10

ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱ

ଟିପ୍ପଣୀ

ତୁମେ ପୂର୍ବବର୍ତ୍ତୀ ଅଧ୍ୟାୟମାନଙ୍କରେ ପଢ଼ିଛ ଯେ ମାନକ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ ଜଡ଼ ତିନିଟି ରୂପ - ଘନ, ତରଳ ଓ ଗ୍ୟାସୀୟ ଅବସ୍ଥାରେ ରହିଥାଏ । ଅନ୍ତଃ-ଆଣବିକ ବଳ ଯୋଗୁ ଏକତ୍ର ରହୁଥିବା ପରମାଣୁ / ଅଣୁମାନ ଏମାନଙ୍କୁ ଗଠନ କରନ୍ତି । ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ତାପମାତ୍ରା (room temperature) ରେ, ଏହି ପରମାଣୁ / ଅଣୁମାନଙ୍କର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପଶକ୍ତି ଥାଏ । ତାପଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ, ଅଣୁମାନ ଅଧିକ ମୁକ୍ତଭାବରେ ଗତି କରନ୍ତି । ଜଡ଼ର ଏହି ଅବସ୍ଥାକୁ ଗ୍ୟାସୀୟ ଅବସ୍ଥା କୁହାଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ, ଆନ୍ତଃ-ଆଣବିକ ବଳ ଅତି ଦୁର୍ବଳ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ତୁଳନାରେ ଏହା ଅତ୍ୟନ୍ତ କମ୍ ଅଟେ ।

ତାପମାତ୍ରା, ଚାପ ଏବଂ ଆୟତନର ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥାରେ ଗ୍ୟାସ୍‌ମାନ ଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ଧର୍ମ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରନ୍ତି । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ଆୟତନ ସ୍ଥିର ରହି ଗ୍ୟାସ୍‌ର ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ, ଏହାର ଚାପ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । କେତେକ ସରଳ ସ୍ୱୀକାର ଉପରେ ପର୍ଯ୍ୟବେସିତ ହୋଇଥିବା ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁଗତି ବିଜ୍ଞାନ ତୁମେ ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ପଢ଼ିବ । ତାପମାତ୍ରାର ଗତିଜ ବ୍ୟାଖ୍ୟା ଏବଂ ଅଣୁର ଗତି ଶକ୍ତି ସହିତ ଏହାର ସଂପର୍କ ମଧ ତୁମେ ପଢ଼ିବ । ଗ୍ୟାସ୍‌ର କାହିଁକି ଦୁଇ ପ୍ରକାରର ତାପ ଧାରିତା (heat capaceties) ଥାଏ, ତାହା ମଧ ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ବୁଝାଯିବ ।

ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ

ଏହି ପାଠର ଅଧ୍ୟୟନ ପରେ ତୁମେ:

- *ଗ୍ୟାସର ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱର ସ୍ୱୀକାରମାନ ଲେଖିବାକୁ;*
- *ଚାପ ନିମନ୍ତେ ବ୍ୟଞ୍ଜକ* $P = \frac{1}{3} r \overline{c^2}$ *ନିଗମନ କରିବାକୁ;*
- *ବର୍ଗ ମାଧ୍ୟମୂଳ (rms) ପରିବେଗ ଓ ମାଧ ପରିବେଗର ତାପମାତ୍ରା ସହିତ ସଂପର୍କ ବୁଝାଇ ପାରିବାକୁ ;*
- *ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱ ସାହାଯ୍ୟରେ ଗ୍ୟାସ୍ ସୂତ୍ରମାନ ନିଗମନ କରିବାକୁ ;*
- *ତାପମାତ୍ରାର ଅଣୁଗତି ବ୍ୟାଖ୍ୟା ଦେଇ ପାରିବାକୁ ଏବଂ ଗ୍ୟାସର ମାଧ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ଆକଳନ କରିବାକୁ ;*
- *ଶକ୍ତିର ସମ ବଣ୍ଟନ ନିୟମ ବୁଝାଇ ପାରିବାକୁ ;*
- *ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସର କାହିଁକି ଦୁଇଟି ତାପ ଧାରିତା ଥାଏ, ତାହା ବୁଝାଇବାକୁ ଏବଂ*
- *ସଂପର୍କ* $c_p - c_J = R / J$ *ନିଗମନ କରିବାକୁ ।*

10.1 ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱ

ତୁମେ ଜାଣିଛ ଅନେକ ସଂଖ୍ୟକ ପରମାଣୁ ଓ ଅଣୁର ସମାହାରରେ ଜଡ଼ର ସୃଷ୍ଟି । ଏହି ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ଯେଉଁ ପଦାର୍ଥର ଅଂଶ, ତା'ର ଲାକ୍ଷଣିକ ଧର୍ମ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅଣୁ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରେ । ଏକ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ସ୍ଥୂଳ (macroscopic) ବା ସାମଗ୍ରିକ (bulk) ଧର୍ମ ଯଥା ଚାପ, ଆୟତନ ଏବଂ ତାପମାତ୍ରା ସହିତ ଗୋଟିକିଆ ଅଣୁର ଅଣୁବୀକ୍ଷଣୀୟ ଧର୍ମ ଯଥା ଗତି ବେଗ ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହିତ ସମ୍ବନ୍ଧ ସ୍ଥାପନ କରିବାକୁ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱ ଚେଷ୍ଟା କରିଛି । ଅଣୁ ଗତି ତତ୍ତ୍ୱ କେତେକ ସ୍ୱୀକାର ଉପରେ ପର୍ଯ୍ୟବେସିତ । (ଯେଉଁ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁମାନଙ୍କୁ ବିନ୍ଦୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ (Point mass) ଭାବରେ ନିଆଯାଇପାରେ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆନ୍ତଃ-ଆଣବିକ ବଳ ନାହିଁ, ତାହାକୁ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ୍ ବୋଲି କୁହାଯାଇପାରେ ।) ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ତାପମାତ୍ରା ଏବଂ ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପ (ନିମ୍ନ ଚାପ)ରେ ଏକ ଗ୍ୟାସ୍ ଏକ ଆଦର୍ଶ

ଟିପ୍ପଣୀ

ଗ୍ୟାସର ଆଚରଣ କରେ ।

10.1.1 ଗ୍ୟାସର ଅଣୁ ଗତି ତତ୍ତ୍ୱର ସ୍ୱୀକାରମାନ

1860 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ କ୍ଲାର୍କ ମାକ୍ସୱେଲ୍ (Clark Maxwell) ଦର୍ଶାଇଲେ ଯେ ଅଣୁମାନଙ୍କ ପ୍ରକୃତି, ସେମାନଙ୍କର ଗତି ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ସଂପର୍କିତ କେତେକ ସ୍ୱୀକାର ସାହାଯ୍ୟରେ ଗ୍ୟାସର ପରିଲକ୍ଷିତ ଧର୍ମମାନ ବୁଝାଯାଇ ପାରିବ । ଏହା ଫଳରେ ଏହା ବୁଝିବାରେ ଯଥେଷ୍ଟ ସରଳ ହେଲା । ଆମେ ବର୍ତ୍ତମାନ ସେମାନଙ୍କୁ ଉଲ୍ଲେଖ କରିବା ।

(i) ସମସ୍ତ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ପରିବେଗରେ ଇତସ୍ତତ ଗତିଶୀଳ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ ଦୃଢ଼ ସମ ଅଣୁକୁ ନେଇ ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ୍ ଗଠିତ । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆନ୍ତଃ-ଅଣୁ ବଳ ନଗଣ୍ୟ ।

(ii) ଗ୍ୟାସ୍ ଅଣୁମାନ ପରସ୍ପର ସହିତ ଏବଂ ପାତ୍ରର ବେଷ୍ଟନୀ ସହିତ ସଂଘାତ କରନ୍ତି । ସଂଘାତମାନ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ।

(iii) ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ ତୁଳନାରେ ଅଣୁମାନଙ୍କର ଆକାର ନଗଣ୍ୟ ।

(iv) ଦୁଇଟି ଅନୁକ୍ରମିକ ସଂଘାତ ମଧ୍ୟରେ ଅଣୁମାନ ସରଳ ପଥରେ ସମ ପରିବେଗରେ ଗତି କରନ୍ତି ।

(v) ଗୋଟିଏ ସଂଘାତ ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ସମୟ ଦୁଇଟି ଅନୁକ୍ରମିକ (successive) ସଂଘାତ ମଧ୍ୟରେ ସମୟର ବ୍ୟବଧାନ ତୁଳନାରେ ନଗଣ୍ୟ ।

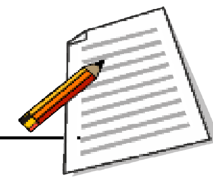
(vi) ପାତ୍ରରେ ସର୍ବତ୍ର ଅଣୁମାନଙ୍କର ବଣ୍ଟନ ସମ ଅଟେ ।

ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ୍ ଯୋଗୁଁ ପାତ୍ରର ବେଷ୍ଟନୀରେ ସୃଷ୍ଟ ଚାପ ନିମିତ୍ତ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କରିବାକୁ ଆମେ କେବଳ ଗୋଟିଏ ଅଣୁର ଗତି ଆଲୋଚନା କରିବା କାରଣ ସମସ୍ତ ଅଣୁ ସମପ୍ରକାରର (ସ୍ୱୀକାର-i) । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ, ଯେହେତୁ ଶୂନ୍ୟରେ ଗତିଶୀଳ ଏକ ଅଣୁର ପରିବେଗର ଉପାଂଶମାନ x, y ଏବଂ z ଦିଗରେ ରହେ, ସ୍ୱୀକାର (vi) ଅନୁସାରେ ଆମେ ଗତିକୁ କେବଳ ଗୋଟିଏ ପରିସରରେ, ମନେକର x – ଦିଗରେ (ଚିତ୍ର 10.1) ବିଚାରକୁ ନେଲେ ଯଥେଷ୍ଟ ହେବ । ଲକ୍ଷ୍ୟ କର, ଯଦି $N(= 6 \times 10^{26}$ ଅଣୁ $m^{-3})$ ସଂଖ୍ୟକ ଅଣୁଥାଏ, ତେବେ $3N$ ପଥ ବିଚାର ନ କରି ଏହି ସ୍ୱୀକାର ସମସ୍ୟାକୁ ନେଇ ଆସିଛି ଗୋଟିଏ ପରିସରରେ ଗୋଟିଏ ଅଣୁକୁ । LMNO ପୃଷ୍ଠରେ ପରିବେଗ C ଥିବା ଗୋଟିଏ ଅଣୁକୁ ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଉ । ଏହାର x, y ଏବଂ z - ଉପାଂଶମାନ ଯଥାକ୍ରମେ u, v ଓ w ଅଟେ । ଯଦି ଅଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ହୁଏ ଏବଂ ଏହା u ବେଗରେ x- ଅକ୍ଷରେ ଗତି କରୁଛି ତେବେ ବେଷ୍ଟନୀ ଦିଗରେ ଏବଂ ବେଷ୍ଟନୀ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ଦିଗରେ ସଂବେଗ ହେବ mu । ସଂଘାତମାନ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ହୋଇଥିବାରୁ (ସ୍ୱୀକାର ii), ଅଣୁମାନ ବେଷ୍ଟନୀ ସହିତ ପିଟି ହୋଇ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ସମାନ ବେଗ u ରେ ଲେଉଟି ଆସିବେ । ଲେଉଟିବା ପରେ ଅଣୁର ସଂବେଗ ହେଉଛି $(-mu)$ । ଅତଏବ ଅଣୁର ସଂବେଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଛି

$$mu - (-mu) = 2\,mu$$

ପୃଷ୍ଠ LMNO ରୁ ପୃଷ୍ଠ ABCD ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯଦି ଅଣୁ x- ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ u ବେଗରେ ଗତି କରେ ଏବଂ ବାଟରେ କୌଣସି ଅଣୁ ସହିତ ସଂଘାତ ନ କରି ଫେରି ଆସେ, ତେବେ ଏହା 2l ଦୂରତ୍ୱକୁ $\frac{2l}{u}$ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ ଅତିକ୍ରମ କରେ ଅର୍ଥାତ୍ ବେଷ୍ଟନୀ ସହିତ ଅଣୁର ଦୁଇ ଅନୁକ୍ରମିକ ସଂଘାତ ମଧ୍ୟରେ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନ ହେଉଛି $\frac{2l}{u}$ ।

