେ ସାମାନ୍ୟ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ବସ୍‌କୁ ଅଟକାଇ ଦିଏ । ତୁମେ ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ଜ୍ୟାକ୍ (hydraulic jack) ବା ଲିଫ୍ଟ ଦେଖିଛ କି ଯାହା ସାହାଯ୍ୟରେ କାର୍ ବା ଟ୍ରକ୍‌କୁ ଇପ୍ସିତ ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠାଯାଇ ପାରେ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ତୁମେ ଏକ ମଟର ମରାମତି କାରଖାନା ଯାଇପାର । ତୁଳା ଗାଣ୍ଠି (cotton bale)କୁ ଏହି ପଦ୍ଧତିରେ ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ପ୍ରେସ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଗଣ୍ଠିଲି (pack) କରାଯାଏ ।

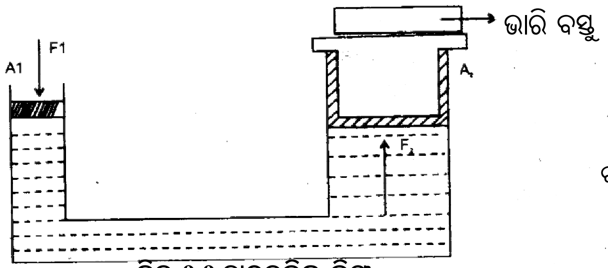
ଏହି ଯନ୍ତ୍ରମାନ ପାସ୍କାଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଉପରେ ପର୍ଯ୍ୟବେସିତ । ପାସ୍କାଲ୍ ନିୟମ ହେଉଛି, **ଏକ ଆବଦ୍ଧ ତରଳ ବସ୍ତୁ କୌଣସି ଅଂଶରେ ଯଦି ଚାପ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ, ତେବେ ତାହା ହ୍ରାସ ନ ପାଇ ତରଳ ବସ୍ତୁର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁ ଓ ପାତ୍ରର ପୃଷ୍ଠକୁ ସଂଞ୍ଚରିତ ହୁଏ । ଏହି ନିୟମକୁ ମଧ୍ୟ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଚାପ ପ୍ରସାରଣ ନିୟମ କୁହାଯାଏ ।**

9.3.1 ପାସ୍କାଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ (Application of Pascal's Law)

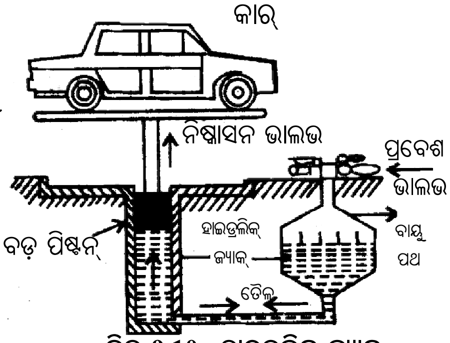
(କ) ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ପ୍ରେସ୍ / ତରାଜୁ / ଜ୍ୟାକ୍ / ଲିଫ୍ଟ

ପାସ୍କାଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଉପରେ ଭିତ୍ତି କରିଥିବା ଏହା ଏକ ସରଳ ଯନ୍ତ୍ର ଏବଂ ଅଳ୍ପ ବଳ ପ୍ରୟୋଗରେ ଓଜନିଆ ବସ୍ତୁକୁ ଉଠାଇବାରେ ଏହା ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଚିତ୍ର 9.9 ରେ ଏହାର ମୌଳିକ ଗଠନ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । A_1 କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଛୋଟ ପିଷ୍ଟନ୍ (piston) ଉପରେ ଏକ ବଳ F_1 ପ୍ରୟୋଗ ହେଉ । ଅନ୍ୟପାର୍ଶ୍ୱରେ, ଅଧିକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A_2 ବିଶିଷ୍ଟ ପିଷ୍ଟନ୍ ଏକ ମଞ୍ଚକୁ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି ଯାହା ଉପରେ କି ଓଜନିଆ ବସ୍ତୁ ରଖାଯାଇ ପାରିବ । ପିଷ୍ଟନ୍ ଦ୍ୱୟଙ୍କ ମଝିରେ ଭର୍ତ୍ତି ହୋଇଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଦେଇ ଛୋଟ ପିଷ୍ଟନ୍ ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ଚାପ ବଡ଼ ପିଷ୍ଟନ୍‌କୁ ସଞ୍ଚରିତ ହୁଏ । ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଚାପ ସମାନ ଥିବାରୁ,

ଛୋଟ ପିଷ୍ଟନ୍‌ରେ ଚାପ, $P = \dfrac{\text{ବଳ}}{\text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ}} = \dfrac{F_1}{A_1}$



ଚିତ୍ର 9.9 ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ଲିଫ୍ଟ



ଚିତ୍ର 9.10 : ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ଜ୍ୟାକ୍

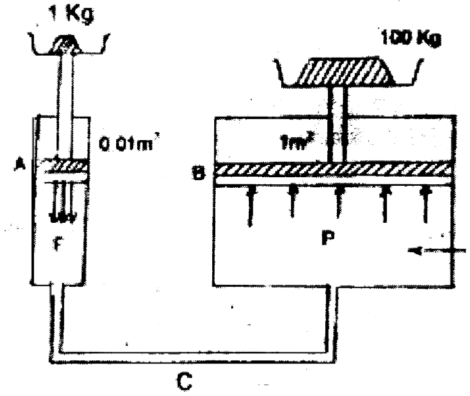
ପାସ୍କାଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମାନୁସାରେ, ସେହି ଚାପ A_2 କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ ବଡ଼ ନଳୀକୁ ସଞ୍ଚରିତ ହୁଏ । ତେଣୁ ବଡ଼ ପିଷ୍ଟନ୍‌ରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ ହେଉଛି,

$$F_2 = \text{ଚାପ} \times \text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ} = \frac{F_1}{A_1} \times A_2 \qquad (9.4)$$

ସମୀକରଣ (9.4) ରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ $F_2 > F_1$ । ଏହି ବୃଦ୍ଧିର ପରିମାଣ $(\frac{A_2}{A_1})$ ଅନୁପାତ ସହିତ ସମାନ । ସାମାନ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି, ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ପ୍ରେସ୍, ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ନିକିତି, ଏବଂ ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ଜ୍ୟାକ୍ ଇତ୍ୟାଦିରେ ମଧ୍ୟ ଏକାଭଳି ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଏ ।

(b) ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ଜ୍ୟାକ୍ କିମ୍ବା କାର୍ ଉତ୍ତୋଳକ (Hydraulic Jack or Car lifts)

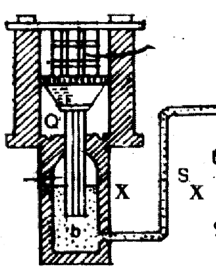
ମୋଟର ଗାଡ଼ି ମରାମତି କାରଖାନାରେ ତୁମେ ଦେଖିଥିବ ଯେ କାର୍, ବସ୍ ଓ ଟ୍ରକ୍‌ମାନ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉଚ୍ଚତାକୁ ଉଠାଯାଏ ଯେପରିକି ସେମାନଙ୍କ ତଳେ ଜଣେ ମିସ୍ତ୍ରୀ କାମ କରିପାରିବ ଚିତ୍ର 9.10 । ଚାପ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଏହା କରାଯାଏ । ଏହି ଚାପ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଅଧିକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ ପୃଷ୍ଠକୁ ସଞ୍ଚରିତ ହୋଇ କାର୍‌କୁ ଉଠାଇବା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବଳ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ।



ଚିତ୍ର 9.11 (a) :
ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ପ୍ରେସ୍

(c) ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ବ୍ରେକ୍ (Hydraulic Brakes)

ବସ୍ ବା କାର୍‌ରେ ଯାତ୍ରା କଲାବେଳେ ଡ୍ରାଇଭର୍ କିପରି ନିଜର ପାଦରେ ବ୍ରେକ୍ ପେଡ଼ାଲ୍ ଉପରେ ସାମାନ୍ୟ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଗାଡ଼ି ଅଟକାଏ, ଆମେ ଦେଖୁଛୁ । ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ଚାପ ବ୍ରେକ୍ ତୈଳ ଦେଇ ଅନୁଗତ (slave) ନଳୀମାନଙ୍କୁ ସଞ୍ଚରିତ ହୁଏ ଯେଉଁମାନେ କି ତା' ପରେ ଚାରିଟି ଯାକ ଚକର ବ୍ରେକ୍ ଶୁ (break shoes) ମାନଙ୍କୁ ବ୍ରେକ୍ ଡ୍ରମ୍ (break drum) ଉପରେ ଏକା ସମୟରେ ଚାପନ୍ତି । ଚକାଗୁଡ଼ିକ ଏକା ସମୟରେ ଘୂରିବା ବନ୍ଦ କରନ୍ତି ଏବଂ ଗାଡ଼ି ଗଡ଼ିବା ତୁରନ୍ତ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ ।



X **ଚିତ୍ର 9.11 (b)**
ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ପ୍ରେସ୍

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 9.1

1. ବରଫରେ ସ୍କି (ski) କରିବାକୁ ବ୍ୟବହୃତ ଜୋତାର ଆକାର କାହିଁକି ବଡ଼ ହୋଇଥାଏ ?

....

2. 1500 ମିଟର ଗଭୀର ଏକ ସମୁଦ୍ରରେ ନିମ୍ନତମ ଅଂଶରେ ଚାପ, ହିସାବ କର । ଜଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା 1.024×10^3 kg m^{-3}, ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପ = 1.01×10^5 *Pa* ଏବଂ $g = 9.80$ ms^{-2} ନିଅ ।

....

3. ଏକ ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ଲିଫ୍ଟର 10 m² କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ବୃହତ୍ ପିଷ୍ଟନ୍ ଉପରେ 1500 kg f ର ଏକ ହାତୀ ଠିଆ ହୋଇଛି । 0.05m² କ୍ଷେତ୍ରଫଳର କ୍ଷୁଦ୍ର ପିଷ୍ଟନ୍ ଉପରେ 25 kg wt ପିଲାଟିଏ ହାତୀକୁ ସଂତୁଳିତ ବା ଉତ୍ତୋଳିତ କରି ପାରିବ କି ?..

4. ଯଦି ଏକ ସରୁ ଛୁଞ୍ଚିରେ ତୁମ ଚର୍ମ ଉପରେ ଚାପ ଦିଆଯାଏ, ତେବେ ତୁମକୁ କଷ୍ଟ ହୁଏ କିନ୍ତୁ ଯଦି ସେହି ପରିମାଣର ବଳ ତୁମ ଚର୍ମ ଉପରେ ଏକ ଦଣ୍ଡ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରୟୋଗ ହୁଏ, ହୁଏତ କିଛି କଷ୍ଟ ନ ହୋଇପାରେ କାହିଁକି ?

....

5. ଏକ ବୃହତ୍ ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ଲିଫ୍ଟର $0.1 m^2$ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ କ୍ଷୁଦ୍ରତର ପିଷ୍ଟନ୍ ଉପରେ ଏକ 50 kg f ର ବସ୍ତୁ ରଖାଯାଇଛି । ଏହି ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ଲିଫ୍ଟର $10 m^2$ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ ବୃହତ୍ତର ପିଷ୍ଟନ୍ ଉପରେ ସର୍ବୋଚ୍ଚ କେତେ ଭାରକୁ ସଂତୁଳନ କରାଯାଇ ପାରିବ ?

....

9.4 ପୃଷ୍ଠତାନ (Surface Tension)

ସାଧାରଣ ଅଭିଜ୍ଞତାରୁ ଆମେ ଜାଣିଛୁ ଯେ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବଳ ନ ଥିଲେ, ତରଳ ପଦାର୍ଥର ବୁନ୍ଦାମାନ ସର୍ବଦା ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର । ତୁମେ ଯଦି ଅଳ୍ପ ଉଚ୍ଚତାରୁ କିଛି ପାରଦ ତଳକୁ ପକାଇବ, ତେବେ ତାହା ଛୋଟ ଗୋଲାକାର ବୁନ୍ଦା ହୋଇଯିବ । ପାଣି ନଳୀ ବା ସ୍ନାନ ଝର (bath shower) ତଳକୁ ପଡୁଥିବା ଜଳ ଟୋପାମାନ ମଧ୍ୟ ଗୋଲକାକୃତି । କାହିଁକି ଏହା ହୁଏ ତୁମେ ଜାଣିଛ କି ? ପିଲାଦିନେ ସାବୁନ୍ ଫୋଟକା ଖେଳରେ ତୁମେ ମଜ୍ଜା ପାଇଥିବ । କିନ୍ତୁ ତୁମେ ଖାଲି ପାଣିରୁ ଏତେ ସହଜରେ ଫୋଟକା କରି ପାରିବ ନାହିଁ । ଏହି ସମସ୍ତ ପରିଘଟଣା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଏକ ବିଶେଷ ଧର୍ମ ଯୋଗୁଁ ହୁଏ ଯାହାକୁ ଆମେ **ପୃଷ୍ଠତାନ** କହୁ । ଏହାକୁ ବୁଝିବାକୁ, ଆମେ ଚାହୁଁଛୁ ତୁମେ ନିମ୍ନଲିଖିତ କାର୍ଯ୍ୟ ଗୁଡ଼ିକ କର ।

ତୁମ ପାଇଁ କାମ 9.1

1. ସାବୁନ୍ ଦ୍ରବଣଟିଏ ତିଆରି କର ।

2. ଏଥିରେ ଅଳ୍ପ ପରିମାଣର ଗ୍ଲିସରିନ୍ ମିଶାଅ ।

3. ଗୋଟିଏ ସରୁ କଠିନ ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ୍ ବା କାଚ ନଳୀ ନିଅ । ଏହାର ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ସାବୁନ୍ ଦ୍ରବଣରେ ବୁଡ଼ାଅ ଯେପରି କି କିଛି ଦ୍ରବଣ ଏହା ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରିବ ।

4. ଏହାକୁ ବାହାରକୁ ନିଅ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ପଟୁ ପାଟିରେ ପବନ ଫୁଙ୍କ ।

5. ବଡ଼ ସାବୁନ୍ ଫୋଟ୍କା ହେବ ।

6. ନଳୀକୁ ଟିକେ ଝାଙ୍କି ଦିଅ, ଫୋଟକା ଅଲଗା ହୋଇଯିବ ଏବଂ ବାୟୁରେ ଭାସିବ ।

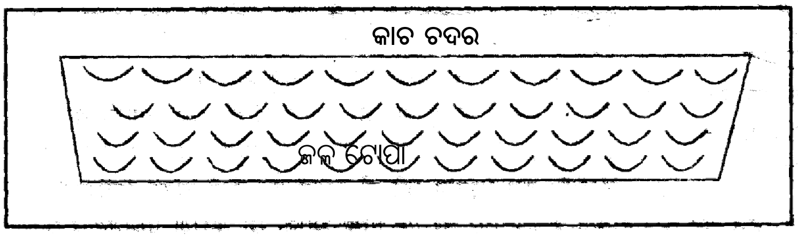
ପୃଷ୍ଠତାନ କିପରି ହୁଏ ବୁଝିବା ପାଇଁ ଆନ୍ତଃ-ଆଣବିକ ବଳ ସଂପର୍କରେ ଆମର ଜ୍ଞାନ ପରଖି ନେବା । ଅଣୁ / ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ସହିତ ଆନ୍ତଃ-ଆଣବିକ ବଳର ପରିବର୍ତ୍ତନ କିପରି ହୁଏ, ତାହା ତୁମେ ପୂର୍ବ ପାଠରେ ପଢ଼ିଛ ।

ଆନ୍ତଃ-ଆଣବିକ ବଳ ଦୁଇପ୍ରକାରର : **ସସଂଜକ** (cohesive) ଓ **ଅସଂଜକ** (adhesive) । ସମାନ ଜଡ଼ର ଦୁଇଟି ଅଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ସସଂଜକ ବଳର ପ୍ରକୃତି । ଅନ୍ୟ ପକ୍ଷରେ ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁର ଅଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ବଳ ହେଉଛି ଅସଂଜକ ବଳ । ଏହି କାଗଜ ପୃଷ୍ଠାରେ ଲେଖିବା ଆମ ପାଇଁ ସମ୍ଭବ ହୋଇଛି ଅସଂଜକ ବଳ ଯୋଗୁଁ । ଗମ୍ (Gum), ଫେଭିକଲ୍ ଇତ୍ୟାଦିରେ ଅସଂଜକ ବଳ ଯୋଗୁଁ ଜୋଡେଇ ଖୁବ୍ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ହୁଏ ।

ଆମେ ବର୍ତ୍ତମାନ ଆଶା କରୁଛୁ, ତୁମେ ଏବେ ବୁଝାଇ ପାରିବ ଜଳ କାହିଁକି କାଚକୁ ଓଦା କରେ ଅଥଚ ପାରଦ କରେ ନାହିଁ ।

ତୁମ ପାଇଁ କାମ 9.2 **କାଚ ଓ ଜଳ ଅଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଅସଂଜକ ବଳ ଦେଖାଇବାକୁ :**

1. ଏକ ପରିଷ୍କାର କାଚ ଚଦର (sheet) ନିଅ ।
2. ଏହା ଉପରେ କିଛି ଟୋପା ଜଳ ନିଅ ।
3. ଜଳ ଥିବା ପାଖକୁ ତଳକୁ ରଖି ଧର ।
4. ଜଳ ଟୋପାଗୁଡ଼ିକୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କର ।



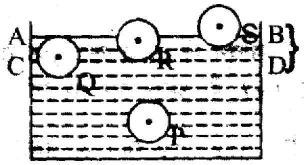
ଚିତ୍ର 9.12 : ଜଳଟୋପାଗୁଡ଼ିକ କାଚ ଦେହରେ ଲାଗି ରହିବ

କାଚ ଓ ଜଳ ଅଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଅସଂଯକ ବଳ ଯୋଗୁଁ ଜଳ ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକ କାଚ ଚଦରରେ ଲାଗି ରହିବ, ଚିତ୍ର 9.12 ଭଳି ।

9.4.1 ପୃଷ୍ଠ ଶକ୍ତି (Surface energy)

ଏକ ପାତ୍ରରେ ଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠ ଦେଶରେ ଥିବା ଅଣୁମାନ ଅବଶିଷ୍ଟ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ତୁଳନାରେ ଭିନ୍ନ ଧର୍ମ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରନ୍ତି । ଚିତ୍ର 9.13 ରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ବିଭିନ୍ନ ଉଚ୍ଚତାରେ ଅଣୁମାନଙ୍କୁ ଦେଖାଯାଇଛି । ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଯଥେଷ୍ଟ ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଥିବା P ଭଳି ଏକ ଅଣୁ ସବୁ ଦିଗରୁ ଅଣୁମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଆକର୍ଷିତ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ପୃଷ୍ଠଦେଶରେ ଥିବା ଅଣୁ ପାଇଁ ଏହା ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ନୁହେଁ ।

ପୃଷ୍ଠ ସ୍ତରରେ ଥିବା ଅଣୁ, S ଓ R ଏକ ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ (net) ପରିଣାମୀ ନିମ୍ନମୁଖୀ ବଳ ଅନୁଭବ କରିବ କାରଣ ଏମାନଙ୍କ ପ୍ରଭାବୀ ଗୋଲକ (sphere of influence) ର ଉପରାର୍ଦ୍ଧରେ ଥିବା ଅଣୁମାନଙ୍କର ସଂଖ୍ୟା ନିମ୍ନାର୍ଦ୍ଧର ଅଣୁମାନଙ୍କର ସଂଖ୍ୟା ଠାରୁ କମ୍ । ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠ ଦେଶର ଉପରାର୍ଦ୍ଧର ଅଣୁ ଏବଂ ତରଳ ପଦାର୍ଥ-ବାୟୁ ସନ୍ଧିପୃଷ୍ଠ (interface) ହିସାବକୁ ନେଲେ ମଧ୍ୟ, ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ କମ୍ ସଂଖ୍ୟକ ଅଣୁ ଯୋଗୁଁ ଅଣୁମାନ ଉପଲବ୍ଧ ନିମ୍ନମୁଖୀ ବଳ ଅନୁଭବ କରିବ । ତେଣୁ, କୌଣସି ଅଣୁକୁ ପୃଷ୍ଠଦେଶକୁ ଆଣିବାକୁ ହେଲେ ଉପଲବ୍ଧ ନିମ୍ନ ମୁଖୀ ବଳ ବିରୁଦ୍ଧରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାକୁ ହେବ । ଏହା ଫଳରେ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ଏହାର ଅର୍ଥ ପୃଷ୍ଠସ୍ତରରେ ଅତିରିକ୍ତ ଶକ୍ତି ରହେ, ଯାହାକୁ କି **ପୃଷ୍ଠଶକ୍ତି** କୁହାଯାଏ ।



