# 6

# ଗ୍ୟାସୀୟ ଅବସ୍ଥା

ଆମେ ଜାଣିଛୁଯେ ପଦାର୍ଥର ତିନିଗୋଟି ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥା ଅଛି, ଯଥା କଠିନ, ତରଳ ଓ ଗ୍ୟାସ । ଏହି ତିନି ଅବସ୍ଥାକୁ ଦର୍ଶାଇବାକୁ ସବୁଠାରୁ ଉତ୍ତମ ଉଦାହରଣ ହେଉଛି ଜଳ । ଜଳ କଠିନ (ବରଫ) ତରଳ (ଜଳ) ଏବଂ ଗ୍ୟାସ (ଜଳୀୟ ବାଷ୍ପ) ପରି ତିନି ରୂପରେ ବିଭିନ୍ନ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ ଅବସ୍ଥାନ କରେ । ପଦାର୍ଥର ଏହି ତିନି ଅବସ୍ଥା ମଧ୍ୟରେ ଭିନ୍ନତା ସେମାନଙ୍କର ଅନ୍ତରାଣବିକ ଦୂରତା ଓ ଅନ୍ତରାଣବିକ ବଳ ଯୋଗୁ ହୋଇଥାଏ । ଏଥି ସହିତ ତାପ ଓ ଚାପ ଏହି ତିନି ଅବସ୍ଥା ପାଇଁ ମଧ୍ୟ ଏକ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଭୂମିକା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରନ୍ତି ।

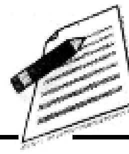
ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ଆମ ପ୍ରଥମେ କଠିନ, ତରଳ ଓ ଗ୍ୟାସୀୟ ପଦାର୍ଥର ଧର୍ମରେ ଥିବା ପାର୍ଥକ୍ୟକୁ ଆଲୋଚନା କରିବା ଏବଂ ଜାଣିବା କେଉଁ କାରଣରୁ ଏହି ପାର୍ଥକ୍ୟ ସୃଷ୍ଟିହୁଏ । ଆମେ ମଧ୍ୟ କିଛି ପ୍ରଦତ୍ତ ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସରେ ଚାପ ଓ ତାପର ପ୍ରଭାବ ବିଷୟରେ ପଢ଼ିବା । ଏହା Boyle's ଙ୍କ ନିୟମ, Charles'ଙ୍କ ନିୟମ ଏବଂ Avogadro's ଙ୍କ ନିୟମ ଦ୍ୱାରା ପରିଚାଳିତ ।

## ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ

ଏହି ଅଧ୍ୟାୟଟି ପାଠକରିବା ପରେ ତୁମେ :

- ପଦାର୍ଥର ତିନୋଟି ଅବସ୍ଥାରେ ଥିବା ପାର୍ଥକ୍ୟ- କଠିନ, ତରଳ ଓ ଗ୍ୟାସ ବିଷୟରେ ଅବଗତ ହେବ;
- ଗ୍ୟାସର ଲାକ୍ଷଣିକ ଧର୍ମର ତାଲିକା ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିପାରିବ;
- ଗ୍ୟାସର ନିୟମ (Boyle's ଙ୍କ ନିୟମ, Charles' ଙ୍କ ନିୟମ ଏବଂ Avogadro's ଙ୍କ ନିୟମ)କୁ ପ୍ରକାଶ କରିପାରିବ ଏବଂ ତାକୁ ଗାଣିତିକ ରୂପରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବାରେ ସକ୍ଷମ ହେବ;
- P-V, P-I/V, P-PV ଏବଂ V-T ଗ୍ରାଫ୍ ଟାଣିବାରେ ସକ୍ଷମ ହେବ;
- ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଆୟତନ ଉପରେ ତାପ ଓ ଚାପର ପ୍ରଭାବକୁ ଗ୍ରାଫରୁ ବୁଝାଇପାରିବ;
- ଗ୍ୟାସ ନିୟମରୁ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ ସମୀକରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିପାରିବ;
- Daltonଙ୍କ ନିୟମର ଆଂଶିକ ଚାପ ନିୟମର ବର୍ଣ୍ଣନା ସହ ଏହାର ଗୁରୁତ୍ୱକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିପାରିବ;
- Grahamଙ୍କ ବିସରଣ ନିୟମ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିପାରିବ;
- ଗ୍ୟାସର ଗତିଜ ଆଣବିକ ତତ୍ତ୍ୱର ସ୍ୱୀକାର୍ଯ୍ୟ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିପାରିବ;
- Maxwell ଙ୍କ ପରିବେଗ ବିତରଣକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିପାରିବ;

* ପ୍ଲାଜମା ହେଉଛି ପଦାର୍ଥର ଚତୁର୍ଥ ଅବସ୍ଥା । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ପଦାର୍ଥ ଆୟନୀୟ ଗ୍ୟାସ ରୂପର ରୁହେ । ଏହା ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ତାପମାତ୍ରାରେ ଘଟେ । ଉଦାହରଣ ହେଉଛି ସୂର୍ଯ୍ୟରେ ଥିବା ପଦାର୍ଥ ପ୍ଲାଜମା ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଏ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

- $U_{rms}$, $u_{mp}$ ଏବଂ $u_{av}$ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଇପାରିବ;
- ଆଦର୍ଶ ବ୍ୟବହାରରୁ ବାସ୍ତବ ଗ୍ୟାସର ବିଚ୍ୟୁତିକୁ ସଂଚାପିତତା ଗୁଣକ (compressibility) ଆଧାରରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିପାରିବ;
- Van der Wallsଙ୍କ ସମୀକରଣ ପ୍ରକାଶ କରିପାରିବା, Van der Wallsଙ୍କ ସ୍ଥିରାଙ୍କର ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ ବୁଝାଇପାରିବ ଏବଂ
- Andrews ଙ୍କ ବକ୍ରରେଖା ସାହାଯ୍ୟରେ ଗ୍ୟାସର ତରଳିକରଣର ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିପାରିବେ ।

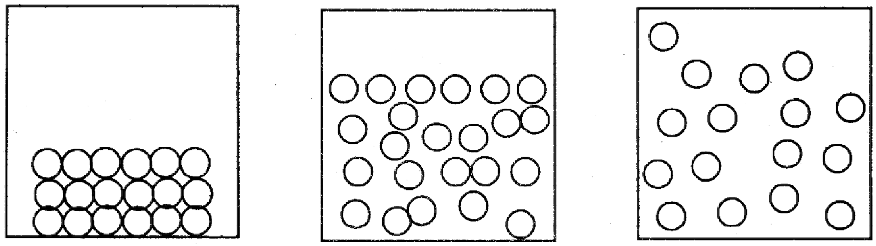
## 6.1 ପଦାର୍ଥର ତିନିଗୋଟି ଅବସ୍ଥା

ଯେ କୌଣସି ପ୍ରଦତ୍ତ ଚାପ ଓ ତାପରେ ବସ୍ତୁ ତାର ତିନିଗୋଟି ଅବସ୍ଥା ଯଥା କଠିନ, ତରଳ ଏବଂ ଗ୍ୟାସ ମଧ୍ୟରୁ ଯେ କୌଣସି ଗୋଟିଏ ଅବସ୍ଥାରେ ଅବସ୍ଥାନ କରେ । କଠିନ, ତରଳ ଓ ଗ୍ୟାସର ଅଭିଲକ୍ଷଣୀୟ ଧର୍ମ ସାରଣୀ 6.1 ରେ ତାଲିକାଭୁକ୍ତ କରାଯାଇଛି ।

**ସାରଣୀ 6.1 ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥାରେ ପଦାର୍ଥର ଧର୍ମ**

| ଧର୍ମ | କଠିନ | ତରଳ | ଗ୍ୟାସ |
|---|---|---|---|
| ଆକାର | ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ | ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ନାହିଁ, ପାତ୍ରର ଆକାର ଧାରଣ କରେ | ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ନୁହେଁ |
| ଆୟତନ | ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ | ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ | ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ନୁହେଁ (ପାତ୍ରର ଆୟତନ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ) |
| ଘନତ୍ୱ | ଉଚ୍ଚ | କଠିନତାରୁ କମ୍ ଓ ଗ୍ୟାସ ଠାରୁ ବହୁତ ଅଧିକ | କମ୍ |
| ସଂଚାପିତତା | ଅସଂଚାପିତତା | ବହୁତ ଅଂସଚାପିତତା | ଉଚ୍ଚ ଅସଂଚାପିତତା |

ଉପରେ ଦର୍ଶାଯାଇଥିବା ପଦାର୍ଥର ତିନିଗୋଟି ଅବସ୍ଥାର ବିଭିନ୍ନ ଲକ୍ଷଣ ପଦାର୍ଥକୁ ତିଆରି କରିଥିବା କଣିକାମାନଙ୍କର ଆପେକ୍ଷିକ ଦୂରତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । କଠିନ ଅବସ୍ଥାରେ ଏକ ଦୃଢ଼ ଅନ୍ତରାଣବିକ ବଳଦ୍ୱାରା ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ନିୟମିତ ପ୍ରତିରୂପରେ ସଜାଇ ହେବାଦ୍ୱାରା ପରସ୍ପରର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ହୋଇଥାଆନ୍ତି । ତରଳ ପଦାର୍ଥ କ୍ଷେତ୍ରରେ, କଠିନ ପଦାର୍ଥ ତୁଳନାରେ ଏହି ଅନ୍ତରାଣବିକ ବଳ କମ୍, ତେଣୁ କଣିକା ଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପରକୁ କମ୍ ଦୃଢ଼ ଭାବରେ ଧରି ରଖିଥାଆନ୍ତି ଏବଂ ପରସ୍ପର ଠାରୁ ଦୂରକୁ ଗତିକରନ୍ତି । ଗ୍ୟାସ କ୍ଷେତ୍ରରେ କଠିନ ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ତୁଳନାରେ ଏହି ଆକର୍ଷଣ ବଳ ଖୁବ୍ କମ୍ । ଅନ୍ତରାଣବିକ ବଳ କମ୍ ହେତୁ ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ଠାରୁ ଅଧିକ ଦୂରରେ ଥାଆନ୍ତି ଓ ଚାରିଆଡକୁ ସହଜରେ ବ୍ୟାପି ଯାଆନ୍ତି । କଠିନ, ତରଳ ଓ ଗ୍ୟାସୀୟ ପଦାର୍ଥରେ କଣିକାର ଅବସ୍ଥିତି ସଂପର୍କରେ ଏକ ସରଳ ଚିତ୍ର 6.1 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶୀତ କରାଯାଇଛି ।