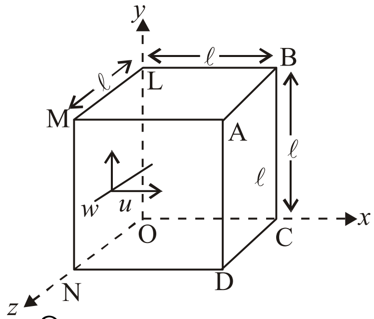
ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ଗତିର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମାନୁସାରେ, ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବଳ ସହିତ ସମାନ । ତେଣୁ



ଟିପ୍ପଣୀ

ABCD ରେ ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର = $\dfrac{\text{ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ}}{\text{ସମୟ ବ୍ୟବଧାନ}} = \dfrac{2mu}{2l/u} = \dfrac{mu^2}{l}$

ଏହା ହେଉଛି ଗୋଟିଏ ଅଣୁର ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର । ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ N ସଂଖ୍ୟାକ ଅଣୁ ଅଛି । ତେଣୁ ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାରର ସମଷ୍ଟି ବା x- ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ $u_1, u_2, \ldots. u_N$ ବେଗରେ ଗତିଶୀଳ N ସଂଖ୍ୟକ ଅଣୁର ପ୍ରତିଘାତ (impact) ଯୋଗୁଁ ବେଷ୍ଟନୀ ABCD ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇଥିବା ବଳର ସମଷ୍ଟି ହେଉଛି



ଚିତ୍ର **10.1** ଏକ ଆବଦ୍ଧ ବେଷ୍ଟନୀରେ ଗୋଟିଏ ଅଣୁର ଗତି

ABCD ଉପରେ ବଳ = $\dfrac{m}{l}\,(u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \ldots\ldots. + u_N^2)$

ଆମେ ଜାଣୁଁ ଯେ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ପ୍ରୟୋଗ ହେଉଥିବା ବଳ ହେଉଛି ଚାପ । ତେଣୁ x- ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ ଗତିଶୀଳ ଅଣୁମାନ l^2 କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ ABCD ଉପରେ ପ୍ରୟୋଗ କରୁଥିବା ଚାପ ହେଉଛି,

$$P = \frac{\frac{m}{l}(u_1^1 + u_2^2 + \ldots\ldots + u_N^2)}{l^2}$$

$$= \frac{m}{l^3}\,(u_1^2 + u_2^2 + \ldots..\ u_N^2) \qquad (10.1)$$

x - ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ ସମସ୍ତ ବେଗ-ଉପାଂଶମାନଙ୍କର ବର୍ଗର ମାଧ୍ୟ ମୂଲ୍ୟ ଯଦି $\overline{u^2}$ ହୁଏ, ତେବେ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା ।

$$\overline{u^2} = \frac{u_2^1 + u_2^2 + u_3^2 + \ldots\ldots + u_N^2}{N}$$

ବା N $\overline{u^2} = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \ldots..\ u_N^2$

ଏହି ଫଳକୁ ସମୀକରଣ (10.1) ରେ ସ୍ଥାପନ କରି, ଆମେ ପାଉ,

$$P = \frac{Nm\overline{u^2}}{l^3} \qquad (10.2)$$

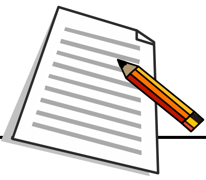
ଯେହେତୁ ତିନି ଅଭିଲମ୍ବୀୟ ଅକ୍ଷ (orthogonal axes) ଦିଗରେ c ର ଉପାଂଶ v, u, w ଅଟେ ତେଣୁ ଜ୍ୟାମିତି ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହା ଦର୍ଶାଯାଇ ପାରିବ ଯେ,

$$\overline{c^2} = \overline{u^2} + \overline{\upsilon^2} + \overline{w^2}$$

ଏହି ସଂପର୍କଟି ବର୍ଗର ମାଧ୍ୟ ମୂଲ୍ୟ ପାଇଁ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ତେଣୁ,

ଯେହେତୁ ଅଣୁର ବଣ୍ଟନ ସମଦିଶିୟ (isotropic) ଘନର କୌଣସି ଧାରରେ ଗତିର ସ୍ୱାତନ୍ତ୍ର୍ୟ ବା ପାର୍ଥକ୍ୟ ନାହିଁ । ଏହାର ଅର୍ଥ, u^2, υ^2, w^2 ମାନ ସମାନ ।

$$\overline{u^2} = \overline{\upsilon^2} = \overline{w^2}$$



ଟିପ୍ପଣୀ

ତେଣୁ $\overline{u^2} = \frac{\overline{c^2}}{3}$

ଏହି ଫଳକୁ ସମୀକରଣ (10.2) ରେ ପ୍ରୟୋଗ କରି, ଆମେ ପାଇବୁ $P = \frac{1}{3}\frac{Nm}{l^3}\overline{c^2}$

କିନ୍ତୁ l^3 ହେଉଛି ପାତ୍ରର ଆୟତନ V ଅର୍ଥାତ୍ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଆୟତନ । ତେଣୁ ଆମେ ପାଇବୁ

$$PV = \frac{1}{3}N m\overline{c^2} = \frac{1}{3}M\overline{c^2} \qquad (10.3)$$

ଲକ୍ଷ୍ୟ କର, ବାମ ପଟେ ଅଛି ସ୍ଥୁଳ ଧର୍ମ ଅର୍ଥାତ୍ ଚାପ ଏବଂ ଆୟତନ ଏବଂ ଡାହାଣ ପଟେ ଅଛି କେବଳ ଅଣୁବିକ୍ଷଣୀୟ ଧର୍ମ ଅର୍ଥାତ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏବଂ ଅଣୁର ବେଗର ବର୍ଗର ମାଧ୍ୟ ମୂଲ୍ୟ ।

ସମୀକରଣ (10.3) କୁ ପୁନର୍ବାର ଲେଖାଯାଇପାରେ, $P = \frac{1}{3}\frac{Nm}{V}\overline{c^2}$

ଯଦି ଗ୍ୟାସ୍‌ର ସାନ୍ଦ୍ରତା $r = \frac{mN}{V}$ ହୁଏ, ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା

$$P = \frac{1}{3}\rho\overline{c^2}$$

ବା $$\overline{c^2} = \frac{3P}{\rho} \qquad (10.4)$$

ଆମେ ଯଦି ଅନୁପାତ N/V କୁ ସାଂଖ୍ୟକ ସାନ୍ଦ୍ରତା (number density) n ଭାବରେ ସୂଚାଉ, ତେବେ ସମୀକରଣ (10.3) କୁ କୁହାଯାଇ ପାରିବ, $P = \frac{1}{3}mn\overline{c^2}$ (10.3a)

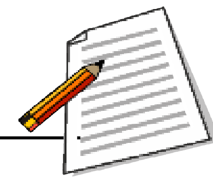
ଉପରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ନିଗମନ ନିମିତ୍ତ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସାରକଥାକୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ :

(i) ସମୀକରଣ (10.4) ରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁ ଗତି ବିଜ୍ଞାନରେ ପାତ୍ରର ଆକୃତିର କୌଣସି ଭୂମିକା ନାହିଁ, କେବଳ ଆୟତନର ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ ଅଛି । ଘନାକୃତି ପରିବର୍ତ୍ତେ ଆମେ ଅନ୍ୟ ଯେ କୌଣସି ପାତ୍ର ନେଇ ପାରିଥାନ୍ତେ । ଘନାକୃତି କେବଳ ଆମର ହିସାବକୁ ସରଳ କରେ ।

(ii) ଆମେ ଆନ୍ତଃ-ଆଣବିକ ସଂଘାତକୁ ଉପେକ୍ଷା (ignore) କରିଛୁ କିନ୍ତୁ ଏହା ଥିଲେ ବି ଫଳାଫଳ ପ୍ରଭାବିତ ହୋଇ ନ ଥା'ନ୍ତା କାରଣ ବେଷ୍ଟନୀ ସହିତ ସଂଘାତ ଫଳରେ ଅଣୁର ମାଧ୍ୟ ସଂବେଗ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ; ସେମାନଙ୍କର ପରସ୍ପର ସହିତ ସଂଘାତ ଯୋଗୁଁ ଠିକ୍ ତାହା ହିଁ ହୁଏ ।

(iii) ବେଗର ବର୍ଗର ମାଧ୍ୟମୂଲ୍ୟ $\overline{c^2}$ ମାଧ୍ୟବେଗର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନ ନୁହେଁ, ଏହା ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉଦାହରଣରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ହେବ ।

ମନେକର ଆମ ପାଖରେ ପାଞ୍ଚଟି ଅଣୁ ଅଛି ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ବେଗ ଯଥାକ୍ରମେ 1,2,3,4,5 ଏକକ । ତେବେ ସେମାନଙ୍କର ମାଧ୍ୟ ବେଗ, $\frac{1+2+3+4+5}{5} = 3$ ଏକକ



ଟିପ୍ପଣୀ

ଏହାର ବର୍ଗ 9 (ନିଅ) ।

ଅନ୍ୟ ପକ୍ଷରେ, ବେଗର ବର୍ଗର ମାଧ୍ୟ ମୂଲ୍ୟ, $\dfrac{1^2+2^2+3^2+4^2+5^2}{5}=\dfrac{55}{5}=11$

ଏହିଭଳି ଆମେ ଦେଖିଲୁ ଯେ ବେଗର ବର୍ଗର ମାଧ୍ୟ ମୂଲ୍ୟ ସହିତ ମାଧ୍ୟ ବେଗର ବର୍ଗ ସମାନ ନୁହେଁ ।

ଉଦାହରଣ 10.1 :

ଏକ 10 ସେ.ମି. ପାର୍ଶ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଫମ୍ପା ଘନପାତ୍ରରେ 10^{22} ଅମ୍ଳଜାନର ଅଣୁ ଯୋଗୁଁ ହେଉଥିବା ଚାପର ପରିମାଣ ହିସାବ କର । ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 5×10^{-26} କେଜି ଏବଂ ଅଣୁର ମାଧ୍ୟ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ବେଗ 500 ms^{-1} ।

ସମାଧାନ : ସଂବେଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ $2mu = 2 \times (5 \times 10^{-26}\ kg) \times (500\ ms^{-1})$

$= 5 \times 10^{-23}\ kg\ ms^{-1}$

ସେଇ ଏକା ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଦୁଇଟି ଅନୁକ୍ରମିକ ପ୍ରତିଘାତ ନିମିତ୍ତ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନ 2×10 ସେ.ମି.