ଚିତ୍ର 9.13 : P ଓ Q ଉପରେ ସମ୍ମିଳିତ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ପରିଣାମୀ ବଳ ଶୂନ୍ ଅଟେ । କିନ୍ତୁ R ଓ S ଅଣୁମାନ ଏକ ଉପଲବ୍ଧ ନିମ୍ନମୁଖୀ ବଳ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ।

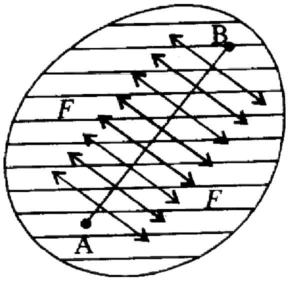
ଗୋଟିଏ ତନ୍ତ୍ର ସନ୍ତୁଳନରେ ରହିବାକୁ ହେଲେ, ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ସର୍ବନିମ୍ନ ହେବ । ତେଣୁ ପୃଷ୍ଠ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ନିଶ୍ଚୟ ସର୍ବନିମ୍ନ ହେବ । ତେଣୁ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥିବା ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଦେଶ ସର୍ବନିମ୍ନ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଉପଲବ୍ଧ କରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରିବ । ଏହା ପୃଷ୍ଠରେ ଏକ ଟାନ (tension) ସୃଷ୍ଟି କରିବ ଯାହାକୁ **ପୃଷ୍ଠଟାନ** କୁହାଯାଏ । ପୃଷ୍ଠଟାନ ତରଳପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଦେଶର ଏପରି ଏକ ଧର୍ମ ଯାହା ଫଳରେ କି ଏହାର ପୃଷ୍ଠକ୍ଷେତ୍ରଫଳ ହ୍ରାସ ପାଇବାର ପ୍ରବଣତା (tendency) ରହେ । ଫଳରେ, ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଦେଶ ଏକ ବିସ୍ତାରିତ (stretched) ଝିଲ୍ଲି (membrance) ସଦୃଶ ଆଚରଣ କରେ । ଗୋଟିଏ ସୂଚୀକୁ ଧୀରେ ଜଳ ପୃଷ୍ଠରେ ରଖି ଏବଂ ଏହା ଭାସିବା ଦେଖିଲେ ତୁମେ ଏହାର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ହୃଦୟଙ୍ଗମ କରିପାରିବ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଏହାର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ବୁଝିବା । ଚିତ୍ର 9.14 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି, ସ୍ଥିର ଥିବା ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଦେଶରେ ଏକ କାଳ୍ପନିକ ରେଖା AB ଅଙ୍କନ କର । ଏହି ରେଖାର ଏକ ପାର୍ଶ୍ୱସ୍ଥ ପୃଷ୍ଠର ଅନ୍ୟ ପାର୍ଶ୍ୱର ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି ଆକର୍ଷକ ବଳ ରହେ ।

ଟିପ୍ପଣୀ

ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତଳର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତି ବଳ ହେଉଛି ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତାନର ସଂଜ୍ଞା ।

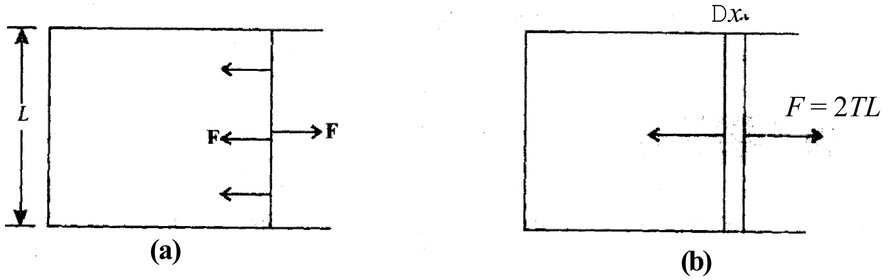
$$T = F/L \qquad (9.5)$$



ଚିତ୍ର **9.14**

ଏଠାରେ ପୃଷ୍ଠତାନ ପାଇଁ T ବ୍ୟବହାର ହୋଇଛି ଏବଂ L ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ କାଳ୍ପନିକ ରେଖା ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଦେଶ ପ୍ରତି ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ସମଗ୍ର ବଳର ପରିମାଣ ହେଉଛି F (ଚିତ୍ର 9.14) । ପୃଷ୍ଠତାନର SI ଏକକ ହେଉଛି Nm^{-1} ଏବଂ ଏହାର ବିମିତି ହେଉଛି $[MT^{-2}]$ ।

ଚିତ୍ର 9.15 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବାଭଳି ଗୋଟିଏ ବିସର୍ପୀ (stiding) ତାର ଏକ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥାଇ ଗୋଟିଏ ଆୟତାକାର ଫ୍ରେମ୍ ନିଅ । ଫ୍ରେମ୍‌କୁ ସାବୁନ୍‌ର ଦ୍ରବଣରେ ବୁଡ଼ାଇ ବାହାରକୁ ନିଅ । ଫ୍ରେମ୍‌ରେ ସାବୁନ୍‌ର ଏକ ଝିଲ୍ଲି (film) ସୃଷ୍ଟି ହେବ ଏବଂ ଏହାର ଦୁଇଟି ପୃଷ୍ଠ ରହିବ । ଉଭୟ ପୃଷ୍ଠ ବିସର୍ପୀ ତାର ସହିତ ସଂଲଗ୍ନ ହୋଇ ରହିବ । ତେଣୁ ଆମେ କହି ପାରିବା ଯେ ଉଭୟ ପୃଷ୍ଠ ଯୋଗୁଁ ତାର ଉପରେ ପୃଷ୍ଠତାନ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଛି । ସାବୁନ୍ ଦ୍ରବଣର ପୃଷ୍ଠତାନ T ହେଉ ଏବଂ ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟ L ହେଉ ।



ଚିତ୍ର **9.15** : ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଦେଶର ପୃଷ୍ଠତାନର ଦିଗ

ପ୍ରତ୍ୟେକ ପୃଷ୍ଠ ଯୋଗୁଁ ତାର ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ $T \times L$ ସହିତ ସମାନ । ତେଣୁ ତାର ଉପରେ ସମଗ୍ର ବଳ $F = 2TL$ । ମନେକର, ପୃଷ୍ଠଦେଶ Dx ପରିମାଣର ସଂକୋଚନ ପ୍ରବଣତା ଦେଖାଏ । ତାରକୁ ସନ୍ତୁଳନରେ ରଖିବାକୁ ହେଲେ, ଆମକୁ F ସହିତ ସମାନ ଏକ ବାହ୍ୟ ସମ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ହେବ । ଆମେ ଯଦି ତାରକୁ ଏକ ସ୍ଥିର ବେଗରେ Dx ଦୂରତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଟାଣି ଝିଲ୍ଲିର ପୃଷ୍ଠକ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବୃଦ୍ଧି କରିବା, ଚିତ୍ର 9.15 (b), ତେବେ ଝିଲ୍ଲି ଉପରେ ହୋଇଥିବା କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ,

$$W = F \times Dx = T \times 2L \times Dx$$

ଏଠାରେ $2L \times Dx$ ଝିଲ୍ଲିର ଉଭୟ ପୃଷ୍ଠର ସମଗ୍ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ବୃଦ୍ଧି । ଏହାକୁ A ଭାବରେ ସୂଚାଯାଉ ।

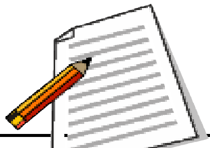
ତେବେ, ଝିଲ୍ଲି ଉପରେ ହୋଇଥିବା କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣକୁ ସରଳ କଲେ, ହେବ

$$W = T \times A$$

ବାହ୍ୟ ବଳ ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥିବା ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ନୂତନ ପୃଷ୍ଠର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ଭାବେ ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହାକୁ ପୃଷ୍ଠ ଶକ୍ତି କୁହାଯାଏ । ପଦଗୁଡ଼ିକ ପୁର୍ନବିନ୍ୟାସ କରି, ଆମେ ପୃଷ୍ଠତାନ ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ପାଉ ।

$$T = W/A \qquad (9.6)$$

ଅତଏବ ଆମେ ଦେଖୁଛୁ ଯେ **ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠର କ୍ଷେତ୍ରଫଳକୁ ଏକ ଏକକ ବୃଦ୍ଧି ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ କାର୍ଯ୍ୟ ସହିତ ସମାନ ହେଉଛି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତାନ ।**



ଟିପ୍ପଣୀ

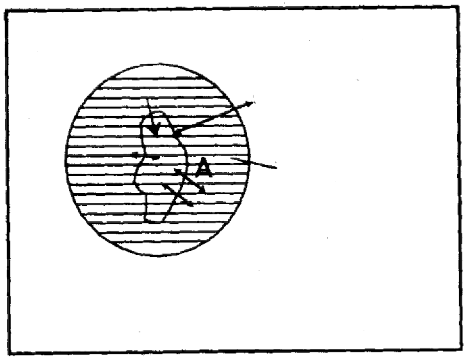
ଆମେ ବର୍ତ୍ତମାନ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ କରିବା ଯେ,

- ପୃଷ୍ଠତାନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠସ୍ତରର ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଓ ବାୟୁ ଭଳି ଅନ୍ୟ କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ଅନ୍ତରାପୃଷ୍ଠ (interface) ର ଏକ ଧର୍ମ
- ପୃଷ୍ଠତାନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ହ୍ରାସ କରିବାର ପ୍ରବୃତ୍ତି ଦେଖାଏ,
- ପୃଷ୍ଠତାନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠରେ ଯେ କୌଣସି ରେଖା ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଏବଂ ମେନିସ୍କସ୍ ପ୍ରତି ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ,
- ପୃଷ୍ଠତାନର ଉତ୍ପତ୍ତି ଆନ୍ତଃ-ଆଣବିକ ବଳରେ ନିହିତ, ଯାହାକି ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ; ଏବଂ
- ପୃଷ୍ଠତାନ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ସହିତ ହ୍ରାସ ପାଏ ।

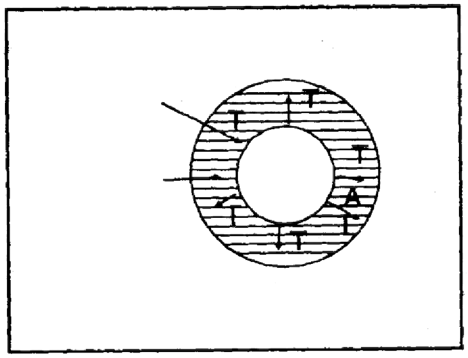
ନିମ୍ନବର୍ଣ୍ଣିତ ଏକ ସରଳ ପରୀକ୍ଷଣ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତଳର ପୃଷ୍ଠତାନ ଧର୍ମ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରେ ।

ତୁମ ପାଇଁ କାମ 9.3

ସରୁ ତାରର ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ଫ୍ରେମ୍ ନିଅ ଏବଂ ଏହାକୁ ସାବୁନ ଦ୍ରବଣରେ ବୁଡ଼ାଅ । ତୁମେ ଦେଖିବ ଏଥିରେ ସାବୁନ୍‌ର ଏକ ଝିଲ୍ଲି ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଛି । ବର୍ତ୍ତମାନ ଖଣ୍ଡେ ତୁଳାସୂତାକୁ ଗୋଲାକର ଫାଶ (loop) କରି ସାବୁନ୍ ଝିଲ୍ଲି ଉପରେ ଧୀରେ ରଖ । ଫାଶଟି ବର୍ତ୍ତମାନ ଝିଲ୍ଲି ଉପରେ ଚିତ୍ର 9.16 (a) ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ଅଙ୍କା ବଙ୍କା ହୋଇ ରହିବ । ଗୋଟିଏ ଛୁଞ୍ଚି ନିଅ ଏବଂ ଫାଶ ମଝିରେ ଝିଲ୍ଲିକୁ ଏହାର ଅଗ ସାହାଯ୍ୟରେ ସ୍ପର୍ଶ କର । ତୁମେ କ'ଣ ଦେଖୁଛ ?



ଚିତ୍ର 9.16(a) : ସାବୁନ ଝିଲ୍ଲିରେ ସୂତାର ଫାସ



ଚିତ୍ର 9.16(b) : ଭିତର ପଟେ ସାବୁନ ଝିଲ୍ଲି ନ ଥାଇ ସୂତାର ଆକୃତି

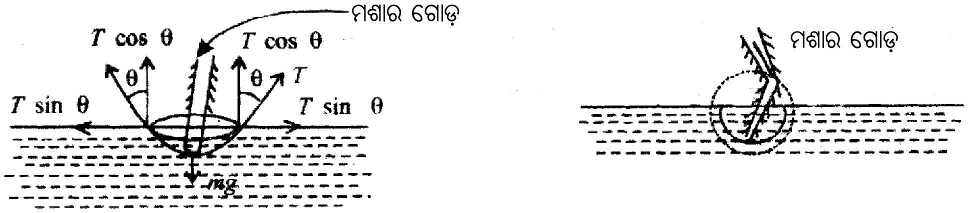
ତୁମେଦେଖିବ ଯେ ଚିତ୍ର 9.16(b) ଭଳି ଫାଶଟି ବୃତ୍ତାକାର ଆକୃତିରେ ରହିବ । ପ୍ରଥମେ ସୂତାର ଉଭୟ ପଟେ ସାବୁନ୍ ଝିଲ୍ଲି ଥିଲା । ଏହାର ଉଭୟ ପଟର ପୃଷ୍ଠ ଏହାକୁ ଆକର୍ଷଣ କରୁଥିଲେ ଏବଂ ପୃଷ୍ଠତାନ ଯୋଗୁଁ ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବଳ ଶୂନ୍ ଥିଲା । ଛୁଞ୍ଚି ସାହାଯ୍ୟରେ ଭିତର ପଟେ ଝିଲ୍ଲିକୁ ଫୁଟାଇ ଦେଲେ, ବାହାର ପଟ ପୃଷ୍ଠତାନ ସୂତାକୁ ବୃତ୍ତାକାର ଆକୃତିକୁ ନେଇଆସେ । ଯାହା ଫଳରେ କି ଏହାର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ସର୍ବନିମ୍ନ ହେବ ।

9.4.2 ପୃଷ୍ଠତାନର ପ୍ରୟୋଗ (Application of surface tension)

(a) ପାଣି ଉପରେ ମଶା ବସିବା

ଡେଙ୍ଗୁ, ମ୍ୟାଲେରିଆ ଏବଂ ଚିକୁନଗୁନିୟା ଭଳି ରୋଗ ଆବଦ୍ଧ ମଧୁର ଜଳରେ ମଶା ଜନ୍ମ ଯୋଗୁଁ ବର୍ଷା ଋତୁରେ ବ୍ୟାପିବା ଆମେ ଦେଖୁଁ । ତୁମେ ଜଳପୃଷ୍ଠରେ ମଶା ବସିବା ଦେଖିଛ କି ? ପୃଷ୍ଠତାନ ଯୋଗୁଁ ସେମାନେ ପାଣିରେ ବୁଡ଼ି ଯାଆନ୍ତି ନାହିଁ । ଯେଉଁ ସ୍ଥାନରେ ମଶାର ଗୋଡ଼ମାନ ତରଳପଦାର୍ଥ ପୃଷ୍ଠ ସ୍ପର୍ଶ କରନ୍ତି, ସେଠି ମଶାର ଓଜନ ଯୋଗୁଁ ପୃଷ୍ଠଟି ଅବତଳ ହୋଇଯାଏ । ପୃଷ୍ଠତାନ ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । ତେଣୁ ଭୂସମାନ୍ତର ପ୍ରତି କିଛି କୋଣ କରି ରହେ । ଏହାର ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଂଶ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ହୁଏ । ସ୍ପର୍ଶରେଖାର କିଛି ଅଂଶରେ

କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ସମଗ୍ର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ବଳକୁ ମଶାର ନିମ୍ନମୁଖୀ ଓଜନ ସନ୍ତୁଳନ କରେ । ଚିତ୍ର 9.17 ରେ ଏହା ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।

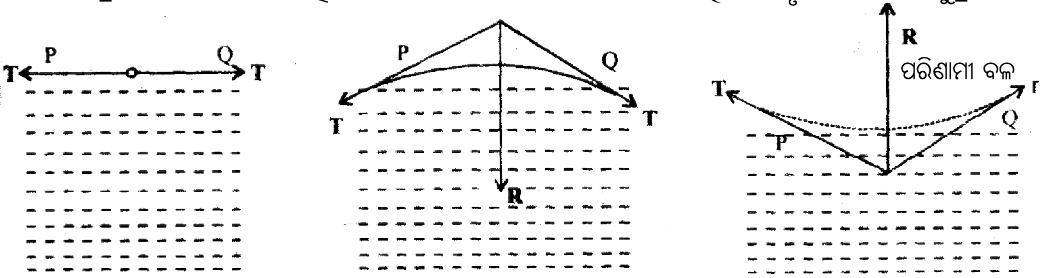


(a) ପୃଷ୍ଠତଳରେ ଖାଲ ହୋଇ ଅବତଳ ପୃଷ୍ଠ ହୁଏ **(b) ପରିବର୍ଦ୍ଧିତ ପ୍ରତିବିମ୍ବ**

ଚିତ୍ର 9.17 : ମଶାର ଓଜନ ପୃଷ୍ଠତାନ ଜନିତ ବଳ = $2\pi rT \cos\theta$ ଦ୍ୱାରା ସନ୍ତୁଳିତ ହୁଏ ।

(b) ଏକ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ପୃଷ୍ଠର ଅବତଳ ପାର୍ଶ୍ୱ ଉପରେ ଚାପାଧିକ୍ୟ

ଚିତ୍ର 9.18 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ରେଖା PQ ଥାଇ ପୃଷ୍ଠତଳର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଂଶ



ଚିତ୍ର **9.18 (a)** ସମତଳ ପୃଷ୍ଠ **(b)** ଉତ୍ତଳପୃଷ୍ଠ **(c)** ଅବତଳପୃଷ୍ଠ

ବିଚାର କର । ପୃଷ୍ଠତଳ ଯଦି ସମତଳ ଅର୍ଥାତ୍ $\theta = 90^0$ ତେବେ ପୃଷ୍ଠତଳ ପ୍ରତି ଦୁଇ ଦିଗରେ ପୃଷ୍ଠତାନ ପରସ୍ପରକୁ ସନ୍ତୁଳିତ କରିବ ଏବଂ ମିଳିତ ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ବଳ ଶୂନ୍ ଅଟେ [ଚିତ୍ର 9.18(a)] । କିନ୍ତୁ ଯଦି ପୃଷ୍ଠତଳ ଉତ୍ତଳ [ଚିତ୍ର 9.18(b)] ବା ଅବତଳ [ଚିତ୍ର 9.18(c)] ହୁଏ, ତେବେ ପୃଷ୍ଠତାନ ଯୋଗୁଁ PQ ରେଖାର ପାର୍ଶ୍ୱରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳର ପରିଣାମୀ ବଳ R ପୃଷ୍ଠଦେଶର ବକ୍ରତା କେନ୍ଦ୍ର ଦିଗକୁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବ ।

ଅତଏବ, ପୃଷ୍ଠତଳ ବକ୍ର ହୋଇଥିଲେ, ପୃଷ୍ଠତାନ ଯୋଗୁଁ ଏକ ଚାପ ବକ୍ରତା କେନ୍ଦ୍ର ଦିଗରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏହି ଚାପ ପୃଷ୍ଠଦେଶ ପ୍ରତି କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଏକ ସମାନ ଏବଂ ବିପରୀତ ମୁଖୀ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସନ୍ତୁଳିତ ହୁଏ । ତେଣୁ, ବକ୍ରପୃଷ୍ଠର ଅବତଳ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ସର୍ବଦା ଚାପାଧିକ୍ୟ ଥାଏ । [ଚିତ୍ର 9.18(b)]

(i) ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ଠୋପା (Spherical drop)

ଠୋପାଏ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ କେବଳ ଗୋଟିଏ ପୃଷ୍ଠ ଯଥା ବାହ୍ୟ ପୃଷ୍ଠ ଥାଏ । (ବାୟୁ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସୁଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର କ୍ଷେତ୍ରଫଳକୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଦେଶ କୁହାଯାଏ) ଗୋଟିଏ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଏକ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ଛୋଟ ବୁନ୍ଦାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ହେଉ ଏବଂ ବୁନ୍ଦା ମଧ୍ୟରେ ଚାପାଧିକ୍ୟ P ହେଉ (ଯାହାକି ଭିତର ପଟେ ଅବତଳ ଓ ବାହାର ପଟେ ଉତ୍ତଳ) । ତେଣୁ

$$P = (P_i - P_0)$$

ଏଠାରେ P_i ଓ P_0 ଯଥାକ୍ରମେ ବୁନ୍ଦା ଉପରେ ଭିତରୁ ଓ ବାହାରୁ ଚାପ [ଚିତ୍ର 9.19(a)] । ଯଦି ଏହି ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ଚାପାଧିକ୍ୟ P ଯୋଗୁଁ ବୁନ୍ଦାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ Δr ପରିମାଣ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ, ତେବେ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ବୁନ୍ଦାର ପୃଷ୍ଠ କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ବୃଦ୍ଧି