**ଚିତ୍ର 6.1 :** ***କଠିନ, ତରଳ ଓ ଗ୍ୟାସୀୟ ଅବସ୍ଥାରେ କଣିକାମାନଙ୍କରେ ଏକ ସରଳ ଚିତ୍ର***

## 6.2 ଗ୍ୟାସ ମାନଙ୍କର ସାଧାରଣ ବ୍ୟବହାର : ଗ୍ୟାସ ସୂତ୍ରାବଳୀ

ପ୍ରଦତ୍ତ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ ଗ୍ୟାସ୍ ଯେଉଁ ଚାପ ଓ ତାପ କ୍ରମରେ ଅଛି ତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ତେଣୁ ଗ୍ୟାସର ବ୍ୟବହାରକୁ ଚାରିଗୋଟି ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ପରିମେୟ ଲକ୍ଷଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ବୁଝାଇବା ସମ୍ଭବ । ଯଥା ତାପମାତ୍ରା (T), ଚାପ (P), ଆୟତନ (V) ଏବଂ ପରିମାଣ (ଗ୍ରାମ ଅଣୁର ସଂଖ୍ୟା, n ) । ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିମାଣର

ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ତାପ ଓ ଚାପ ବଦଳିବା ସହ ବଦଳୁଥାଏ । ଏକ ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ପରିମେୟକୁ ସ୍ଥିର ରଖି ଅନ୍ୟ ଯେକୌଣସି ଦୁଇଟି ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କକୁ ଆମେ ଯେଉଁ ବିଭିନ୍ନ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ପଢ଼ିବା, ତାହା ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ହେଲା ।

### 6.2.1 ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ ଉପରେ ଚାପର ପ୍ରଭାବ (ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ) Boyle's Law :

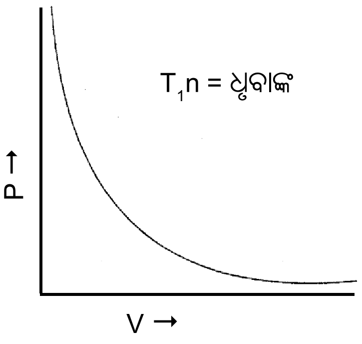
ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରାରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ ଉପରେ ଚାପର ପ୍ରଭାବକୁ ବିଭିନ୍ନ ଗ୍ୟାସନେଇ 1662 ମସିହାରେ Robert Boyle ଅନୁଧ୍ୟାନ କଲେ । ସେ ଦେଖିଲେଯେ ଯଦି କୌଣସି ଗ୍ୟାସର ଆୟତନକୁ ଦୁଇଗୁଣ କରାଯାଏ ତେବେ ଚାପ ଅଧାହୁଏ ଏବଂ ବିଲୋମତଃ (vice-versa) ହୁଏ । ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରାରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ ଏହାର ଚାପସହ ବିଷମାନୁପାତିକ । ଗାଣିତିକ ଭାବେ ବୟଲଙ୍କ ନିୟକୁ ଆମେ ନିମ୍ନମତେ ଲେଖିପାରିବା ।

$$V \propto \frac{1}{P}$$ ( T ଏବଂ n ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ )

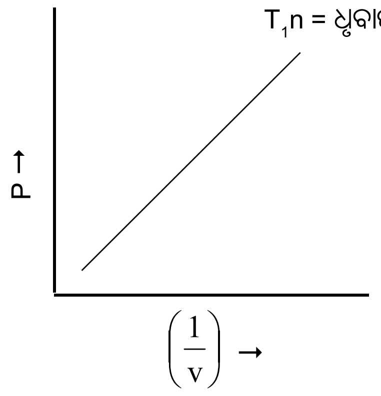
କିମ୍ବା PV = Constant

$$\therefore P_1V_1 = P_2V_2$$

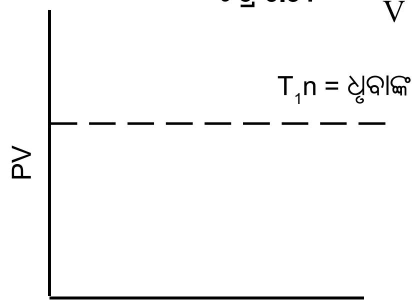
ଯେତେବେଳେ ଗ୍ୟାସର ଚାପ (P) ଓ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ (V) ମଧ୍ୟରେ ଗ୍ରାଫ୍ ଟଣାଗଲା ଏକ ଆୟତାକାର ଗ୍ରାଫ୍ ମିଳିଲା (ଚିତ୍ର 6.2 ) । ପୁଣି ଯେତେବେଳେ ଚାପ (P) ଓ ଆୟତନ ପ୍ରତିଲୋମ ଭାବରେ ନିଆଗଲା $\left(\frac{1}{V}\right)$ ଏକ ସରଳରେଖା ଗ୍ରାଫ୍ ମିଳିଲା ଯାହା କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ଅତିକ୍ରମ କଲା (ଚିତ୍ର 6.3 ) । ଯେତେବେଳେ ଚାପ ଓ ଆୟତନର ଗୁଣଫଳ (PV) ଓ ଚାପ (P) ମଧ୍ୟରେ ଗ୍ରାଫ୍ ଟଣାଗଲା ଏକ ସରଳରେଖା, ଯାହା X- ଅକ୍ଷ (ଚାପ କକ୍ଷ) ସହ ସମାନ୍ତର ମିଳିଲା (ଚିତ୍ର 6.4 ) ।




**ଚିତ୍ର 6.2 :** P ∝ Vର ଗ୍ରାଫ୍




**ଚିତ୍ର 6.3 :** $P \propto \frac{1}{V}$ ର ଗ୍ରାଫ୍




**ଚିତ୍ର 6.4 :** ଚାପ (P)ର ଗ୍ରାଫ୍ →

**ଉଦାହରଣ 6.1 :** ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ 298 K ଏବଂ 1 atm ଚାପରେ 24mL ଅଟେ । ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରଖି ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପକୁ 1.25 atm କୁ ବଢ଼ାଇଦେଲେ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଆୟତନ ହିସାବ କର ।

**ସମାଧାନ :** ପ୍ରଦତ୍ତ $V_1$ = 25 ml          $P_1$ = 1 atm

$V_2$ = ?          $P_2$ = 1.25 atm

ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସାରେ $P_1V_1 = P_2V_2$

$P_1$,$V_1$,$V_2$ର ମୂଲ୍ୟ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରେ ବସାଇଲେ

ଆମେ ପାଇବା $V_2 = \frac{P_1V_2}{P_2} = \frac{(1\ atm)(25\ mL)}{1.25\ atm} = 20\ mL$

298 K ଏବଂ 1.25 atm ଚାପରେ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ ହେଉଛି 20 mL

**ଉଦାହରଣ 6.2 :** ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରାରେ କୌଣସି ପରିମାଣର ଏକ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ ଏହାର ମୂଳ ଆୟତନର $\frac{1}{5}$ ଅଂଶ କମିଗଲା । ତେବେ ଏହାର ଅନ୍ତିମ ଚାପ କେତେ ?

**ସମାଧାନ :** ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଆୟତନ = $V_1$ , ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଚାପ = $P_1$

ଅନ୍ତିମ ଆୟତନ = $V_2 = V_1/5$ ଅନ୍ତିମ ଚାପ = $P_2$

ବୟଲସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଦ୍ୱାରା ଆମେ ଜାଣିଛୁ ଯେ ସ୍ଥିର ତାପମାତ୍ରାରେ

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$P_2 = \frac{P_1V_1}{P_2} = \frac{P_1V_1}{V_1/5} = 5P_1$$

ଏଥିରୁ ଜଣାଗଲା ଯେ ଯେତେବେଳେ ଆୟତନ, ମୂଳ ଆୟତନର $\frac{1}{5}$ ଅଂଶକୁ କମିଯାଏ, ସେତେବେଳେ ଚାପ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଚାପର 5 ଗୁଣ ବଢ଼ିଯାଏ ।

## 6.2.2 ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ ଉପରେ ତାପର ପ୍ରଭାବ (ଚାର୍ଲସଙ୍କ ନିୟମ) : Charles' Law

1787 ମସିହାରେ Jacques Charles ଏବଂ 1802 ମସିହାରେ Gay Lussac ବିଭିନ୍ନ ଗ୍ୟାସ ପାଇଁ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଚାପରେ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ ଉପରେ ତାପମାତ୍ରାର ପ୍ରଭାବକୁ ଅଧ୍ୟୟନ କରିଥିଲେ । ତାଙ୍କର ସିଦ୍ଧାନ୍ତକୁ ଚାର୍ଲସଙ୍କ ନିୟମ ବୋଲି ପ୍ରକାଶ କରାଗଲା । ଯାହା ଦର୍ଶାଇଥାଏ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଚାପରେ ଏକ ପ୍ରଦତ୍ତ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ ଏହାର ପରମ ତାପମାତ୍ରା ସହ ସିଧାସଳଖ ସମାନୁପାତୀ ।

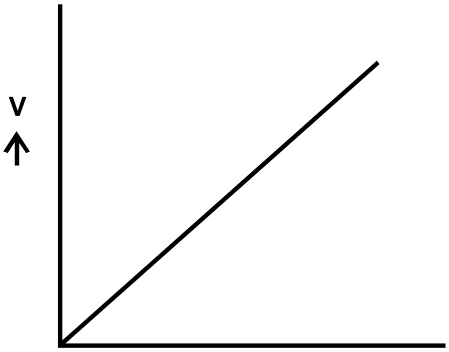
ତେଣୁ ଚାର୍ଲସଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ଯେତେବେଳେ ପରମ ତାପମାତ୍ରା ବଢ଼େ, ସେତେବେଳେ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ ମଧ୍ୟ ବଢ଼େ, ଯଦି ଏହାର ପରମ ତାପମାତ୍ରା କମିଯାଏ, ତେବେ ଏହାର ଆୟତନ ମଧ୍ୟ ସେହି ଅନୁଯାୟୀ କମିଯାଏ । ଗାଣିତିକ ଭାବେ ଆମେ ଚାର୍ଲସଙ୍କ ନିୟମକୁ ନିମ୍ନ ମତେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ କରିପାରିବା ।

$V \alpha T$ (P ଏବଂ n ସ୍ଥିର )

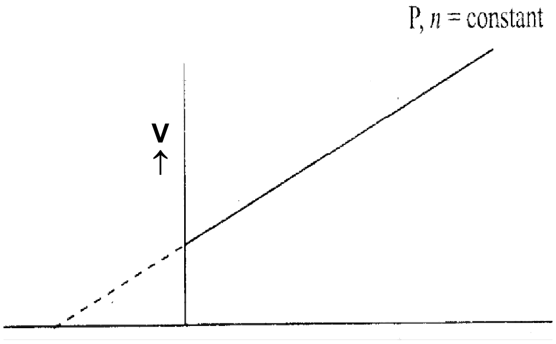
V = KT (K ହେଉଛି ଏକ ସ୍ଥିରାଙ୍କ)