ବା 2×10^{-1} ମିଟର ଦୂରତ୍ୱ ଯାତ୍ରା ନିମନ୍ତେ ଆବଶ୍ୟକ ସମୟ ସହିତ ସମାନ । ତେଣୁ

ସମୟ $= t = \dfrac{2 \times 10^{-2}\ m}{500\ ms^{-1}} = 4 \times 10^{-4}\ s$

\ ସଂବେଗ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର $= \dfrac{5 \times 10^{-23}\ kg\ ms^{-1}}{4 \times 10^{-4}\ s} = 1.25 \times 10^{-19}\ N$

ଏକ ତୃତୀୟାଂଶ ଅଣୁ ଯୋଗୁ ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ବଳ

$$f = \frac{1}{3} \times 1.25 \times 10^{-19} \times 10^{22} = 416.7N$$

$$\text{ଚାପ} = \frac{\text{ବଳ}}{\text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ}} = \frac{417N}{100 \times 10^{-4}\ m^2} = 4.2 \times 10^{-4} Nm^{-2}$$

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 10.1

1.(i) ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସରେ ଯେ କୌଣସି ଆକାରର ପାତ୍ର ଭର୍ତ୍ତି ହୋଇଯାଏ କିନ୍ତୁ ଏକ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ତାହା ହୁଏ ନାହିଁ । କାହିଁକି ?

....

(ii) ଗ୍ୟାସ ତୁଳନାରେ କଠିନ ବସ୍ତୁର ଗଠନ ଅଧିକ ନିୟମିତ - କାହିଁକି ?

....

2. ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ୍ କ'ଣ ?

....

3. ଅଣୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ସହିତ ଚାପର କ'ଣ ସଂପର୍କ ?

....

ଟିପ୍ପଣୀ

10.2 ତାପମାତ୍ରାର ଗତିଜ ବ୍ୟାଖ୍ୟା (Kinetic Interpretation of Temperature)

ସମୀକରଣ (10.3) ରୁ ଆମେ ମନେ ପକାଉ, PV = $\frac{1}{3}mN\overline{c^2}$

ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଏକ ଗ୍ୟାସ୍‌ର n ମୋଲ୍ ପାଇଁ, ଅବସ୍ଥା ସମୀକରଣ (equation of state) ହେଉଛି PV = nRT । ଏଠାରେ ଗ୍ୟାସ୍ ଧ୍ରୁବକ R ର ମୂଲ୍ୟ 8.3J $mol^{-1}K^{-1}$ ଏହି ଫଳକୁ ଚାପର ବ୍ୟଞ୍ଜକ ସହିତ ଏକତ୍ରିତ କଲେ, ଆମେ ପାଇବୁ

$$nRT = \frac{1}{3}mN\overline{c^2}$$

ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ $\frac{3}{2n}$ ରେ ଗୁଣନ କରି ଆମେ ପାଇବୁ

$$\frac{3}{2}RT = \frac{1}{2}\frac{Nm\overline{c^2}}{n} = \frac{1}{2}mN_A\overline{c^2}$$

ଏଠାରେ $\frac{N}{n} = N_A$ ହେଉଛି ଆଭୋଗାଡ୍ରୋ ସଂଖ୍ୟା (Avogadro's number) । ଏହା ଏକ ମୋଲ୍ ପଦାର୍ଥରେ ଥିବା ପରମାଣୁ ବା ଅଣୁମାନଙ୍କର ସଂଖ୍ୟା ସୂଚାଏ । ଏକ ଗ୍ରାମ୍ ମୋଲ୍ ପାଇଁ ଏହାର ମୂଲ୍ୟ 6.0.23 x 10^{23} । N_A ସଂଜ୍ଞାରେ, ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା ଯେ

$$\frac{3}{2}\left(\frac{R}{N_A}\right)T = \frac{1}{2}m\overline{c^2}$$

କିନ୍ତୁ $\frac{1}{2}m\overline{c^2}$ ହେଉଛି ଅଣୁର ମାଧ୍ୟ ଗତିଜ ଶକ୍ତି । ତେଣୁ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବୁ

$$\frac{1}{2}m\overline{c^2} = \frac{3}{2}\left(\frac{R}{N_A}\right)T = \frac{3}{2}kT \qquad (10.5)$$

$$\text{ଏଠାରେ } k = \frac{R}{N_A} \qquad (10.6)$$

ହେଉଛି **ବୋଲ୍‌ଜ୍‌ମ୍ୟାନ ଧ୍ରୁବକ** (Boltzmann Constant) । k ର ମୂଲ୍ୟ ହେଉଛି 1.38 x 10^{-23} J K^{-1}

k ସଂଜ୍ଞାରେ ଏକ ଅଣୁର ମାଧ୍ୟ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ହେଉଛି

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{2}m\overline{c^2} = \frac{3}{2}kT \qquad (10.7)$$

ତେଣୁ, ଏକ ଗ୍ରାମ୍ ମୋଲ୍ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ହେଉଛି $\frac{3}{2}RT$ ।

ଏହି ସୂତ୍ର ଆମକୁ ସୂଚାଉଛି ଯେ ଗୋଟିଏ ଅଣୁର ଗତିଜ ଶକ୍ତି କେବଳ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ପରମ ତାପମାତ୍ରା (absolute temperature) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ଏବଂ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ ଆଦୌ ନିର୍ଭରଶୀଳ ନୁହେଁ । ଏହି ତଥ୍ୟକୁ **ତାପମାତ୍ରାର ଗତିଜ ସଂଜ୍ଞା** କୁହାଯାଏ ।

ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ, $T = 0$ ରେ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ନାହିଁ । ଅନ୍ୟ କଥାରେ, ପରମ ଶୂନ୍ ତାପମାତ୍ରାରେ ସବୁ ଅଣୁଗତି ବନ୍ଦ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଅଣୁମାନ ଶୂନ୍ୟରେ ନିଶ୍ଚଳ ହେଲା ଭଳି ଆଚରଣ କରନ୍ତି । ଆଧୁନିକ ମତରେ, ପରମ ଶୂନ୍ ତାପମାତ୍ରାରେ ମଧ୍ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ତନ୍ତ୍ରର ଶକ୍ତି ଶୂନ୍ ନୁହେଁ । ପରମ ଶୂନ୍ ତାପମାତ୍ରାରେ ଶକ୍ତିକୁ **ଶୂନ୍ ବିନ୍ଦୁ ଶକ୍ତି** (zero point energy) କୁହାଯାଏ ।

ସମୀକରଣ (10.5) ରୁ ଆମେ $\overline{c^2}$ ର ବର୍ଗମୂଳ ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ଲେଖି ପାରିବା । ଏହାକୁ **ବର୍ଗମାଧ୍ୟମୂଳ** (root mean square) **ବେଗ** କୁହାଯାଏ ।

$$c_{\text{rms}} = \sqrt{\overline{c^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \qquad (10.8)$$

ଏହି ବ୍ୟଞ୍ଜକ ଦର୍ଶାଉଛି, ଯେ କୌଣସି ତାପମାତ୍ରା T ରେ, c_{rms} ହେଉଛି ମୋଲାର୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବର୍ଗମୂଳର ବିପରୀତାନୁପାତ । ଏହାର ଅର୍ଥ, ଏକ ଉଶ୍ୱାସ ଅଣୁ ଭାରି ଅଣୁ ଠାରୁ ଅଧିକ ମାଧ ବେଗରେ ଗତି କରେ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ଉଦ୍‌ଜାନର ମୋଲାର ବସ୍ତୁତ୍ୱର 16 ଗୁଣ ହେଉଛି ଅମ୍ଳଜାନର ମୋଲାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ । ତେଣୁ ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ ଉଦଜାନ ଅଣୁ ଅମ୍ଳଜାନ ଅଣୁ ତୁଳନାରେ 4 ଗୁଣ ଅଧିକ ବେଗରେ ଗତି କରେ । ଏହି କାରଣରୁ ଆମ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଉପର ଅଂଶରେ ଉଶ୍ୱାସିଆ ଗ୍ୟାସ୍‌ମାନ ଅଛନ୍ତି । ଏହି ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣରୁ ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱକୁ ପ୍ରାଥମିକ ଅବସ୍ଥାରେ ଏକ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ସମର୍ଥନ ମିଳିଥିଲା ।

10.3 ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱରୁ ଗ୍ୟାସ୍ ନିୟମମାନଙ୍କର ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ

(i) ବୟଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ (Boyle's law)

ଆମେ ଜାଣୁ ଯେ ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ୍ ଯୋଗୁଁ ହେଉଥିବା ଚାପର ପରିମାଣ ସମୀକରଣ (10.3) ରୁ ମିଳେ :

$$PV = \frac{1}{3} M \overline{c^2}$$

ଯେତେବେଳେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଗ୍ୟାସ୍‌ର ତାପମାତ୍ରା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ, ବେଗର ବର୍ଗର ମାଧ୍ୟମୂଲ୍ୟ ମଧ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ । ତେଣୁ ସମୀକରଣ (10.3) ର ଡାହାଣ ପାର୍ଶ୍ୱର ଉଭୟ M ଓ $\overline{c^2}$ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହେ । ତେଣୁ ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା, $PV =$ ଧ୍ରୁବକ (10.9)

ଏହା ହିଁ ବୟଲଙ୍କ ନିୟମ : ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ତାପମାତ୍ରାରେ, ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଥିବା ଗ୍ୟାସର ଚାପ ଗ୍ୟାସର ଆୟତନ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।

(ii) ଚାର୍ଲଙ୍କ ନିୟମ (Charle's law)

ସମୀକରଣ (10.3) ରୁ ଆମେ ଜାଣୁ ଯେ $PV = \frac{1}{3} M \overline{c^2}$ ବା $V = \frac{1}{3}\frac{M}{P}\overline{c^2}$

ଅର୍ଥାତ୍, ଯଦି M ଏବଂ P ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ ଅର୍ଥାତ୍ M ଏବଂ P ସ୍ଥିର, ତେବେ $V \propto \overline{c^2}$ । କିନ୍ତୁ $\overline{c^2} \propto T$

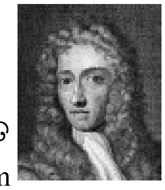
$$\therefore V \propto T \qquad (10.10)$$

ଏହା ହିଁ ଚାର୍ଲଙ୍କ ନିୟମ : **ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ଚାପରେ, ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଥିବା ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଆୟତନ ତାପମାତ୍ରା ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।**

ଟିପ୍ପଣୀ

ରବର୍ଟ ବଏଲ

(1627 - 1691)