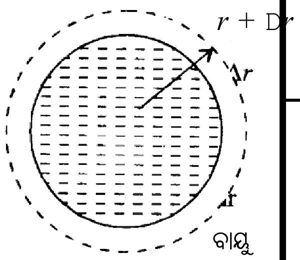
$$\Delta A = 4\pi (r + \Delta r)^2 - 4\pi r^2 = 8\pi r \, \Delta r$$

ଏଠାରେ ଆମେ Dr ର ଦ୍ୱିତୀୟ ଘାତଥିବା ପଦମାନଙ୍କୁ ଉପେକ୍ଷା କରିଛୁ ।

କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ଏହି ବୃଦ୍ଧି ପାଇଁ ବୁନ୍ଦା ଉପରେ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ

W = ଅତିରିକ୍ତ ପୃଷ୍ଠଶକ୍ତି = T DA = T. 8pr Dr (9.7)

ବୁନ୍ଦାଟି ସନ୍ତୁଳିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଥିଲେ, ଚାପ ପାର୍ଥକ୍ୟ ବା ଅତିରିକ୍ତ ଚାପ P ଫଳରେ ପ୍ରସାରଣ ଯୋଗୁଁ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ଏହି ଅତିରିକ୍ତ ପୃଷ୍ଠଶକ୍ତି ସହିତ ସମାନ ।



ଚିତ୍ର **9.19(a) :** ଗୋଟିଏ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ଠୋପା

ସଂପାଦିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ = PDV = P. 4p r^2 Dr

ସମୀକରଣ (9.7) ଏବଂ (9.8) କୁ ଏକତ୍ର କଲେ, ଆମେ ପାଇବା

P. 4pr^2 Dr = T. 8pr Dr

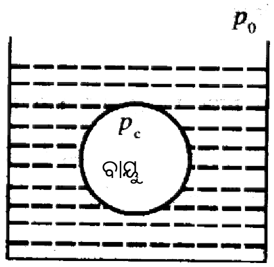
ବା $P = 2T/r$

(ii) ପାଣିରେ ବାୟୁ ଫୋଟକା

ପାଣିରେ ବାୟୁ ଫୋଟକାର ମଧ୍ୟ ଗୋଟିଏ ପୃଷ୍ଠଦେଶ ଥାଏ ଯାହାକି ଅର୍ନ୍ତପୃଷ୍ଠ (ଚିତ୍ର 9.19b) । ତେଣୁ ପୃଷ୍ଠତାନ T ଥିବା ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବାୟୁ ଫୋଟକା ଭିତରେ ଚାପାଧିକ୍ୟ P ହେଉଛି

$P = 2T/r$ (9.10)

(iii) ବାୟୁରେ ଭାସମାନ ସାବୁନ୍ ଫୋଟକା



ଚିତ୍ର **9.19(b)**

ପାଣିରେ ବାୟୁ ଫୋଟକା

ସାବୁନ୍ ଫୋଟକାରେ ସମାନ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ପୃଷ୍ଠ (ବାହାର ଓ ଭିତର) ଥାଏ, ଚିତ୍ର 9.19 (c) ।

ତେଣୁ ବାୟୁରେ ଭାସମାନ ଏକ ସାବୁନ୍ ଫୋଟକାର ଭିତର ପଟେ ଅତିରିକ୍ତ ଚାପ ହେଉଛି

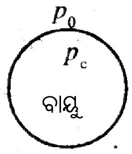
$P = 4T/r$ (9.11)

ଏଠାରେ T ହେଉଛି ଦ୍ରବଣର ପୃଷ୍ଠତାନ ।

ପାଣି ଭିତରେ ଥିବା ସମାନ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ବାୟୁ ଫୋଟକା ଭିତରେ ଚାପର ଏହା ଦୁଇଗୁଣ । ତେଣୁ ତୁମେ ଏବେ ବୁଝିପାରିବ କାହିଁକି ଗୋଟିଏ ସାବୁନ୍ ଫୋଟକା ସୃଷ୍ଟି କରିବାକୁ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ ଚାପ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ 9.3 : (i) ପ୍ରତ୍ୟେକ 1 ମିଶି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧଥିବା (i) ବାୟୁରେ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ସାବୁନ୍ ଫୋଟକା

(ii) ଜଳରେ ବାୟୁ ଫୋଟକା ଏବଂ (iii) ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ଜଳ ବୁନ୍ଦାଏ, ଭିତର ଓ ବାହାର ମଧ୍ୟରେ ଚାପ ପାର୍ଥକ୍ୟ ହିସାବ କର । ଦତ୍ତ, ଜଳର ପୃଷ୍ଠତାନ = 7.2×10^{-2} Nm^{-1} ଏବଂ ସାବୁନ୍ ଦ୍ରବଣର ପୃଷ୍ଠତାନ = 2.5×10^{-2} Nm^{-1}



ଚିତ୍ର **9.19(c)**

ବାୟୁରେ ଭାସମାନ ସାବୁନ ଫୋଟକା

ସମାଧାନ : (i) r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସାବୁନ୍ ଫୋଟ୍‌କା ମଧ୍ୟରେ ଅତିରିକ୍ତ ଚାପ ହେଉଛି

$P = 4T/r$

$$= \frac{4 \times 2.5 \times 10^{-2}}{1 \times 0^{-3}\,\text{m}}\,\text{Nm}^{-1} = 100\ \text{Nm}^{-2}$$

ଟିପ୍ପଣୀ

(ii) ଜଳରେ ଥିବା ବାୟୁ ଫୋଟକାର ଅତିରିକ୍ତ ଚାପ

$$P = 2T'/r = \frac{2 \times 7.2 \times 10^{-2}\,\text{Nm}^{-1}}{1 \times 0^{-3}\,\text{m}} = 144\ \text{Nm}^{-2}$$

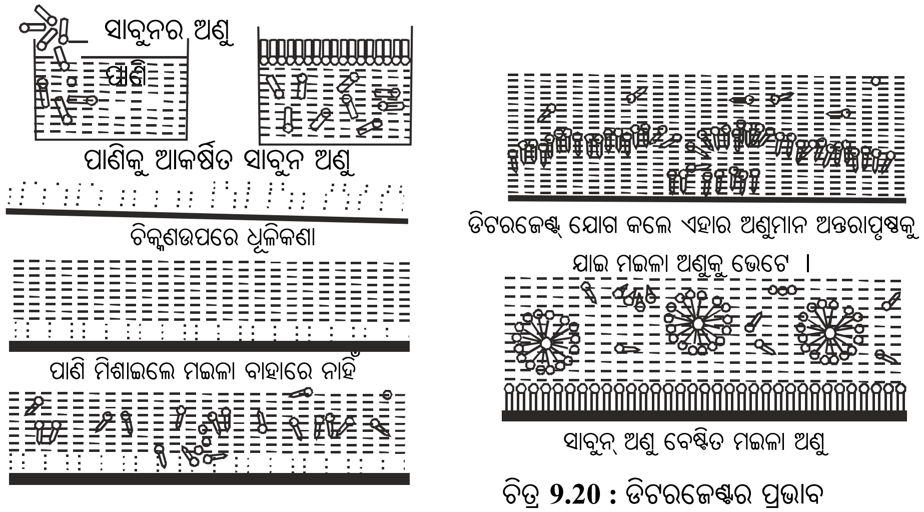
(iii) ଏକ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ଜଳ ବୁନ୍ଦା ମଧ୍ୟରେ ଅତିରିକ୍ତ ଚାପ $= 2T'/r = 144\ \text{Nm}^{-2}$

(c) ଡେଟରଜେଣ୍ଟ (Detergent) ଓ ପୃଷ୍ଠତାନ

ଲୁଗାରୁ ତେଲ ଦାଗ ଡେଟର୍‌ଜେଣ୍ଟ ସାହାଯ୍ୟରେ ଲିଭାଯାଇ ପାରିବ ବୋଲି ବିଭିନ୍ନ ବିଜ୍ଞାପନ ତୁମେ ଦେଖିଥିବ । ଧୋଇବାର ମାଧ୍ୟମଭାବେ ଜଳ ବ୍ୟବହାର ହୁଏ । ସାବୁନ୍ ଓ ଡେଟରଜେଣ୍ଟ ଜଳରେ ମିଶିଲେ ଜଳର ପୃଷ୍ଠତାନ କମିଯାଏ । ଧୋଇବା ଓ ସଫାକରିବା ପାଇଁ ଏହା ଆବଶ୍ୟକ କାରଣ ଶୁଦ୍ଧ ଜଳର ଉଚ୍ଚ ମୂଲ୍ୟର ପୃଷ୍ଠତାନ ଯୋଗୁଁ ଏହା ପୋଷାକର ତନ୍ତୁମାନଙ୍କ ଫାଙ୍କ ମଧ୍ୟକୁ ସହଜରେ ପ୍ରବେଶ କରି ପାରେ ନାହିଁ, ଅଥଚ ସେହି ଫାଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ହିଁ ମଇଳା କଣିକା କିମ୍ବା ତେଲ ଅଣୁମାନ ରହିଥା'ନ୍ତି ।

ତୁମେ ଏବେ ଜାଣିଲ ଯେ ସାବୁନ ଦ୍ରବଣର ପୃଷ୍ଠତାନ ଶୁଦ୍ଧ ଜଳ ଠାରୁ କମ୍ କିନ୍ତୁ ଡେଟରଜେଣ୍ଟ ଦ୍ରବଣର ପୃଷ୍ଠତାନ ସାବୁନ୍ ଦ୍ରବଣ ଠାରୁ ମଧ୍ୟ କମ୍ । ସେଥିପାଇଁ ସାବୁନ ଠାରୁ ଡେଟରଜେଣ୍ଟ୍ ଅଧିକ ଉପଯୋଗୀ । ଜଳରେ ଡେଟରଜେଣ୍ଟ ଦ୍ରବୀଭୂତ ହେଲେ ପୋଷାକ ତନ୍ତୁରୁ ମଇଳା କଣିକା ଢିଲା ହୋଇଯାଏ, ଫଳରେ ଲୁଗା କାଚିଲେ ସହଜରେ ଅଲଗା ହୋଇଯାଏ ।

ଡେଟରଜେଣ୍ଟ ଅଣୁ ଯାହା ଜଳ ଓ ତୈଳ ଉଭୟକୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ, ଜଳ-ତୈଳର ପୃଷ୍ଠତାନ (T)ପ୍ରବଳ ଭାବେ ହ୍ରାସ କରେ । ଏହା ଫଳରେ ମଇଳା ଗୋଲିକୁ ଡେଟରଜେଣ୍ଟ ବେଢ଼ି ଓ ତା'ପରେ ଜଳ ବେଢ଼ିଲା ଭଳି ସୁବିଧା ଜନକ ଅନ୍ତରାପୃଷ୍ଠ (interface) କରିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରେ । ଏହିଭଳି ପୃଷ୍ଠସକ୍ରିୟ ଡେଟରଜେଣ୍ଟମାନ କେବଳ ଲୁଗା ସଫାକରିବାରେ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ତା' ନୁହେଁ ବରଂ ତୈଳ, ଖଣିଜ ଧାତୁ ପିଣ୍ଡ ଉଦ୍ଧାର କରିବାରେ ବ୍ୟବହାର ହୁଏ ।



ଚିତ୍ର **9.20 :** ଡିଟରଜେଣ୍ଟର ପ୍ରଭାବ

(d) ମହମ-ହଂସ ଜଳରେ ଭାସେ -

ତୁମେ ଜାଣିଛ ଯେ ଦ୍ରବୀଭୂତ ଅପଦ୍ରବ୍ୟ (impurity) ଯୋଗୁଁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତାନ ହ୍ରାସ ପାଏ । ମହମ-ହଂସ ତଳେ କର୍ପୂର ବଟିକାଟିଏ ଲଗାଇ ଦିଅ ଏବଂ ଏହାକୁ ସ୍ଥିର ପାଣିରେ ଭସାଇ ଦିଅ । ତୁମେ ଦେଖିବ ମିନିଟ୍ ବା ଦୁଇ ମିନିଟ ପରେ ଏହା ଇତସ୍ତତ ଗତି କରିବ । ଏହା ହେବାର କାରଣ ହେଉଛି କର୍ପୂର ଜଳରେ ଦ୍ରବୀଭୂତ ହୋଇଯାଏ ଏବଂ ହଂସର ଠିକ୍ ତଳେ ଜଳର ପୃଷ୍ଠତାନ ତାକୁ ବେଢ଼ିଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତାନ ଠାରୁ କମିଯାଏ । ଏହା ପୃଷ୍ଠତାନ ଜନିତ ବଳର ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ପାର୍ଥକ୍ୟ ସୃଷ୍ଟି କରେ ଯାହାକି ହଂସକୁ ଗତିଶୀଳ କରାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ସମୟ ହେଲା ତୁମେ କେତେ ଜାଣିଛ ପରୀକ୍ଷା କରିବା । ତେଣୁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ପ୍ରଶ୍ନମାନଙ୍କର ଉତ୍ତର ଦିଅ ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 9.2

1 ସଂସଜକ ଜଳ ଓ ଅସଂଯକ ବଳ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ କ'ଣ ?..

2. ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଛୋଟ ବୁନ୍ଦାଟିଏ କାହିଁକି ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ହୁଏ ? ....

3. ଘନ ପଦାର୍ଥମାନ ପୃଷ୍ଠତାନ ଧର୍ମ ଦେଖାନ୍ତି କି ? କାହିଁକି ? ....

4. ସମତଳ ପୃଷ୍ଠରେ ପାରଦ ଢାଳିଲେ ତାହା କାହିଁକି ଗୋଲ ବଟିକା ହୋଇଯାଏ ? ....

5. ନିମ୍ନମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କାହାର ଅତିରିକ୍ତ ଚାପ ଥାଏ ? ....

(i) ଜଳ ଭିତରେ 2 ସେ.ମି. ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ବାୟୁ ଫୋଟକା । ଦତ୍ତ, ଜଳର ପୃଷ୍ଠତାନ $727 \times 10^{-3} \times Nm^{-1}$

ବା

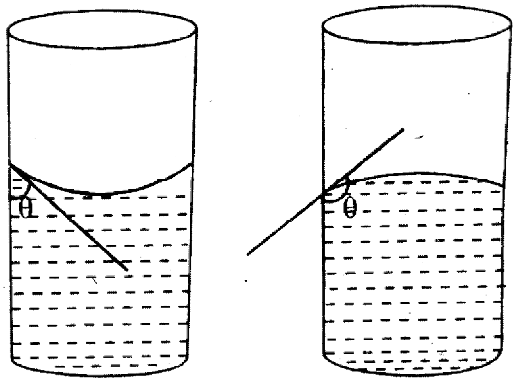
(ii) ବାୟୁରେ 4 ସେ.ମି. ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସାବୁନ୍ ଫୋଟକା । ସାବୁନ ଦ୍ରବଣର ପୃଷ୍ଠତାନ $25 \times 10^{-3}\ Nm^{-1}$ ।

....

9.5 ସ୍ପର୍ଶ-କୋଣ

ତୁମେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବ ଏକ ପାତ୍ରରେ ଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠଟି ବକ୍ର । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ଗୋଟିଏ କାଚ ଜାର୍‌ରେ ପାଣି ଭର୍ତ୍ତି କଲେ, ଏହା ଅବତଳ ହୁଏ କିନ୍ତୁ ଆମେ ପାରାଫିନ୍ ମହମରେ ତିଆରି ପାତ୍ରରେ ପାଣି ରଖିଲେ ଏହା ଉତ୍ତଳ ହୁଏ । ସେହିଭଳି ଏକ କାଚ ଜାର୍‌ରେ ପାରଦ ଭର୍ତ୍ତି କଲେ, ଏହାର ପୃଷ୍ଠ ଉତ୍ତଳ ହୁଏ । ତେଣୁ ଆମେ ଦେଖୁଛୁ ଯେ ଏକ ପାତ୍ରରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠର ଆକୃତି ନିର୍ଭର କରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆଚରଣ, ପାତ୍ରର ଜଡ଼ ଏବଂ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠ ଉପରର ମାଧ୍ୟମ । ଏହାକୁ ଅଭିଲକ୍ଷଣନ (characterise) କରିବାକୁ ଆମେ ସ୍ପର୍ଶ କୋଣର ଧାରଣା ପ୍ରବର୍ତ୍ତନ କରିବା ।

ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଓ ପାତ୍ରର ସ୍ପର୍ଶ ବିନ୍ଦୁରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠ ପ୍ରତି ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ସମତଳ ଏବଂ ପାତ୍ରର ବେଷ୍ଟନୀର ସମତଳ ପ୍ରତି ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ସମତଳ ମଧ୍ୟସ୍ଥ କୋଣ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରୁ ମାପିଲେ, ତାହାକୁ ସ୍ପର୍ଶ କୋଣ କୁହାଯାଏ ।

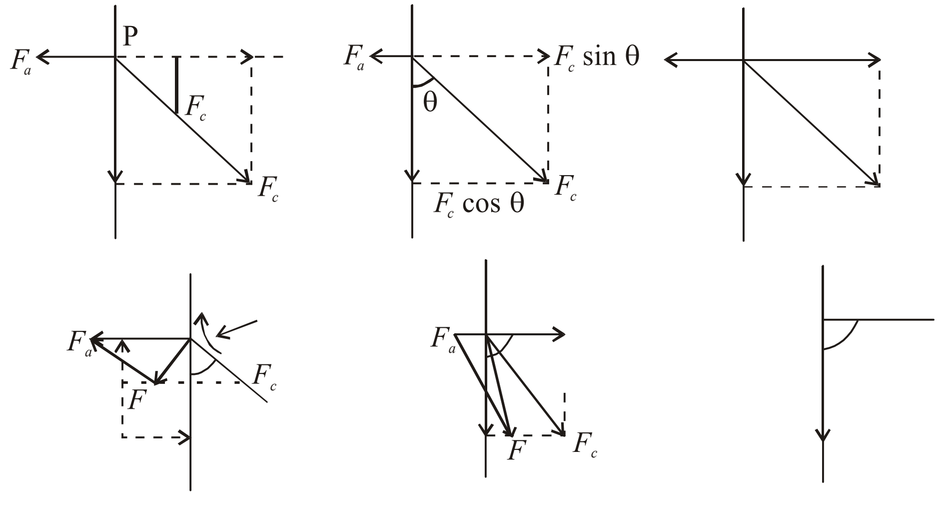


ଚିତ୍ର 9.21ମହମ ଜାର୍ (a) କାଚ ଜାର୍ ଏବଂ (b) ପାରାଫିନ୍‌ରେ ପାଣି ଭର୍ତ୍ତି କଲେ ମୁକ୍ତ ତଳର ଆକୃତି

ଚିତ୍ର 9.21 ରେ ଜଳ ନିମିତ୍ତ ଏକ କାଚ ଜାର୍ ଓ ଏକ ପାରାଫିନ୍ ଜାର୍‌ରେ ସ୍ପର୍ଶକୋଣ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଅବତଳ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ମେନିକ୍‌ସ୍ ପାଇଁ ଏହା ସୂକ୍ଷ୍ମକୋଣ । ଉଦାହରଣ- କାଚରେ ପାଣି । ଉତ୍ତଳ ବର୍ତ୍ତୁଳ ମେନିସ୍କସ୍ ପାଇଁ ଏହା ସ୍ଥୁଳ କୋଣ (ବା 90^0 ରୁ ଅଧିକ) ଉଦାହରଣ- ପାରାଫିନ୍‌ରେ ଜଳ ବା କାଚ ନଳୀରେ ପାରଦ ।

