12

ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାମାନଙ୍କର ସ୍ୱତଃବୃତ୍ତି

ଅଧ୍ୟାୟ – 11 ରେ ଆମ୍ଭେମାନେ ତାପ ଗତିକ ବିଜ୍ଞାନ ବିଷୟରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିଛେ । ଏହି ନିୟମ ଅନୁସାରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଏଭଳି ଭାବରେ ସଂଘଟିତ ହୁଏ, ଯାହାଫଳରେ ସମଗ୍ର ବିଶ୍ୱର ଶକ୍ତି ସ୍ଥିର ରହେ, କିନ୍ତୁ ଏହି ନିୟମ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିବର୍ତ୍ତନ କିମ୍ବା ପ୍ରଣାଳୀ, ଏପରିକି ଏକ ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ଭାବେ ହୋଇପାରେ କି ନାହିଁ ସେ ବିଷୟରେ କିଛି କହିପାରେ ନାହିଁ । ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାଟି ସମ୍ଭବ କି ନାହିଁ ସେ ବିଷୟରେ ଧାରଣ ଦେଇପାରେ ନାହିଁ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଗୋଟିଏ ଧାତବ ଫଳକ ସମ ତାପମାତ୍ରାରେ ଥିବା ସମୟରେ ଗୋଟିଏ ମୁଣ୍ଡ ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ଭାବେ ଗରମ ହେବ ଓ ଅନ୍ୟ ମୁଣ୍ଡଟି ଥଣ୍ଡା ହେବ, ଏହି ସମ୍ଭାବନାକୁ ପ୍ରଥମ ନିୟମ ମନା କରିପାରିବ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଆମର ଅଭିଜ୍ଞତାରୁ ଆମେ ଜାଣିଛେ ଯେ ବାହ୍ୟଉତ୍ସରୁ ଶକ୍ତିର ବିନା ଖର୍ଚ୍ଚରେ ଏପ୍ରକାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ । ପ୍ରଥମ ନିୟମ ମଧ୍ୟ ଏକଥା କୁହେ ଯେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରକାର ଶକ୍ତି ସମପରିମାଣର ଅନ୍ୟ ଏକ ଶକ୍ତିକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇପାରିବ । କିନ୍ତୁ ତାପଶକ୍ତି ଅନ୍ୟତ୍ର କିଛି ପରିବର୍ତ୍ତନ ନଘଟାଇ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ସମପରିମାଣର କାର୍ଯ୍ୟରେ ପରିଣତ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ, ସେ ବିଷୟରେ ଏହି ନିୟମ କିଛି କହିପାରିବ ନାହିଁ । ଯେଉଁ ଶିକ୍ଷାଲାଭ କରିବେ ତାକୁ ଭିତ୍ତିକରି କୌଣସି ଏକ ପ୍ରଣାଳୀ କିମ୍ବା ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ଭାବେ ସଂଘଟିତ ହେବ କି ନାହିଁ । ସେ ବିଷୟରେ ପୂର୍ବ ସୂଚନା ଦେବାପାଇଁ ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ଶିକ୍ଷାଲାଭ କରିପାରିବ ।

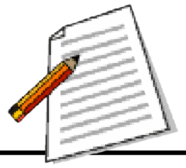
ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ

ଏହି ଅଧ୍ୟାୟଟି ପାଠକରିବା ପରେ ତୁମେ :

- ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପିର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରିପାରିବ;
- ଗୋଟିଏ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିମ୍ନ ସୂତ୍ର ଦ୍ୱାରା ଜାଣିପାରିବ;

$$\Delta S = \frac{q_{rev}}{T}$$

- ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀରେ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପିର ସର୍ତ୍ତ ପ୍ରକାଶ କରିବାରେ ସକ୍ଷମ ହେବେ । ଯଥା $\Delta S_{universe} > 0$ ଏବଂ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ $\Delta S = 0$
- ତାପଗତିକ ବିଜ୍ଞାନର 3ୟ ନିୟମ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବାରେ ସକ୍ଷମ ହେବ;
- G, H ଓ S ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସଂପର୍କ ପ୍ରକାଶ କରିବାରେ ସକ୍ଷମ ହେବ;
- $\Delta G_{system} = T \Delta S_{system}$ ସମ୍ବନ୍ଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିପାରିବ;