ପରୀକ୍ଷା ନିପୁଣ ବ୍ରିଟିଶ ବୈଜ୍ଞାନିକ ରବର୍ଟ ବଏଲ୍ ତାଙ୍କର ଗ୍ୟାସର ଚାପ ଓ ଆୟତନ ସଂପର୍କିତ ନିୟମ ପାଇଁ (PV = ସ୍ଥିର) ପ୍ରସିଦ୍ଧ । ରବର୍ଟ ହୁକଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରସ୍ତୁତ ଏକ ନିର୍ବାତ ପମ୍ପ (vaccum pump) ବ୍ୟବହାର କରି ସେ ଦେଖାଇଲେ ଯେ ଧ୍ୱନି ବାୟୁଶୂନ୍ୟତାରେ ଗତି କରି ପାରେ ନାହିଁ । ସେ ପ୍ରମାଣ କରିଥିଲେ ଯେ ଜ୍ୱଳନ (burning) ନିମିତ୍ତ ବାୟୁ ଆବଶ୍ୟକ ଏବଂ ସେ ବାୟୁର ସ୍ଥିତିସ୍ଥାପକ ଧର୍ମ ଅଧ୍ୟୟନ କରିଥିଲେ ।

ଇଂଲଣ୍ଡର ରୟାଲ୍ ସୋସାଇଟିର ସଂସ୍ଥାପକ ସଦସ୍ୟ (fellow) ରବର୍ଟ ବଏଲ୍ ତାଙ୍କର ବୈଜ୍ଞାନିକ ଅନୁସନ୍ଧିତ୍ସା ପୂରଣ କରିବାକୁ ସାରାଜୀବନ ଅବିବାହିତ ରହିଲେ । ତାଙ୍କର ସମ୍ମାନରେ ଚନ୍ଦ୍ରରେ ବଏଲ ଗୁମ୍ଫା ନାମିତ ହୋଇଛି ।

(iii) ଗେ ଲୁସାକ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ (Gay Lussaac's law)

ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁସାରେ, ଏକ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ୍ ପାଇଁ $P = \dfrac{1}{3}\dfrac{M}{V}\overline{c^2}$

ଏକ ଦତ୍ତ ବସ୍ତୁତ୍ୱ (M ସ୍ଥିର) ଏବଂ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ଆୟତନ (V ସ୍ଥିର) ପାଇଁ,

$$P \propto \overline{c^2}$$

କିନ୍ତୁ $\overline{c^2} \propto T$

$P \propto T$ ହେଉଛି ଗେ ଲୁସାକ୍ ନିୟମ । (10.11)

ଏହା ଅନୁସାରେ ଆୟତନ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ରହି ଏକ ଦତ୍ତ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଚାପ ତାହାର ପରମ ତାପମାତ୍ରା ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।

(iv) ଆଭୋଗାଡ୍ରୋଙ୍କ ନିୟମ (Avogadros's Law)

ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ଗ୍ୟାସ୍ 1 ଓ 2 କୁ ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଉ ।

ତେଣୁ ସମୀକରଣ (10.3) ରୁ ଆମେ ପାଉ,

$$P_1V_1 = \frac{1}{3}m_1N_1\overline{c_1^2}$$

ଏବଂ $$P_2V_2 = \frac{1}{3}m_2N_2\overline{c_2^2}$$

ସେମାନଙ୍କର ଚାପ ଓ ଆୟତନ ସମାନ ଥିଲେ, ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

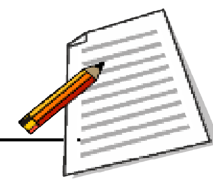
$$\backslash \quad \frac{1}{3}m_1N_1\overline{c_1^2} = \frac{1}{3}m_2N_2\overline{c_2^2}$$

ତାପମାତ୍ରା ସମାନ ହୋଇଥିବାରୁ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ସମାନ ହେବ ଅର୍ଥାତ୍

$$\frac{1}{2}m_1\overline{c_1^2} = \frac{1}{2}m_2\overline{c_2^2}$$

ଏହି ଫଳକୁ ଉପରେ ଥିବା ବ୍ୟଞ୍ଜକରେ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଆମେ ପାଇଲୁ $N_1 = N_2$ (10.12)

ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପ ସମାନ ଥିଲେ ସମ ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ୍‌ମାନଙ୍କରେ ସମାନ ସଂଖ୍ୟକ ଅଣୁ ରହେ । ଏହି ଉକ୍ତିକୁ ଆଭୋଗାଡ୍ରୋଙ୍କ ନିୟମ କୁହାଯାଏ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

(v) ଡାଲଟନ୍‌ଙ୍କ ଆଂଶିକ ଚାପ ନିୟମ (Dalton's law of Partial Pressure)

ମନେକର, ପରସ୍ପର ସହିତ ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ନ କରୁଥିବା କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଗ୍ୟାସ୍ ବା ବାଷ୍ପ ଅଛନ୍ତି । ସେମାନଙ୍କର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଯଥାକ୍ରମେ ρ_1, ρ_2, ρ_3.... ଏବଂ ବେଗର ବର୍ଗର ମାଧ୍ୟମୂଲ୍ୟ $\overline{c_1^2}, \overline{c_2^2}, \overline{c_3^2}$ ହେଉ । ଆମେ ସବୁ ଗ୍ୟାସ୍‌କୁ ଏକତ୍ର ଗୋଟିଏ ଆବଦ୍ଧ ବେଷ୍ଟନୀରେ ରଖିବୁ । ସମସ୍ତଙ୍କର ଆୟତନ ସମାନ ହେବ । ତେବେ ପରିଣାମୀ ଚାପ ହେବ,

$$P = \frac{1}{3}\rho_1\overline{c_1^2} + \frac{1}{3}\rho_2\overline{c_2^2} + \frac{1}{3}\rho_3\overline{c_3^2} + \ldots\ldots$$

ଏଠାରେ $\frac{1}{3}\rho_1\overline{c_1^2} + \frac{1}{3}\rho_2\overline{c_2^2} + \frac{1}{3}\rho_3\overline{c_3^2} + \ldots\ldots$ ଇତ୍ୟାଦିକୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗ୍ୟାସ୍ ବା ବାଷ୍ପର (ବା ଆଂଶିକ) ଚାପ କୁହାଯାଏ । ଏମାନଙ୍କୁ ଯଥାକ୍ରମେ P_1, P_2, P_3 ନେଲେ, ଆମେ ପାଇଲୁ ..

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (10.13)$$

ଅନ୍ୟକଥାରେ, ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗ୍ୟାସ୍ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆୟତନରେ ଅଲଗା ଆବଦ୍ଧ ରହିଲେ ସୃଷ୍ଟି ହେଉଥିବା ଆଂଶିକ ଚାପର ସମଷ୍ଟି ସେହି ଆୟତନରେ ଗ୍ୟାସୀୟ ମିଶ୍ରଣ ଆବଦ୍ଧ ରହିଲେ ସୃଷ୍ଟ ମିଳିତ ଚାପ ସହିତ ସମାନ ହେବ । ଏହାକୁ ଡାଲଟନ୍‌ଙ୍କ ଆଂଶିକ ଚାପ ନିୟମ କୁହାଯାଏ ।

(vi) ଗ୍ରାହାମ୍‌ଙ୍କ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ବିସରଣ (diffusion) ନିୟମ (Graham's Law of diffusion of gases)

ଛିଦ୍ରାଳ ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ବିସରଣ ସଂପର୍କରେ ଗ୍ରାହାମ୍ ପରୀକ୍ଷା କଲେ ଏବଂ ଦେଖିଲେ ଯେ **ଏକ ଛିଦ୍ରାଳ ଅନ୍ତରକ (partition) ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ବିସରଣ ହାର ଏହାର ସାନ୍ଦ୍ରତାର ବର୍ଗମୂଳ ସହିତ ବିପରୀତାନୁପାତି । ଏହାକୁ ଗ୍ରାହାମ୍‌ଙ୍କ ବିସରଣ ନିୟମ କୁହାଯାଏ ।**

ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁସାରେ, ଏକ ସରୁ କଣା ଦେଇ ବିସରଣ ଏହାର ମାଧ୍ୟ ବା ବର୍ଗମାଧ୍ୟମୂଳ ବେଗ c_{rms} ପ୍ରତି ସମାନୁପାତୀ ହେବ । ସମୀକରଣ (10.4) ରୁ ଆମେ ଜାଣୁ

$$\overline{c^2} = \frac{3P}{\rho}$$

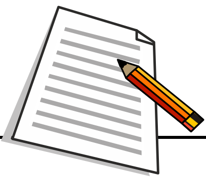
ବା $$\sqrt{\overline{c^2}} = c_{rms} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

ଅର୍ଥାତ୍ ଯଥାକ୍ରମେ ρ_1 ଓ ρ_2 ସାନ୍ଦ୍ରତା ଥିବା ଦୁଇଟି ଗ୍ୟାସ୍‌ର P ଚାପରେ ବର୍ଗ ମାଧ୍ୟମୂଳ ବେଗ ହେଉଛି,

$$(c_{rms})_1 = \sqrt{\frac{3P}{\rho_1}} \text{ ଏବଂ } (c_{rms})_2 = \sqrt{\frac{3P}{\rho_2}}$$

ତେଣୁ, $$\frac{\text{ଏକ ଗ୍ୟାସର ବିସରଣ ହାର}}{\text{ଅନ୍ୟ ଗ୍ୟାସର ବିସରଣ ହାର}} = \frac{(c_{rms})_1}{(c_{rms})_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} \qquad (10.14)$$

ଅତଏବ, **ସମାନ ଚାପରେ ଗ୍ୟାସର ବିସରଣ ହାର ସେମାନଙ୍କର ସାନ୍ଦ୍ରତାର ବର୍ଗମୂଳ ସହିତ ବିପରୀତାନୁପାତିକ ।** ଏହାକୁ ଗ୍ରାହାମ୍‌ଙ୍କ ବିସରଣ ନିୟମ କୁହାଯାଏ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ଉଦାହରଣ 10.2 : 300 K ରେ ଉଦ୍‌ଜାନ ଅଣୁର ବର୍ଗ ମାଧ୍ୟମୂଳ ବେଗ ହିସାବ କର । ନିଅ, $m(H_2)$ ହେଉଛି 3.347×10^{-27} କେଜି ଏବଂ $k = 1.38 \times 10^{-3} \mathrm{J\ mol^{-1}K^{-1}}$

ସମାଧାନ : ଆମେ ଜାଣୁ

$$c_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3(1.38 \times 10^{-27}\,\mathrm{J\,K^{-1}})(300\,\mathrm{K})}{3.347 \times 10^{-27}\,\mathrm{kg}}} = 1927\ \mathrm{ms^{-1}}$$

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 10.2

1. ଅନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଭାବେ ବାଛିଥିବା ପାଞ୍ଚଟି ଗ୍ୟାସ୍ ଅଣୁର ବେଗ 500 $\mathrm{ms^{-1}}$, 600 $\mathrm{ms^{-1}}$, 700 $\mathrm{ms^{-1}}$, 800 $\mathrm{ms^{-1}}$ ଏବଂ 900 $\mathrm{ms^{-1}}$ । ସେମାନଙ୍କର ବର୍ଗମାଧ୍ୟ ମୂଳ ବେଗ ହିସାବ କର ।

....

2. ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାଶୀଳ ନ ଥିବା ସମାନ ଆୟତନର ଦୁଇଟି ଗ୍ୟାସ୍‌ର ମିଶ୍ରଣ କଲେ, ମିଶ୍ରଣର ପରିଣାମୀ ଚାପ କେତେ ହେବ ?

....

3. ଆମେ ଗୋଟିଏ ବେଲୁନ୍ ମଧ୍ୟକୁ ବାୟୁ ଫୁଙ୍କିଲେ, ଏହାର ଆୟତନ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଚାପ ବାୟୁ ଫୁଙ୍କା ନ ହେବା ବେଳ ଠାରୁ ଅଧିକ । ଏହି ଅବସ୍ଥା ବୟଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ବିରୁଦ୍ଧାଚରଣ କରୁଛି କି ?

....

ଉଦାହରଣ 10.3 ଚାପ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ରହି କେଉଁ ତାପମାତ୍ରାରେ ଉଦ୍‌ଜାନର ବର୍ଗମାଧ୍ୟ ମୂଳ ପରିବେଗର ଏହାର ମାନକ ଚାପ ଓ ତାପମାତ୍ରା (STP) ମୂଲ୍ୟର ଦୁଇ ଗୁଣ ହେବ ? (STP = Standard Temperature and Pressure)

ସମାଧାନ : ସମୀକରଣ (10.8)ରୁ ଆମେ ଜାଣୁ ଯେ

$$c_{rms} \propto \sqrt{T}$$

S.T.P. ରେ rms ପରିବେଗ c_0 ହେଉ ।

ତେବେ ପ୍ରଶ୍ନାନୁସାରେ ଯଦି ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରା T K , ତେବେ ପରିବେଗ $c = 2c_0$

$$\backslash \quad \frac{c}{c_0} = \frac{2c_0}{c_0} = \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

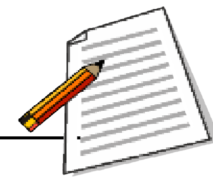
ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱର ବର୍ଗ ନେଇ ଆମେ ପାଇବୁ

$$4 = \frac{T}{T_0}$$

ବା $T = 4T_0$

ଯେହେତୁ $T_0 = 273\mathrm{K}$, ଆମେ ପାଇବୁ

$$T = 4 \times 273\mathrm{K} = 1092\mathrm{K} = 819^0\mathrm{C}$$



ଟିପ୍ପଣୀ

ଉଦାହରଣ 10.4 : 300 K ରେ ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ମାଧ୍ୟ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ହିସାବ କର ।

ଦତ୍ତ, $k = 1.38 \times 10^{-23}\ JK^{-1}$

ସମାଧାନ : ଆମେ ଜାଣିଛୁ $\frac{1}{2}M\overline{c^2} = \frac{3}{2}kT$

ଯେହେତୁ $k = 1.38 \times 10^{-23}\ J\,K^{-1}$ ଏବଂ $T = 300\ K$, ଏବେ ଆମେ ପାଇଲୁ

$$\overline{E} = \frac{3}{2} = (1.38 \times 10^{-23}\ J\,K^{-1})(300\ K) = 6.21 \times 10^{-21} J$$

10.1.1 ଶକ୍ତି ସମବିଭାଜନ ନିୟମ (The law of Equipartition of Energy)

ଆମେ ଏବେ ଜାଣିଛୁ ଯେ ଗ୍ୟାସର ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ୍ ଅଣୁର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ହେଉଛି $\frac{1}{2} = m\overline{c^2} = \frac{3}{2}kT$

ଅଣୁର ଗତି x, y ଏବଂ z ଦିଗରେ ସମାନ ଭାବରେ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥିବାରୁ ପରିବେଗ c ର ଉପାଂଶର ମାଧ୍ୟ ମୂଲ୍ୟ (ଅର୍ଥାତ୍ u, υ ଓ w) ତିନି ଦିଗରେ ପରସ୍ପରର ସମତୁଲ୍ୟ ।

$$\overline{u} = \overline{\upsilon} = \overline{w}$$

ଏବଂ $$\overline{u^2} = \overline{\upsilon^2} = \overline{w^2} = \frac{1}{3}\overline{c^2}$$

କାରଣ $$\overline{c^2} = \overline{u^2} + \overline{\upsilon^2} + \overline{w^2}$$

ସମସ୍ତଙ୍କୁ $\frac{1}{2}m$ ଦ୍ୱାରା ଗୁଣିଲେ (ଏଠାରେ m ହେଉଛୁ ଅଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ)

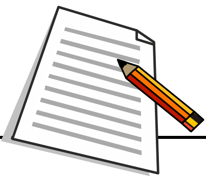
$$\frac{1}{2}m\overline{u^2} = \frac{1}{2}m\overline{\upsilon^2} = \frac{1}{2}m\overline{w^2}$$

କିନ୍ତୁ $\frac{1}{2}m\overline{u^2} = E =$ x- ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ ଏକ ଅଣୁର ମାଧ୍ୟ ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ସମଷ୍ଟି ।

ତେଣୁ, $E_x = E_y = E_z$ କିନ୍ତୁ ଏକ ଅଣୁ ପାଇଁ ମାଧ୍ୟ ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ସମଷ୍ଟି ହେଉଛି $\frac{3}{2}kT$ । ତେଣୁ ଆମେ ଏକ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ପାଇଲୁ :

$$E_x = E_y = E_z = \frac{1}{2}kT$$

ଯେହେତୁ ଅଣୁର ପରିବେଗର ତିନିଟି ଉପାଂଶ u, v ଏବଂ w ଅଣୁର ତିନିଟି ସ୍ୱାତନ୍ତ୍ର୍ୟ ସଂଖ୍ୟା (degree of freedom) ସହିତ ସଂପୃକ୍ତ (correspond), ଆମେ ସିଦ୍ଧାନ୍ତ କରି ପାରିବା ଯେ ଏକ ଗତିକୀୟ ତନ୍ତ୍ର (dynamic system)ରେ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ସ୍ୱାତନ୍ତ୍ର୍ୟ ସଂଖ୍ୟାମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମାନ ଭାବରେ ବଣ୍ଟନ ହୋଇଛି ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍ୱାତନ୍ତ୍ର୍ୟ ସଂଖ୍ୟା ପାଇଁ ଏହା $\frac{1}{2}kT$ ସହିତ ସମାନ । ଏହାକୁ **ଶକ୍ତିର ସମ ବିଭାଜନ ନିୟମ** କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଏହାର ବ୍ୟୁତ୍ପତ୍ତି ଲୁଡ୍‌ୱିଙ୍ଗ୍ ବୋଲଜ୍‌ମାନ (Ludwing Boltzmamn) କରିଥିଲେ । ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଗ୍ୟାସ୍ ପାଇଁ ଏହି ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରିବା ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆମେ କେବଳ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଗତି କଥା ବିଚାର କରୁଛେ । ଗୋଟିଏ **ଏକ-ପରମାଣୁକ** (monoatomic) ଅଣୁରେ କେବଳ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଗତିଥାଏ କାରଣ ସେମାନେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନକ୍ଷମ ନୁହଁନ୍ତି । ଅବଶ୍ୟ ଏକ ସସୀମ ଗୋଲକ ହୋଇଥିଲେ ଏହା ତିନିଟି ପାରସ୍ପରିକ ଅଭିଲମ୍ବ ଅକ୍ଷ ପ୍ରତି ପ୍ରଚକ୍ରଣ କରି ପାରିବ ।

ତେଣୁ **ଏକ-ପରମାଣୁକ ଗ୍ୟାସ୍**ର ଗୋଟିଏ ଅଣୁ ପାଇ, ଶକ୍ତିର ସମଷ୍ଟି

$$E = \frac{3}{2}kT \tag{10.15}$$

ଏକ **ଦ୍ୱିପରମାଣୁକ ଅଣୁ**କୁ ଏକ ଦୃଢ଼ ଦଣ୍ଡ ଦ୍ୱାରା ଯୋଗ ହୋଇଥିବା ଦୁଇଟି ଗୋଲକ ଭାବେ ନିଆଯାଇପାରେ । ଏଭଳି ଏକ ଅଣୁ ପାରିସ୍ପରିକ ଅଭିଲମ୍ବ ଥିବା ଯେ କୌଣସି ଗୋଟିଏ ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରି ପାରିବ । କିନ୍ତୁ ଦଣ୍ଡ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବରେ ଥିବ ।

ଏକ ଅକ୍ଷପ୍ରତି ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (rotational interia) ତୁଳନାରେ ଦୃଢ଼ ବସ୍ତୁ ଦେଇ ଯାଇ ଥିବା ଅକ୍ଷ ପ୍ରତି ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଅତ୍ୟନ୍ତ ନଗଣ୍ୟ । ଏହାର ଅର୍ଥ, ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଗତିରେ ଦୁଇଟି ପଦ ଥାଏ ଯଥା

$$\frac{1}{2}I\omega_y^2 \text{ ଏବଂ } \frac{1}{2}I\omega_z^2 \text{ ।}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଏକ ଦ୍ୱି-ପରମାଣୁକ ଗ୍ୟାସ ଅଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ କେନ୍ଦ୍ରର ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ଆଲୋଚନା ପାଇଁ ତିନିଟି ନିର୍ଦ୍ଦେଶାଙ୍କ (co-ordinate) ଆବଶ୍ୟକ ହେବ । ତେଣୁ ଏକ ଦ୍ୱି-ପରମାଣୁକ ଗ୍ୟାସ ଅଣୁରେ ଉଭୟ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଓ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଗତି ଅଛି କିନ୍ତୁ ଏହାର ପାଞ୍ଚଟି ସ୍ୱାତନ୍ତ୍ର୍ୟ ସଂଖ୍ୟା ରହିବ । ତେଣୁ

$$E = 3\left(\frac{1}{2}kT\right) + 2\left(\frac{1}{2}kT\right) = \frac{5}{2}kT \tag{10.16}$$

ଲୁଡ୍‌ୱିଙ୍ଗ୍ ବୋଲଜ୍‌ମାନ୍ (Ludwing Bolzman)

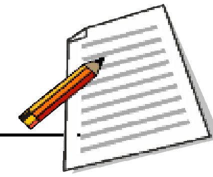
(1844-1906)

ଭିଏନା (ଅଷ୍ଟିୟା)ରେ ଜନ୍ମିତ ଓ ପ୍ରତିପାଳିତ, ବୋଲଜ୍‌ମାନ୍ ଜୋସେଫ୍ ଷ୍ଟେଫାନ୍ (Joseph Stefan)ଙ୍କ ତତ୍ତ୍ୱାବଧାନରେ 1866ରେ ଡକ୍ଟରେଟ୍ ଉପାଧି ପାଇଲେ । ସେ ମଧ୍ୟ ବୁନ୍‌ସେନ୍ (Bunsen), କିର୍ଚଫ୍ (Kirchhoff) ଏବଂ ହେଲମୋଜ୍ (Halmhotz)ଙ୍କ ସହିତ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥିଲେ । ସେ ଥିଲେ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଭାବପ୍ରବଣ, ଜୀବନକାଳରେ ଦୁଇଥର ଆତ୍ମହତ୍ୟା ପାଇଁ ଚେଷ୍ଟା କରିଥିଲେ ଏବଂ ତାଙ୍କର ଦ୍ୱିତୀୟ ଥର ଚେଷ୍ଟାରେ ସଫଳ ହେଲେ । ଲୋକେ କୁହନ୍ତି, ଏ ଚେଷ୍ଟା ପଛରେ ଅଛି ମାକ୍ (Mach) ଓ ଓସ୍‌ୱାଲ୍‌ଡ୍ (Oswald)ଙ୍କ ସହିତ ମତାନ୍ତର ।

ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱ, ପରିସାଂଖ୍ୟାନିକ ଯାନ୍ତ୍ରିକୀ (Statistical) ଓ ତାପଗତି ବିଜ୍ଞାନ (Thermodynamics) ରେ ତାଙ୍କର ଅବଦାନ ପାଇଁ ସେ ପ୍ରସିଦ୍ଧ । ତାଙ୍କର ସମ୍ମାନ ଓ ସ୍ମୃତିରେ ଚନ୍ଦ୍ରରେ ବୋଲଜ୍‌ମାନ ଗୁମ୍ଫା ତାଙ୍କ ନାମରେ ନାମିତ ।

10.5 ଗ୍ୟାସର ତାପ ଧାରିତା

ଆମେ ଜାଣିଛୁ ଯେ ଆୟତନ ଓ ଚାପର ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥାରେ ଏକ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇପାରିବ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ଆୟତନ ବା ଚାପ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ରଖାଯାଇପାରେ କିମ୍ବା ଉଭୟଙ୍କୁ ଅନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଭାବରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବାକୁ ଦିଆଯାଇପାରେ । ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପାଇଁ ଏକକ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ



ଟିପ୍ପଣୀ

ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ଭିନ୍ନ । ତେଣୁ ଆମେ କହୁଁ ଯେ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ତାପ ଧାରିତା ଅଛି ।

ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ତାପମାତ୍ରା DT ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ଆମେ ଯଦି DQ ପରିମାଣର ତାପ ଯୋଗାଉ, ତେବେ ତାପ ଧାରିତାର ସଂଜ୍ଞା ହେଉଛି

$$\text{ଧାପ ତାରିତା} = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଏକକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିମିତ୍ତ ତାପ ଧାରିତାକୁ ବସ୍ତୁର **ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଧାରିତା** (specific heat capacity) କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଏହା ସାଧାରଣତଃ c ଭାବରେ ସୂଚାଯାଏ । ତେଣୁ

$$\text{ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଧାରିତା, } c = \frac{\text{ତାପ ଧାରିତା}}{m} \qquad (10.17)$$

ସମୀକରଣ (10.16) ଓ (10.17) କୁ ଯୋଗ କଲେ ମିଳିବ,

$$c = \frac{\Delta Q}{m\,\Delta T} \qquad (10.18)$$

ଏକ ଜଡ଼ର ଏକକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ତାପମାତ୍ରା 1^0C (ବା 1 K) ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ଆବଶ୍ୟକ ତାପକୁ ସେହି ଜଡ଼ର ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଧାରିତା କୁହାଯାଏ ।

ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଧାରିତା SI ଏକକ ହେଉଛି କିଲୋଗ୍ରାମ୍ ପ୍ରତି କେଲ୍‌ଭିନ୍ ପ୍ରତି କିଲୋକାଲୋରୀ (kcal $kg^{-1}K^{-1}$) । ଏହାକୁ ମଧ୍ୟ କିଲୋଗ୍ରାମ୍ ପ୍ରତି କେଲ୍‌ଭିନ୍ ପ୍ରତି ଜୁଲ୍‌ରେ (J $kg^{-1}K^{-1}$) ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଜଳର ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଧାରିତା

1 kilocal $kg^{-1}K^{-1} = 4.2 \times 10^3$ J $kg^{-1}K^{-1}$ ।

ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଧାରିତା ପାଇଁ ଉପରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ସଂଜ୍ଞା କଠିନ ଓ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପାଇଁ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ କିନ୍ତୁ ଗ୍ୟାସ୍ ପାଇଁ ନୁହେଁ କାରଣ ବାହ୍ୟ ଅବସ୍ଥା ସହିତ ଏହାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇପାରେ । ଏକ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ତାପ ଧାରିତା ଅଧ୍ୟୟନ କରିବାକୁ ଆମେ ଚାପ କିମ୍ବା ଆୟତନ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ରଖୁଁ । ତେଣୁ ଆମେ ଦୁଇଟି ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଧାରିତାର ସଂଜ୍ଞା ଦେବା ।

(i) ସ୍ଥିର ଆୟତନରେ ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଧାରିତା, ଯାହାକୁ C_v ଭାବେ ସୂଚାଯାଏ ।

(ii) ସ୍ଥିର ଚାପରେ ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଧାରିତା, ଯାହାକୁ c_p ଭାବେ ସୂଚାଯାଏ ।

(a) ଆୟତନ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ରହି ଏକକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗ୍ୟାସର ତାପମାତ୍ରା 1K ବୃଦ୍ଧି କରିବାରେ ଆବଶ୍ୟକ ତାପର ପରିମାଣ ହେଉଛି **ସ୍ଥିର ଆୟତନରେ ଏକ ଗ୍ୟାସର ବିଶିଷ୍ଟ ତାପଧାରିତା (c_v) ର ସଂଜ୍ଞା ।**

$$c_v = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta T}\right)_V \qquad (10.19)$$

(b) ଚାପ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ରହି ଏକକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଗ୍ୟାସର ତାପମାତ୍ର 1K ବୃଦ୍ଧି କରିବାରେ ଆବଶ୍ୟକ ତାପର ପରିମାଣ ହେଉଛି **ସ୍ଥିର ଚାପରେ ଏକ ଗ୍ୟାସର ବିଶିଷ୍ଟ ତାପଧାରିତା c_p ର ସଂଜ୍ଞା ।**

$$c_p = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta T}\right)_P \qquad (10.20)$$

ଯଦି 1 ମୋଲ୍ ଗ୍ୟାସ ନିଆଯାଏ, ତେବେ ଆମେ **ମୋଲାର ତାପ ଧାରିତାର ସଂଜ୍ଞା** ପାଉ ।

ଆମେ ଜାଣୁ ଚାପ ସ୍ଥିର ରହିଲେ, ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଆୟତନ ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ତେଣୁ ଦ୍ୱିତୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ସ୍ଥିର ଚାପରେ ଏକକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ତାପମାତ୍ରା 1 ଡିଗ୍ରୀ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ଆବଶ୍ୟକ ତାପ ଦୁଇ ଭାଗରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

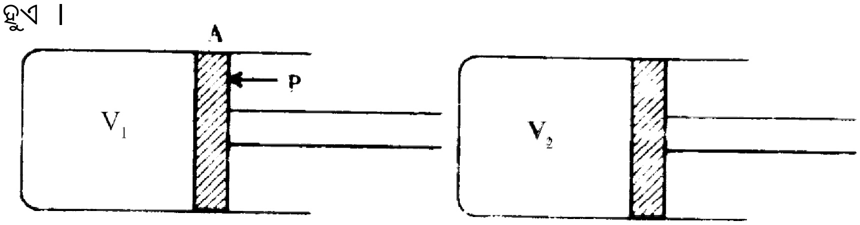
(i) ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଆୟତନ ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିମିତ୍ତ ବାହ୍ୟ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାକୁ ଆବଶ୍ୟକ ତାପ, ଏବଂ

(ii) ଗ୍ୟାସର ତାପମାତ୍ରା ଏକ ଡିଗ୍ରୀ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ଆବଶ୍ୟକ ତାପ (c_v) । ଏହାର ଅର୍ଥ, ସ୍ଥିର ଚାପରେ ଏକ ଗ୍ୟାସର ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଧାରିତା ସ୍ଥିର ଆୟତନରେ ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଧାରିତା ଠାରୁ ଅଧିକ । ଏହି ପାର୍ଥକ୍ୟର ପରିମାଣ ହେଉଛି ବାହ୍ୟ ଚାପ ବିରୋଧରେ ପ୍ରସାରଣ ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ କାର୍ଯ୍ୟର ତୁଲ୍ୟ ତାପ ।

ତେଣୁ $c_p = W + c_v$ (10.21)

10.6 c_p ଏବଂ c_v ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ :

ଏକ ଘର୍ଷଣ ବିହୀନ ଗତିକ୍ଷମ ପିଷ୍ଟନ୍ ଖଂଜାଯାଇଥିବା ଗୋଟିଏ ସ୍ତମ୍ଭକରେ ଆବଦ୍ଧ ଥିବା 1 ମୋଲ୍ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ୍‌କୁ ବିଚାର କରାଯାଉ (ଚିତ୍ର 10.2) । ଗ୍ୟାସ୍‌କୁ ଆଦର୍ଶ ବୋଲି ନିଆଯାଇଛି, ତେଣୁ ଅଣୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆନ୍ତଃ-ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁନାହିଁ । ଏଭଳି ଏକ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଯେତେବେଳେ ପ୍ରସାରଣ ହୁଏ, ଆର୍ନ୍ତଚାପ ଅତିକ୍ରମ କରିବାକୁ କିଛି କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପାଦିତ ହୁଏ ।



ଚିତ୍ର **10.2** ସ୍ଥିର ଚାପରେ ଗ୍ୟାସ୍

ବାହ୍ୟ ଚାପ P ଓ ପିଷ୍ଟନ୍‌ର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A ହେଉ । ପିଷ୍ଟନ୍ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବଳ = $P \times A$ । ବର୍ତ୍ତମାନ ମନେ କରାଯାଉ, ସ୍ଥିର ଚାପରେ ଗ୍ୟାସ୍‌କୁ 1K ପାଇଁ ତାପନ (heating) କରିବା ଫଳରେ ପିଷ୍ଟନ୍ ବାହାରକୁ x ଦୂରତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗତିକଲା । ଚିତ୍ର 10.2 ରେ ଏହା ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଗ୍ୟାସ୍‌ର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଆୟତନ V_1 ଏବଂ ତାପନ ପରେ ଆୟତନ V_2 ହେଉ ।

ତେଣୁ, ବାହ୍ୟ ଚାପ P ବିରୋଧରେ ପିଷ୍ଟନ୍‌କୁ x ଦୂରତାକୁ ଅପକର୍ଷଣ (pushing) କରିବା ଫଳରେ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ,

$W = P \times A \times x$

$= P \times$ (ଆୟତନ ବୃଦ୍ଧି)

$= P(V_2 - V_1)$

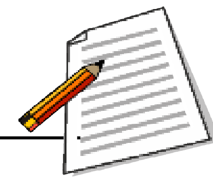
ଆମେ ସମୀକରଣ (10.22) ରୁ ଜାଣୁଁ ଯେ, $c_p - c_v$ = ବାହ୍ୟ ଚାପ ବିରୋଧରେ

1 ମୋଲ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ତାପମାତ୍ରା 1K ବୃଦ୍ଧି ନିମିତ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ, ଅର୍ଥାତ୍

$c_p - c_v = P(V_2 - V_1)$ (10.22)