ପାତ୍ରରେ ଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପୃଷ୍ଠରେ ମେନିସ୍କସ୍ ନିକଟରେ ଅଣୁ ଉପରେ ବିଭିନ୍ନ ବଳମାନ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । ଯେହେତୁ କେବଳ ନିମ୍ନତର ଚତୁର୍ଥାଂଶରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଥାଏ, ପରିଣାମୀ ସଂସଜକ ବଳ P ଉପରେ ସୁସମଞ୍ଜସ (symmetrical) ଭାବେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । ଚିତ୍ର 9.22(a) । ଦର୍ଶାଯିବା ଭଳି ସେହିଭଳି, ସୁସମଞ୍ଜସତା ଦୃଷ୍ଟିରୁ, ପରିଣାମୀ ଅସଂଜସ ବଳ F_a ପାତ୍ରର ବେଷ୍ଟନୀ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଭାବରେ ବର୍ହିଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବ । ବଳ F_c ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଦୁଇଟି ଉପାଂଶରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇପାରିବ - ଗୋଟିଏ $F_c \cos θ$ ଭୂଲମ୍ବ-ନିମ୍ନ ମୁଖୀ ଏବଂ ଅନ୍ୟଟି $F_c \sin θ$ ସ୍ପର୍ଶସୀମା ପ୍ରତି ସମକୋଣରେ ରହେ । F_c ଓ F_a ର ଆପେକ୍ଷିକ ମୂଲ୍ୟ ଉପରେ ସ୍ପର୍ଶକୋଣର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଭର କରେ ।

ପ୍ରଥମ ଅବସ୍ଥା (Case - 1) : ଯଦି $F_a > F_c \sin \theta$, ତେବେ ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ଭୂସମାନ୍ତର ବଳ ବହିର୍ମୁଖୀ ଏବଂ $(F_a - F_c \sin \theta)$ ଓ $F_c \cos \theta$ ର ପରିଣାମୀ ବଳ ବେଷ୍ଟନୀ ବାହାରେ ରହେ । ଯେହେତୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଅପରୂପଣ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ରହି ପାରେ ନାହିଁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତଳ ଏବଂ ତେଣୁ, ପରିସୀମା ନିକଟସ୍ଥ ସମସ୍ତ ଅଣୁ F_c ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ସଜ୍ଜିତ ହୁଅନ୍ତି । ଏହା ଫଳରେ F ର କୌଣସି ଉପାଂଶ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତଳ ପ୍ରତି ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ ନାହିଁ । ଏହା ସୁସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ ପରିସୀମାରେ ପୃଷ୍ଠଦେଶ ଅବତଳ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର । (କାରଣ ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଧି ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଅଟେ ।) କାଚ ନଳୀରେ ପାଣି ଭର୍ତ୍ତି ହେଲେ ଏହା ହିଁ ହୁଏ ।



ଚିତ୍ର **9.22 :** ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମେନିସ୍କସ୍‌ର ବିଭିନ୍ନ ଆକୃତି

ଦ୍ୱିତୀୟ ଅବସ୍ଥା (Case - 2) : ଯଦି $F_a < F_c \sin \theta$, ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ $(F_c \sin \theta - F_a)$ ଏବଂ ନିମ୍ନମୁଖୀ ଭୂଲମ୍ବ ବଳ $F_c \cos \theta$ ର ପରିଣାମୀ ବଳ F ତରଳ ପଦାର୍ଥର ନିମ୍ନତର ଚତୁର୍ଥାଂଶରେ ରହେ । ତେଣୁ ପରିସୀମାରେ ତରଳ ପୃଷ୍ଠ ଏହା ପ୍ରତି ସମକୋଣରେ ରହିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରେ ଏବଂ ତେଣୁ ଅବତଳ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ହୁଏ । ଏହା କାଚନଳୀରେ ପାରଦ ଭର୍ତ୍ତିକଲେ ହୁଏ ।

ତୃତୀୟ ଅବସ୍ଥା (Case - 3) : ଯଦି $F_a = F_c \sin \theta$, ପରିଣାମୀ ବଳ ଭୂଲମ୍ବ ନିମ୍ନମୁଖୀ ଏବଂ ପରିସୀମା ନିକଟରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତଳ ଭୂସମାନ୍ତର ବା ସମତଳ ରହେ ।

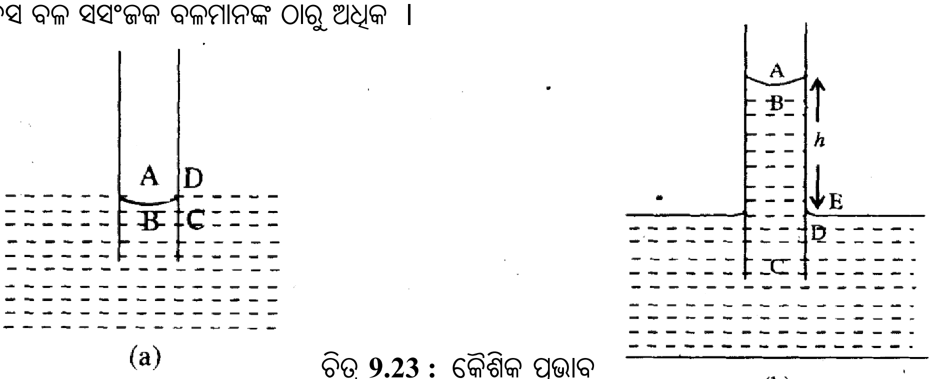
9.6 କୈଶିକ ପ୍ରଭାବ (Capillary action)

ତୁମ ନୋଟ୍ ଖାତାରେ ଅତିରିକ୍ତ କାଳି ଶୋଷିବା ପାଇଁ ତୁମେ ବ୍ଲଟିଙ୍ଗ୍ କାଗଜ ବ୍ୟବହାର କରିଥିବ । ବ୍ଲଟିଙ୍ଗ୍ କାଗଜରେ ସରୁ ବାୟୁଫାଙ୍କ ଦେଇ କାଳି ଉପରକୁ ଉଠେ । ଏହିଭଳି, ଖଣ୍ଡିଏ ଲୁଗାର ତଳ ଓଦା ହେଲେ, ଧୀରେ ଧୀରେ ପାଣି ଉପରକୁ ଉଠେ । ସେହିଭଳି ଜମିରେ ପାଣି ମଡ଼ାଇଲେ କାଣ୍ଡରେ ଥିବା ଅସଂଖ୍ୟ କୈଶିକ ନଳୀରେ ଉଠି ପାଣି ଶାଖା ଓ ପତ୍ରରେ ପହଞ୍ଚେ । ତୁମେ ଜାଣିଛ କି କୃଷକମାନେ ବର୍ଷାପରେ ହିଁ ଜମିରେ ହଳ କରନ୍ତି କାରଣ ସେତେବେଳକୁ ମାଟିର ଉପର ସ୍ତରରେ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥିବା କୈଶିକ ନଳୀମାନ ନଷ୍ଟ ହୋଇଯା'ନ୍ତି । ତେଣୁ, ମାଟିରେ, ରହିଥିବା ଜଳ ଉଦ୍ଭିଦ ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରିପାରେ । ଅନ୍ୟ ପକ୍ଷରେ, ଆମେ ଦେଖିଛୁ ଯେ ଏକ କୈଶିକ ନଳୀ ପାରଦରେ ବୁଡ଼ାଇଲେ, ପାରଦ ସ୍ତର ବାହାର ତୁଳନାରେ ଭିତରେ ତଳକୁ ରହେ । ଅଳ୍ପ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଖୋଲା ନଳୀ (ଅର୍ଥାତ୍ କୈଶିକ ନଳୀ)ରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଉତ୍ଥାନ (elevation) ଓ ପତନ (depression) ଭଳି ପରିଘଟଣା ପୃଷ୍ଠତାନ ଯୋଗୁଁ ହୁଏ ଏବଂ ଏହାକୁ **କୈଶିକ ପ୍ରଭାବ** କୁହାଯାଏ ।

କୈଶିକ ନଳୀରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଉତ୍ଥାନ ବା ପତନ ଭଳି ପରିଘଟଣାକୁ କୈଶିକ ପ୍ରଭାବ ବା କୈଶିକତା କୁହାଯାଏ ।

9.6.1 ଏକ କୈଶିକ ନଳୀରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଉତ୍ଥାନ (Rise of liquid in a capillary tube)

ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମନେକର ଜଳରେ ବୁଡ଼ିଥିବା ଏକ କୈଶିକ ନଳୀ ନିଅ । ଚିତ୍ର 9.23(a) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ମେନିସ୍କସ୍ ଅବତଳ ହେବ । ଏହା ହେବାର ଅସଲ କାରଣ ହେଉଛି କାଚ ଓ ଜଳ ମଧ୍ୟରେ ଅସଂଜସ ବଳ ସସଂଜକ ବଳମାନଙ୍କ ଠାରୁ ଅଧିକ ।



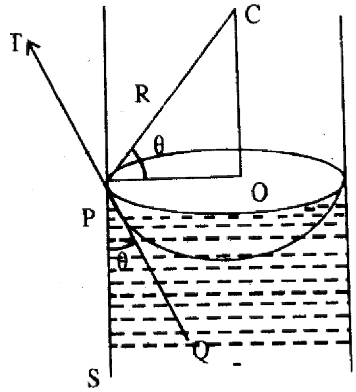
ଚିତ୍ର **9.23 :** କୈଶିକ ପ୍ରଭାବ

ତରଳ ପଦାର୍ଥ - ବାୟୁ ଅନ୍ତରାପୃଷ୍ଠରେ ଚାରିଟି ବିନ୍ଦୁ A, B, C ଓ D ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଉ, ଚିତ୍ର 9.23(a) । ଆମେ ଜାଣୁଁ ଯେ ମେନିସ୍କସ୍‌ର ଠିକ୍ ତଳେ ଚାପ ମେନିସ୍କସ୍‌ର ଠିକ୍ ଉପର ତୁଳନାରେ $2T/R$ କମ୍ ଅର୍ଥାତ୍

$$P_B = P_A - 2T/R \qquad (9.12)$$

ଏଠାରେ T ହେଉଛି ତରଳ ପଦାର୍ଥ-ବାୟୁ ଅନ୍ତରାପୃଷ୍ଠରେ ପୃଷ୍ଠତାନ ଏବଂ R ହେଉଛି ଅବତଳ ପୃଷ୍ଠର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ । କିନ୍ତୁ A ଠାରେ ଚାପ B ଠାରେ ଚାପ ସହିତ ସମାନ ଏବଂ ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପ ସହିତ ସମାନ, ଯାହାକି P ହେଉ । ତେଣୁ D ଠାରେ ଚାପ C ଠାରେ ଚାପ ସହିତ ସମାନ । ଅତଏବ, B ଠାରେ ଚାପ D ଠାରେ ଚାପ ଠାରୁ କମ୍ । କିନ୍ତୁ ଆମେ ଜାଣିଛୁ ଯେ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ସମାନ ସ୍ତରରେ ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁରେ ଚାପ ନିଶ୍ଚୟ ସମାନ ହେବ । ସେଥିପାଇଁ ବାହାର ଅଞ୍ଚଳରୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ନଳୀ ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରି B ଠାରେ ଥିବା ଅଭାବ ପୂରଣ କରେ । ଏହିଭଳି ତରଳ ପଦାର୍ଥ କୈଶିକ ନଳୀରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉଚ୍ଚତା h କୁ ଉଠେ ଯେପରିକି h ଉଚ୍ଚତାର ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଯୋଗୁଁ ଚାପ $2T/R$ ସହିତ ସମାନ (ଚିତ୍ର 9.23(b)) । ତେଣୁ, ଜଳ ଉପରକୁ ଉଠିବା ବନ୍ଦ କରେ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ

$$h\ r\ g = 2T/R \qquad (9.13)$$



ଚିତ୍ର **9.24** ସ୍ପର୍ଶକୋଣ

ଏଠାରେ r ହେଉଛି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଏବଂ g ହେଉଛି ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ ତ୍ୱରଣ । କୈଶିକ ନଳୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ଏବଂ ସ୍ପର୍ଶ-କୋଣ q ହେଲେ, ଚିତ୍ର 9.24 ରୁ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା

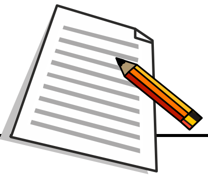
$$R = r/\cos q$$

R ର ମୂଲ୍ୟ ସମୀକରଣ (9.13) ରେ ବ୍ୟବହାର କରି,

$$h\ r\ g = 2T/r/\cos q$$

ବା, $$h = 2T\cos q / r\ r\ g \qquad (9.14)$$

ଉପରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ବ୍ୟଞ୍ଜକରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ ନଳୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଯଦି କମ୍ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ ଅତି ସୂକ୍ଷ୍ମ ରନ୍ଧ୍ର ବିଶିଷ୍ଟ କୈଶିକ ନଳୀରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଉତ୍ଥାନ ବହୁତ ଅଧିକ ହେବ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 9.3

1. ସ୍ପର୍ଶ-କୋଣ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ କି ?

....

2. ଘନ ବସ୍ତୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସ୍ପର୍ଶକୋଣ 90^0 ଠାରୁ କମ୍ । ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଘନ ବସ୍ତୁକୁ ଓଦା କରିବ କି ? ସେହି ଘନ ପଦାର୍ଥରେ ଯଦି କୈଶିକ ନଳୀ ତିଆରି ହୁଏ, ତେବେ ସେଥିରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଉପରକୁ ଉଠିବ କି ତଳକୁ ଯିବ ?

....

3. ଗୋଟିଏ ଥର୍ମୋମିଟର୍ ତିଆରି କଲାବେଳେ ଏକ କୈଶିକ ନଳୀକୁ ପାରଦ ଥିବା ଗୋଟିଏ ପାତ୍ରରେ ବୁଡ଼ାଇଲେ କାହିଁକି ପାରଦ ଭର୍ତ୍ତି କରିବା କଷ୍ଟସାଧ୍ୟ ହୁଏ ?

....

4. ପୃଷ୍ଠତାନ 7.2×10^{-2} Nm^{-1} ର ଜଳ ଥିବା ଏକ ପାତ୍ରରେ 3 ସେ.ମି. ଉତ୍ଥାନ ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ କୈଶିକ ନଳୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ହିସାବ କର । ଜଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା 1000 $kg\ m^{-3}$, ସ୍ପର୍ଶ-କୋଣ ଶୂନ ଏବଂ $g = 10\ ms^{-1}$ ।

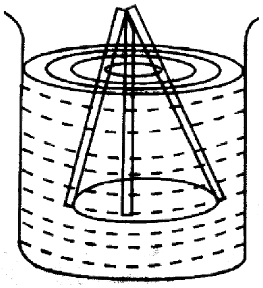
....

5. ଏକ ଲଣ୍ଠନ ଫିତାରେ କିରାସିନି କିପରି ଉପରକୁ ଉଠେ ?

....

9.7 ଶ୍ୟାନତା (Viscosity)

ଗୋଟିଏ ବିକର୍‌ରେ କିଛି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଖଣ୍ଡେ କାଚ କାଠିରେ ଘାଣ୍ଟିଲେ ତୁମେ ଦେଖିବ ଯେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଗତି ମଝିରେ ଏବଂ ବିକର୍ ପାଖରେ ସମାନ ନୁହେଁ, ଚିତ୍ର 9.25 । ଏକା ଭଳି ନଳୀ ଦେଇ ଦୁଇଟି ତରଳ ପଦାର୍ଥର (ମନେକର ଗ୍ଲିସରିନ୍ ଓ ଜଳର) ପ୍ରବାହ ଲକ୍ଷ୍ୟ କର । ତୁମେ ଦେଖିବ ପାତ୍ରରୁ ଜଳ କ୍ଷୀପ୍ର ବହିଯାଏ ଅଥଚ ଗ୍ଲିସରିନ୍ ଧୀରେ ଧୀରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଗୋଟିଏ ଇସ୍ପାତ ଗୋଲି ଉଭୟ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ପକାଅ । ଜଳ ତୁଳନାରେ ଗ୍ଲିସେରିନ୍‌ରେ ଗୋଲି ଧିରେ ଧିରେ ତଳକୁ ଯାଏ । ଏହି ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣରୁ ଜଣାପଡ଼େ, ଯେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଏକ ବିଶେଷ ଧର୍ମ ସେମାନଙ୍କର ଗତିକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରୁଛି । ଏହି ଧର୍ମକୁ **ଶ୍ୟାନତା** କୁହାଯାଏ । ଏହାର ଉତ୍ପତ୍ତି କିପରି ହୁଏ, ଆସ ପଢ଼ିବା ।



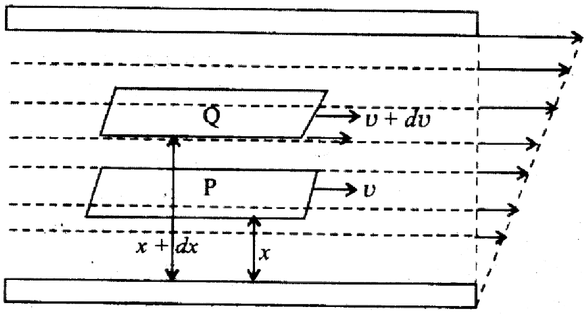
ଚିତ୍ର **9.25** କାଚ କାଠିରେ ଜଳକୁ ଘଣ୍ଟା ଯାଉଛି

ସାରଣୀ 9.1
କେତେକ ବିଶିଷ୍ଟ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କ

ତରଳ ପଦାର୍ଥର ନାମ	T [^{0}C]	ଶ୍ୟାନତା η (Pa s)
ଜଳ	20	1.0×10^{-3}
ଜଳ	100	0.3×10^{-3}
ରକ୍ତ	37	2.7×10^{-3}
ବାୟୁ	40	1.9×10^{-5}

9.7.1 ଶ୍ୟାନତା

ଆମେ ଜାଣିଛୁ ଯେ ଯେତେବେଳେ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ଆଉ ଏକ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଘଷି ହୋଇଯାଏ, ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ । ସେହିଭଳି, ଏକ ପ୍ରବହ (fluid) ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ପ୍ରବହର ଦୁଇଟି



ଚିତ୍ର **9.26 :** ଗୋଟିଏ ନଳୀରେ ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବାହ : ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ସ୍ତର ଭିନ୍ନ ପରିବେଗରେ ଗତି କରନ୍ତି ।

ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ତର ପରସ୍ପର ଉପରେ ଏକ ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରନ୍ତି । ଏହି ବଳ ଏକ ପଶ୍ଚାତକର୍ଷଣ (drag) ଭଳି କାମ କରେ ଏବଂ ଉଭୟ ମଧ୍ୟରେ ଆପେକ୍ଷିକ ଗତିକୁ ବିରୋଧ କରେ । **ପ୍ରବହର ଯେଉଁ ଧର୍ମଯୋଗୁଁ ଏହା ଦୁଇ ସନ୍ନିକଟ ସ୍ତର ମଧ୍ୟରେ ଆପେକ୍ଷିକ ଗତିର ବିରୋଧ କରେ, ତାହାକୁ ଶ୍ୟାନତା କୁହାଯାଏ ।**

ଗୋଟିଏ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବାହ ଚିତ୍ର 9.26 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ନଳୀର ଘନ ବେଷ୍ଟନୀ ଓ ତଳର ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ ନଳୀକୁ ଲାଗିଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସ୍ତର ସ୍ଥିର ବୋଲି ଧରାଯାଇପାରେ । ଅନ୍ୟ ସ୍ତରମାନ ଗତିଶୀଳ ଏବଂ ପରିବେଗ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ । ପୃଷ୍ଠତଳରୁ x ଦୂରତ୍ୱରେ ସ୍ତରର ପରିବେଗ u ଏବଂ $x+Dx$ ଦୂରତ୍ୱରେ ପରିବେଗ $J + dJ$ ହେଉ ।

ଅତଏବ, ଦୂରତା dx ର ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ପରିବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ dJ । dJ / dx ର ମାତ୍ରାକୁ ପରିବେଗ ଗ୍ରେଡ଼ିଏଣ୍ଟ (gradient) କୁହାଯାଏ ।

ଏକ ପ୍ରବହର ଦୁଇଟି ସ୍ତର ମଧ୍ୟରେ ଶାନ୍ୟତା ବଳ

. ସ୍ପର୍ଶକରୁଥିବା ସ୍ତରର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A ପ୍ରତି ସମାନୁପାତିକ ଅଟେ : $F \; a \; A$

. ପ୍ରବାହର ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ପରିବେଗ ଗ୍ରାଡ଼ିଏଣ୍ଟ ପ୍ରତି : $F \; a \; \frac{d\vartheta}{dx}$ ସମାନୁପାତିକ ଅଟେ ।

$$F \; a \; A\frac{d\vartheta}{dx}$$

ଏମାନଙ୍କୁ ଏକତ୍ର କରି, ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା $F = h - A(dJ / dx)$

ଏଠାରେ h ହେଉଛି ଏକ ଆନୁପାତିକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଏବଂ ଏହାକୁ **ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କ** କୁହାଯାଏ । ବିଯୁକ୍ତ ଚିହ୍ନ ସୂଚାଉଛି ଯେ ବଳଟି ଘର୍ଷଣୀୟ ପ୍ରକୃତିର ଏବଂ ଗତିକୁ ବିରୋଧ କରେ । ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କର SI ଏକକ ହେଉଛି Nsm^{-2} । cgs ପଦ୍ଧତିରେ ଶାନ୍ୟତାର ଏକକ ହେଉଛି ପଏଜ୍ (poise)