ଟିପ୍ପଣୀ

- ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀ ପାଇଁ ଗିବସ୍ ଶକ୍ତିର ସର୍ତ୍ତ ପ୍ରକାଶ କରିପାରିବ;
  ଯଥା : $\Delta G < 0$ (ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀ ପାଇଁ)
  $\Delta G = 0$ (ସାମ୍ୟାବସ୍ଥା ପାଇଁ)
  $\Delta G > 0$ (ଅଣସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀ ପାଇଁ)
- ବସ୍ତୁର ମାନକ ନିର୍ମାଣ ଗିବସ୍ ଶକ୍ତିର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରିବାରେ ସକ୍ଷମ ହେବ;
- ମାନକ ଗିବସ୍ ଶକ୍ତି ଓ ସାମ୍ୟ ଧ୍ରୁବକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସଂପର୍କ ସ୍ଥାପନ କରିପାରିବ ଏବଂ
- ଗାଣିତିକ ପ୍ରଶ୍ନ ସମାଧାନ କରିବାରେ ସକ୍ଷମ ହେବ ।

12.1 ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ ଓ ଅଣ ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀ

ଆମେ ଜାଣିଛେ ଯେ ପାତ୍ରରେ ଥିବା ଗରମ ପାଣି ପରିବେଶକୁ ତାପଶକ୍ତି ଛାଡ଼ିବା ଫଳରେ ଥଣ୍ଡା ହୋଇଯାଏ । ଅନ୍ୟପକ୍ଷରେ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ତାପକ୍ରମରେ ଥିବା ପାଣି ପରିବେଶରୁ ତାପ ଶକ୍ତି ଗ୍ରହଣ କରି ଗରମ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ । ପାଣିକୁ ଗ୍ୟାସ ଚୁଲ୍ଲା ଉପରେ ରଖି ଗରମ କରାଯାଇପାରିବ । ଗରମ ପାଣି ଥଣ୍ଡା ହେବାର ପ୍ରକିୟା ହେଉଛି ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀର ଉଦାହରଣ । ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ତାପକ୍ରମରେ ପାଣିକୁ ଗରମ କରିବା ପ୍ରକିୟା ହେଉଛି ଅଣସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀର ଉଦାହରଣ କାରଣ ଏଠାରେ ଏକ ବାହ୍ୟ ସହାୟକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଛି (ଏଠାରେ ଗ୍ୟାସ ଚୁଲ୍ଲା) ।

ଗୋଟିଏ ବ୍ୟବସ୍ଥାରେ ଯେଉଁ ପ୍ରଣାଳୀ ସ୍ୱଇଚ୍ଛାରେ ଘଟେ ତାକୁ ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀ କୁହାଯାଏ ଓ ଥରେ ଆରମ୍ଭ ହେଲେ ତାହାକୁ ଚାଲୁରଖିବା ପାଇଁ ବାହ୍ୟ ସହାୟକର ଆବଶ୍ୟକତା ଦରକାର ପଡ଼େନାହିଁ କିନ୍ତୁ ଅଣସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀ ବାହ୍ୟ ସହାୟକର ଅନବରତ ସାହାଯ୍ୟ ବିନା ଘଟିପାରେ ନାହିଁ । ଅନ୍ୟ ଏକ ଉଦାହରଣ ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଉ । ଲୌହ ଜାତୀୟ ବସ୍ତୁମାନ ଆଦ୍ର ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସିଲେ ସେଥିରେ କଳଙ୍କି ଲାଗେ । ଯଦିଓ ଏହା ଏକ ମନ୍ଥର ପ୍ରଣାଳୀ, ଏହା ସର୍ବଦା ଗୋଟିଏ ଦିଗରେ ଗତିକରେ । ତେଣୁ ଲୁହାରେ କଳଙ୍କି ଲାଗିବା ପ୍ରକ୍ରିୟାକୁ ଆମେ ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀ କହିଥାଉଁ । ଲୁହାରେ ଯେତେବେଳେ କଳଙ୍କି ଲାଗେ ସେତେବେଳେ ଲୁହାର ଜାରଣ ହୋଇ Fe (III) ଅକ୍ସାଇଡ୍ ସୃଷ୍ଟିହୁଏ ।

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \longrightarrow 2Fe_2O_3(s)$$

ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ମଧ୍ୟ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରିପାରିବ କିନ୍ତୁ ଏହା ଅଣସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ । Fe (III) ଅକ୍ସାଇଡ୍‌କୁ ବିଜାରଣ କରି Fe ରେ ପରିଣତ କରିବାପାଇଁ ଏକ ବାହ୍ୟ ସହାୟକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ ।

ଉପରୋକ୍ତ ଆଲୋଚନାରୁ ଆମେ ଏହି ସିଦ୍ଧାନ୍ତରେ ଉପନୀତ ହେଲେ ଯେ :

- ଯଦି ଏକ ପ୍ରଣାଳୀ ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ତେବେ ତାର ବିପରୀତ ପ୍ରଣାଳୀ ଅଣସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ
- ଉଭୟ ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ଓ ଅଣସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀମାନ ସମ୍ଭବ ।
- ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀ ପ୍ରାକୃତିକ ଉପାୟରେ ହୋଇଥାଏ କିନ୍ତୁ ଅଣ ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀ ପାଇଁ ଏକ ବାହ୍ୟ ସହାୟକ ଦରକାର ପଡ଼ିଥାଏ ।

12.2 ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି

ବଲବ୍ 'I' ରେ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ରାସ A ଓ ବଲ୍‌ବ II ରେ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସ B ଅଛି । ଉଭୟ I bar ଚାପମାତ୍ରାରେ ଅଛନ୍ତି । ଉଭୟ ବଲ୍‌ବକୁ ଗୋଟିଏ ଭାଲବ୍ (କପାଟ)ଦ୍ୱାରା ସଂଯୋଗ କରାଯାଇଛି [ଚିତ୍ର 12.1(a)]

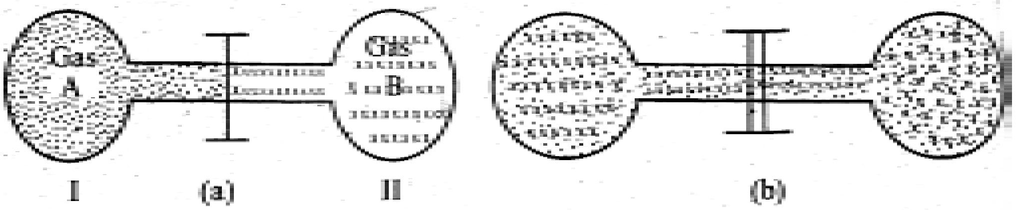


Fig 12.1

ଯେତେବେଳେ ବଲ୍‌ବ I ଓ II ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଭାଲ୍‌ବକୁ ଖୋଲି ଦିଆଯାଏ ସେତେବେଳେ ଉଭୟ ଗ୍ୟାସ ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ଭାବରେ ମିଶିଯାଆନ୍ତି । [ଚିତ୍ର 12.1(a)] । ପ୍ରତ୍ୟେକ ବଲ୍‌ବରେ ପ୍ରତି ଗ୍ୟାସର ଆଂଶିକ ଚାପ 0.5 bar ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହି ମିଶ୍ରଣ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଜାରି ରହେ ଏବଂ ପରିଶେଷରେ ସାମ୍ୟବସ୍ଥା ସୃଷ୍ଟିହୁଏ । ଆମର ଅଭିଜ୍ଞତାରୁ ଆମେ ଜାଣିଛେ ଯେ ଏହି ପ୍ରଣାଳୀ ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ଭାବେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରିପାରିବ ନାହିଁ । ଅର୍ଥାତ୍ ଗ୍ୟାସଦ୍ୱୟକୁ ସେମାନଙ୍କର ପୂର୍ବାବସ୍ଥାକୁ ଫେରାଇ ନିଆଯାଇପାରିବ ନାହିଁ ।

ଏହି ପ୍ରଣାଳୀ ପଛରେ ଥିବା ପ୍ରେରକ ବଳ କ'ଣ ?