ତାପନ ପୂର୍ବ ଓ ପର, ଏହି ଦୁଇ ଅବସ୍ଥାରେ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ୍ ସମୀକରଣ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଆମେ ପାଇବା,

$PV_1 = RT$ (10.23)



ଟିପ୍ପଣୀ

$$PV_2 = R(T+1) \qquad (10.24)$$

ସମୀକରଣ (10.23) ସମୀକରଣ (10.24) ରୁ ବିୟୋଗ କରି ଆମେ ପାଇବା

$$P\,(V_2 - V_1) = R \qquad (10.25)$$

ତେଣୁ ସମୀକରଣ (10.22) ଓ (10.25) ରୁ ଆମେ ପାଇବା

$$c_p - c_v = R \qquad (10.26)$$

ଏଠାରେ R ଅଛି $J\ mol^{-1} K^{-1}$ ରେ ।

ଜୁଲ୍‌କୁ କ୍ୟାଲୋରିରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି, ଆମେ ଲେଖି ପାରିବା

$$c_p - c_v = \frac{R}{J} \qquad (10.27)$$

ଏଠାରେ J = 4.18 କ୍ୟାଲୋରିକୁ ତାପର ଯାନ୍ତ୍ରିକୀ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ କୁହାଯାଏ ।

ଉଦାହରଣ 10.5 : ଗୋଟିଏ ଏକ-ପରମାଣୁକ, ଦ୍ୱି-ପରମାଣୁକ ଏବଂ ତ୍ରି-ପରମାଣୁକ ଗ୍ୟାସ୍ ଅଣୁ ପାଇଁ c_p ଓ c_v ର ମୂଲ୍ୟ ହିସାବ କର ।

ସମାଧାନ : ଆମେ ଜାଣିଛୁ ଏକ ମୋଲ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ମାଧ୍ୟ ଗତିଜ ଶକ୍ତି

$$E = \frac{3}{2} R\,T$$

ସ୍ଥିର ଆୟତନରେ ଏକ ମୋଲ୍ ଗ୍ୟାସର ତାପମାତ୍ରା ଏକ ଡିଗ୍ରୀ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ଆବଶ୍ୟକ ତାପର ପରିମାଣ ହେଉଛି c_v ଅର୍ଥାତ୍ T K ରେ ଯଦି ଗ୍ୟାସ୍‌ର ସମସ୍ତ ଶକ୍ତି E_T ହୁଏ ଏବଂ (T+1)K ରେ

ଗ୍ୟାସ୍‌ର ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି ଯଦି E_{T+1} ହୁଏ, ତେବେ $\qquad c_v = E_{T+1} - E_T$

(i) ଆମେ ଜାଣିଛୁ ଗୋଟିଏ ଏକ-ପରମାଣୁକ ଗ୍ୟାସ୍‌ର, ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି = $\frac{3}{2}RT$

\ ଏକ-ପରମାଣୁକ ଗ୍ୟାସ୍ ପାଇଁ, $c_v = \frac{3}{2}R(T+1) - \frac{3}{2}RT = \frac{3}{2}R$

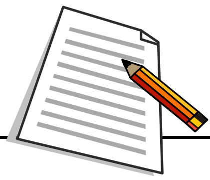
ତେଣୁ $c_p = c_v + R = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$

(ii) ଦ୍ୱି-ପରମାଣୁକ ଗ୍ୟାସ ପାଇଁ, ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି = $\frac{5}{2}RT$

$$c_v = \frac{5}{2}R(T+1) - \frac{5}{2}RT = \frac{5}{2}R$$

$$c_p = c_v + R = \frac{5}{2}R + R = \frac{7}{2}R$$

(iii) ତୁମେ ବର୍ତ୍ତମାନ ଏକ ତ୍ରିପରମାଣୁକ ଗ୍ୟାସ ପାଇଁ c_p ଏବଂ c_v ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ 10.3

1. ନାଇଟ୍ରୋଜେନ ଅଣୁର ସମୁଦାୟ ଶକ୍ତି କେତେ ?

....

2. ନାଇଟ୍ରୋଜେନ ପାଇଁ c_P ଓ c_V ମୂଲ୍ୟ ହିସାବ କର । (ଦତ୍ତ, $R = 8.3\ J\ mol^{-1}K^{-1}$)

....

3. ଗ୍ୟାସ୍‌ର କାହିଁକି ଦୁଇ ପ୍ରକାରର ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଧାରିତା ଥାଏ ?

....

ବ୍ରାଉନୀୟ ଗତି ଏବଂ ମାଧ୍ୟ ମୁକ୍ତପଥ

ସ୍କଟ୍‌ଲ୍ୟାଣ୍ଡର ଉଦ୍ଭିଦ ବିଜ୍ଞାନୀ ରବର୍ଟ ବ୍ରାଉନ୍ ତାଙ୍କର ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରରେ ପାଣିରେ ଭାସୁଥିବା ଫୁଲର ପରାଗ ରେଣୁକୁ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରିବା ବେଳେ ଜାଣିଲେ ଯେ ପରାଗ ରେଣୁମାନ ଉଠି-ପଡ଼ି ଇତସ୍ତତ ଭାବରେ ଗତି କରୁଛନ୍ତି । ପରାଗ ରେଣୁର ଇତସ୍ତତ ଗତି ପ୍ରଥମେ କୌଣସି ଜୀବିତ ବସ୍ତୁ ଯୋଗୁଁ ହେଉଛି ବୋଲି ବିଶ୍ୱାସ କରାଯାଉଥିଲା । କିନ୍ତୁ ଯେତେବେଳେ ଦେଖାଗଲା ମୃତ ଉଦ୍ଭିଦର ପରାଗ ରେଣୁ, ଅଭ୍ର ଓ ପଥରର ଛୋଟ କଣିକାମାନ ମଧ୍ୟ ସମାନ ଆଚରଣ ଦେଖାଉଛନ୍ତି, ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ହେଲା ଯେ କଣିକାର ଗତି, ଯାହାକୁ କି ବର୍ତ୍ତମାନ **ବ୍ରାଉନୀୟ ଗତି** କୁହାଯାଏ, ତାହା ଜଳ ଅଣୁମାନଙ୍କର ପ୍ରତିଘାତଜନିତ ଅସନ୍ତୁଳିତ ବଳ ଯୋଗୁଁ ହୁଏ । ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁ-ଗତି ତତ୍ତ୍ୱ ନିମିତ୍ତ ଏକ ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷ ପ୍ରମାଣ ମିଳିଲା ବ୍ରାଉନୀୟ ଗତିରୁ । ଦେଖାଗଲା ବ୍ରାଉନୀୟ ଗତି ନିର୍ଭର କରେ,

(i) ଭାସମାନ କଣିକାର ଆକାର ଉପରେ - କଣିକା ଯେତେ ଛୋଟ ହେବ, ଅସନ୍ତୁଳିତ ପ୍ରତିଘାତର ସମ୍ଭାବନା ସେତେ ଅଧିକ ହେବ ଏବଂ ବ୍ରାଉନୀୟ ଗତି ସେତେ ଅଧିକ ସୁସ୍ପଷ୍ଟ ହେବ ।

(ii) ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ଏବଂ ମାଧ୍ୟମର ଶ୍ୟାନତା ହ୍ରାସ ସହିତ ବ୍ରାଉନୀୟ ଗତି ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ।

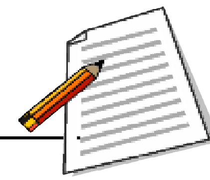
ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରତିଘାତ ଯୋଗୁଁ ଏକ ପ୍ରବହର ଅଣୁମାନ ମଧ୍ୟ ଇତସ୍ତତ ପଥରେ ଗତି କରନ୍ତି । ଅଣୁର ଦୁଇ ଅନୁକ୍ରମିକ ସଂଘାତ ମଧ୍ୟରେ ମାଧ୍ୟ ଦୂରତ୍ୱକୁ ମାଧ୍ୟ ମୁକ୍ତପଥ କୁହାଯାଏ । ଏକ ଅଣୁର ମାଧ୍ୟ ମୁକ୍ତପଥ ହେଉଛି

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2}n\pi d^2}$$

ଏଠାରେ n ହେଉଛି ସାଂଖ୍ୟିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଏବଂ d ହେଉଛି ଅଣୁର ବ୍ୟାସ ।

ତୁମେ କ'ଣ ଶିଖିଲ

- ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁ ଓ ପରମାଣୁମାନଙ୍କର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ସ୍ୱୀକାର କରେ ଏବଂ ମାଧ୍ୟାୟନ ପଦ୍ଧତିରେ ଏଗୁଡ଼ିକ ପାଇଁ ଯାନ୍ତ୍ରୀକୀ ବିଜ୍ଞାନର ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରେ ।
- ଅଣୁ ଗତି ତତ୍ତ୍ୱ ସ୍ଥୁଳ ଧର୍ମ ସହିତ ଗୋଟିକିଆ ଅଣୁର ଅଣୁବୀକ୍ଷଣିକ ଧର୍ମର ସଂପର୍କ ସ୍ଥାପନ କରେ ।
- ବେଷ୍ଟନୀ କାନ୍ଥର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳରେ ଗ୍ୟାସ୍ ଅଣୁମାନଙ୍କର ମାଧ୍ୟ ପ୍ରତିଘାତକୁ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଚାପ କୁହାଯାଏ ।
- ଏକ ଅଣୁର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ପରମ ତାପମାତ୍ରା T ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ଏବଂ ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

- ପରମ ଶୂନ୍ ତାପମାତ୍ରାରେ , ଏକ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ଶୂନ୍ ଅଟେ ଏବଂ ଅଣୁ ଗତି ବନ୍ଦ ହୋଇଥାଏ ।
- ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱ ଭିତ୍ତିକ ଗ୍ୟାସ୍ ନିୟମମାନଙ୍କର ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ ସମ୍ଭବ । ପ୍ରାଥମିକ ଅବସ୍ଥାରେ ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱ ସପକ୍ଷରେ ଏଥିରୁ ପ୍ରମାଣ ମିଳିଲା ।
- ଆୟତନ ବା ଚାପ ସ୍ଥିର ରହିବା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରି, ଏକକ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଗ୍ୟାସ୍‌କୁ 1^0C ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ଆବଶ୍ୟକ ତାପର ପରିମାଣ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ । ସେଥିଯୋଗୁଁ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଦୁଇଟି ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଅଛି ।

  (i) ସ୍ଥିର ଆୟତନରେ ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଧାରିତା (c_v)

  (ii) ସ୍ଥିର ଚାପରେ ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଧାରିତା (c_p)

  ଏମାନଙ୍କର ପରସ୍ପର ସହିତ ସମ୍ପର୍କ ହେଉଛି

$$c_p = W + c_v$$

$$c_p - c_v = R/J$$

- ଶକ୍ତିର ସମବଣ୍ଟନ ନିୟମରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଏକ ଗତିଜୀୟ ତନ୍ତ୍ରରେ ସମଗ୍ର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ସମସ୍ତ ସ୍ୱାତନ୍ତ୍ର୍ୟ ସଂଖ୍ୟାମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମବଣ୍ଟନ ହୁଏ ଏବଂ ଗୋଟିଏ ସ୍ୱାତନ୍ତ୍ର୍ୟ ସଂଖ୍ୟା ପାଇଁ ଏହାର ପରିମାଣ $\frac{1}{2}kT$