ତେଣୁ, $$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

ଚାର୍ଲସଙ୍କ ନିୟମକୁ ଗ୍ରାଫ୍ ଆକାରରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ କଲେ ଆମେ ଦେଖିବା ଯେ ଏହା ଏକ ସରଳରେଖା ହେବ ଯାହାକି ଗ୍ରାଫ୍‌ର ମୂଳବିନ୍ଦୁକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ । (ଚିତ୍ର 6.5)




ଚିତ୍ର 6.5 → T(k)




ଚିତ୍ର 6.6 → T(0°C)

ଗାଣିତିକ ଭାବେ ଯଦି 0°C, 1°C, 2°C ........ t°C ତାପରେ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ ଯଥାକ୍ରମେ $V_0$, $V_1$, $V_2$.....$V_t$ ହୁଏ,

ତେବେ $$V_t = V_0 + \frac{V_0}{273} \times t = V_0\left(1+\frac{t}{273}\right) = V_0\left(\frac{273+t}{273}\right)$$

ଏହିପରି ଭାବେ ଯେତେବେଳେ $t = -273^0 C$

ସେତେବେଳେ $$V_t = \left(\frac{273-273}{273}\right) = 0$$

ଏହାର ଅର୍ଥ ହେଉଛି –273°C ରେ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ, ଅର୍ଥାତ୍ ଗ୍ୟାସର ଅବସ୍ଥିତ ନଥାଏ । ତେଣୁ ଏହି ପ୍ରକଳ୍ପିତ ତାପମାତ୍ରାରେ (–273°C) ଯେତେବେଳେ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଆୟତନ ସିଦ୍ଧାନ୍ତତ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ ତାହାକୁ ପରମତାପକ୍ରମ (absolute zero) କୁହାଯାଏ । ଏହାକୁ ଶୂନ୍ୟ K ଦ୍ୱାରା ମଧ୍ୟ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ (ଚିତ୍ର 6.6) ।

ଏହା ସିଦ୍ଧାନ୍ତତ ନ୍ୟୁନତମ ତାପମାତ୍ରା । ପ୍ରକୃତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗ୍ୟାସର ତାପମାତ୍ରାକୁ ଆମେ ଶୂନ୍ୟ କେଲ୍‌ଭିନ୍ (Zero Kelvin)କୁ କମାଇ ପାରିବା ନାହିଁ ।

**ତାପମାତ୍ରାର କେଲଭିନ୍ ସ୍କେଲ୍ (Kelvin Scale of Temperature)**

ତାପମାତ୍ରାର ସ୍କେଲ୍ ଯେଉଁଥିରେ - 273°C କୁ ଶୁନ୍ୟ କେଲ୍‌ଭିନ୍ ଭାବେ ଗ୍ରହଣ କରାଯାଇଅଛି ତାକୁ କେଲଭିନ୍‌ଙ୍କ ସ୍କେଲ୍ କୁହାଯାଏ । ସେଲ୍‌ସିୟସ୍ ସ୍କେଲ୍‌ରେ ଥିବା ତାପମାତ୍ରାକୁ କେଲ୍‌ଭିନ୍‌ରେ ପରିଣତ କରିବାକୁ ହେଲେ 273 ଯୋଗ କରିବାକୁ ହେବ ।

ଏହିପରି t (0°C) + 273 = T ( K)

ଯେଉଁଠାରେ କି T = କେଲଭିନ୍ ସ୍କେଲ୍‌ରେ ତାପମାତ୍ରା

t = ସେଲସିୟସ୍‌ରେ ସ୍କେଲ୍‌ରେ ତାପମାତ୍ରା

ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ 15°C କୁ କେଲ୍‌ଭିନ୍‌ରେ ପରିଣତ କରିବାକୁ ହେଲେ 15 ରେ 273 ମିଶାଯାଏ

$\therefore$ $15^0$ C = ( 15 + 273) = 288 K

### 6.2.3 ଚାପଉପରେ ତାପର ପ୍ରଭାବ (ଚାପ - ତାପ ନିୟମ )

ଏହି ନିୟମ ଅନୁସାରେ ସ୍ଥିର ଆୟତନରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିମାଣ ଗ୍ୟାସର ଚାପ ଏହାର ପରମ ତାପକ୍ରମ ସହ ସିଧାସଳଖ ସମାନୁପାତି ।

$$P \propto T$$

$$P = KT$$

**ଉଦାହରଣ 6.3 :** ପ୍ରଦତ୍ତ ଗ୍ୟାସ୍ ସ୍ଥିର ଚାପ ଓ 1000°C ତାପମାତ୍ରାରେ 2 ଲିଟର ଆୟତନ ଅଧିକାର କରେ । ଯଦି ଚାପକୁ ସ୍ଥିର ରଖି ଗ୍ୟାସ୍‌କୁ 0°C ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଥଣ୍ଡା କରାଯାଏ ତା'ହେଲେ ତାହାର ଆୟତନ କେତେ ହେବ ?

**ସମାଧାନ :** ପ୍ରଦତ୍ତ ଅଛିଯେ,

ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଆୟତନ $V_1 = 2L$ $T_1 = 1000 + 273 = 1273$ K

ଅନ୍ତିମ ଆୟତନ $V_2 = ?$ $T_2 = 0 + 273 = 273$ K

ବର୍ତ୍ତମାନ ଚାର୍ଲସଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ଲେଖିପାରିବା ଯେ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

କିମ୍ବା $V_2 = \frac{V_1}{T_1} \times T_2$

ପ୍ରଦତ୍ତ ମୂଲ୍ୟକୁ ବ୍ୟବହାର କଲେ $V_2 = \frac{2L}{1273K} \times 273K = 0.4291$ L

### 6.2.4 ଏଭୋଗାଡ୍ରୋଙ୍କ ନିୟମ (Avogadro's Law)

1811 ମସିହାରେ ସର୍ବପ୍ରଥମେ Amedeo Avogadro ଏକ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ ଓ ଏଥିରେ ଥିବା ଅଣୁର ସଂଖ୍ୟା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସମ୍ପର୍କ ଉପରେ ତଥ୍ୟ ପ୍ରଦାନ କଲେ । ଏହି ସମ୍ପର୍କ ଭୋଗାଡ୍ରୋଙ୍କ ନିୟମ (Avogadro Law) ରୂପେ ଖ୍ୟାତ ହେଲା । ଏହି ନିୟମ ଅନୁସାରେ -

**ସମାନ ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ସମସ୍ତ ଗ୍ୟାସ ସମାନ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ ସମାନ ସଂଖ୍ୟକ ଅଣୁ ଧାରଣ କରନ୍ତି ।**

ଗାଣିତିକ ଭାବେ ଏଭୋଗାଡ୍ରୋଙ୍କ ନିୟମର ରୂପ ହେଲା

$V \propto N$ ( ସ୍ଥିର ଚାପ ଓ ତାପରେ )

ଯେଉଁଠାରେ କି V ଏବଂ N ଯଥାକ୍ରମେ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଆୟତନ ଓ ଅଣୁର ସଂଖ୍ୟା ଅଟେ । ଏକ ପ୍ରଦତ୍ତ ଚାପ ଓ ତାପମାତ୍ରରେ ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଉପସ୍ଥିତ ଥିବା ଅଣୁ ସଂଖ୍ୟା ଓ ମୋଲ ସଂଖ୍ୟା ସିଧା ସଳଖ ସମାନୁପାତି ।

ତେଣୁ, $N \propto n$ , ଯେଉଁଠାରେ କି n ହେଉଛି ମୋଲ୍ ସଂଖ୍ୟା

$\because$ $V \propto n$

କିମ୍ବା $\frac{V}{n}$ = ଧ୍ରୁବକ

ତେଣୁ, $\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$

ସେ ମଧ୍ୟ ଦେଖିଲେ ଯେ କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ଏକ ମୋଲ୍‌ରେ ଥିବା ଅଣୁ ସଂଖ୍ୟା (273 K ତାପମାତ୍ରା ଓ 1 atm ଚାପରେ) 22.4 ଲିଟର ଗ୍ୟାସରେ ହେଇଛି $6.023 \times 10^{23}$

ଏହି ସଂଖ୍ୟାକୁ ଏଭୋଗାଡ୍ରୋଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ଏହା ହେଉଛି 22.4L ଆୟତନ (273K ଏବଂ 1 atm ଚାପ) ବିଶିଷ୍ଟ ଯେକୌଣସି ଗ୍ୟାସରେ ଉପସ୍ଥିତ ଅଣୁ ସଂଖ୍ୟା ($6.023 \times 10^{23}$) ଏବଂ ଏହା ଯେ କୌଣସି ହାଲୁକା ଗ୍ୟାସ (ଉଦ୍‌ଜାନ) ଓ ଭାରୀ ଗ୍ୟାସ ଯେପରିକି ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ବା ବ୍ରୋମିନ ପାଇଁ ମଧ ସମାନ ଅଟେ ।

**ଉଦାହରଣ 6.4** : 0.965 ମୋଲର ଏକ ଗ୍ୟାସ 298K ତାପମାତ୍ରା ଏବଂ 1 atm ଚାପରେ 5.0L ର ଆୟତନ ଅଧିକାର କରେ । ସେହି ଏକା ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ 1.80 ମୋଲ୍ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ କେତେ ହେବ ?

ସମାଧାନ : $V_1 n_2 = V_2 n_1$ ; ଦତ୍ତ : $V_1$= 5 L; $n_1$ = 0.965 ମୋଲ, $n_2$ = 1.80 ମୋଲ

$$\therefore V_2 = \frac{V_2 n_2}{n_1} = \frac{(5.0L)(1.8 \text{ ମୋଲ})}{0.965 \text{ ମୋଲ}}$$

$V_2$ = 9.33 L

**ଉଦାହରଣ 6.5 :** ସମାନ ତାପ ଓ ଚାପରେ 16g ଅମ୍ଳଜାନ ଓ 14g ଯବକ୍ଷାରଜାନର ଆୟତନ ତୁଳନା କର ।

ସମାଧାନ : $O_2$ ର ମୋଲ୍ ସଂଖ୍ୟା = 16g/32g ମୋଲ$^{-1}$ = 0.5 ମୋଲ୍

$N_2$ ର ମୋଲ୍ ସଂଖ୍ୟା = 14g/28g ମୋଲ$^{-1}$ = 0.5 ମୋଲ୍

ଯେହେତୁ ଦୁଇଟିଯାକ ଗ୍ୟାସ ସମାନ ଚାପ ଓ ତାପରେ ଅଛନ୍ତି ଏବଂ ସମାନ ସଂଖ୍ୟକ ମୋଲ୍ ଧାରଣ କରିଛନ୍ତି, ତେଣୁ ଏଭୋଗାଡ୍ରୋଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ସେମାନେ ସମାନ ଆୟତନ ଅଧିକାର କରିବେ ।

### ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 6.1

1. ଏକ ଗ୍ୟାସର ଘନତ୍ୱ ସାଧାରଣତଃ ଏକ ତରଳର ଘନତ୍ୱ ଠାରୁ କମ୍ । ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

   ..................................................................................................................