ଆମେ ଜାଣିଛେ ଏକ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ଶକ୍ତି ଓ ଏନ୍‌ଥାଲପି ଗ୍ୟାସର ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ, ଗ୍ୟାସର ଚାପ ଓ ଆୟତନ ଉପରେ ନୁହେଁ । ଯେହେତୁ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସରେ ଅନ୍ତରାଣବିକ ବଳ ନାହିଁ ତେଣୁ ସ୍ଥିର ତାପମାତ୍ରାରେ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସର ମିଶ୍ରଣ ବେଳେ $\Delta U = \Delta H = 0$ । ଅର୍ଥାତ୍ ଆଦର୍ଶ ଗ୍ୟାସର ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ମିଶ୍ରଣ ସମୟରେ ଶକ୍ତି ପରିବର୍ତ୍ତନ ପ୍ରେରକ ବଳ ପରି କାମକରେ ନାହିଁ । ଗ୍ୟାସଦ୍ୱୟର ଅଣୁମାନଙ୍କର ମାତ୍ରାଧିକ ମିଶ୍ରଣର ପ୍ରବୃତ୍ତି ହିଁ ପ୍ରେରକ ବଳ । ଯାହାକୁ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ବିଶୃଙ୍ଖଳା କୁହାଯାଏ । ବ୍ୟବସ୍ଥାର ବିଶୃଙ୍ଖଳା ସହିତ ସମ୍ପର୍କିତ ତାପଗତିକ ଧର୍ମକୁ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି କୁହାଯାଏ । ଏହା ପ୍ରତୀକ S ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

ବ୍ୟବସ୍ଥାର ବିଶୃଙ୍ଖଳା ବା ଅନିୟମତାକୁ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି କୁହାଯାଏ । ବ୍ୟବସ୍ଥାର ବିଶୃଙ୍ଖଳା ଯେତେ ଅଧିକ, ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ସେତେ ଅଧିକ ।

ଏକ ପ୍ରଦତ୍ତ ବସ୍ତୁ ପାଇଁ,

(i) ସ୍ଫଟିକ ଅବସ୍ଥା ହେଉଛି ସବୁଠାରୁ ଶୃଙ୍ଖଳିତ ଅବସ୍ଥା, ତେଣୁ ଏହାର ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ସବୁଠାରୁ କମ୍ ।

(ii) ଗ୍ୟାସୀୟ ଅବସ୍ଥା ହେଉଛି ସବୁଠାରୁ ବିଶୃଙ୍ଖଳିତ ଅବସ୍ଥା, ତେଣୁ ଏହାର ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ସବୁଠାରୁ ଅଧିକ ।

(iii) ତରଳ ଅବସ୍ଥାର ବିଶୃଙ୍ଖଳା, ଘନ ଓ ଗ୍ୟାସୀୟ ଅବସ୍ଥାର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ।

ଯେତେବେଳେ ଏକ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଗୋଟିଏ ଅବସ୍ଥାରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ଅବସ୍ଥାକୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ, ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପିର ପରିବର୍ତ୍ତନ (ΔS) ନିମ୍ନୋକ୍ତ ସୂତ୍ର ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

$$\Delta S = \frac{q_{rev}}{T} \quad \text{...(12.1)}$$

ଯେତେବେଳେ q_{rev} ହେଉଛି ତାପମାତ୍ରା T ରେ ବିପରୀତ ଧାରାରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିବା ତାପଶକ୍ତି

12.3 ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ପରିବର୍ତ୍ତନର ମାନଦଣ୍ଡ : ତାପଗତିକ ବିଜ୍ଞାନର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ

ବର୍ତ୍ତମାନ ପର୍ଯନ୍ତ ଆମେ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ଶକ୍ତି, ଏନ୍‌ଥାଲପି ଓ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ବିଷୟରେ ଅଧ୍ୟୟନ କରିଛେ, ଏହିସବୁ ଧର୍ମକୁ ଭିତ୍ତି କରି ପ୍ରଣାଳୀର ସ୍ୱତଃବୃତ୍ତିର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରିପାରିବା କି ?

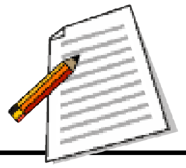
ଆସ ତର୍ଜମା କରିବା ଯେ ଉପରୋକ୍ତ ଧର୍ମମାନଙ୍କର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ସର୍ତ୍ତଭାବେ ବ୍ୟବହାର କରି ପ୍ରଣାଳୀର ସ୍ୱତଃବୃତ୍ତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିପାରିବା କି ନାଁ ।