1 ପଏଜ୍ = 0.1 Nsm^{-2}

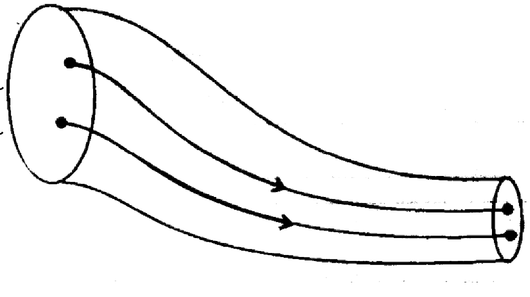
ଶାନ୍ୟତା ଗୁଣାଙ୍କର ବିମିତ ହେଉଛି $[ML^{-1}T^{-1}]$

9.8 ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରବାହର ଶ୍ରେଣୀ

ବନ୍ୟା ସମୟରେ ତୁମେ ନଦୀଟିଏ ଦେଖିଛ ? ସହରରେ ଜଳ ଯୋଗାଣ ସଂସ୍ଥାରେ ଜଳ ପ୍ରବାହ ସହିତ ଏହାର ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ଅଛି କି ? ଏହିଭଳି ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ପାଇବାକୁ, ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବାହ ସଂପର୍କରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରାଯାଉ ।

9.8.1 ସାବଲୀଳ ଗତି (Streamline motion)

ପ୍ରବହ କଣିକାମାନ ଅନୁସରଣ କରୁଥିବା ପଥକୁ ପ୍ରବହ ରେଖା କୁହାଯାଏ । ଯଦି ପଥର ଏକ ଦତ୍ତ ବିନ୍ଦୁକୁ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକା ତା'ର ପୂର୍ବବର୍ତ୍ତୀ କଣିକା ସହିତ ସମାନ ପ୍ରବାହରେଖା ଅନୁସରଣ କରେ, ତେବେ ପ୍ରବାହକୁ **ସାବଲୀଳ** କୁହାଯାଏ । ସାବଲୀଳରେଖା ଏପରି ଏକ ବକ୍ର ବା ରେଖା ଯାହାର କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ସ୍ପର୍ଶକ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପରିବେଗର ଦିଗ ସୂଚାଏ । ସ୍ଥିର ପ୍ରବାହରେ, ସାବଲୀଳ ରେଖାମାନ ଓ ପ୍ରବାହ ରେଖାମାନ ସମାନ (ଚିତ୍ର 9.27) ।



ଚିତ୍ର **9.27** ସାବଲୀଳ ଗତି

ଟିପ୍ପଣୀ

ଲକ୍ଷ୍ୟକର ଦୁଇଟି ସାବଲୀଳ ରେଖା ପରସ୍ପରକୁ ଛେଦ କରନ୍ତି ନାହିଁ କାରଣ ତା’ ହେଲେ ଛେଦ ବିନ୍ଦୁରେ ଦୁଇଟି ସ୍ପର୍ଶକ ଟଣାଯାଇପାରିବ ଏବଂ ପରିବେଗ ଦୁଇ ଦିଗକୁ ହେବ । ଏହା ଅସମ୍ଭବ ।

ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ର ପ୍ରବାହ ପରିବେଗ ସଙ୍କଟ ପରିବେଗ ଠାରୁ କମ୍ ହେଲେ, ଗତିକୁ ସାବଲୀଳ ଗତି କୁହାଯାଏ । ଏହି ଭଳି କ୍ଷେତ୍ରରେ, ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସମୁଦାୟ ସ୍ଥୁଳତାକୁ ପରସ୍ପର ଉପରେ ଘସି ହେଉଥିବା ଅନେକ ସଂଖ୍ୟକ ସମତଳ ସ୍ତର (**ପଟ୍ଟଳ**)ରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଏ ଅର୍ଥାତ୍ ଗୋଟିଏ ସ୍ତର ଅନ୍ୟ ସ୍ତର ଉପରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ଏ ଭଳି ପ୍ରବାହକୁ **ସ୍ତରୀୟ ପ୍ରବାହ** (Laminar flow) କୁହାଯାଏ ।

ଯଦି ପ୍ରବାହ ବେଗ ସଙ୍କଟ ବେଗ υ_c ଠାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ, ତେବେ ସାବଲୀଳ ରେଖାମାନ ମିଶିଯା’ନ୍ତି ଏବଂ ପ୍ରବାହ ପଥ ଇତସ୍ତତ (zig-zag) ହୋଇଯାଏ । ଏ ଭଳି ଗତିକୁ **ପ୍ରକ୍ଷୁବ୍ଧ ଗତି** (turbulent motion) କୁହାଯାଏ ।

9.8.2 ସାତତ୍ୟ ସମୀକରଣ (Equation of continuity)

ଯଦି ଏକ ଅସଂପୀଡ୍ୟ (incompressible) **ଶ୍ୟାନତାବିହୀନ** (non-viscous) ପ୍ରବହ ଏକ ଅସମ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ବିଶିଷ୍ଟ ନଳୀରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ, ତେବେ ନଳୀର ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଓ ପ୍ରବାହ ବେଗର ଗୁଣନଫଳ, ସାବଲୀଳ ପ୍ରବାହରେ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ । ମନେକର,

ପ୍ରବହ ପ୍ରବେଶ ସ୍ଥଳରେ ନଳୀର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A_1 ଓ ନିର୍ଗମନ ସ୍ଥଳରେ A_2 ଅଟେ, ଚିତ୍ର 9.28 । A ଓ B ପ୍ରାନ୍ତରେ ପ୍ରବହ ବେଗ ଯଥାକ୍ରମେ υ_1 ଓ υ_2 ହେଉ ଏବଂ ρ ପ୍ରବହର ସାନ୍ଦ୍ରତା ହେଲେ, A ରେ ନଳୀମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରୁଥିବା ପ୍ରବହ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ υ_1 ଦୂରତା ଅତିକ୍ରମ କରିବ । ତେଣୁ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ପ୍ରବେଶ କରୁଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆୟତନ = $A_1 \times \upsilon_1$ । ତେଣୁ,

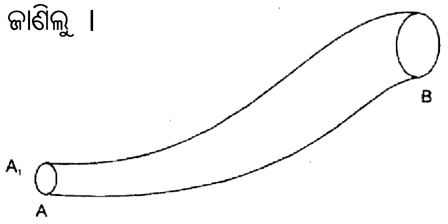
A ବିନ୍ଦୁରେ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ପ୍ରବେଶ କରୁଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ = $A_1\upsilon_1\rho$ ସେହିପରି B ବିନ୍ଦୁରେ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ନିର୍ଗତ ହେଉଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ = $A_2\upsilon_2\rho$

ଯେହେତୁ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବହ ଠୁଳ ହୁଏ ନାହିଁ ନଳୀର ଯେ କୌଣସି ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦକୁ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିଶ୍ଚୟ ସମାନ ହେବ । ତେଣୁ ଆମେ ଜାଣିଲୁ ।

$$A_1\upsilon_1\rho = A_2\upsilon_2\rho$$

ବା $$A_1\upsilon_1 = A_2\upsilon_2$$

ଏହି ବ୍ୟଞ୍ଜକକୁ **ସାତତ୍ୟ ସମୀକରଣ** କୁହାଯାଏ ।



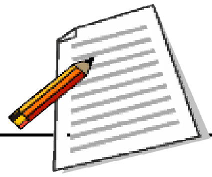
ଚିତ୍ର **9.28** ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ତଳର ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବାହ

9.8.3 ସଙ୍କଟ ପରିବେଗ ଓ ରିନଲଡ୍ସ ସଂଖ୍ୟା

ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ ଜାଣିଲୁ ଯେ ଯେତେବେଳେ ପ୍ରବାହ ପରିବେଗ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମୂଲ୍ୟ, ସଙ୍କଟ ପରିବେଗ, ଠାରୁ କମ୍ ରହେ, ପ୍ରବାହ ସାବଲୀଳ ରହେ । କିନ୍ତୁ ଯେତେବେଳେ ପ୍ରବାହ ପରିବେଗ ସଙ୍କଟ ପରିବେଗରୁ ଅଧିକ ହୁଏ, ପ୍ରବାହ ପ୍ରକ୍ଷୁବ୍ଧ ହୋଇଯାଏ ।

ଗୋଟିଏ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସଙ୍କଟ ପରିବେଗ

- ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରକୃତି ଅର୍ଥାତ୍ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କ (η)
- ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ନଳୀର ବ୍ୟାସ (d)
- ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା (ρ) ଉପର ନିର୍ଭର କରେ ।



ପରୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଏ $\upsilon_c \propto \eta$; $\upsilon_c \propto \frac{1}{\rho}$ ଏବଂ $\upsilon_c \propto \frac{1}{d}$

ତେଣୁ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା, $\upsilon_c = \frac{R\eta}{\rho_d}$ (9.16)

ଏଠାରେ R ହେଉଛି ଆନୁପାତିକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଏବଂ ଏହାକୁ ରିନଲଡ଼୍‌ଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା (Reynold's number) କୁହାଯାଏ । ପରୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ ଯଦି R 1000 ରୁ କମ୍ ହୁଏ, ତେବେ ସ୍ତରୀୟ ପ୍ରବାହ (Laminar flow) ହୁଏ । R ର ମୂଲ୍ୟ 1000 ରୁ 2000 ଭିତରେ ହେଲେ ପ୍ରବାହ ଅସ୍ଥିର ହୁଏ ଏବଂ R ର ମୂଲ୍ୟ 2000 ରୁ ଅଧିକ ହେଲେ ପ୍ରବାହ ପ୍ରକ୍ଷୁବ୍ଧ ହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ 9.1 : ହୃତ୍‌ପିଣ୍ଡର ଆବର୍ତ୍ତନ ଚକ୍ରର ବିରାମ ସମୟରେ ଧମନୀରେ ରକ୍ତ ପ୍ରବାହର ହାରାହାରି ବେଗ ହେଉଛି ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି 30 ସେ.ମି. । ପ୍ରବାହ ସ୍ତରୀଭୂତ କି ପ୍ରକ୍ଷୁବ୍ଧ ? ରକ୍ତର ସାନ୍ଦ୍ରତା 1.05 g cm^{-3} ; ଏବଂ $\eta = 4.0 \times 10^{-2}$ ପଏଜ୍ ।

ସମାଧାନ : ସମୀକରଣ (9.16) ରୁ ଆମେ ଜାଣୁଁ ଯେ ରିନଲଡ଼୍ ସଂଖ୍ୟା $R = \frac{\vartheta_c \rho_d}{\eta}$

ଦତ୍ତ ମୂଲ୍ୟ ସ୍ଥାପନ କଲେ, ଆମେ ପାଇବୁ

$$R = \frac{(30\,cms^{-1}) \times 2cm \times (1.05 g\, cm^{-3})}{(4.0 \times 10^{-2} gcm^{-1}s^{-1})} = 1575$$

ଯେହେତୁ 1575 < 2000, ପ୍ରବାହ ଅସ୍ଥିର ଅଟେ ।

9.9 ଷ୍ଟୋକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ (Stoke's Law)

η ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କ ବିଶିଷ୍ଟ ଅତ୍ୟଧିକ ଶ୍ୟାନତାର ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ଚିକ୍କଣ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ବସ୍ତୁ ମୁକ୍ତ ଭାବରେ ତଳକୁ ପଡୁଥିଲେ ତାହା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ପଶ୍ଚାତ୍‌ମୁଖୀ ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ଶ୍ୟାନବଳ F ର ପରିମାଣ ନିମନ୍ତେ ଜର୍ଜ ଷ୍ଟୋକ୍ ଏକ ଆନୁଭବିକ ନିୟମ ଦେଲେ । ଏହାକୁ ଷ୍ଟୋକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ କୁହାଯାଏ ।

ଷ୍ଟୋକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମାନୁସାରେ,

$F \propto \eta r \upsilon$

ବା $F = K \eta r \upsilon$

ଏଠାରେ K ଏକ ଆନୁପାତିକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ । ପରୀକ୍ଷାରୁ ଏହା ଜଣାପଡ଼ିଛି ଯେ $K = 6\pi$

ତେଣୁ ଷ୍ଟୋକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଲେଖାଯାଇ ପାରିବ

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

ବିମିତୀୟ ପଦ୍ଧତି ପ୍ରୟୋଗ କରି ନିମ୍ନଲିଖିତ ପ୍ରଣାଳୀରେ ଷ୍ଟୋକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କରାଯାଇପାରେ । ଷ୍ଟୋକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମାନୁସାରେ ଶ୍ୟାନ୍ ବଳ

- ମାଧ୍ୟମର ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କ (η)
- ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ବସ୍ତୁର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ (r)
- ବସ୍ତୁର ପରିବେଗ (υ) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ତେଣୁ $F \propto \eta^a r^b \upsilon^c$ ବା $F = K\, \eta^a\, r^b\, \upsilon^c$

ଏଠାରେ K ହେଉଛି ଆନୁପାତିକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ।

ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ବିମିତିମାନ ନେଲେ ଆମେ ପାଇବା

$$[MLT^{-2}] = [ML^{-1}T^{-1}]^a \ [L]^b [LT^{-1}]^c$$

ବା $$[MLT^{-2}] = [M^a \ L^{-a+b+c} T^{-a-c}]$$

ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱର ଘାତାଙ୍କକୁ ତୁଳନା କରି ଏବଂ ସମୀକରଣମାନ ସମାଧାନ କରି ଆମେ ପାଉଛୁ a = b = c =1

ତେଣୁ $F = K \ h r u$

9.9.1 ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ (Terminal Velocity)

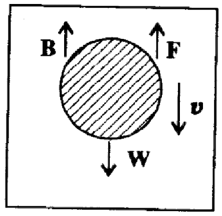
s ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ଓ ସାନ୍ଦ୍ରତା r ଥିବା ଏକ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ବସ୍ତୁ ତଳକୁ ପଡ଼ିବା ବିଷୟ ବିଚାର କରାଯାଉ ।

ବସ୍ତୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳମାନ ହେଉଛନ୍ତି,

(i) ବସ୍ତୁର ଓଜନ W ନିମ୍ନମୁଖୀ

(ii) ଶ୍ୟାନ ବଳ F ଅଭିଲମ୍ବ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ

(iii) ପ୍ଳବ ବଳ B ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ



ଚିତ୍ର 9.29 : ଏକ ଶ୍ୟାନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ତଳକୁ ପଡୁଥିବା ଏକ ଗୋଲକ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ

ଏହି ସମସ୍ତ ବଳ ପ୍ରଭାବରେ, କୌଣସି ଏକ ସମୟରେ ବସ୍ତୁ ଉପରେ ଉପଲବ୍ଧ ବଳ ଶୂନ୍ ହୁଏ । (ଯେ ହେତୁ ପରିବେଗ ବୃଦ୍ଧି ସହିତ ଶ୍ୟାନ ବଳ ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ।) ତା'ପରେ ବସ୍ତୁଟି ଏକ ସ୍ଥିର ପରିବେଗରେ ତଳକୁ ଯାଏ । ଏହି ସ୍ଥିର ପରିବେଗକୁ **ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ** କୁହାଯାଏ ।

ଆମେ ଜାଣିଛୁ ଏହି ସବୁ ବଳର ପରିମାଣ

$$F = 6p \ h \ r J_0$$

ଏଠାରେ u_0 ହେଉଛି ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ ।

$$W = (4/3) \ p \ r^3 \ rg$$

$$B = (4/3) \ p \ r^3 \ sg$$

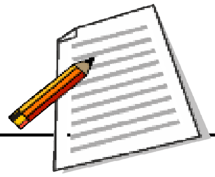
ବସ୍ତୁର ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ ଉପଲବ୍ଧ ହେଲେ, ଉଦ୍‌ବୃତ୍ତ ବଳ ଶୂନ୍ ହୁଏ । ତେଣୁ

$$6p \ h \ r J_0 = \frac{4}{3} p r^3 rg - \frac{4}{3} p r^3 sg$$

ତେଣୁ $$J_0 = \frac{2r^2(\rho - \sigma)g}{9\eta}$$

9.9.2 ଷ୍ଟୋକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ

A. ପାରାଚୁଟ୍ (Parachute) : ଉଡ଼ାଜାହାଜରୁ ଯେତେବେଳେ ଜଣେ ସୈନିକ ଡିଏଁ, ସେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣୀୟ ତ୍ୱରଣ ଯୋଗୁଁ ତଳକୁ ଯାଏ କିନ୍ତୁ ବାୟୁର ଶ୍ୟାନ ପଶ୍ଚାତକର୍ଷଣ (drag) ଯୋଗୁଁ ତ୍ୱରଣ କମି କମି ଯାଏ ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ । ତା'ପରେ ସୈନିକଟି ସମାନ ବେଗରେ ତଳକୁ ଖସେ ଏବଂ ଆଗରୁ ହିସାବ ଅନୁସାରେ ଭୂମିଠାରୁ ଅଳ୍ପ ଉଚ୍ଚରେ ପାରାଚୁଟ୍ ଖୋଲେ ଯେପରିକି ସେ ତାର ଲକ୍ଷ୍ୟସ୍ଥଳରେ ନିରାପଦରେ ପହଞ୍ଚିବ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

B. ବର୍ଷା ଟୋପାର ପରିବେଗ : ବର୍ଷାଟୋପା ଯେତେବେଳେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ପ୍ରଭାବରେ ତଳକୁ ଖସେ, ତା'ର ଗତି ବାୟୁର ଶ୍ୟାନ ପଶ୍ଚାତକର୍ଷଣ ଯୋଗୁଁ ବାଧା ପାଏ । ଯେତେବେଳେ ଶ୍ୟାନ ବଳ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ସହିତ ସମାନ ହୁଏ ବର୍ଷାଟୋପା ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗରେ ପହଞ୍ଚେ । ସେଥିପାଇଁ ବର୍ଷାଟୋପା ପୃଥିବୀରେ ପହଞ୍ଚିଲା ବେଳକୁ ସେମାନଙ୍କର ଅତ୍ୟଧିକ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ନ ଥାଏ ।

ଉଦାହରଣ 9.2 : ବାୟୁ ମଧ୍ୟରେ ଆସି ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ 0.12 ms^{-1} ରେ ପଡୁଥିବା ବର୍ଷା ଟୋପାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ହିସାବ କର । ଦତ୍ତ, $h = 1.8 \times 10^{-5}$ kg $m^{-1} s^{-1}$,

$$r = 1.21 \text{ kg m}^{-3},\ s = 10 \times 1.0^{3} \text{ kg m}^{-3}$$

ଓ $g = 9.8 \text{m s}^{-2}$

ସମାଧାନ : ଆମେ ଜାଣୁ ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ

$$J_0 = \frac{2r^2(\rho - \sigma)g}{9\eta}$$

ପଦଗୁଡ଼ିକ ପୁର୍ନବିନ୍ୟାସ କରି, ଆମେ ଲେଖିବା

$$r = \sqrt{\frac{9\eta\upsilon_0}{2(\rho - \sigma)g}}$$

$$= \sqrt{\frac{9 \times 1.8 \times 10^{-5} \times 0.12}{2(1000 - 1.21)9.8}} \text{m} = 10^{-5}\text{m}$$

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 9.4

1. ସାବଲୀଳ ପ୍ରବାହ ଓ ପ୍ରକ୍ଷୁବ୍ଧ ପ୍ରବାହ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ କ'ଣ ?

....

2. ଏକ ପ୍ରବହମାନ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଦୁଇଟି ସାବଲୀଳ ରେଖା ପରସ୍ପରକୁ ଛେଦ କରିପାରିବ କି ?

....

3. ଏକ ଶ୍ୟାନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସଙ୍କଟ ପରିବେଗ ନିର୍ଭର କରୁଥିବା ଭୌତିକ ରାଶିମାନଙ୍କର ନାମ ଲେଖ ।

....

4. ବାୟୁର ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କ 1.8×10^{-5} Ns m^{-2} ଏବଂ ସାନ୍ଦ୍ରତା 1.2 kg m^{-3} ହେଲେ 0.01m ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ବର୍ଷା ଟୋପାର ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ ହିସାବ କର । ଜଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା = 1000 kg m^{-3} $g = 10$ m s^{-2} ନିଅ ।

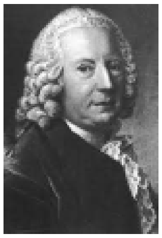
....