2. 500 mL ଗ୍ୟାସ୍‌କୁ 0.20 ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପରେ ସଂଚାପିତ (compress) କରିବାରୁ ଆୟତନ 10mL ହେଲା । ଏହାର ଚାପ (ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

   ..................................................................................................................

3. ସମାନ ପରୀକ୍ଷା ମୂଳକ ସର୍ତ୍ତରେ ସମାନ ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ଅମ୍ଳଜାନ ଗ୍ୟାସ ଓ ଏକ ଅଜଣା ଗ୍ୟାସ ଓଜନ ଯଥାକ୍ରମେ 2.00 ଏବଂ 1.75 ଗ୍ରାମ୍ । ଅଜଣା ଗ୍ୟାସର ମୋଲାର୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱ କେତେ ?

   ..................................................................................................................

## 6.3 ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ ସମୀକରଣ

ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ, ଚାର୍ଲସଙ୍କ ନିୟମ ଏବଂ ଏଭୋଗାଡ୍ରୋଙ୍କ ନିୟମ ମିଶି ଗୋଟିଏ ସମୀକରଣ ହେଲା ଯାହାକି ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥାରେ ଏକ ଗ୍ୟାସର ଚାପ, ଆୟତନ ଓ କେଲ୍‌ଭିନ୍ ତାପମାତ୍ରା ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ସ୍ଥାପନ କରେ ।

$V \propto \frac{1}{p}$, ସ୍ଥିର ତାପମାତ୍ରାରେ (ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ )

$V \propto T$, ସ୍ଥିର ଚାପରେ (ଚାର୍ଲସଙ୍କ ନିୟମ )

$V \propto n$, ସ୍ଥିର ଚାପ ଓ ତାପମାତ୍ରାରେ (ଏଭୋଗାଡ୍ରୋଙ୍କ ନିୟମ)

ଏହି ତିନୋଟିକୁ ମିଶାଇ ଆମେ ଗୋଟିଏ ସମୀକରଣ ପାଇପାରିବା ।

ଟିପ୍ପଣୀ

$v \propto nT/P$ କିମ୍ବା $Pv \propto nT$ କିମ୍ବା $PV =$ ଧୃବକ × n T

ଏହି ସମୀକରଣର ଥିବା ଧୃବକକୁ ଆମେ 'ସାର୍ବଜନୀନ ଗ୍ୟାସ ସ୍ଥିରାଙ୍କ' କିମ୍ବା "ମୋଲାର୍ ଗ୍ୟାସ ସ୍ଥିରାଙ୍କ" ବୋଲି କହିପାରିବା । ଏହାକୁ ପ୍ରତୀକ R ଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଯାଏ । ଏହିପରି ଆମେ 1 ମୋଲ୍ ଗ୍ୟାସ ପାଇଁ ଲେଖିପାରିବା ଯେ PV = RT

ସେହିପରି n ମୋଲ୍ ଗ୍ୟାସ ପାଇଁ ଲେଖିପାରିବା

PV = nRT

ଏହାକୁ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ ସମୀକରଣ କୁହାଯାଏ କାରଣ ଯେତେବେଳେ ଗ୍ୟାସ୍‌ମାନେ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସର ବ୍ୟବହାର ଦର୍ଶାନ୍ତି, ସେତେବେଳେ ଏହା ସତ୍ୟ ହୁଏ ।

ଗୋଟିଏ ପ୍ରଦତ୍ତ ଗ୍ୟାସ ପାଇଁ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା ଯେ

PV/T = ଏକ ଧୃବକ, ତେଣୁ

$$\therefore \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

ଯେଉଁଠାରେ କି $P_1V_1T_1$ ଏକ ଅବସ୍ଥା ଦେଖାଏ ଏବଂ $P_2V_2T_2$ ଅନ୍ୟ ଏକ ଅବସ୍ଥା ଦର୍ଶାଇଥାଏ ।

P, V, T ଓ nର ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ସଂଖ୍ୟାକୁ ସମୀକରଣରେ ବସାଇଲେ ଆମେ R ର ସଂଖ୍ୟାତ୍ମକ ମୂଲ୍ୟ ପାଇପାରିବା । STP ରେ T = 273.15K, P = 1 atm ଚାପ, ଏକ ମୋଲ ଗ୍ୟାସ ପାଇଁ (n = 1), V = 22.414L (ହିସାବ ପାଇଁ V ର ମୂଲ୍ୟ 22.4L ନିଆଯାଏ ।)

$\therefore$ R = PV/nT = (1atm ଚାପ) (22.414L)/(1 ମୋଲ)(273.15K)

= 0.082057 L. atm $mol^{-1}$ $K^{-1}$

R ର ମୂଲ୍ୟ ସମୀକରଣ PV = nRT ରେ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ଏକକମାନଙ୍କ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ବିଭିନ୍ନ ଏକକରେ R ର ମୂଲ୍ୟ ଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ହୋଇଥାଏ ।

R = 0.082057 L atm $K^{-1}$ $mol^{-1}$ (ହିସାବ ପାଇଁ ଏହି ମୂଲ୍ୟକୁ 0.0821 L atm $K^{-1}$ $mol^{-1}$ ନିଆଯାଏ ।)

R = 8.314 × $10^7$ erg. $K^{-1}$ $mol^{-1}$

R = 8.314 J $K^{-1}$ $mol^{-1}$

R = 1.987 cal $K^{-1}$ $mol^{-1}$

**ଉଦାହରଣ 6.6 :** 273 K ରେ 10 ମୋଲ ଗ୍ୟାସ 224-L ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକପାତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଅଛି । ଗ୍ୟାସର ଚାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ( R = 0.0821L atm $K^{-1}$ $mol^{-1}$ )

ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ ସମୀକରଣ PV = nRT ଏଠାରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେବ ।

n = 10 ମୋଲ, R = 0.0821 atm.L $K^{-1}$ $mol^{-1}$

V = 224 L, T = 273 K, P = ?

ଏହି ମୂଲ୍ୟକୁ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରେ ବସାଇଲେ ଆମେ ପାଇବାଯେ : P = nRT / V = (10 ମୋଲ୍ × 0.0821 atm. L atm $K^{-1}$ $mol^{-1}$ × 273 K ) / 224L = 0.99998 atm. ≈ 1 atm.

## 6.4 ଡାଲଟନ୍‌ଙ୍କ ଆଂଶିକ ଚାପ ନିୟମ

ଯେତେବେଳେ ଦୁଇ କିମ୍ବା ତତୋଧିକ ଗ୍ୟାସ, ଯେଉଁମାନେ ପରସ୍ପର ସହ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପ୍ରଦର୍ଶନ କରନ୍ତି ନାହିଁ, ଗୋଟିଏ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଏ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ପ୍ରକାର ବ୍ୟବହାର ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ ତାହାକୁ Dalton' ଙ୍କ ନିୟମ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

**ଡାଲଟନ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପ୍ରଦର୍ଶନ କରୁନଥିବା ଗ୍ୟାସମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟି ହେଉଥିବା ସମୁଦାୟ ଚାପ ସେହି ମିଶ୍ରଣରେ ଉପସ୍ଥିତ ଥିବା ବିଭିନ୍ନ ଗ୍ୟାସମାନଙ୍କର ଆଂଶିକ ଚାପର ସମଷ୍ଟି ସହ ସମାନ ।**

ଯଦି ପାତ୍ରରେ ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ୍‌ଟି ଏକାକୀ ଥାଏ, ତାହେଲେ ସେ ଯେଉଁ ଚାପ ସୃଷ୍ଟିକରେ ତାହାକୁ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଆଂଶିକ ଚାପ ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ମନେକର ଗୋଟିଏ 1ଲିଟର ପାତ୍ରକୁ କିଛି ଉଦ୍‌ଜାନ ପମ୍ପକରି ଛାଡ଼ି ଦିଆଗଲା ଏବଂ ଦେଖାଗଲାଯେ ଏହାର ଚାପ 0.065 atm । ମନେକର ଏହାପରେ ଏକ ଦ୍ୱିତୀୟ 1 ଲିଟର ପାତ୍ରକୁ ଆର୍ଗନ ଗ୍ୟାସର ନମୁନା ଛଡ଼ାଗଲା ଏବଂ ଦେଖାଗଲା ଯେ ଏହାର ଚାପ 0.027 atm. ହେବାର ଦେଖାଗଲା । ଯଦି ଦୁଇଟି ଯାକ ଗ୍ୟାସ୍‌କୁ ଏକ ତୃତୀୟ 1 ଲିଟର ପାତ୍ରକୁ ଛଡ଼ାଯାଏ, ଦେଖାଯିବ ଯେ ଏହାର ଚାପ 0.092 (0.065 + 0.027) atm ହେବ । ସାଧାରଣ ଭାବରେ ଡାଲଟନ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ନିମ୍ନମତେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ ।

$$P_{total} = P_A + P_B + P_C + ......$$

ଯେତେବେଳେ $P_A$, $P_B$, $P_C$, ......... ଗ୍ୟାସ୍ A, B, C...... ର ଆଂଶିକ ଚାପ ଅଟନ୍ତି ।

ଯଦି ଗ୍ୟାସ ମିଶ୍ରଣର ସଂଘଟନ ଓ ସମୁଦାୟ ଚାପ ଦିଆଯାଇଥାଏ, ତେବେ ମିଶ୍ରଣରେ ଥିବା ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଆଶିଂକ ଚାପ ସହଜରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହେବ । ପ୍ରଥମେ ଆମେ ମୋଲ ଅଂଶ $X_A$ ଏବଂ $X_B$ ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା, ଏହାକୁ ନିମ୍ନମତେ ଦର୍ଶାଇ ପାରିବା

$$X_A = \frac{n_A}{n} \text{ ଏବଂ } X_B = \frac{n_B}{n}$$

ଯେଉଁଠାରେ କି $n_A$ ଏବଂ $n_B$ ଯଥାକ୍ରମେ ଗ୍ୟାସ A ଏବଂ B ର ମୋଲ ସଂଖ୍ୟା ଏବଂ $n = n_A + n_B$

ଯେହେତୁ $p_A = n_A RT/V$, $p_B = n_B RT/V$ ଏବଂ $p = p_A + p_B = n_A RT/V + n_B RT/V = (n_A + n_B)RT/V = \frac{nRT}{V}$