ଗୋଟିଏ ଅଣୁ ନିମିତ୍ତ ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି ଗୋଟିଏ (i) ଏକ-ପରମାଣୁକ ଗ୍ୟାସ୍ ପାଇଁ $\frac{3}{2}kT$ (ii) ଦ୍ୱି-ପରମାଣୁକ ଗ୍ୟାସ୍ ପାଇଁ $\frac{5}{2}kT$ ଏବଂ (iii) ଏକ ତ୍ରି-ପରମାଣୁକ ଗ୍ୟାସ ପାଇଁ $3kT$ ଅଟେ ।

ପାଠାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀ

1. ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ତୁଳନା ପାଇଁ ଆମେ ବଏଲଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟବହାର କରି ପାରିବା କି ?
2. ପରମ ଶୂନ୍ ତାପମାତ୍ରାରେ ଗୋଟିଏ ପଦାର୍ଥର ଅଣୁମାନଙ୍କର ପରିବେଗ ଏବଂ ଗତିଜ ଶକ୍ତି କେତେ ହେବ ?
3. ଯଦି ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ପରମ ତାପମାତ୍ରା ଚାରିଗୁଣ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ, ତେବେ ଏହାର ଗତିଜ ଶକ୍ତି, ମାଧ୍ୟ-ବର୍ଗ-ମୂଳ ପରିବେଗ ଓ ଚାପର କ'ଣ ହେବ ?
4. ଉଭୟ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ମିଶ୍ରଣରେ ଉଦଜାନ ଅଣୁ (ଅଣୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ = 2) ଓ ଅମ୍ଳଜାନ ଅଣୁ (ଅଣୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ = 32)ର ଅନୁପାତ କେତେ ହେଲେ ଅଣୁ ପ୍ରତି ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ସମାନ ହେବ ।
5. ଯଦି ତିନିଟି ଅଣୁର ପରିବେଗ ଯଥାକ୍ରମେ 0.5, 1 ଓ 2 କି.ମି./ସେ. ହୁଏ, ତେବେ ସେମାନଙ୍କର ମାଧ୍ୟ ବର୍ଗମୂଳ ଓ ମାଧ୍ୟ ବେଗର ଅନୁପାତ ହିସାବ କର ।
6. ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ମାଧ୍ୟବର୍ଗମୂଳ ପରିବେଗ ଅର୍ଥ କ'ଣ, ବୁଝାଅ । ଗ୍ୟାସ୍ ଅଣୁଗତି ତତ୍ତ୍ୱକୁ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଚାପ ଓ ସାନ୍ଦ୍ରତା ସଂଜ୍ଞାରେ ଗୋଟିଏ ଅଣୁର ମାଧ୍ୟବର୍ଗମୂଳ ପରିବେଗ ନିମିତ୍ତ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କର ।
7. (i) 25^0C ରେ ନିଅନ୍ ପରମାଣୁର ମାଧ୍ୟ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ଜନିତ ଗତିଜ ଶକ୍ତି, ହିସାବ କର ।

   (ii) କେଉଁ ତାପମାତ୍ରାରେ ମାଧ୍ୟଶକ୍ତି ଏହି ମୂଲ୍ୟର ଅଧା ହୁଏ ?

ଟିପ୍ପଣୀ

8. 50 ଘନ ସେ.ମି. ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ରୁଦ୍ଧ ପାତ୍ରରେ ଉଦଜାନ 1.0Pa ଚାପ ଓ 27^0C ତାପମାତ୍ରାରେ ରହିଛି । ହିସାବ କର (a) ପାତ୍ରରେ ଗ୍ୟାସ୍ ଅଣୁର ସଂଖ୍ୟା, ଏବଂ (b) ସେମାନଙ୍କ ମାଧ୍-ବର୍ଗ-ମୂଳ ବେଗ । ($R=8.3$ J $mol^{-1}K^{-1}$, $N = 6 \times 10^{23}$ mol^{-1}, 1 ମୋଲ୍ ଉଦଜାନ ଅଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ = 20×10^{-13} kg mol^{-1})

9. 50 K ତାପମାତ୍ରାରେ ଏକ ଆବଦ୍ଧ ପାତ୍ରରେ ଥିବା ଉଦଜାନର ଚାପ ହେଉଛି 20.0 ମି.ମି. ପାରଦ ।

(a) କେଉଁ ତାପମାତ୍ରାରେ ଏହାର ଚାପ 1800 ମି.ମି. ପାରଦ ହେବ ?

(b) 10.0 K ରେ ଯଦି ଉଦଜାନର ମାଧ୍ ବର୍ଗମୂଳ ପରିବେଗ 800 ms^{-1} ହୁଏ, ତେବେ ଏହି ନୂତନ ତାପମାତ୍ରାରେ ସେମାନଙ୍କର ମାଧ୍ ବର୍ଗମୂଳ ପରିବେଗ କେତେ ହେବ ?

10. ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁ ଗତି ତତ୍ତ୍ୱର ସ୍ୱୀକାର ମାନ ଲେଖ ।

11. ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଚାପ ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କର ।

12. ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁ ଗତି ତତ୍ତ୍ୱରୁ ବଏଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଓ ଚାର୍ଲସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ବ୍ୟୁତ୍ପନ୍ନ କର ।

13. ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁ ଗତି ତତ୍ତ୍ୱ ଭିତ୍ତିରେ ତାପମାତ୍ରାର ବ୍ୟାଖ୍ୟା କ'ଣ ?

14. ଆଭୋଗାର୍ଡୋଙ୍କ ନିୟମ କ'ଣ ? ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଅଣୁ ଗତି ତତ୍ତ୍ୱରୁ ଏହା କିପରି ନିଗମନ କରାଯାଇପାରିବ ?

15. 0^0C ଏବଂ 100^0C ରେ ଉଦଜାନ ଅଣୁର ମାଧ୍ବର୍ଗମୂଳ ପରିବେଗ ହିସାବ କର ।

(0^0C ଓ 760 ମିମି ପାରଦ ଚାପରେ ଉଦଜାନର ସାନ୍ଦ୍ରତା = 0.09 kg m^{-3})

16. ଯଦି ଏକ ଘନ ମିଟରରେ ଅଣୁର ସଂଖ୍ୟା 6.8×10^{24} ଏବଂ ଅଣୁର ମାଧ୍ ବର୍ଗମୂଳ ବେଗ 1.90×10 ms^{-1} ହୁଏ, ତେବେ ଉଦଜାନ ଗ୍ୟାସ୍ ଯୋଗୁଁ ହେଉଥିବା ଚାପ ମିଲିମିଟର୍‌ରେ ହିସାବ କର ।

(ଆଭୋଗାର୍ଡୋଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ହେଉଛି 6.02×10^{23} ଏବଂ ଉଦଜାନର ଅଣୁ ଗୁରୁତ୍ୱ = 2.02)

17. ସ୍ଥିର ଚାପରେ ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ବିଶିଷ୍ଟ ଚାପର ସଂଜ୍ଞା ଦିଅ । c_p ଓ c_v ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ ନିଗମନ କର ।

18. ସ୍ଥିର ଆୟତନରେ ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ବିଶିଷ୍ଟ ଚାପର ସଂଜ୍ଞା ଦିଅ । ପ୍ରମାଣ କର, ତ୍ରି-ପରମାଣୁକ ଗ୍ୟାସ୍ ପାଇଁ c_v =3R

19. ଆର୍ଗନ୍ ପାଇଁ c_p ଓ c_v ହିସାବ କର । ଦତ୍ତ, $R = 8.3$J mol^{-1} K^{-1}

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀର ଉତ୍ତର

10.1

1. (i) କାରଣ ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ଅଣୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସଂସଜକ ବଳ ତରଳ ପଦାର୍ଥମାନଙ୍କ ଅଣୁ ତୁଳନାରେ ନଗଣ୍ୟ ।

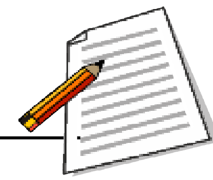
(ii) କାରଣ ଘନ ପଦାର୍ଥରେ ଅଣୁମାନ ନିବିଡ଼ (closely packed) ଭାବେ ରହେ ।

2. ଯେଉଁ ଗ୍ୟାସ୍ ଅଣୁ ଗତିତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁସରଣ କରେ, ତାହାକୁ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ୍ କୁହାଯାଏ ।

3. $P = 1/3\ \rho \overline{c^2}$

10.2

ମାଧ୍ ବେଗ $\bar{c} = \dfrac{500+600+700+800+900}{5} = 700\,ms^{-1}$



ଟିପ୍ପଣୀ

$\overline{c^2}$ ର ମାଧ୍ୟ ମୂଲ୍ୟ = $\dfrac{500^2 + 600^2 + 700^2 + 800^2 + 900^2}{5} = 510{,}000 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$

$c_{rms} = \sqrt{\overline{c^2}} = \sqrt{510{,}000} = 714 \text{ ms}^{-1}$

c_{rms} ଏବଂ $\bar{c}$ ସମାନ ନୁହନ୍ତି ।

2. ମିଶ୍ରଣର ପରିଣାମୀ ଚାପ ଯଥାକ୍ରମେ ଗ୍ୟାସ୍ 1 ର ଚାପ ଏବଂ ଗ୍ୟାସ 2 ଚାପର ସମଷ୍ଟି ହେବ ଅର୍ଥାତ୍ $P = P_1 + P_2$

3. ବଏଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ ହୋଇ ପାରିବ ନାହିଁ ।

10.3

1. ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍ୱାତନ୍ତ୍ର୍ୟ ସଂଖ୍ୟା ପାଇଁ, ଶକ୍ତି = $\frac{1}{2}kT$

\ ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍ ଅଣୁର, 5 ସ୍ୱାତନ୍ତ୍ର୍ୟ ସଂଖ୍ୟା ପାଇଁ ସମଗ୍ର ଶକ୍ତି = $\frac{5}{2}kT$

2. ଏକ ଦ୍ୱି-ପରମାଣୁକ ଅଣୁ ପାଇଁ $c_v = \frac{5}{2}R$

$c_v = \frac{5}{2} \times 8.3 \text{ J mol}^{-1}\text{k}^{-1} = 20.75 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

$c_p = c_v + R = 29.05 \text{ J mol}^{-1}\text{k}^{-1}$

ଅନ୍ତିମ ପ୍ରଶ୍ନାବଳୀର ଉତ୍ତର

2. ଶୂନ୍

3. 4 ଗୁଣ ହୁଏ, 2 ଗୁଣ ହୁଏ, 4 ଗୁଣ ହୁଏ ।

4. 4 : 1

5. 2

7. 6.18×10^{-21} ms^{-1}, -124^0C .

8. 12×10^{20}, 7.9×10^{11} m s^{-1}

9. 2634^0C, 2560 m s^{-1}

15. 1800 ms^{-1}, 2088 m s^{-1}

16. 3.97×10^3 Nm^{-2}

17. 12.45 J mol^{-1} K^{-1}, 20.75 J mol^{-1} K^{-1}.