(i) ଆମେ ଜାଣିଛେ ଯେ ଅଧିକାଂଶ ପ୍ରଣାଳୀ ଯାହା ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ଭାବେ ସଂଘଟିତ ହୁଏ ତାହା ତାପଉତ୍ପାଦୀ । ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ତାପକ୍ରମରେ ଗୋଟିଏ ପାତ୍ରରେ ଥିବା ଜଳ ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ଭାବରେ ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହା ଏକ ତାପଶୋଷୀ ପ୍ରଣାଳୀ । ତେଣୁ ଏନ୍‌ଥାଲପିର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ପରିବର୍ତ୍ତନର ମାନ ଦଣ୍ଡ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ ନାହିଁ ।

(ii) ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପିର ବୃଦ୍ଧିକୁ ଆମେ ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ପରିବର୍ତ୍ତନର ମାନଦଣ୍ଡ ଭାବେ ବ୍ୟବହାର କରି ପାରିବା କି ? ତାହେଲେ -10°C ରେ ଜଳର ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ଘନୀକରଣକୁ ଆମେ କିପରି ବୁଝାଇବା ? ଆମେ ଜାଣିଛେ ଯେ ଜଳ ଅପେକ୍ଷା ଦାନାଦାର ବରଫ ଅଧିକ ଶୃଙ୍ଖଳିତ; ତେଣୁ ତାହାର ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ନିଶ୍ଚୟ କମ୍ ହେବ । ଏ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ପାଇବାକୁ ହେଲେ ଆମକୁ ଏକାସାଙ୍ଗରେ ଦୁଇଟି ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ପରିବର୍ତ୍ତନ ବିଚାରକୁ ନେବାକୁ ହେବ ।

(a) ବ୍ୟବସ୍ଥାର ନିଜସ୍ୱ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଓ

(b) ପରିବେଶର ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ପରିବର୍ତ୍ତନ



ଟିପ୍ପଣୀ

$$\Delta S_{total} = \Delta S_{universe} = \Delta S_{system} + \Delta S_{surroundings} > 0$$

ଏହି ସମୀକରଣ ତାପଗତି ବିଜ୍ଞାନର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମର ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ଉକ୍ତି ମଧ୍ୟରୁ ଅନ୍ୟତମ ।

ତାପଗତି ବିଜ୍ଞାନର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଅନୁସାରେ ସମସ୍ତ ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ବା ପ୍ରାକୃତିକ ପ୍ରଣାଳୀ ବିଶ୍ୱବ୍ରହ୍ମାଣ୍ଡର ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପିରେ ବୃଦ୍ଧି ଘଟାଇଥାଆନ୍ତି ।

ତେଣୁ ଯେତେବେଳେ ଏକ ବ୍ୟବସ୍ଥା ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ଥାଏ ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀ ପାଇଁ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପିର ମାତ୍ରା ସର୍ବାଧିକ ଏବଂ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଛି ଶୂନ୍ୟ ।

$\Delta S = 0$ (ସାମ୍ୟବସ୍ଥାରେ)

12.4 ପ୍ରାବସ୍ଥା ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣରେ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପିର ପରିବର୍ତ୍ତନ

ଘନ ପଦାର୍ଥର ଗଳନାଙ୍କରେ ଘନ ପଦାର୍ଥ ତରଳରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ବରଫ 273K ତାପମାତ୍ରାରେ ତରଳେ ଏବଂ ସେହି ତାପମାତ୍ରାରେ ଜଳ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ।

$$H_2O(s) \xrightarrow{273K} H_2O(l)$$

ଏକ ମୋଲ୍ ଘନପଦାର୍ଥ ତାର ଗଳନାଙ୍କରେ ତରଳରେ ପରିଣତ ହେଲେ ତାପର ଯେଉଁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ତାହାକୁ ବିଗଳନ ଏନ୍‌ଥାଲପି କୁହାଯାଏ । ଏହା ପ୍ରତୀକ $\Delta_{fus}H$ ଦ୍ୱାରା ସୂଚୀତ କରାଯାଏ । ବିଗଳନ ଏନ୍‌ଥାଲପି ($\Delta_{fus}H$) ଏବଂ ବିଗଳନ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ($\Delta_{fus}S$)ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସଂପର୍କ ନିମ୍ନ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

$$\Delta_{fus}S = \frac{\Delta_{fus}H}{T} \quad (\because \text{ ସ୍ଥିର ଚାପରେ } q_{rev} = \Delta_{fus}H)$$