5. ଏକ ପାତ୍ରରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ତରଳ ପଦାର୍ଥକୁ ଘାଣ୍ଟି ଏବଂ କିଛି ସମୟ ପାଇଁ ରଖିଦେଲେ, ଏହା ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସେ, କାହିଁକି ?

....

ଟିପ୍ପଣୀ

ଡାନିଏଲ୍ ବର୍ଣ୍ଣୋଲି - (Daniel Bernoulli) (1700 - 1782)



ସୁଇଜରଲ୍ୟାଣ୍ଡର ଜଣେ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନୀ ଓ ଗଣିତଜ୍ଞ ଡାନିଏଲ୍ ବର୍ଣ୍ଣୋଲି ଗୋଟିଏ ଗଣିତଜ୍ଞ ପରିବାରରେ ଫେବୃୟାରୀ ୫, 1700 ମସିହାରେ ଜନ୍ମ ଗ୍ରହଣ କରିଥିଲେ । ଉଦ୍‌ଗତି ବିଜ୍ଞାନ (hydrodynamics)ରେ ତାଙ୍କର ଉଲ୍ଲେଖନୀୟ ଅବଦାନ ଅଛି । ତାଙ୍କର ବିଖ୍ୟାତ କୃତି **ଉଦ୍‌ଗତି ବିଜ୍ଞାନ** 173୮ ମସିହାରେ ପ୍ରକାଶିତ ହୋଇଥିଲା । ଚାପ ଓ ତାପକ୍ରମ ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହିତ ଗ୍ୟାସର ଆଚରଣ ମଧ୍ୟ ସେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିଥିଲେ ଯାହାକି ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଗତି ତତ୍ତ୍ୱ ଉପସ୍ଥାପନରେ ସାହାଯ୍ୟ କଲା । ଗାଣିତିକ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ଜଣେ ସ୍ରଷ୍ଟାଭାବେ ସେ ଜଣାଶୁଣା । ଅତ୍ୟନ୍ତ ବେଗରେ ଜଳ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ନଳୀଟିକୁ ଏକ ବୃହତ୍ ପାତ୍ରରେ ସଂଯୋଗ କରି ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ ଦ୍ୱାରା ରାସାୟନିକ ଗବେଷଣାଗାରରେ ବାୟୁଶୂନ୍ୟତା ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଏ ।

9.10 ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ନିୟମ

ତୁମେ କେବେ ଚିନ୍ତା କରିଛ କୁକୁର ଗାତ (dog's burrow)ରେ କିପରି ବାୟୁ ସଞ୍ଚାଳନ ହୁଏ, ଚିମନୀ ଭିତରୁ ଧୂଆଁ କେମିତି ବାହାରି ଆସେ ବା କାର୍‌ର ପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ଛାତ ଥିଲେ ଗାଡ଼ି ଅଧିକ ବେଗରେ ଗଲେ କାହିଁକି ତାହା ଉପରକୁ ଫୁଲିଯାଏ ? ଝଡ଼-ବର୍ଷା ଦିନ ତୁମେ ନିଶ୍ଚୟ ତୁମର ଛତା ବେଳେବେଳେ କେମିତି ଉପରକୁ ଉଠିଯାଏ, ଅନୁଭବ କରିଥିବ । ଏହି ସମସ୍ତ କଥା ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ବୁଝାଯାଇପାରିବ ।

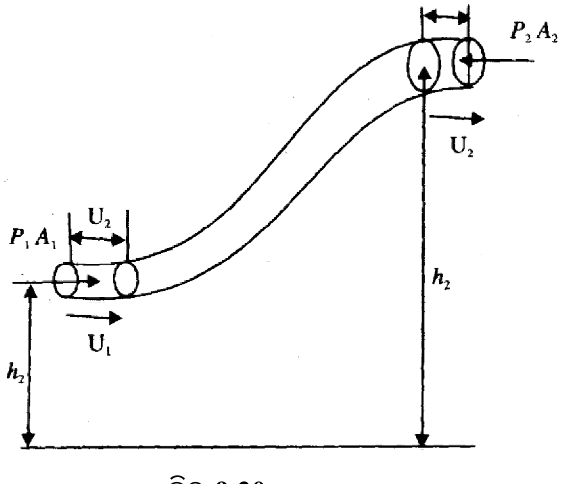
ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ନିୟମାନୁସାରେ, **ପ୍ରବହର ପରିବେଗ ଯେଉଁଠି ଅଧିକ, ଚାପ ସେଠି କମ୍ ଏବଂ ଯେଉଁଠି ପ୍ରବହର ପରିବେଗ କମ୍, ଚାପ ସେଠି ଅଧିକ ।**

9.10.1 ଏକ ପ୍ରବହମାନ ପ୍ରବହର ଶକ୍ତି

ପ୍ରବହମାନ ପ୍ରବହରେ ତିନି ପ୍ରକାରର ଶକ୍ତି ଅଛି । ଆମେ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ଓ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ସହିତ ପରିଚିତ । ପ୍ରବହରେ ଥିବା ତୃତୀୟ ପ୍ରକାରର ଶକ୍ତି ହେଉଛି ଚାପ ଶକ୍ତି । ଏହା ପ୍ରବହର ଚାପ ଯୋଗୁଁ ହୋଇଥାଏ । ଚାପ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଓ ଏହାର ଆୟତନର ଗୁଣନ ଫଳକୁ ଚାପଶକ୍ତି ଭାବେ ନିଆଯାଇପାରେ । m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ d ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ କିଛି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଯଦି P ଚାପ ପାର୍ଥକ୍ୟରେ ଗତି କରୁଥାଏ, ତେବେ

ଚାପ ଶକ୍ତି = P x (m/d) joule

ଏକକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପ୍ରତି ଚାପ ଶକ୍ତି = (P/d) J kg^{-1}



ଚିତ୍ର 9.30

9.10.2 ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ସମୀକରଣ :

ଏହି ନିୟମର ମାନାତ୍ମକ (quantitative) ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିମିତ୍ତ ବର୍ଣ୍ଣୋଲି ଏକ ସମୀକରଣର ବିକାଶ କଲେ । ଏହି ସମୀକରଣର ବିକାଶ (develop) କରିବାକୁ ତିନିଟି ମୁଖ୍ୟ ସ୍ୱୀକାର ନିଆଯାଇଥିଲା ।

1. ପ୍ରବହ ଅସଂପୀଡ୍ୟ (incompressible) ଅର୍ଥାତ୍ ଏହା ଓସାରିଆ ନଳୀରୁ ସରୁ ରନ୍ଧ୍ରଥିବା ନଳୀକୁ ଗଲେ ଏହାର ସାନ୍ଦ୍ରତା ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ ।

2. ପ୍ରବହଟି **ଶ୍ୟାନରହିତ** ବା ଶ୍ୟାନତାର ପ୍ରଭାବ ହିସାବକୁ ନିଆଯିବ ନାହିଁ ।

3. ପ୍ରବହର ଗତି **ସାବଲୀଳ** ।

ଚିତ୍ର 9.30 ରେ ଆମେ ଅସମାନ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ଥିବା ଏକ ନଳୀକୁ ବିଚାରକୁ ନେଇଛୁ ।

ମନେକର A ବିନ୍ଦୁରେ ଚାପ P_1, ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A_1, ପ୍ରବାହ ପରିବେଗ U_1 ଭୂମି ଉପରୁ ଉଚ୍ଚତା h_1 ଏବଂ B ବିନ୍ଦୁରେ ଚାପ P_2, ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A_2, ପ୍ରବାହ ପରିବେଗ = υ_2 ଏବଂ ଭୂମି ଉପରୁ ଉଚ୍ଚତା h_2 ।

ଯେହେତୁ A ଓ B ପ୍ରବାହ ନଳୀରେ ଯେ କୌଣସି ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ହୋଇ ପାରନ୍ତି, ଆମେ ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ସମୀକରଣ ଲେଖିପାରିବା,

ଚିତ୍ର **9.31**

$P + \frac{1}{2} \upsilon m^2 + hrg =$ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ,

ଅର୍ଥାତ୍, ସାବଲୀଳ ଗତିରେ ଏକ ପ୍ରବହର ଚାପ ଶକ୍ତି, ଗତିଜ ଶକ୍ତି ଏବଂ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତିର ସମଷ୍ଟି ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ରହେ ।

ତୁମ ପାଇଁ କାମ 9.4

1. ଗୋଟିଏ ପୃଷ୍ଠା କାଗଜ ତୁମ ହାତରେ ଧର ।

2. ଚିତ୍ର 9.31 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି କାଗଜର ଭୂସମାନ୍ତର ଅଂଶରେ ଟିକିଏ ତଳକୁ ଚାପ ଦିଅ ଯେପରିକି କାଗଜ ତଳକୁ ବାଙ୍କିଯିବ ।

3. ଭୂସମାନ୍ତର ରେଖାରେ କାଗଜ ଉପରେ ଫୁଙ୍କ ।

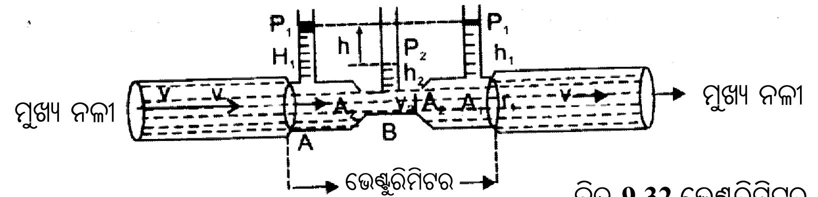
କାଗଜକୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କର । ଜୋରରେ ଏହା ଉପରକୁ ଉଠିଯାଏ କାରଣ କାଗଜର ଅନ୍ୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଚାପ କମିଯାଏ ।

9.10.3 ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟର ପ୍ରୟୋଗ

ଆମ ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନରେ ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟର ଅନେକ ପ୍ରୟୋଗ ଅଛି । ସାଧାରଣ ଦେଖୁଥିବା କେତେକ ପରିଘଟଣାମାନ ମଧ୍ୟ ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ସାହାଯ୍ୟରେ ବୁଝିହେବ ।

A. ପ୍ରବାହ ମିଟର୍ ବା ଭେଣ୍ଟୁରିମିଟର

ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବାହ ହାର ମାପିବାକୁ ବ୍ୟବହାର ହୁଏ । ଚିତ୍ର 9.32 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଟି ପ୍ରବାହ ନଳୀ ଭିତରେ ଭର୍ତ୍ତି କର ।



ଚିତ୍ର **9.32** ଭେଣ୍ଟୁରିମିଟର

ଏଥିରେ ଗୋଟିଏ ମାନୋମିଟର୍ ଅଛି, ଯାହାର ଦୁଇ ବାହୁ A ଓ B ବିନ୍ଦୁରେ ଯଥାକ୍ରମେ ଭିନ୍ନ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A_1 ଓ A_2 ଥିବା ଗୋଟିଏ ନଳୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇଛି । ମନେକର ମୁଖ୍ୟ ନଳୀଟି ଭୂମି ଉପରେ h ଉଚ୍ଚତାରେ ଭୂସମାନ୍ତରରେ ଅଛି । ଏହାପରେ ଭେଣ୍ଟୁରିମିଟର୍ ମଧ୍ୟରେ A ଓ B ବିନ୍ଦୁରେ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ (Steady flow) ପାଇଁ ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା,

A ରେ ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି = B ରେ ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି

$$\frac{1}{2}m\upsilon_1^2 + mgh + \frac{mp_1}{d} = \frac{1}{2}m\upsilon_2^2 + mgh + \frac{mp_2}{d}$$

ପଦମାନଙ୍କୁ ପୁର୍ନବିନ୍ୟାସ କରି,

$$(p_1 - p_2) = \frac{d}{2}(\upsilon_2^2 - \upsilon_1^2) = \frac{\upsilon_1^2 d}{2}\left[\left(\frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}\right)^2 - 1\right] \qquad (9.19)$$

ଏଥିରୁ ଜଣାପଡ଼େ ଯେ ଅଧିକ ପରିବେଗ ଥିବା ବିନ୍ଦୁମାନ କମ୍ ଚାପଥିବା ବିନ୍ଦୁ ଅଟେ । (କାରଣ ଚାପଶକ୍ତି ଓ ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ମିଶ୍ରଣ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ।) ଏହାକୁ **ଭେଣ୍ଟୁରି ନିୟମ** କୁହାଯାଏ ।

ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ନିମିତ୍ତ, ଭେଣ୍ଟୁରିମିଟର ମଧ୍ୟକୁ A ବିନ୍ଦୁରେ ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି ପ୍ରବେଶ କରୁଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆୟତନ = B ବିନ୍ଦୁରେ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି ନିର୍ଗମନ ହେଉଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆୟତନ । ତେଣୁ

$$A_1 \upsilon_1 = A_2 \upsilon_2 \qquad (9.20)$$

(ତରଳ ପଦାର୍ଥକୁ ଅସଂପୀଡ୍ୟ ବୋଲି ସ୍ୱୀକାର କରାଯାଇଛି ଅର୍ଥାତ ସରୁ ପ୍ରାନ୍ତରେ ପରିବେଗ ଅଧିକ ଏବଂ ମୋଟା ପ୍ରାନ୍ତରେ କମ୍)

ଏହାକୁ ସମୀକରଣ (9.19) ରେ ବ୍ୟବହାର କରି ଆମେ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ କରୁଛୁ ଯେ ସରୁ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଚାପ ଊଣା

$$p_1 - p_2 = \frac{\upsilon_1^2 d}{2}\left[\left(\frac{A_1^2}{A_2^2}\right) - 1\right] = \frac{1}{2} d\upsilon_1^2\left[\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1\right]$$

$$\upsilon_1 = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{d\left(\frac{A_1^2}{A_2^2}\right) - 1}} \qquad (9.21)$$

ଭେଣ୍ଟୁରିମିଟର୍‌ର ଦୁଇବାହୁ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ତର ପାର୍ଥକ୍ୟ ଯଦି h ହୁଏ,

$$p_1 - p_2 = h\,d\,g$$

ଏବଂ $\upsilon_1 = \sqrt{2hg / [(A_1^2 / A_2^2) - 1]}$

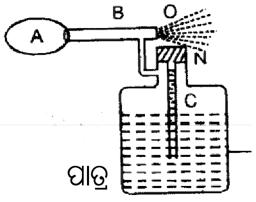
ଏଥିରୁ ଆମେ ଜାଣିଲୁ $J_1 \propto \sqrt{h}$ । କାରଣ ଗୋଟିଏ ଭେଣ୍ଟୁରିମିଟର୍ ପାଇଁ ଅନ୍ୟ ସମସ୍ତ ପ୍ରାଚଳ (parameter) ମାନ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ । ତେଣୁ $J_1 = k\sqrt{h}$

ଏଠାରେ k ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ।

ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ପ୍ରବାହିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆୟତନ

$$V = A_1 \upsilon_1 = A_1 \times k\sqrt{h}$$

ବା $V = K'h$



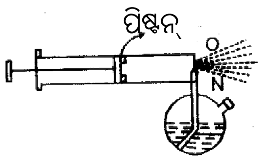
ଚିତ୍ର **9.33** ଆଟମାଇଜର୍

ଏଠାରେ $K' = KA_1$ ଆଉ ଏକ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ପଦ । ଆଟମାଇଜର୍ (Atomizer) ସ୍ପ୍ରେଗନ୍, ବୁନ୍‌ସେନ୍ ବର୍ନ୍‌ର, କାର୍ବୁରେଟର, ଏରୋଫଏଲ୍ ଭଳି ଅନେକ ଉପଯୋଗୀ ଉପକରଣ ତିଆରିରେ ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଛି ।

(i) ଆଟମାଇଜର : (Atomizer)

ଚିତ୍ର 9.33 ରେ ଏକ ଆଟମାଇଜର୍ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ରବର ବଲବ୍ (bulb) A କୁ ଚିପିଲେ, B ନଳୀ ଦେଇ ବାୟୁ ବାହାରି ଯାଏ ଏବଂ ସରୁ ରନ୍ଧ୍ର (orific) ଦେଇ ବର୍ଦ୍ଧିତ ପରିବେଗରେ ନିଷ୍କାସିତ ହୁଏ । ଫଳରେ ଏହାର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନରେ ଲଘୁଚାପ ଅଞ୍ଚଳ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ତେଣୁ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥ (ଅତର ବା ରଙ୍ଗ) ନଳୀ ମଧ୍ୟକୁ ଶୋଷି ହୋଇ ତୁଣ୍ଡ (nozzle) N ପାଖକୁ ଆସେ । ତରଳ ପଦାର୍ଥ ତୁଣ୍ଡରେ ପହଞ୍ଚିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ B ରୁ ନିର୍ଗତ ବାୟୁ ପ୍ରବାହ ଏହାକୁ ସୂକ୍ଷ୍ମ ସିଞ୍ଚନ (spray) ରେ ପରିଣତ କରେ ।

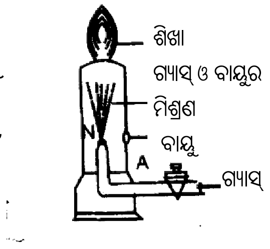
(ii) ସିଞ୍ଚନ କମାଣ (Spray gun) ପିଷ୍ଟନ ଭିତରକୁ ଟଣାହେଲେ, ସରୁ କଣା O ଦେଇ ଅତି ବେଗରେ ବାହାରକୁ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସିତ ହୁଏ ଏବଂ ଫଳରେ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଅଞ୍ଚଳରେ ଏକ ଲଘୁଚାପ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଠିକ୍ O ତଳେ ମୁହଁ ଥାଇ ପାତ୍ର ସହିତ ସଂଲଗ୍ନ ଏକ ସରୁ ନଳୀ ଦେଇ ତରଳପଦାର୍ଥ (ମନେକର, କୀଟନାଶକ ପଦାର୍ଥ) ଶୋଷି ହୋଇ ଆସେ । ଶେଷ ଅଂଶରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପହଞ୍ଚିବା ପରେ ପିଷ୍ଟନ୍‌ରୁ ନିର୍ଗତ ବାୟୁ ଦ୍ୱାରା ସିଞ୍ଚନ ହୁଏ ।



ଚିତ୍ର **9.34**
ସିଞ୍ଚନକମାଣ

(iii) ବୁନ୍‌ସେନ୍ ବର୍ନର (Bunsen Burner)

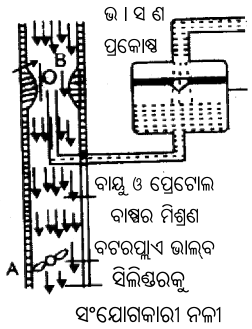
ତୁଣ୍ଡ N ରୁ ଯେତେବେଳେ ଗ୍ୟାସ୍ ନିର୍ଗତ ହୁଏ, ଏହାର ବେଗ ଅଧିକ ଥିବାରୁ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଅଞ୍ଚଳରେ ଚାପ ହ୍ରାସ ପାଏ । ତେଣୁ ପାର୍ଶ୍ୱରନ୍ଧ୍ର A ଦେଇ ବାୟୁ ବେଗରେ ପ୍ରବେଶ କରେ ଏବଂ ଗ୍ୟାସ ସହିତ ମିଶ୍ରଣ ହୁଏ । ତା'ପରେ ମୁହଁ ପାଖରେ ନିଆଁ ଲଗାଇଲେ ମିଶ୍ରଣ ଜଳି ଉତ୍ତପ୍ତ ନୀଳ ଶିଖା ସୃଷ୍ଟି କରେ ।



ଚିତ୍ର **9.35** ବୁନ୍‌ସେନ୍ ବର୍ଣ୍ଣର୍

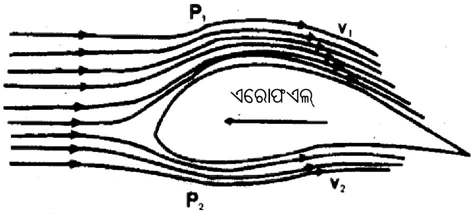
(iv) କାର୍ବୁରେଟର୍ (Carburetor)