(ଯେତେବେଳେ $p_A$ ଓ $p_B$ ଯଥାକ୍ରମେ ଗ୍ୟାସ A ଓ B ର ଆଂଶିକ ଚାପ) ଏବଂ p ହେଉଛି ଗ୍ୟାସ ମିଶ୍ରଣର ସମୁଦାୟ ଚାପ)

ଏଣୁ $p_A = X_A p$ ଏବଂ $p_B = X_B P$

ଯଦି କୌଣସି ଗ୍ୟାସ ମିଶ୍ରଣର ସଂଘଟନ (composition) ଏବଂ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ଚାପ ଜଣାଥିବ, ଏହାର ଆଂଶିକ ଚାପ ହିସାବ କରିବାକୁ ଏହା ଏକ ସରଳ ଓ ଉପଯୋଗୀ ଉପାୟ ।

**ଉଦାହରଣ 6.7 :** ମୁଖ୍ୟତଃ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ଅମ୍ଳଜାନ ଓ ଯବକ୍ଷାରଜାନ ମିଶ୍ରଣ ରହିଥାଏ । ଅମ୍ଳଜାନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେଉଛି 23.2% ଏବଂ ଯବକ୍ଷାରଜାନ ହେଉଛି 76.8% । ପ୍ରତି ଗ୍ୟାସର ଆଂଶିକ ଚାପ ହିସାବ କର, ଯେତେବେଳେ ସମୁଦାୟ ଚାପ 1 atm ହୋଇଥାଏ ।

**ସମାଧାନ :** ପ୍ରତି ଗ୍ୟାସର ମୋଲ ସଂଖ୍ୟା

$$n_{N_2} = 76.8\text{g}/28\,\text{g mol}^{-1} = 2.74 \text{ mol}$$

$$n_{O_2} = 23.2\text{g}/32\,\text{g mol}^{-1} = 0.725 \text{ mol}$$

ତେଣୁ ପ୍ରତି ଗ୍ୟାସର ମୋଲ ଅଂଶ

$$x_{N_2} = \frac{2.74}{2.74 + 0.725} = 0.791; x_{O_2} = \frac{0.725}{2.74 + 0.725} = 0.209$$

## 6.5 ଗ୍ରାହାମଙ୍କ ବିସରଣ ନିୟମ (Graham's Law of Diffusion)

ଯଦି ଆମେ ଘରର ଗୋଟିଏ କୋଣରେ ଏକ ଅତର ବୋତଲ ଖୋଲିବା ବା ଅଗରବତୀ ଜାଳିବା ଆମେ ଅତର ବା ଅଗରବତୀର ବାସ୍ନା ସାରା ଘରେ ଅନୁଭବ କରିପାରିବା । ଅତର ବା ଅଗରବତୀ ବାସ୍ନା ବାୟୁରେ ମିଶି ଘରର ଗୋଟିଏ

ଯାଗାରୁ ସାରା ଘର ବ୍ୟାପିଯାଏ । ଗ୍ୟାସମାନଙ୍କୁ ଏକତ୍ର ରଖିଲେ ସେମାନେ ପରସ୍ପର ସହ ସହଜରେ ମିଶିଯାଆନ୍ତି । ଗ୍ୟାସମାନଙ୍କର ଏହି ଅବାଧ ମିଶ୍ରଣଙ୍କୁ 'ବିସରଣ' କୁହାଯାଏ ।

ଗ୍ୟାସ ପରି ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ମଧ୍ୟ ବିସରଣ ଘଟିଥାଏ । ଏକ ଛୋଟ କଣା ଦେଇ ଗତି କରିବାର ପ୍ରକ୍ରିୟାକୁ ନିଃସରଣ କୁହାଯାଏ, ଯେପରିକି ଏକ ଟାୟାର୍ କଣା ହେଲେ ଗ୍ୟାସ ବାହାରିଯାଏ ।

1829 ମସିହାରେ Thomas Graham ଗୋଟିଏ ପାତ୍ରର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଏକ ସୂକ୍ଷ୍ମ ଛିଦ୍ର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଗ୍ୟାସମାନଙ୍କର ନିଃସରଣର ହାରକୁ ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରି ଯେଉ: ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ଉପନୀତ ହେଲେ ତାହାକୁ ଭିତ୍ତିକରି ନିମ୍ନୋକ୍ତ ନିୟମଟି ପ୍ରତିପାଦନ କଲେ ।

"ସ୍ଥିର ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ ଏକ ଗ୍ୟାସର ବିସରଣର ହାର ଏହାର ଘନତ୍ୱର ବର୍ଗମୂଳ ସହ ବିଷମାନୁପାତିକ" ଏହି ନିୟମକୁ Grahamଙ୍କ ବିସରଣ ନିୟମ କୁହାଯାଏ । ଏହା ଉଭୟ ବିସରଣ ଓ ନିଃସରଣ ପାଇଁ ପ୍ରର୍ଯ୍ୟୁଜ୍ୟ ।

ଗାଣିତିକ ଭାବେ Graham ଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରିବ ।

$$r \,\alpha\, \sqrt{\frac{1}{p}}$$

ଯେତେବେଳେ r ହେଉଛି ଗ୍ୟାସର ବିସରଣ ହାର ଏବଂ p ହେଉଛି ଗ୍ୟାସର ଘନତ୍ୱ । ଯଦି $r_1$ ଓ $r_2$ ଦୁଇଟି ଗ୍ୟାସର ବିସରଣ ହାର ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ଘନତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ $p_1$ ଏବଂ $p_2$ ହୁଏ ତେବେ

$$r_1 \,\alpha\, \sqrt{\frac{1}{p_1}} \text{ ଏବଂ } r_2 \,\alpha\, \sqrt{\frac{1}{p_2}}$$

$$\therefore \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} \text{ ( ସମାନ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପ)}$$

ଆମେ ଜାଣିଛେ ଯେ ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ (M) = 2 × ବାଷ୍ପୀୟ ଘନତ୍ୱ (p)

ଅର୍ଥାତ୍ M = 2p

ଯଦି ଉପରୋକ୍ତ ଗ୍ୟାସଦ୍ୱୟର ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ $M_1$ ଓ $M_2$ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ବାଷ୍ପୀୟ ଘନତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ $p_1$ ଏବଂ $p_2$ ହୁଏ

ତେବେ $M_1 = 2p_1$ ; $M_2 = 2p_2$

କିମ୍ବା $p_1 = \frac{M_1}{2}$ ; $p_2 = \frac{M_2}{2}$

ତେଣୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ଆମେ ଲେଖିପାରିବା ଯେ

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \quad \text{............................ (1)}$$

ପୁନଶ୍ଚ ଯଦି ସମାନ ଆୟତନ (V) ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ଗ୍ୟାସର ବିସରଣ ସମୟ ଯଥାକ୍ରମେ $t_1$ ଓ $t_2$ ହୁଏ ତେବେ

$$r_1 = \frac{V}{t_1} \text{ ଓ } r_2 = \frac{V}{t_2}$$

$$\therefore \frac{r_1}{r_2} = \frac{V}{t_1} / \frac{V}{t_2} = \frac{t_2}{t_1} \quad \text{........................... (2)}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ସମୀକରଣ 1 ଓ 2 କୁ ତୁଳନା କରି ଆମେ ଲେଖିପାରିବା ଯେ

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

## ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 6.2

1. ବିସରଣ ଓ ନିଃସରଣ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ କ'ଣ ?

 ..........................................................................................................

2. ଆମୋନିଆ ଓ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍ କ୍ଲୋରାଇଡ୍ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ମିଶ୍ରଣ ପାଇଁ ଡାଲଟନ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ କାହିଁକି ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇ ପାରିବ ନାହିଁ?

 ..........................................................................................................

3. ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ ସମୀକରଣ ବ୍ୟବହାର କରି 1 ଲିଟର ଫ୍ଲାସ୍କରେ ଥିବା 5.0 ମୋଲ ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ଗ୍ୟାସ $47^0C$ ତାପମାତ୍ରାରେ କେତେ ଚାପ ସୃଷ୍ଟି କରିବ ହିସାବ କର ।

 ..........................................................................................................

4. $CO_2$ ଏବଂ $O_3$ ର ବିସରଣର ହାର ଯଥାକ୍ରମେ 0.29 ଏବଂ 0.271 । ଯଦି $CO_2$ର ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ 44 ହୁଏ, ତେବେ $O_3$ ର ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ କେତେ ?

 ..........................................................................................................

## 6.6 ଗ୍ୟାସର ଗତିଜ ଆଣବିକ ତତ୍ତ୍ୱ (Kinetic Molecular Theory of Gases)

ଗ୍ୟାସର ବ୍ୟବହାରକୁ ତତ୍ତ୍ୱଭିତ୍ତିକ ଭାବେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବା ପାଇଁ Claussius, Maxwell ଏବଂ Boltzmann ନିମ୍ନଲିଖିତ ଅଭିଗୃହିତମାନ ଦେଇଥିଲେ ।

1. ଗ୍ୟାସ ଗୁଡ଼ିକ ବହୁସଂଖ୍ୟକ କ୍ଷୁଦ୍ରାତିକ୍ଷୁଦ୍ର କଣିକା ଧାରଣ କରିଥାଆନ୍ତି ଯାହାକୁ ଅଣୁ କୁହାଯାଏ ।
2. ଗ୍ୟାସର ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ଏତେ ଛୋଟ ଏବଂ ପରସ୍ପରଠାରୁ ଏତେ ଦୂରରେ ଥାଆନ୍ତି ଯେ ଅଣୁମାନଙ୍କର ସମୁଦାୟ ଆୟତନ, ଗ୍ୟାସର ସମୁଦାୟ ଆୟତନ ତୁଳନାରେ ନଗଣ୍ୟ ।
3. ଗ୍ୟାସର ଅଣୁଗୁଡ଼ିକର ଅନବରତ ଦ୍ରୁତ ଓ ଅସମାନ ଗତିଯୋଗୁ ସେମାନେ ପରସ୍ପର ସହ ଏବଂ ରହିଥିବା ପାତ୍ରର କାନ୍ଥ ସହ ଧକ୍କା ଖାଆନ୍ତି ।
4. ଗ୍ୟାସର ଅଣୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ଆକର୍ଷଣ ବା ବିକର୍ଷଣ ବଳ ନାହିଁ ।
5. ଗ୍ୟାସ ଅଣୁର ନିଜ ନିଜ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଏବଂ ଏହାକୁ ଧାରଣ କରୁଥିବା ପାତ୍ରର କାନ୍ଥ ସହ ହେଉଥିବା ସଂଘାତ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ, ତେଣୁ ସଂଘାତ ସମୟରେ କୌଣସି ଶକ୍ତିର କ୍ଷୟ ହୁଏନାହିଁ ।
6. ଗ୍ୟାସର ଅଣୁମାନଙ୍କୁ ଧାରଣ କରୁଥିବା ପାତ୍ରର କାନ୍ଥରେ ଅଣୁମାନଙ୍କର ବର୍ଷଣ (bombardment) ଯୋଗୁ ଗ୍ୟାସର ଚାପ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ।