ସେହିଭଳି $H_2O(l) \xrightarrow{373K} H_2O(g)$ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପାଇଁ $\Delta_{vap}S = \dfrac{\Delta_{vap}H}{T}$,

ଯେତେବେଳେ T ହେଉଛି ତରଳର ସ୍ଫୁଟନାଙ୍କ ।

ଉଦାହରଣ 12.1 : 373K ରେ ଜଳ ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ ହେଲେ ଏନ୍‌ଥାଲ୍‌ପିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଛି 40.8 kJ mol^{-1} । ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାର ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ସମାଧାନ : $H_2O(l) \xrightarrow{373K} H_2O(g)$

$$\Delta_{vap}S = \frac{\Delta_{vap}H}{T}$$

$$= \frac{40.8\,\text{kJ mol}^{-1}}{373\text{K}} = 0.109\,kJ\,K^{-1}mol^{-1}$$

$$= 109\,\text{J K}^{-1}\,\text{mol}^{-1}$$

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 12.1

1. 273K ରେ ବରଫ ଜଳରେ ପରିଣତ ହେଲେ ଏନ୍‌ଥାଲ୍‌ପିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଛି 6.02 kJ mol^{-1} । ଏହି ପ୍ରକିୟା ପାଇଁ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

   ....

2. ନିମ୍ନଲିଖିତ ବ୍ୟବସ୍ଥାମାନଙ୍କୁ ସେମାନଙ୍କର ବର୍ଦ୍ଧିତ ବିଶୃଙ୍ଖଳା କ୍ରମରେ ସଜାଅ ।

(i) 1 ମୋଲ୍ ଗ୍ୟାସ A

(ii) 1 ମୋଲ ଘନ A

(iii) 1 ମୋଲ ତରଳ A

....

3. ନିମ୍ନଲିଖିତ ବ୍ୟବସ୍ଥାମାନଙ୍କର ଏନ୍ଟ୍ରୋପି ବଢ଼ିବ ନା କମିବ ? ତୁମେ ଯାହା ଆଶା କରୁଛ ଦର୍ଶାଅ ।

(a) $2SO_2$ (g) + O_2 (g) → 2 SO_3 (g)

(b) N_2 (g) + 3 H_2(g) → $2NH_3$ (g)

(c) O_2(g) → 2 O(g)

....

12.5 ପରମ ଏନ୍ଟ୍ରୋପି

ଯଦି ଏକ ବସ୍ତୁର ତାପମାତ୍ରା ବଢ଼ାଇ ଦିଆଯାଏ, ତେବେ ତାର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ, କାଂପନିକ ଓ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଗତି ଅଧିକ ତୀବ୍ର ହୁଏ । ଏହା ଫଳରେ ଅଧିକ ବିଶୃଙ୍ଖଳା ସୃଷ୍ଟିହୁଏ ଏବଂ ବସ୍ତୁର ଏନ୍ଟ୍ରୋପି ବଢ଼ିଯାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିହେଲେ ବସ୍ତୁର ଏନ୍ଟ୍ରୋପି ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ତାପମାତ୍ରା କମାଇ ଦେଲେ ଏନ୍ଟ୍ରୋପି କମିଯାଏ । Walther Nernst ଙ୍କ ନିୟମାନୁସାରେ ଯେତେବେଳେ ତାପମାତ୍ରା ପରମଶୂନ୍ୟ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ହୁଏ ସେତେବେଳେ ଶୁଦ୍ଧ ଓ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍ଫଟିକାକାର ପଦାର୍ଥର ଏନ୍ଟ୍ରୋପି ଶୂନ୍ୟର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ହୁଏ । ଏହାକୁ ତାପଗତିକ ବିଜ୍ଞାନର ତୃତୀୟ ନିୟମ କୁହାଯାଏ । ଏହି ତୃତୀୟ ନିୟମ ବିଭିନ୍ନ ତାପମାତ୍ରାରେ ବସ୍ତୁର ମୋଲାର ଏନ୍ଟ୍ରୋପିର ପରମମୂଲ୍ୟ (Sm) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାରେ ଆମକୁ ସାହାଯ୍ୟ କରେ । 273K ତାପମାତ୍ରାରେ କିଛି ବସ୍ତୁର ମାନକ ମୋଲାର ଏନ୍ଟ୍ରୋପି ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ହେଲା । (Table 12.1)