ଇଂଜିନ୍‌ର ସିଲିଣ୍ଡର୍ (cylinder)କୁ ବାୟୁ ଓ ପେଟ୍ରୋଲ ବାଷ୍ପର ଉପଯୁକ୍ତ ମିଶ୍ରଣ ଯୋଗାଇବାକୁ ମଟର କାର୍‌ରେ ବ୍ୟବହୃତ ଏକ ଯନ୍ତ୍ର କାର୍ବୁରେଟର୍‌ର ଚିତ୍ର 9.36 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ଇଂଜିନ୍‌ର ସିଲିଣ୍ଡର୍ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ମିଶ୍ରଣର ବିସ୍ଫୋରଣ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇ ଥାଏ । ଫ୍ଲୋଟ୍ ଚାମ୍ବର (Float Chamber) ରେ ପେଟ୍ରୋଲ୍ ରହେ । ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ଗତି ଯୋଗୁଁ A ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ଚାପ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଏହା ଫଳରେ ବାହାରୁ ଅତ୍ୟଧିକ ବେଗରେ ବାୟୁ ଶୋଷି ହୁଏ । ଏହା ତୁଣ୍ଡ N ପାଖରେ ଲଘୁଚାପ ସୃଷ୍ଟିକରେ (ସଂକୁଚିତ ହୋଇଥିବାରୁ ଶୋଷି ହେଉଥିବା ବାୟୁର ପରିବେଗ B ନିକଟରେ ଅଧିକ) ଏବଂ ତେଣୁ ତୁଣ୍ଡ B ବାଟେ ପେଟ୍ରୋଲ୍ ନିର୍ଗତ ହୋଇ ପ୍ରବେଶ କରୁ ଥିବା ବାୟୁ ସହିତ ମିଶିଯାଏ । ବାଷ୍ପୀଭୂତ ପେଟ୍ରୋଲରୁ ସୃଷ୍ଟ ଜାଳେଣି ନଳୀ A ଦେଇ ସିଲିଣ୍ଡର୍‌କୁ ପ୍ରବେଶ କରେ ।



ଚିତ୍ର **9.36** କାର୍ବୁରେଟର

ବେଳେବେଳ କାର୍ବନ ବା କିଛି ମଇଳା ଜମି ରହିବା ଯୋଗୁଁ ତୁଣ୍ଡ B ଆଂଶିକ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ । ପେଟ୍ରୋଲ୍

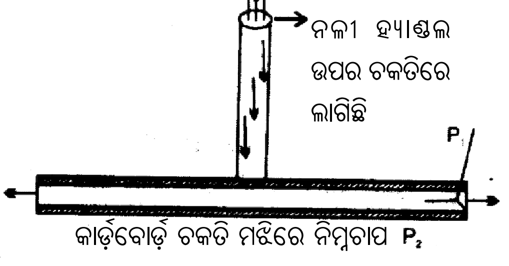


ଚିତ୍ର 9.37 ଉପର ପାଖେ ସାବଲୀଳ ରେଖାର ଭିଡ଼ (ନିମ୍ନ ପରିବେଗ କ୍ଷେତ୍ର (ଉଚ୍ଚ ଚାପକ୍ଷେତ୍ର)

ଯୋଗାଣ ବନ୍ଦ ଫଳରେ ଇଂଜିନ୍ କାମ ବନ୍ଦ କରିଦିଏ । ତେଣୁ ତୁଣ୍ଡକୁ କାଢ଼ି ସଫା କରିବାକୁ ହୁଏ ।

(v) ଏରୋଫଏଲ୍ : (Aerofoil)

ଏକ ଘନ ବସ୍ତୁ ବାୟୁରେ ଗତି କଲେ, ସାବଲୀଳ ରେଖାମାନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଅନ୍ତି । ଚିତ୍ର 9.37 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ଭଳି ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ଭାବେ ଏକ ଉଡ଼ାଜାହାଜର ଆକୃତିର ନକ୍ସା (design) କରାଯାଇଥାଏ । ଉଡାଜାହାଜ ଯେତେବେଳେ ରନ୍‌ୱେ (runway) ରେ ଦଉଡ଼େ, ଅତ୍ୟଧିକ ବେଗ

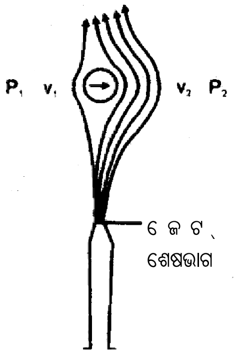


ଚିତ୍ର **9.38** ଆକର୍ଷିତ ଚକତି ପାରାଡକୁ

ଟିପ୍ପଣୀ

ଯୋଗୁଁ ବାୟୁର ସାବଲୀଳ ରେଖାମାନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଅନ୍ତି । ଉପର ପାଖେ ଅଧିକ ସାବଲୀଳ ରେଖାର ଭିଡ଼ (crowding) ଯୋଗୁଁ ଏକ ଅଧିକ ପରିବେଗ କ୍ଷେତ୍ର ଏବଂ ତଳ ପାଖ ତୁଳନାରେ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ନିମ୍ନଚାପ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏହି ଚାପ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଫଳରେ ଜାହାଜ ଉପରକୁ ଉଠିପାରେ ।

ଏହି ନିୟମ ଅର୍ଥାତ୍ ସାବଲୀଳ ରେଖାର ଭିଡ଼ ଯୋଗୁଁ ଅଧିକ ପରିବେଗ କ୍ଷେତ୍ରମାନ ଏବଂ କମ୍ ଭିଡ଼ ଯୋଗୁଁ ନିମ୍ନଚାପ କ୍ଷେତ୍ର ହୁଏ, ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଉପରେ ଭିତ୍ତି କରି କିଛି ଚମତ୍କାର ପ୍ରଦର୍ଶନ ତଳେ ଦିଆଯାଇଛି ।



ଚିତ୍ର 9.39 :ନୃତ୍ୟରତ ପ୍ରିଙ୍ଗପଙ୍ଗ୍ ବଲ୍

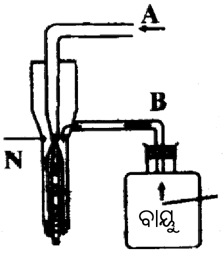
(a) ଆକର୍ଷିତ ଚକତି (disc) ପାରାଡକ୍ସ (paradox)

ଏକ ସରୁନଳୀରେ ତିଆରି ହ୍ୟାଣ୍ଡଲ୍ ଦେଇ ତଳ-ଉପର ହୋଇଥିବା ଦୁଇଟି କାର୍ଡ଼ବୋର୍ଡ଼ (card board) ମଝି ସ୍ଥାନକୁ ବାୟୁ ଫୁଙ୍କି ଉପର ଚକତିକୁ ହ୍ୟାଣ୍ଡଲ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଉଠାଇଲେ, ତଳ ଚକତିଟି ଆକର୍ଷିତ ହୋଇ ଉପର ଚକତିରେ ଲାଗିଯାଏ ଏବଂ ତା ସହିତ ଉଠିଥାଏ । ଏହାକୁ ଆକର୍ଷିତ ଚକତି ପାରାଡକ୍ସ କୁହାଯାଏ ।

(b) ଏକ ଜଳ ଜେଟ୍ ଉପରେ ପିଙ୍ଗ୍‌ପଙ୍ଗ୍ ବଲ୍‌ର ନୃତ୍ୟ :

(Dancing of a pingpong ball on a jet of water)

ସିଧା ଉପର ମୁହାଁ ଏକ ନଳୀର ଜେଟ୍ ମୁହଁରୁ ଉପରକୁ ଉଠୁଥିବା ଜଳ ଧାରା ଉପରେ ଏକ ହାଲକା ଫମ୍ପା ବଲ୍ (ପିଙ୍ଗ୍-ପଙ୍ଗ୍ ବଲ୍ କିମ୍ବା ଟେବଲ ଟେନିସ୍ ବଲ୍) ଧୀରେ ରଖିଦେଲେ, ଏହା ତଳକୁ ନ ପଡ଼ି ଏ ପଟ ସେ ପଟ ହୋଇ ନୃତ୍ୟ କରିଥାଏ (ଚିତ୍ର 9.39) । ବଲ୍‌ଟି ବାମପଟକୁ ଘୁଞ୍ଚିଲେ, ଜେଟ୍ ସ୍ରୋତର ଅଧିକାଂଶ ଏହାର ଡାହାଣ ପଟରେ ଯାଏ ଯାହା ଫଳରେ ବାମ ପଟ ତୁଳନାରେ ଡାହାଣ ପଟେ ଉଚ୍ଚ ପରିବେଗ ଏବଂ ତେଣୁ ନିମ୍ନଚାପ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଏବଂ ବଲ୍‌ବ ପୁନର୍ବାର ଜେଟ୍ ସ୍ରୋତର କେନ୍ଦ୍ରକୁ ଫେରି ଆସେ ।

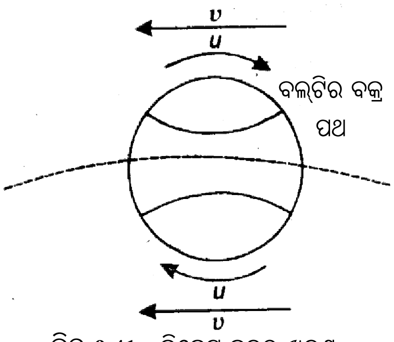


ଚିତ୍ର 9.40 : ପରିସ୍ରାବକ ପମ୍ପ

(c) ଜଳ ନିର୍ବାତ ପମ୍ପ ବା ଆସ୍ପିରେଟର ବା ପରିସ୍ରାବକ ପମ୍ପ ।

(Water vacuum pump or aspirater or filter pump)

ମଧ୍ୟମ ଧରଣର ଲଘୁ ଚାପ ସୃଷ୍ଟି କରିବାକୁ ବ୍ୟବହୃତ ଏକ ପରିସ୍ରାବକ ପମ୍ପର ଚିତ୍ର 9.40 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ନଳୀ A ର ସରୁ ଜେଟ୍ ପ୍ରାନ୍ତ ଦେଇ ପାଣି ଟ୍ୟାପ୍ (tap)ରୁ ଜଳ ନିର୍ଗତ ହେଉଛି । ନଜ୍‌ଲର କ୍ଷୁଦ୍ର ଛିଦ୍ର ଯୋଗୁଁ, ପରିବେଗ ଅଧିକ ହୁଏ ଏବଂ ତେଣୁ ନଜ୍‌ଲ୍ N ଚତୁପାର୍ଶ୍ୱରେ ଏକ ନିମ୍ନଚାପ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ତେଣୁ ନିର୍ବାତ ହେବାକୁ ଥିବା ଏକ ରୁଦ୍ଧ ପାତ୍ରରୁ ନଳୀ B ଦେଇ ବାୟୁ ଶୋଷିତ ହୁଏ; ଜଳଧାର ସହିତ ମିଶିଯାଏ ଏବଂ ନିର୍ଗମନ ପଥ ଦେଇ ବାହାରିଯାଏ । କିଛି ମିନିଟ୍ ପରେ, ଏହି ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ବାୟୁଚାପ ହ୍ରାସ ପାଇ ପ୍ରାୟ 1 ସେମି-ପାରଦ ସ୍ତରକୁ ଆସେ ।



ଚିତ୍ର 9.41 : କ୍ରିକେଟ୍ ବଲ୍‌ର ଝୁଲଣ

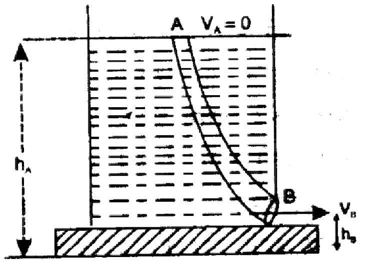
(d) କ୍ରିକେଟ୍ ବଲ୍‌ର ଝୁଲଣ (Swing)

ପ୍ରଚକ୍ରଣ (spin) କରୁଥିବା ବଲ୍‌କୁ ଯେତେବେଳେ କ୍ରିକେଟ୍ ଖେଳାଳୀ ଫିଙ୍ଗେ, ଏହା ବାୟୁରେ ବକ୍ର ପଥରେ ଗତି କରେ । ଏହାକୁ ବଲ୍‌ର ଝୁଲଣ କୁହାଯାଏ । ଏହା ଚିତ୍ର 9.41 ରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ । ଯେତେବେଳେ ବଲ୍ ଆଗକୁ ଯାଏ, ବଲ୍ ଖାଲି କରୁଥିବା ସ୍ଥାନକୁ ମନେକର ବାୟୁ v ପରିବେଗରେ ପ୍ରବେଶ କରେ । ବଲ୍ ପ୍ରଚକ୍ରଣ କଲେ, ବଲ୍ ସଂଲଗ୍ନ ବାୟୁ ମଧ୍ୟ ଏହା ସହିତ ମନେକର v ବେଗରେ ଗତିକରେ । ତେଣୁ ବଲ୍ ଉପର କ୍ଷେତ୍ରରେ ବାୟୁର ପରିଣାମୀ

ବେଗ $(\upsilon - u)$ ଏବଂ ବଲ୍‌ତଳେ $(\upsilon + u)$ ହୁଏ । ଫଳରେ ବଲ୍ ଉପର ଓ ତଳ ମଧ୍ୟରେ ଚାପ ପାର୍ଥକ୍ୟ ବଲ୍‌କୁ ଏକ ବକ୍ର ପଥରେ ଘୂରାଏ ।

ଉଦାହରଣ 9.3 :

ଏକ ବିରାଟ ଟାଙ୍କିର ଚଟାଣ ନିକଟରେ ଥିବା ଏକ ଛୋଟ କଣା ଦେଇ ଜଳ ନିଷ୍କାସିତ ହେଉଛି (ଚିତ୍ର 9.42) । ଟାଙ୍କିରେ ଜଳ ସ୍ତର 2.5 ମି ହେଲେ, ଜଳର ନିଷ୍କାନ୍ତ ବେଗ (speed of efflux) କେତେ ?



ଚିତ୍ର **9.42**

ସମାଧାନ : ଚଟାଣ ନିକଟରେ ରନ୍ଧ୍ର B ହେଉ । ପୃଷ୍ଠସ୍ତରରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁ A ରୁ ରନ୍ଧ୍ର B ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ A ରୁ B କୁ ଏକ ପ୍ରବାହ ନଳୀ କଳ୍ପନା କର । m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଅଳ୍ପ ପରିମାଣର ଜଡ଼ର ସାବଲୀଳ ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ଆମେ A ଓ B ବିନ୍ଦୁରେ ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରି ପାରିବା ।

B ରେ ସମୁଦାୟ ଶକ୍ତି = A ରେ ସମୁଦାୟ ଶକ୍ତି

A ରେ $\upsilon_A = 0, p_A = p =$ ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପ, $h =$ ଭୂମି ସ୍ତରରୁ ଉଚ୍ଚତା

B ରେ $\upsilon_B = \upsilon = ?\ p_B = p,\ h_B$ ଭୂମିସ୍ତରରୁ ରନ୍ଧ୍ରର ଉଚ୍ଚତା

ମନେକର, $h_A - h_B = H =$ ପାତ୍ରରେ ଜଳସ୍ତରର ଉଚ୍ଚତା = 2.5 ମି. ଏବଂ $d =$ ଜଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା

ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଏବଂ ମୂଲ୍ୟ ସ୍ଥାପନ କରି, ଆମେ ପାଉ,

$$\tfrac{1}{2} m \upsilon_B^2 = mg\,(h_A - h_B)$$

$$\upsilon_B = \sqrt{2g(h_A - h_B)} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 2.5} = 7\ \text{m s}^{-1}$$

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 9.5

1. ଅନେକ ସମୟରେ ଝଡ଼ପବନ ଘରର ଟିଣ ଛାତ ଉଡ଼ାଇ ନିଏ । ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ସମୀକରଣ ଏହାକୁ କିପରି ବୁଝାଇ ପାରେ ?

....

2. ଗଛରେ ପାଣି ଦେଲାବେଳେ ପାଣି ପାଇପ୍ ଚାପି ରଖିଲେ, ପାଣି ବେଶୀ ଦୂରକୁ ଯାଏ, କାହିଁକି ?

....

3. ପ୍ରବହମାନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସମସ୍ୟା ସମାଧାନ କରିବାକୁ ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗର ସର୍ତ୍ତମାନ କ'ଣ ?

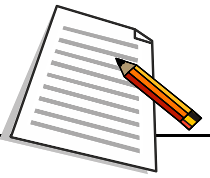
....

4. ଅସମ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ଥିବା ଏକ ପାଇପ୍‌ର ଭୂସମାନ୍ତର ଅଂଶରେ ଜଳ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ଯେଉଁଠାରେ ପରିବେଗ 0.20 ମି / ସେ, ସେଠାରେ ଚାପ 20 ମିମି ପାରଦ । ପରିବେଗ 1.50 ମି / ସେ ହେଉଥିବା ସ୍ଥାନରେ ଚାପ ନିରୂପଣ କର ।

....

5. ଏକ କ୍ରିକେଟ୍ ମ୍ୟାଚ୍‌ରେ ବୋଲର୍‌ମାନେ ବଲ୍‌ର ଗୋଟିଏ ପଟକୁ କାହିଁକି ଘଷନ୍ତି ?

....



ଟିପ୍ପଣୀ

ତୁମେ କ'ଣ ଶିଖିଲ

- d ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମୁକ୍ତ ପୃଷ୍ଠରୁ h ଗଭୀରତା ତଳେ P ବିନ୍ଦୁରେ ଉଦସ୍ଥିତି ଚାପ

$$p = hdg$$

- ଏକ ପ୍ରବହରେ ନିମଜ୍ଜିତ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱମୁଖୀ ବଳକୁ ପ୍ଲବ ବଳ କୁହାଯାଏ ।
- ପାସ୍କାଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମାନୁସାରେ, ଏକ ଅବରୁଦ୍ଧ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଚାପ ପ୍ରୟୋଗ ହେଲେ ତାହା ହ୍ରାସ ନ ହୋଇ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁ ତଥା ପାତ୍ରର ବେଷ୍ଟନୀକୁ ସଂଚାରିତ ହୁଏ ।
- ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଦେଶରେ ଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର କଣିକାମାନଙ୍କର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ଥାଏ, ଯାହାକୁ ପୃଷ୍ଠତଳ ଶକ୍ତି କୁହାଯାଏ ।
- ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତାନର ସଂଜ୍ଞା ହେଉଛି, ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଦେଶରେ ଅଙ୍କିତ ଏକ କାଳ୍ପନିକ ରେଖାର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ । ଏହାକୁ Nm^{-1} ରେ ମପାଯାଏ ।
- ପୃଷ୍ଠତାନ ଯେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଏକ ଧର୍ମ ଯାହା ଫଳରେ କି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଦେଶ ଏକ ପ୍ରସାରିତ (stretched) ଝିଲ୍ଲି (memrane) ଭଳି ଆଚରଣ କରେ ।
- ସ୍ପର୍ଶ ବିନ୍ଦୁରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଦେଶ ପ୍ରତି ସ୍ପର୍ଶକ ଓ ପାତ୍ରର ବେଷ୍ଟନୀ ମଧ୍ୟସ୍ଥ କୋଣକୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରୁ ମାପିଲେ ଯାହା ହୁଏ, ତା'କୁ ସ୍ପର୍ଶକୋଣ କୁହାଯାଏ ।
- ପୃଷ୍ଠତାନ ଯୋଗୁଁ ଏକ କୈଶିକ ନଳୀରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତଳ ହୁଏତ ଅବତଳ କିମ୍ବା ଉତ୍ତଳ ହୁଏ । ପୃଷ୍ଠତାନ ଯୋଗୁ ହିଁ ବକ୍ରତା ହୁଏ । କୈଶିକ ନଳୀରେ ଉତ୍ଥାନ ହେଉଛି

$$h = \frac{2T\cos\theta}{rdg}$$

- ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଦେଶର ଅବତଳ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଅତିରିକ୍ତ ଚାପ p ହେଉଛି

$$p = \frac{2T}{r}$$

ଏଠାରେ T ହେଉଛି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତାନ

- ତରଳ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ବାୟୁ ଫୋଟକା ପାଇଁ $p = \frac{2T}{r}$
- ବାୟୁରେ ସାବୁନ୍ ଫୋଟକା ପାଇଁ $p = \frac{4T'}{r}$ ଏଠାରେ T' ହେଉଛି ସାବୁନ୍ ଦ୍ରବଣର ପୃଷ୍ଠତାନ ।
- ଲୁଗା ସଫା କରିବା ପାଇଁ ଡେଟର୍‌ଜେଣ୍ଟମାନ ଅଧିକ ଉପଯୋଗୀ କାରଣ ସେମାନେ ଜଳ-ତୈଳର ପୃଷ୍ଠତାନ ହ୍ରାସ କରନ୍ତି ।
- ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଯେଉଁ ଧର୍ମ ସନ୍ନିହିତ ସ୍ତର ମଧ୍ୟରେ ଗତିକୁ ବାଧା ଦିଏ, ତାହାକୁ ଶ୍ୟାନତା କୁହାଯାଏ ।
- ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପରିବେଗର ମୂଲ୍ୟ ସଙ୍କଟ ପରିବେଗ J ଠାରୁ ଅଧିକ ହେଲେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବାହ ପ୍ରକ୍ଷୁବ୍ଧ ହୁଏ । J_c ର ମୂଲ୍ୟ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରକୃତି ଏବଂ ନଳୀର ବ୍ୟାସ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ (ଅର୍ଥାତ୍ h, r ଏବଂ d)