7. ଗ୍ୟାସର ଗତିଜ ଶକ୍ତି, ଗ୍ୟାସର ପରମ ତାପମାତ୍ରା ସହ ସମାନୁପାତୀ । ଏହି ପ୍ରତିରୂପକୁ ଭିତ୍ତିକରି ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ ପାଇଁ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସମ୍ଭବପର ।

$$PV = \frac{1}{3} m N \overline{C}^2$$

ଯେଉଁଠାରେ P ହେଉଛି ଚାପ, V ହେଉଛି ଆୟତନ, m ହେଉଛି ଗ୍ୟାସ ଅଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ, N ସମୁଦାୟ ଅଣୁର ସଂଖ୍ୟା ଏବଂ C ଗ୍ୟାସ ଅଣୁର ମାଧ ବର୍ଗ ପରିବେଗ (Mean square velocity)

### 6.6.1 ମାଧବର୍ଗ ପରିବେଗର ବର୍ଗମୂଳ:(Root Mean Square Velocity କିମ୍ୱା RMS)

ମାଧବର୍ଗ ମୂଳ ପରିବେଗର ବର୍ଗମୂଳ କହିଲେ ଆମେ ବୁଝୁଯେ ସମସ୍ତ ଆଣବିକ ପରିବେଗର ବର୍ଗର ହାରାହାରିର ବର୍ଗମୂଳ ।

ଗାଣିତିକ ଭାବେ, RMS ପରିବେଗ = $\sqrt{\left(C_1^2 + C_2^2 + ........C_N^2\right)/N}$

ଯେଉଁଠାରେ କି $C_1, C_2 ............ C_N$ ଆଣବିକ ପରିବେଗ

### 6.6.2 ହାରହାରି ପରିବେଗ (Average Velocity : $u_{av}$)

ଏହାକୁ ନିମ୍ନମତେ ଲେଖାଯାଇ ପାରେ

$$u_{av} = \frac{u_1 + u_2 ........ u_n}{N}$$

ଏହାକୁ ନିମ୍ନମତେ ପ୍ରଦତ୍ତ କରାଯାଇପାରେ,

$$u_{av} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$$

### 6.6.3 ପ୍ରୟିକତ୍ତମ ପରିବେଗ (Most Probable Velocity : $u_{mp}$)

ଏହାକୁ ନିମ୍ନମତେ ଲେଖାଯାଇ ପାରେ

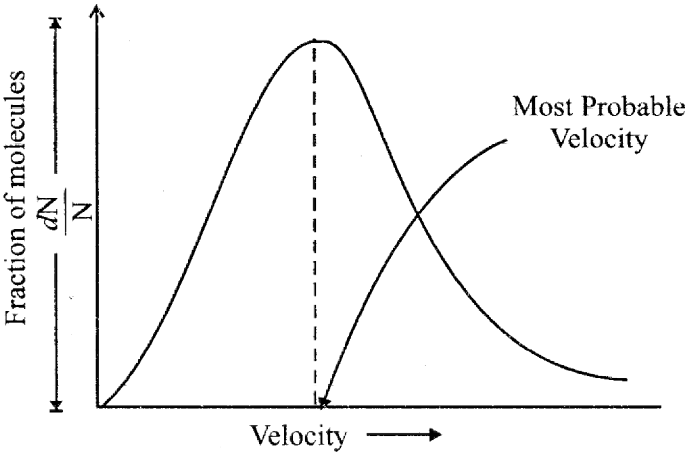
$$u_{mp} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$$

## 6.7 ଅଣୁଗତିର ବଣ୍ଟନ (Distribution of Melecular Speeds)

Maxwellଙ୍କ ଅନୁଯାୟୀ ଗ୍ୟାସର ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ଅନବରତ ଦୃତ ଓ ଅସମାନ ଗତିରେ ଥାଆନ୍ତି । ସେମାନେ ପରସ୍ପର ସହ ଓ କାନ୍ଥ ପାର୍ଶ୍ୱ ସହ ମଧ ସଂଘାତ କରନ୍ତି । ସଂଘାତ ସମୟରେ ଅଣୁମାନଙ୍କର ଶକ୍ତିରେ ପୁନଃ ବିତରଣ ହୋଇଥାଏ । ଯାହା ଫଳରେ ସେମାନଙ୍କର ବେଗ ଓ ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ । ଯେକୌଣସି ସମୟରେ ବିଭିନ୍ନ ଅଣୁମାନଙ୍କର ବିଭିନ୍ନ ଗତି ହୁଏ । ଯାହାଫଳରେ ସେମାନଙ୍କର ବେଗ ଓ ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ । ଯେକୌଣସି ସମୟରେ ବିଭିନ୍ନ ଅଣୁମାନଙ୍କର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରଦତ୍ତ ତାପମାତ୍ରାରେ ଯଦିଓ ପ୍ରତି ଅଣୁର ବେଗ ଅନବରତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଥାଏ ତଥାପି ସମାନ ଗତିରେ ଥିବା ଅଣୁର ଅଂଶ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ ଏବଂ ଏହାକୁ **ମାକ୍ସୱେଲ-ବୋଲଟ୍‌ଜମାନ ବିତରଣ ନିୟମ କୁହାଯାଏ (Maxwell- Bolttzmann Distribution Law)** ।

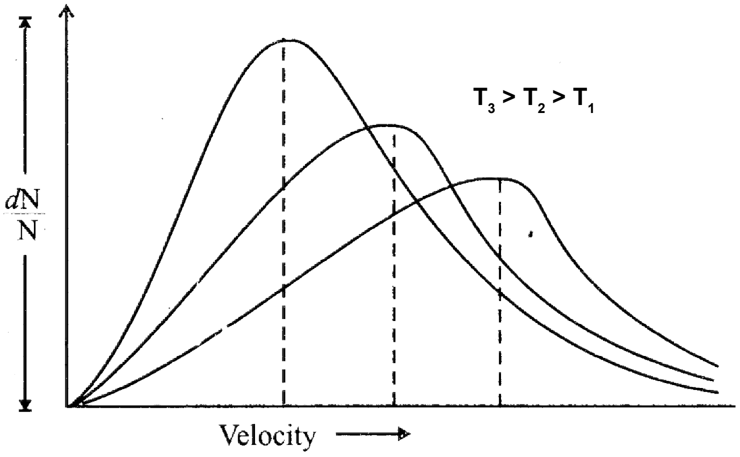
ପ୍ରଦତ୍ତ ତାପମାତ୍ରାରେ ଏହି ଅଂଶକୁ $\frac{dN}{N}$ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ, ଯେଉଁଠାରେ କି dN ହେଉଛି ସମାନ ପରିବେଗରେ

ଥିବା ଅଣୁସଂଖ୍ୟା ଏବଂ N ହେଉଛି ଗ୍ୟାସରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ଅଣୁମାନଙ୍କର ସଂଖ୍ୟା । ପ୍ରଦତ୍ତ ତାପମାତ୍ରାରେ ଅଣୁର ଅଂଶ ଏବଂ ଆଣବିକ ବେଗ ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କକୁ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ଗ୍ରାଫ୍‌ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଅଛି (ଚିତ୍ର 6.6) ।




**ଚିତ୍ର 6.6 :** ସ୍ଥିର ତାପମାତ୍ରାରେ ମାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ପରିବେଗ ବଣ୍ଟନ

ଉପୋରକ୍ତ ଚିତ୍ର 6.6 ରେ ବଣ୍ଟନ ଗ୍ରାଫ୍‌ର ଶୀର୍ଷବିନ୍ଦୁ ଅଣୁର ଅଂଶ ଦ୍ୱାରା ହେଉଥିବା ସର୍ବାଧିକ ବେଗକୁ ଦର୍ଶାଏ, ଏହାକୁ ଅଧିକ ସାମ୍ଭାବ୍ୟ ବେଗ (Most probable speed) ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ଏହା ମଧ୍ୟ ଦର୍ଶାଯାଇପାରେ ଯେ, ଯଦି ତାପମାତ୍ରା ବଢ଼େ, ଅଧିକ ବେଗ ଥିବା ଅଣୁମାନଙ୍କର ମାତ୍ରା ମଧ୍ୟ ବଢ଼ିଥାଏ । ଏହିପରି ଭାବେ ଅଧିକ ସାମ୍ଭାବ୍ୟ ବେଗ, ତାପ ସହ ବଢୁଥାଏ । ଅଣୁର ଗତିର ବିତରଣ ଓ ତାପମାତ୍ରା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସଂପର୍କ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ଚିତ୍ରରେ ଦର୍ଶାଯାଇଅଛି (ଚିତ୍ର 6.7) ।




**ଚିତ୍ର 6.7 :** ପରିବେଗର ବିତରଣ ଉପରେ ତାପର ପ୍ରଭାବ

ପ୍ରଦତ୍ତତାପମାତ୍ରାରେ ଅଧିକ ସାମ୍ଭାବ୍ୟ ବେଗକୁ ନିମ୍ନମତେ ଦର୍ଶାଯାଇପାରିବ ।

$$u_{mp} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$$

ତିନୋଟି ପରିବେଗ ଯଥା ମୂଳ ମାଧ୍ୟ ବର୍ଗ ପରିବେଗ, ବର୍ଗମୂଳ, ହାରାହାରି ପରିବେଗ ଏବଂ ଅଧିକ ସାମ୍ଭାବ୍ୟ ବେଗକୁ ନିମ୍ନମତେ ଦର୍ଶାଯାଇପାରିବ ।

$u_{rms} : u_{av} : u_{mp} :: \sqrt{3} : \sqrt{8/\pi} : \sqrt{2}$

ଏବଂ ଏହା ମଧ୍ୟ 1.224 : 1.128 : 1 ତେଣୁ $u_{rms} > u_{av} > u_{mp}$

ସର୍ବାଧିକ ସାମ୍ଭାବ୍ୟ ପରିବେଗ $u_{mp}$ ଗ୍ୟାସର ତାପମାତ୍ରା ବଢ଼ିବା ସହ ବଢ଼ୁଥାଏ ।

## 6.8 ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ ବ୍ୟବହାର ଠାରୁ ବିଚ୍ୟୁତି (Deviation From Ideal Gas Behaviour)

ଉପରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇଥିବା ଗ୍ୟାସର ନିୟମ, ସମସ୍ତ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ କେବଳ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ ପାଇଁ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ । ବାସ୍ତବ ଗ୍ୟାସ କମ୍ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଉଚ୍ଚ ଚାପରେ ଏଥିରୁ ବିଚ୍ୟୁତି ଦର୍ଶାଏ । ଏହି ବିଚ୍ୟୁତିକୁ ପରିଷ୍କାରଭାବେ ସ୍ଥିର ତାପରେ $\frac{pV}{nRT}$ ର ଚାପର ଫଳନ ସହ ନକ୍ସା ଅଙ୍କନ ଦ୍ୱାରା ଦେଖିପାରିବା ।

$$\frac{pV}{nRT} = \frac{V_{observed}}{V_{ideal}} = Z \quad \text{(ସଂଚାପିତତା ଗୁଣକ)}$$