Table 12.1 : 298 k ତାପମାତ୍ରାରେ ମାନକ ମୋଲାର ଏନ୍ଟ୍ରୋପି ($S_m^0 / JK^{-1}\, mol^{-1}$)

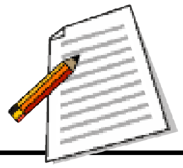
ଘନ	ଏନ୍ଟ୍ରୋପି	ତରଳ	ଏନ୍ଟ୍ରୋପି	ଗ୍ୟାସ	ଏନ୍ଟ୍ରୋପି
C (graphite)	5.7	H_2O	69.9	H_2	130.7
C (diamond)	2.4	Hg	76.0	O_2	205.1
Fe	27.3	C_2H_5OH	160.7	N_2	191.6
Pb	64.8	C_6H_6	173.3	CO_2	213.7
Cu	33.1	CH_3COOH	159.8	NO_2	240.1
Al	96.2			N_2O_4	304.3
$C_{12}H_{22}O_{11}$	360.8			NH_3	192.3
$CaCO_3$	92.9			CH_4	186.2

ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ ଏନ୍ଟ୍ରୋପିର ପରିବର୍ତ୍ତନ

ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ମାନକ ଏନ୍ଟ୍ରୋପିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ପରମ ଏନ୍ଟ୍ରୋପି ମୂଲ୍ୟକୁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ । ପ୍ରତିକାରକମାନଙ୍କର ମାନକ ଏନ୍ଟ୍ରୋପି ମୂଲ୍ୟକୁ, ଉତ୍ପାଦମାନଙ୍କର ମାନକ ଏନ୍ଟ୍ରୋପି ମୂଲ୍ୟରୁ ବିୟୋଗ କଲେ ପରମ ଏନ୍ଟ୍ରୋପି ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଯାଇପାରିବ ।

ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ସାର୍ବଜନୀନ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାକୁ ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଉ ।

$$aA + bB + \ldots\ldots \rightarrow pP + qQ + \ldots\ldots$$



ଟିପ୍ପଣୀ

ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ମାନକ ଏନ୍‌ଥାଲପି $\Delta S_m^0 = [pS_m^0(P) + qS_m^0(Q) + ...] - [aS_m^0(A) + bS_m^0(B) + ...]$

$$\Rightarrow \Delta S_m^0 = \sum S_m^0 \text{ (ଉତ୍ପାଦ) } - \sum S_m^0 \text{ (ପ୍ରତିକାରକ)}$$

ଉଦାହରଣ 12.2 : ନିମ୍ନୋକ୍ତ 298K ତାପମାତ୍ରାରେ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \longrightarrow 2Fe_2O_3(s)$$

ଦତ୍ତ : 298K ତାପମାତ୍ରାରେ Fe(s), $O_2(g)$ ଓ $Fe_2O_3(s)$ ର ମାନକ ମୋଲାର ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ଯଥାକ୍ରମେ 27.3, 205.0 ଓ 87.4 JK^{-1} mol^{-1}

ସମାଧାନ : $4Fe(s) + 3O_2(g) \longrightarrow 2Fe_2O_3(S)$

$$\Delta S_m^0 = \sum S_m^0 \text{ ଉତ୍ପାଦ) } - \sum S_m^0 \text{ (ପ୍ରତିକାରକ)}$$

$$= 2S_m^0 (Fe_2O_3) - [4S_m^0 (Fe) + 3S_m^0(O_2)]$$

$$= [2 \times 87.4 - (4 \times 27.3 + 3 \times 205.0)] JK^{-1} mol^{-1}$$

$$= -549.4 \ JK^{-1} mol^{-1}$$

12.6 ଗିବ୍‌ସ ଶକ୍ତି ଓ ସ୍ୱତଃବୃତ୍ତି

ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପାଇଁ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ସମୀକରଣକୁ ଆମର ମୌଳିକ ସର୍ତ୍ତ ଭାବେ ବ୍ୟବହାର କରିପାରିବା ।

$$\Delta S_{univ} = \Delta S_{total} = \Delta S_{systemv} + \Delta S_{surronding} > 0 \quad \text{.......................... (12.4)}$$