1 ଏକକ ପରିବେଗ ଗ୍ରେଡିଏଣ୍ଟ (gradient) ଥିବା କ୍ଷେତ୍ରରେ ପରସ୍ପର ସହିତ ସଂଲଗ୍ନ ଗତିଶୀଳ ଦୁଇଟି ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ ସ୍ତର ଅନୁଭବ କରୁଥିବା ସ୍ପର୍ଶକୀୟ ପଶ୍ଚାତ୍‌ମୁଖୀ ବଳ ହେଉଛି ଯେ କୌଣସି ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଶ୍ୟାନତାର ସଂଜ୍ଞା ।

1 ଷ୍ଟୋକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସାରେ m ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ବସ୍ତୁ ଶ୍ୟାନତାଗୁଣାଙ୍କ h ଥିବା ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ u ପରିବେଗରେ ତଳକୁ ଖସିଲେ, ତାହା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ପଶ୍ଚାତ୍‌ମୁଖୀ ଶ୍ୟାନବଳ ହେଉଛି

$$F = 6p\ h\ r\ u$$

1 ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ଅନୁସାରେ, ସ୍ଥିର ଗତିଶୀଳ ଏକ ଅସଂପୀଡ଼୍ୟ ତରଳ ପଦାର୍ଥର (m) ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ରାଂଶରେ ସମଗ୍ର ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ଗତିର ସବୁ ଅବସ୍ଥାରେ ସମାନ ରହେ ।

ଗାଣିତିକ ସଂଜ୍ଞାରେ, ପ୍ରବାହ ନଳୀର ଯେ କୌଣସି ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ A ଓ B ପାଇଁ ବର୍ଣ୍ଣୋଲିଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ,

$$\frac{1}{2}\mathrm{m}v_A^2 + mgh_A + \frac{mp_A}{d} = \frac{1}{2}\mathrm{m}v_B^2 + mgh_B + \frac{mp_B}{d}$$

ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ

1. ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସ୍ତମ୍ଭଯୋଗୁଁ ଉଦ୍‌ସ୍ଥିତି ଚାପ ନିମିତ୍ତ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କର ।

2. ପାସ୍କାଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଲେଖ । ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ପ୍ରେସ୍‌ର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବୁଝାଅ ।

3. ପୃଷ୍ଠତାନର ସଂଜ୍ଞା ଦିଅ । ଏହାର ବିମିତୀୟ ସୂତ୍ର ବାହାର କର ।

4. ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଦେଶ ଏକ ପ୍ରସାରିତ ଝିଲ୍ଲୀ ଭଳି ଆଚରଣ କରେ; ଏହା ଦର୍ଶାଇବାକୁ ଏକ ପରୀକ୍ଷା ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

5. ଗୋଟିଏ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ରହିଥିବା ପାତ୍ରର 0.9 m ଗଭୀରତାରେ ଉଦ୍‌ସ୍ଥିତି ଚାପ ହେଉଛି $3.0\mathrm{Nm}^{-2}$ । ସେହି ପାତ୍ରର 0.8m ଗଭୀରତାରେ ଏକ ରନ୍ଧ୍ରରେ ଉଦ୍‌ସ୍ଥିତି ଚାପ କେତେ ହେବ ?

6. 1000 kg ରେ ଏକ ଭାରୀ ପଥରକୁ ଉଠାଇବା ନିମିତ୍ତ ହାଇଡ୍ରଲିକ୍ ଲିଫ୍ଟରେ କେତେ ଓଜନ ଆବଶ୍ୟକ ହେବ ? ଦତ୍ତ, ଦୁଇଟି ଯାକ ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ଅନୁପାତ 5 । ଲବ୍ଧ କାର୍ଯ୍ୟ ଠାରୁ ନିବେଶିତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ଅଧିକ କି ? ବୁଝାଅ ।

7. ଏକ କୈଶିକ ନଳୀରେ ଭର୍ତ୍ତି ହୋଇଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମେନିସକସ୍ ଅବତଳ । ଯଦି ଅସଂଜକ ବଳ F_a, ସୁସଂଜକ ବଳ F_C ଏବଂ ସ୍ପର୍ଶ କୋଣ q ହୁଏ, ତେବେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସଂପର୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟି ଠିକ୍ ?

(a) $F_a > F_C \sin q$ (b) $F_a < F_C \sin q$ (c) $F_a \cos q = F_C$ (d) $F_a \sin q > F_C$

8. ସମାନ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର 1000 ଟି ଜଳ ବୁନ୍ଦା ଏକାଠି ହୋଇ ଏକ ବଡ଼ ବୁନ୍ଦା କଲେ ଜଳ ବୁନ୍ଦାର ତାପମାତ୍ରାର କ'ଣ ହୁଏ ? କାହିଁକି ?

9. କୈଶିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା କ'ଣ ? ଏକ କୈଶିକ ନଳୀରେ ଗୋଟିଏ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଉତ୍ଥାନ କିମ୍ବା ପତନ କେଉଁ ଘଟକ (factor) ମାନଙ୍କ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ?

ଟିପ୍ପଣୀ

10. 0.05m ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ 0.2×10^{-3}m ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ କୈଶିକ ନଳୀରେ 10^3kg m^{-3} ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଉତ୍ଥାନ ପ୍ରାୟ କେତେ ହେବ, ହିସାବ କର । ଦତ୍ତ, ସେହି କୈଶିକ ନଳୀର ଜଡ଼ ନିମିତ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠତାନ 7.27×10^{-2} Nm^{-1} ଅଟେ ।

11. ବାୟୁରେ ପାଣି ଫୋଟକା ସୃଷ୍ଟି କରିବା କାହିଁକି କଷ୍ଟକର ଅଥଚ ବାୟୁରେ ସାବୁନ୍ ଫୋଟକା ସୃଷ୍ଟି କରିବା ସହଜ ?

12. ତେଲିଆ ଲୁଗା ସଫା କରିବାକୁ ସାବୁନ୍ ପରିବର୍ତ୍ତେ କାହିଁକି ଡେଟର୍‌ଜେଣ୍ଟ୍ ବ୍ୟବହାର ହେଉଛି ?

13. ଦୁଇଟି ଏକାଭଳି ବେଲୁନ୍‌ରେ ବାୟୁ ଫୁଙ୍କି ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ଆକାରକୁ ସ୍ଫୀତ (inflated) କରାଯାଇ ଏକ ସରୁ ନଳୀ ସାହାଯ୍ୟରେ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇଛି । ନିମ୍ନଲିଖିତ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ମଧ୍ୟରୁ ତୁମେ କେଉଁଟି ଆଶା କରୁଛ ?

(i) ଛୋଟ ବେଲୁନ୍‌ରୁ ସମସ୍ତ ବାୟୁ ସରିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏଥିରୁ ବାୟୁ ବଡ଼ ବେଲୁନ୍‌କୁ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ।

(ii) ଉଭୟ ବେଲୁନ୍‌ର ଆକାର ସମାନ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବଡ଼ ବେଲୁନ୍‌ରୁ ବାୟୁ ଛୋଟ ବେଲୁନ୍‌କୁ ପ୍ରବେଶ କରିବ ।

ବେଲୁନ୍ ପରିବର୍ତ୍ତେ ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ଆକାରର ସାବୁନ୍ ଫୋଟକା ଦେଲେ ତୁମ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର କ'ଣ ହେବ ?

14. କେଉଁ ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ଅଧିକ ଚାପ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ- 3 ସେ.ମି. ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବାୟୁ ଫୋଟକା ସୃଷ୍ଟି ସାବୁନ୍ ଦ୍ରବଣ ଭିତରେ ବା ବାୟୁରେ ସାବୁନ୍ ଫୋଟକା ସୃଷ୍ଟିରେ ? କାହିଁକି ?

15. ସ୍ତରୀଭୂତ ପ୍ରବାହ ଓ ପ୍ରକ୍ଷୁବ୍ଧ ପ୍ରବାହ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ଏବଂ ତେଣୁ ସଙ୍କଟ ପରିବେଗର ସଂଜ୍ଞା ଦିଅ ।

16. ଶ୍ୟାନତା ଓ ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କର ସଂଜ୍ଞା ଦିଅ । ଶ୍ୟାନତା ଗୁଣାଙ୍କର ଏକକ ଏବଂ ବିମିତୀୟ ସୂତ୍ର ନିଗମନ କର । କିଏ ଅଧିକ ଶ୍ୟାନ : ଜଳ କି ଗ୍ଲିସେରିନ୍ ? କାହିଁକି ?

17. ରେନଲଡ୍ ସଂଖ୍ୟା କ'ଣ ? ଏହାର ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ କ'ଣ ? ରେନ୍‌ଲଡ୍ ସଂଖ୍ୟା ଭିତ୍ତିରେ ସଙ୍କଟ ପରିବେଗର ସଂଜ୍ଞା ଲେଖ ।

18. ବର୍ଣ୍ଣୌଲିଙ୍କ ସୂତ୍ର ଲେଖ । ଏକ ଉଡ଼ାଜାହାଜର ନକ୍ସାରେ ଏହାର ପ୍ରୟୋଗ ବୁଝାଅ ।

19. ବୁଝାଅ, କାହିଁକି,

(i) ଏକ ପ୍ରଚକ୍ରଣଶୀଳ ଟେନିସ୍ ବଲ ଯାତ୍ରା ପଥରେ ବଙ୍କେଇ ଯାଏ ?

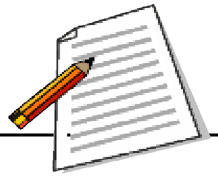
(ii) ଏକ ଜଳ ଜେଟ୍ ଉପରେ ପିଙ୍ଗ୍‌ପଙ୍ଗ୍ ବଲ କୌଣସି ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ନ ପଡ଼ି ଯାଇ ନୃତ୍ୟ କରୁଥାଏ ।

(iii) ପାଣି ନଳୀର ମୁହଁ ଚାପିଲେ ପ୍ରବାହ ପରିବେଗ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ?

(iv) ଏକ ଶ୍ୟାନ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଛୋଟ ବର୍ତ୍ତୁଳାକାର ବଲ୍‌ଟି ପକାଇଲେ କିଛି ସମୟ ପରେ ଏହାର ପରିବେଗ ଆପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ହୁଏ ?

(v) ପାରଦକୁ ଏକ ଚଟକା କାଚ ଫଳକ ଉପରେ ଢାଳିଲେ, ଏହା ଛୋଟ ଛୋଟ ବୁନ୍ଦାରେ ପରିଣତ ହୁଏ ?

20. 0.15 kg $m^{-1}s^{-1}$ ଶ୍ୟାନତା ଓ 0.9 gm^{-3} ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଉପରକୁ ଉଠୁଥିବା 0.8mm ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବାୟୁ ଫୋଟକାର ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ ହିସାବ କର । ଜଳରେ ଉପରକୁ ଉଠିଲେ ସେହି ଫୋଟକାର ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ କେତେ ହେବ ?



ଟିପ୍ପଣୀ

21. 0.2m ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ପାଣି ପାଇପ୍‌ର ଗୋଟିଏ ଜାଗାରେ ବ୍ୟାସ ସଂକୁଚିତ ହୋଇଛି 0.1m କୁ । 0.2 m ପାଇପ୍ ଲାଇନ୍‌ରେ ଭର୍ତ୍ତି ହୋଇ ଜଳ ପ୍ରବାହ ସମୟରେ ପରିବେଗ ଯଦି 2 ms^{-1} ହୁଏ, ତେବେ ହିସାବ କର

(i) ସଂକୋଚନ ସ୍ଥଳରେ ପ୍ରବାହ ବେଗ, ଏବଂ

(ii) ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି ପ୍ରବାହିତ ଜଳର ଆୟତନ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି ଘନ ମିଟରରେ ।

22. (i) ଏକ ଗ୍ଲିସରିନ୍ କୁଣ୍ଡରେ ତଳକୁ ଖସୁଥିବା ଏକ 1 ମିମି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଇସ୍ପାତ ଗୋଲିରେ ତ୍ୱରଣ ଯଦି ବସ୍ତୁ ମୁକ୍ତ ଭାବରେ ତଳକୁ ପତନ ସମୟର ତ୍ୱରଣର ଅଧା ହୁଏ, ତେବେ ଗୋଲିର ପରିବେଗ କେତେ ?

(ii) ଗୋଲିର ଅନ୍ତିମ ପରିବେଗ କେତେ ? ଦତ୍ତ, ଇସ୍ପାତ ଓ ଗ୍ଲିସରିନ୍‌ର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଯଥାକ୍ରମେ 8.5 g cm^{-3} ଓ 1.3 gcm^{-3} ; ଗ୍ଲିସରିନ୍‌ର ଶ୍ୟାନତା ହେଉଛି 8.3 ପଏଜ୍ ।

23. 20^0C ତାପମାତ୍ରାରେ ଏକ 3mm ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ପାଇପ୍‌ରେ ଜଳ ସେକେଣ୍ଡ୍ ପ୍ରତି 50cms^{-1} ବେଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ।

(i) ରେନଲଡ୍‌ଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା କେତେ ? (ii) ପ୍ରବାହ କେଉଁ ପ୍ରକାରର ?

ଦତ୍ତ, 20^0 ସେ.ରେ ଜଳର ଶ୍ୟାନତା=1.05x 10^{-2} ପଏଜ ଓ 20^0 ସେ.ରେ ଜଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା =1 g cm^{-3}

24. ଡେଣା ଅଞ୍ଚଳରେ ଆଧୁନିକ ଉଡ଼ାଜାହାଜର ନକ୍ସା ଆବଶ୍ୟକ କରୁଛି ପ୍ରାୟ 1000 Nm^{-2} ର ଉଠାଣ (Lift) । ଧରି ନିଅ ଉଡ଼ାଜାହାଜର ଡେଣା ପାଖ ଦେଇ ବାୟୁ ପ୍ରବାହ ସାବଲୀଳ । ସମତଳର ନିମ୍ନାଂଶରେ ଯଦି ପ୍ରବାହର ବେଗ 1000 m cm^{-1} ହୁଏ, ତେବେ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉଠାଣ 1000 Nm^{-2} ପାଇଁ ଉପର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ବେଗ କେତେ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ? ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ହେଉଛି 1.3 kg m^{-3} ।

25. ଏକ ଅସମ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ବିଶିଷ୍ଟ ପାଇପ୍‌ର ଜଳ ଭୂସମାନ୍ତର ତଳରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ପ୍ରବାହ ବେଗ 28cm s^{-1} ସ୍ଥାନରେ ଯଦି ଜଳ ଚାପ 5 cm ପାରଦ ସହିତ ସମାନ ହୁଏ, ତେବେ ପରିବେଗ 28 cm s^{-1} ଥିବା ଅନ୍ୟ ଏକ ସ୍ଥାନରେ ଚାପ କେତେ ଅଧିକ ? (ପାଇପ୍‌ରେ ଜଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା 1 ଗ୍ରା ସେ.ମି $^{-3}$)

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀର ଉତ୍ତର

9.1. କାରଣ ସେଠାରେ ବ୍ୟକ୍ତିର ଓଜନ ଅଧିକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ ଏବଂ ବରଫରେ ଚାପ କମେ ।

2. $P = P_a + r\,gh$

$P = 1.5 + 10^7 P_a$

3. ବାଳକର ଓଜନ ଯୋଗୁଁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଚାପ = $\frac{2.5}{0.05} = 500\ Nm^{-2}$

ହାତୀର ଓଜନ ଯୋଗୁଁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଚାପ = $\frac{5000}{10} = 500\ Nm^{-2}$

\ ବାଳକଟି ହାତୀକୁ ସଂତୁଳିତ କରି ପାରିବ ।

4. ଦଣ୍ଡର ଅଧିକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଯୋଗୁଁ ଚର୍ମରେ ପ୍ରୟୋଗ ହେଉଥିବା ଚାପ କମ୍ ଅଟେ ।

5. $\frac{50}{0.1} = \frac{w}{10}, w = 5000\,kg\ wt.$

9.2

1. ଏକା ବସ୍ତୁର ଅଣୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷକ ବଳକୁ ସଂସଜକ ବଳ କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁର ଅଣୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷକ ବଳକୁ ଆସଂଜକ ବଳ କୁହାଯାଏ ।

2. ପୃଷ୍ଠତାନ ଯୋଗୁଁ ଏକ ଦତ୍ତ ଆୟତନର ପୃଷ୍ଠ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ସର୍ବନିମ୍ନ ହୁଏ ଏବଂ ଏକ ଦତ୍ତ ଆୟତନ ପାଇଁ ଗୋଲକର ପୃଷ୍ଠ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ସର୍ବନିମ୍ନ ।

3. ନା, ସେମାନଙ୍କର ଅଣୁମାନ ଦୃଢ଼ ବନ୍ଧନରେ ଅଛନ୍ତି ।

4. ପୃଷ୍ଠତାନ ବଳ ଯୋଗୁ ।

5. ଜଳରେ ବାୟୁ ଫୋଟକା ପାଇଁ

$$p = \frac{2T}{r} = \frac{2 \times 727 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-2}} = 72.7\ \text{N m}^{-2}$$

ବାୟୁରେ ସାବୁନ୍ ଫୋଟକା ପାଇଁ

$$p' = \frac{4T'}{r'} = \frac{4 \times 25 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-2}} = 2.5\ \text{N m}^{-2}$$

9.3

1. ନା ।

2. ହଁ, ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଉପରକୁ ଉଠିବ ।

3. ପାରଦର ଉତ୍ତଳ ମେନିସ୍କସ୍ ଅଛି ଏବଂ ସ୍ପର୍ଶକୋଣ ସ୍ଥୁଳ ଅଟେ । କୈଶିକ ନଳୀରେ ପାରଦ ସ୍ତରରେ ପତନ ଯୋଗୁଁ ଏହାର ପ୍ରବେଶ କଷ୍ଟକର ହୁଏ ।

4. $r = \frac{2T}{h\rho g} = \frac{2 \times 7.2 \times 10^{-2}}{3 \times 1000 \times 10} = 4.8 \times 10^{-6}\text{m}$

5. କୈଶିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଯୋଗୁଁ ।

9.4

1. ଯାତ୍ରା ପଥରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁ ଦେଇ ଯାଉଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ କଣିକା ଯଦି ତା'ର ପୂର୍ବବର୍ତ୍ତୀ କଣିକାର ପ୍ରବାହ ରେଖା ଅନୁସରଣ କରେ ତେବେ ପ୍ରବାହ ସାବଲୀଳ, ଯଦି ଏହା ଇତସ୍ତତ, ପ୍ରବାହକୁ ପ୍ରକ୍ଷୁବ୍ଧ କୁହାଯାଏ ।

2. ନା, ତା'ହେଲେ ସମାନ ପ୍ରବାହର ଦୁଇଟି ଦିଗ ରହିବ ।

3. ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଶ୍ୟାନ ଆଚରଣ, ନଳୀର ବ୍ୟାସ ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଉପରେ ସଙ୍କଟ ପରିବେଗ ନିର୍ଭର କରେ ।

4. .012 ms^{-1} 5. ଶ୍ୟାନ ବଳ ଯୋଗୁଁ

9.5

1. ବାୟୁର ଅଧିକ ବେଗ ଯୋଗୁଁ ଉପର ଅଂଶରେ ନିମ୍ନଚାପ ସୃଷ୍ଟି କରେ ।

2. କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ହ୍ରାସ ଉଚ୍ଚଚାପ ସୃଷ୍ଟି କରେ ।

3. ପ୍ରବହଟି ଅସଂପୀଡ଼୍ୟ ଓ ଶ୍ୟାନ ରହିତ (ଅତିକମ୍) ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

4. $(p_1 - p_2) = \frac{1}{2} d(\upsilon_2^2 - \upsilon_1^2)$

5. ଯାହା ଫଳରେକି ପୃଷ୍ଠତଳ ଦ୍ୱୟଙ୍କ ଯୋଗୁଁ ସାବଲୀଳ ରେଖାମାନ ଭିନ୍ନ ହୁଏ । ଫଳରେ ବଲ୍‌ରେ ଅଧିକ ପ୍ରଚକ୍ରଣ ହେବ ।

ଅନ୍ତିମ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀର ଉତ୍ତର

5. 2.67 N m^{-2} 6. 200 N, ନା 20. 2.1 mm s^{-1}, 35 cm s^{-1}

21. 8 m s^{-1}, $63 \times 10^{-2}\ \text{m}^3\ \text{s}^{-1}$ 22. 7.8 mm s^{-1}, 0.19 ms^{-1}

23. 1500, ଅସ୍ଥିର 24. 2 ସେ.ମି. ପାରଦ