ଗତିଜ ତତ୍ତ୍ୱରେ ଥିବା ନିମ୍ନୋକ୍ତ ଦୋଷଯୁକ୍ତ ଧାରଣାଯୋଗୁଁ ଗ୍ୟାସଗୁଡ଼ିକର ଆଦର୍ଶ ବ୍ୟବହାରରୁ ବିଚ୍ୟୁତି ଦେଖାଇଥାନ୍ତି ।

1. ଗ୍ୟାସ ଗୁଡ଼ିକ ଅଧିକାର କରୁଥିବା ସ୍ଥାନ ତୁଳନାରେ ଗ୍ୟାସର ଅଣୁର ଆୟତନ ଅତି କମ୍ ।
2. ଗ୍ୟାସର ଅଣୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ବଳ ନାହିଁ ।

ଗ୍ୟାସର ଅଣୁମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଅଧିକୃତ ଆୟତନ ଉଚ୍ଚ ଚାପରେ ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟପୂର୍ଣ୍ଣ ଯାହାକି ଅନୁମିତି (1)ର ବିରୁଦ୍ଧାଚରଣ କରେ ଯଦି ଅଣୁମାନଙ୍କର ଦ୍ୱାରା ଅଧିକୃତ ଆୟତନ nb ହୁଏ, ତେବେ ଗ୍ୟାସର ପ୍ରକୃତ ଆୟତନ (V - nb) । ଧାରଣା (2) ମଧ୍ୟ ଠିକ୍ ନୁହେଁଯେ ଉଚ୍ଚ ତାପରେ ଅଣୁମାନଙ୍କର ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ହୋଇଯାଏ ଯାହାକି ଅନୁମିତି (2)ର ବିରୁଦ୍ଧାଚରଣ କରେ । ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ଅନ୍ୟ ଅଣୁଦ୍ୱାରା ପଛକୁ ଆକର୍ଷିତ ହୁଅନ୍ତି, ଯାହାଦ୍ୱାରା କି ସେମାନଙ୍କୁ ଧାରଣ କରିଥିବା ପାତ୍ରର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ହେଉଥିବା ଚାପ ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ ।

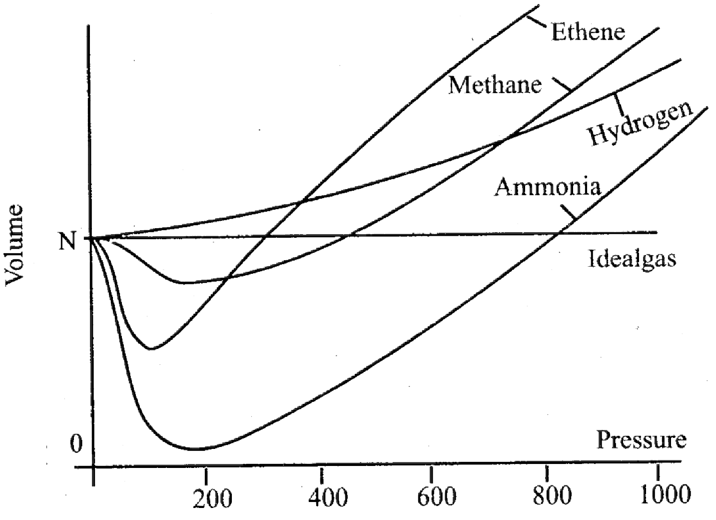
$$\therefore\ p_{ideal} = p_{real} + \frac{an^2}{v^2}$$

$P_{real}$ ଗ୍ୟାସ ଦର୍ଶାଉଥିବା ଚାପ ଏବଂ $\frac{an^2}{v^2}$ ହେଉଛି ସଂଶୋଧନ ଗୁଣକ ।

ଚାପ ଓ ଆୟତନର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ଦୃଷ୍ଟିରେ ରଖି ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ ସମୀକରଣକୁ ନିମ୍ନମତେ ଆଉ ଥରେ ଲେଖାଯାଇପାରିବ ।

$$\left(p + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

ଏହାକୁ van der Walls ଙ୍କ ସମୀକରଣ କୁହାଯାଏ ।



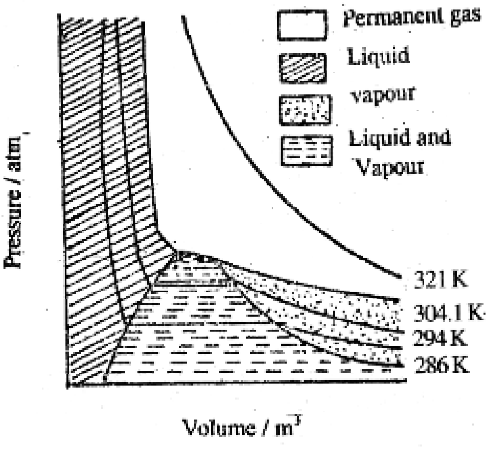

***6.8 ବାସ୍ତବ ଗ୍ୟାସମାନଙ୍କର ଚାପ ଓ ଆୟତନ ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ***

## 6.9 ଗ୍ୟାସର ତରଳୀକରଣ

ଯେକୌଣସି ଗ୍ୟାସକୁ ଅତ୍ୟଧିକ ମାତ୍ରରେ ଥଣ୍ଡା କଲେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପରେ ଏହା ତରଳ ହୋଇଯିବ । ଅଧିକାଂଶ ଗ୍ୟାସକୁ (ସମସ୍ତେ ନୁହଁନ୍ତି) ସାଧାରଣ ଚାପରେ ସେମାନଙ୍କୁ ସଂଚାପିତ କଲେ ତରଳୀକୃତ ହୁଅନ୍ତି ।

ଯେଉଁ ଅବସ୍ଥାର ତାପ ଓ ଚାପରେ ଗ୍ୟାସ ତରଳ ହେବ, ତାହା ପ୍ରଥମେ Andrewsଙ୍କ ଦ୍ୱାରା 1869 ମସିହାରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରାଗଲା । ସେ ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳକୁ ବିଭିନ୍ନ ଚାପ ଓ ତାପରେ ନେଲେ ଏବଂ ଏହାର ଆୟତନ ସହ ଚାପର ପ୍ରଭାବକୁ ଅଧ୍ୟୟନ କଲେ (ଚିତ୍ର 6.9 ) । ପ୍ରଦତ୍ତ ତାପମାତ୍ରାରେ ଉପଲବ୍ଧ ଗ୍ରାଫ୍‌କୁ ସମୋଷ୍ଣରେଖା (Isotherm) କୁହାଯାଏ ।

ଚିତ୍ରରେ ଦେଖାଗଲା ଯେ 321K ରେ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ, ଚାପ ବଢ଼ିବା ସହ କମିଯାଏ, ଯାହାକି Boyle'sଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ହୋଇଥାଏ । 294K ରେ ଚାପକୁ 60 atm ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୃଦ୍ଧିକରି ଦେଖାଗଲା ଯେ ବୟଲସଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ଆୟତନ କମିବାରେ ଲାଗିଲା । ଏହି ଚାପରେ ଗ୍ରାଫଟି ହଟାତ୍ ବକ୍ର ହେଲା ଏବଂ ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ତରଳ ଅବସ୍ଥା ଧାରଣ କଲା । ସମସ୍ତ ଗ୍ୟାସ ତରଳ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଚାପ ସ୍ଥିର ରହିଲା । ଏହାପରେ ଚାପ ବଢ଼ିବା ସହ ବାସ୍ତବରେ ଆୟତନର କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲାନାହିଁ । ସାଧାରଣ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥକୁ ଅନୁଭବ କଲାଭଳି ସଂଚାପିତ କରିବା ପାଇଁ ଅତି ଉଚ୍ଚ ଚାପ ଆବଶ୍ୟକ ।




294K ତାପମାତ୍ରାରୁ କମ୍ ତାପମାତ୍ରାରେ ସମୋଷ୍ଣରେଖା ସୃଷ୍ଟି ହେଲେ ଏକା ପ୍ରକାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ; କେବଳ ଗ୍ୟାସକୁ ତରଳ କରିବା ପାଇଁ ଯେଉଁ ଚାପ ଆବଶ୍ୟକ ତାହା ତାପମାତ୍ରା କମିବା ସହ କମି କମି ଯାଏ । Andrews ଲକ୍ଷ୍ୟକଲେ ଯେ 304.1K ରୁ କମ୍ ସମସ୍ତ ତାପମାତ୍ରାରେ ତରଳୀକରଣ ଘଟିଥାଏ କିନ୍ତୁ ଏହି ତାପମାତ୍ରା ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱରେ ଯେତେ ଚାପ ବଢ଼ାଇଲେବି ତରଳୀକରଣ ଘଟେନାହିଁ । ଏହି ତାପମାତ୍ରାକୁ $CO_2$ର ପାଇଁ କ୍ରାନ୍ତିକ ତାପମାତ୍ରା କୁହାଯାଏ ।

ଗ୍ୟାସକୁ ତରଳୀକରଣ କରିବା ପାଇଁ କ୍ରାନ୍ତିକ ତାପମାତ୍ରାରେ ଦରକାର ହେଉଥିବା ଚାପକୁ କ୍ରାନ୍ତିକ ଚାପ କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଏକ ମୋଲ ପଦାର୍ଥର କ୍ରାନ୍ତିକ ଚାପ ଓ ତାପରେ ଆୟତନକୁ କ୍ରାନ୍ତିକ ଆୟତନ କୁହାଯାଏ ।

***ଯେଉଁ ତାପମାତ୍ରା ଠାରୁ ଅଧିକ ତାପମାତ୍ରାରେ ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ ତରଳୀକରଣ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ, ଚାପ ଯେତେ ଅଧିକ ହେଉ ନାଁ କାହିଁକି, ସେହି ତାପମାତ୍ରାକୁ କ୍ରାନ୍ତିକ ତାପମାତ୍ରା କୁହାଯାଏ ।***

ସାରଣୀ 6.2ରେ କିଛି ସାଧାରଣ ପଦାର୍ଥର କ୍ରାନ୍ତିକ ଚାପ ଓ କ୍ରାନ୍ତିକ ତାପମାତ୍ରାର ସୂଚୀ ଦିଆଯାଇଅଛି ।

**ସାରଣୀ 6.2 : କ୍ରାନ୍ତିକ ତାପ ଓ କ୍ରାନ୍ତିକ ଚାପ**

| ପଦାର୍ଥ | କ୍ରାନ୍ତିକ ତାପ(K) | କ୍ରାନ୍ତିକ ଚାପ (atm) |
|---|---|---|
| ଜଳ ($H_2O$) | 647 | 217.7 |
| ସଲଫର୍ ଡାଇଅକ୍ସାଇଡ୍ ($SO_2$ ) | 430 | 77.7 |
| ଆମୋନିଆ ($NH_3$ ) | 406 | 112.5 |
| ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍ କ୍ଲୋରାଇଡ୍ (HCl) | 324 | 81.6 |
| ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ($CO_2$ ) | 304 | 73.0 |
| ଅକ୍ସିଜେନ୍ ( $O_2$) | 154 | 49.7 |
| ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍ ( $N_2$) | 126 | 33.5 |
| ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍ ($H_2$) | 33 | 12.8 |

## ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 1.3

1. କେଉଁ ସର୍ତ୍ତରେ ବାସ୍ତବ ଗ୍ୟାସମାନେ, ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ ପରି ବ୍ୟବହାର କରନ୍ତି ।

   ......................................................................................................

2. Van der Waalsଙ୍କ ସମୀକରଣରେ କେଉଁ ପଦଟି ଆଣବିକ ଆୟତନକୁ ସୂଚୀତ କରେ ?

   ......................................................................................................

3. ଏକ ଆବଦ୍ଧ ପାତ୍ରରେ $20^0$ C ଏବଂ 1atm ଚାପରେ ଥିବା ଓଜନ ଗ୍ୟାସର ମାଧ୍ୟ ବର୍ଗ ପରିବେଗର ବର୍ଗମୂଳ ହିସାବ କର ।

   ......................................................................................................

4. ସଂଚାପିତତା-ଗୁଣକ (compressibility factor) କହିଲେ କ'ଣ ବୁଝ ?

   ......................................................................................................

## ତୁମେ କ'ଣ ଶିଖିଲ :

- ବସ୍ତୁ ମୁଖ୍ୟତଃ କଠିନ୍, ତରଳ ଓ ଗ୍ୟାସୀୟ ତିନି ରୂପରେ ଅବସ୍ଥାନ କରେ ।
- ପଦାର୍ଥର ତିନି ଅବସ୍ଥାରେ ସେମାନେ ଧାରଣ କରୁଥିବା ଅଣୁଗୁଡ଼ିକର ଆପେକ୍ଷିକ ଦୂରତା ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ।
- ଏକ ଗ୍ୟାସର ଚାପ, ଆୟତନ, ତାପମାତ୍ରା ଏବଂ ସେଥିରେ ଥିବା ମୋଲ ସଂଖ୍ୟା ମଧ୍ୟରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମ୍ପର୍କ ଅଛି ଏବଂ ଏହା ବୟଲସଙ୍କ ନିୟମ, ଚାର୍ଲସଙ୍କ ନିୟମ ଓ ଏଭୋଗାଡ୍ରୋଙ୍କ ନିୟମଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିପାଦିତ ।

- ଯେଉଁ ଗ୍ୟାସଗୁଡ଼ିକ ଗ୍ୟାସ ନିୟମ ମାନନ୍ତି ସେମାନଙ୍କୁ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ କୁହାଯାଏ ।
- ଡାଲଟନ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ପରସ୍ପର ସହିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରୁନଥିବା ଗ୍ୟାସର ଆଂଶିକ ଚାପ ଓ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ଚାପ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରେ ।
- ଅଧିକାଂଶ ଗ୍ୟାସ ଆଦର୍ଶ ବ୍ୟବହାରରୁ ବିଚ୍ୟୁତ ଦେଖାନ୍ତି । ଗତିଜ ଆଣବିକ ତତ୍ତ୍ୱର ଭ୍ରମାତ୍ମକ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ପାଇଁ ଏହି ବିଚ୍ୟୁତି ଘଟିଥାଏ ।
- ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସର୍ତ୍ତରେ ବାସ୍ତବ ଗ୍ୟାସମାନଙ୍କୁ ତରଳୀକୃତ କରାଯାଇପାରିବ ।

## ପାଠ୍ୟାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନ

1. ନିମ୍ନୋକ୍ତ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କର ।
   a) P vs V ; ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ T ଓ n
   b) $\frac{1}{V}$ vs P ; ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ T ଓ n
   c) T vs V ; ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ p
2. STP ରେ 1 ମୋଲ ଗ୍ୟାସ କେତେ ଆୟତନ ଅଧିକାର କରେ ?
3. 1.5 atm ଚାପରେ ଏକ ନମୂନା ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ 500ml. ଯଦି ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରୁହେ ତେବେ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ କେତେ ହେବ ?
   (i) 1 atm ରେ (ii) 5.0 atm ରେ
4. ଗ୍ୟାସର ଗତିଜ ତତ୍ତ୍ୱରେ ଥିବା ଭ୍ରମାତ୍ମକ ଧାରଣାର ସୂଚୀ ତିଆରି କର ଯାହାକି ଭାଣ୍ଡରୱେଲଙ୍କ ସମୀକରଣ ସୃଷ୍ଟି କରିଥିଲା ।
5. ମାନକ ତାପକ୍ରମ ଓ ଚାପ କ'ଣ ?
6. ସର୍ବନିମ୍ନ ସାମ୍ଭାବ୍ୟ ତାପମାତ୍ରା କ'ଣ ?
7. ଚାପ ଯେତେ ହେଉନା କାହିଁକି $CO_2$, $35^0C$ ରେ ତରଳ ହୁଏ କାହିଁକି ?
8. 0.99 atm ଚାପ ଓ 55K ତାପମାତ୍ରାରେ 9.3g ଓଜନର ଯବକ୍ଷାରଜାନ ଗ୍ୟାସର ନମୂନା 12.4L ଆୟତନ ଅଧିକାର କରେ । ଯେତେବେଳେ ତାପମାତ୍ରା 220K ହୁଏ, ତେବେ ଏହାର ଆୟତନ କେତେ ହେବ ? (ମନେକରାଯାଉ ଚାପ ସ୍ଥିର ଅଛି)
9. $27^0C$ ଓ 2 atm ଚାପରେ ଏକ ମୋଲ୍ ଅମ୍ଳଜାନର ଆୟତନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ପ୍ରଦତ୍ତ ଅଛିଯେ STP ରେ ଅମ୍ଳଜାନର ଆୟତନ 22.4 ଲିଟର ।
10. Maxwell-Boltzmannଙ୍କ ନିୟମ କ'ଣ ?

## ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର

### 6.1

1. ତରଳ ତୁଳନାରେ ଗ୍ୟାସ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଅନ୍ତଃ ଆଣବିକ ଦୂରତ୍ୱ ପାଇଁ ଏହା ହୁଏ ।
2. ବୟଲଙ୍କ ନିୟମର ସମୀକରଣ ହେଲା

$$P_1V_1 = P_2 V_2$$

$$(20 \text{ atm})\ (500 \text{ mL}) = P_2\ (10 \text{ mL})$$

$$P_2 = \frac{(0.20\ \ atm)\ (500\,ml)}{(10\,ml)}$$

$$P_2 = 10\,atm$$

3. Avogadroଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$O_2$ ର ମୋଲ = ଅଜଣା ଗ୍ୟାସର ମୋଲ

$$\frac{2.00g}{32g\ mole^{-1}} = \frac{1.75g}{\text{ଅଜଣା ଗ୍ୟାସର ଆଣବିକ ଓଜନ}}$$

ଅଜଣା ଗ୍ୟାସର ମୋଲାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ = $\frac{1.75 \times 32}{2.00} = 28g$ ମୋଲ$^{-1}$

$\therefore$ ଅଜଣା ଗ୍ୟାସର ମୋଲାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେଉଛି 28

## 6.2

1. ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସର ଅଣୁ, ଅନ୍ୟ ଗ୍ୟାସରେ ବ୍ୟାପି ଯିବାକୁ ବିସରଣ କୁହାଯାଏ । ଯେତେବେଳେ ଗ୍ୟାସ ତାକୁ ଧାରଣ କରିଥିବା ପାତ୍ରର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଛିଦ୍ର ଦେଇ ବାହାରିଯାଏ, ତାହାକୁ ନିଃସରଣ କୁହାଯାଏ ।
2. ଏମୋନିଆ ଓ ହାଇଡ୍ରୋଜେନକ୍ଲୋରାଇଡ୍ ଗ୍ୟାସ ହେଉଛି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାଶୀଳ ଗ୍ୟାସ ଏବଂ ଡାଲଟନ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ପରସ୍ପର ସହିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରୁନଥିବା ଗ୍ୟାସ ପାଇଁ ପର୍ଯ୍ୟାପ୍ତ ।
3. $$\frac{r_{O_3}}{r_{CO_2}} = \left(\frac{M_{CO_2}}{M_{O_3}}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{0.271}{0.290} = \left(\frac{44}{M_{O_3}}\right)^{\frac{1}{2}}$$

ଉଭୟ ପଟକୁ ବର୍ଗ କଲେ,

$$\left(\frac{0.271}{0.290}\right)^2 = \left(\frac{44}{M_{O_3}}\right)$$

$$M_{O_3} = \frac{44 \times 0.29 \times 0.29}{0.271 \times 0.271} = 50.4$$

$O_3$ ର ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ = 50.4

4. ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ ସମୀକରଣ ଦ୍ୱାରା PV= nRT

P×1.0 = (5.0 ମୋଲ) (0.0821 L atm $K^{-1}$ ମୋଲ$^{-1}$) 320K

$$P = \frac{(5.0\ \text{ମୋଲ})\ (0.821\ Latm\ K^{-1}\ \text{ମୋଲ}^{-1})\ 320K}{1.0\ L}$$

$$P = 131.3\ atm$$

## 6.3

1. ନିମ୍ନ ଚାପ ଓ ଉଚ୍ଚ ତାପମାତ୍ରାରେ    2. b
3. $$u_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$= \sqrt{\frac{3(8.314\ J\,K^{-1}\ \text{ମୋଲ}^{-1})(293K)}{0.048\,Kg\ \text{ମୋଲ}^{-1}}} = \sqrt{\frac{3(8.314\ Kgm^2s^{-2}\ K^{-1}\ \text{ମୋଲ}^{-1})\ (293K)}{0.048\,Kg\ \text{ମୋଲ}^{-1}}}$$

$$= 390.3\,ms^{-1}$$

4. $z = \frac{pV_m}{RT}$ ; ଯେଉଁଠାରେ $v_m$ = ମୋଲାର ଆୟତନ

z ହେଉଛି ସଂଚାପିତତା ଗୁଣକ