କିନ୍ତୁ ଏହାକୁ ବ୍ୟବହାର କରିବା ଅତ୍ୟନ୍ତ କଠିନ କାରଣ ଆମକୁ ସମୁଦାୟ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ପଡ଼ିବ ଯାହା ବ୍ୟବସ୍ଥା ଓ ପରିବେଶର ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ପରିବର୍ତ୍ତନର ସମଷ୍ଟି । ଏହା ଏକ ବିରକ୍ତିକର ପ୍ରକ୍ରିୟା, ଯେହେତୁ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଓ ପରିବେଶ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ଚିହ୍ନଟ କରିବା ଏକ କଠିନ ପ୍ରଣାଳୀ ।

ତେଣୁ ଯେଉଁ ପ୍ରଣାଳୀ ପରିବେଶ ଠାରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ନୁହେଁ ତା'ପାଇଁ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ ।

$$\Delta S_{total} = \Delta S_{system} + \Delta S_{surroundings} \quad \text{.......................... (12.5)}$$

ସ୍ଥିର ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ ଯଦି ବ୍ୟବସ୍ଥା ପରିବେଶକୁ q_p ପରିମାଣର ତାପ ଛାଡ଼େ ତେବେ ଆମେ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ସମୀକରଣକୁ ବ୍ୟବହାର କରିପାରିବା ।

$$\Delta S_{surroundings} = \frac{-q_p}{T} = \frac{-\Delta H_{system}}{T} \quad \text{.......................... (12.6)}$$

(ଯେହେତୁ ସ୍ଥିର ଚାପରେ $q_p = \Delta H$)

ସମୀକରଣ (12.6)ର ମୂଲ୍ୟକୁ ସମୀକରଣ (12.5)ରେ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ଉପଲବ୍ଧ ହୁଏ ।

$$\Delta S_{total} = \Delta S_{system} - \frac{\Delta H_{system}}{T}$$

$$\Rightarrow T\,\Delta S_{total} = T\,\Delta S_{system} - \Delta H_{system}$$

କିମ୍ବା, $-T\,\Delta S_{total} = \Delta H_{system} - T\,\Delta H_{system}$ .... (12.7)

ଆସନ୍ତୁ ଆମେ ବର୍ତ୍ତମାନ ଅନ୍ୟ ଏକ ତାପଗତିକ ଧର୍ମ, ଗିବ୍‌ସ ଶକ୍ତିର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରିବା । ଏହି ସଂଜ୍ଞାର ଗାଣିତିକ ସୂତ୍ର ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ହେଲା ।

$G = H - TS$ .... (12.8)

ଗିବ୍ସ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ପାଇଁ ଆମେ ଲେଖୁ $\Delta G = \Delta H - \Delta (TS)$

$\Rightarrow \Delta G = \Delta H - T\Delta S - S\Delta T$

ପରିବର୍ତ୍ତନ ସମୟରେ ଯଦି ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରହେ ତେବେ, $\Delta T = 0$

$\therefore \ \Delta G = \Delta H - T\Delta S$ .... (12.9)

ଯେହେତୁ H, T ଓ S ହେଉଛନ୍ତି ଅବସ୍ଥା ଫଳନ ତେଣୁ ଆମେ କହିପାରିବା ଯେ H ମଧ୍ୟ ଅବସ୍ଥା ଫଳନ ।

ସମୀକରଣ (12.7) ଓ (12.9) କୁ ତୁଳନା କଲେ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ସମୀକରଣଟି ଉପଲବ୍ଧ ହେବ ।

$\Delta G = -T\Delta S_{total}$ .... (12.10)

ଆମେ ଜାଣିଛେ ଯେ ଯଦି ΔS ଧନାତ୍ମକ ହୁଏ ତେବେ ପରିବର୍ତ୍ତନଟି ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ହେବ ।

ΔG ମୂଲ୍ୟକୁ ଭିତ୍ତିକରି ପ୍ରଣାଳୀର ସ୍ୱତଃବୃତ୍ତି ସଂପର୍କରେ ପୂର୍ବ ସୂଚନା ଦେବାପାଇଁ ସମୀକରଣ (12.10)କୁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ ।

ଗିବ୍ସ ଶକ୍ତିର ସୁଫଳ ହେଉଛି ଯେ ଏହା କେବଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାକୁ ସୂଚୀତ କରିଥାଏ ।

ସ୍ଥିର ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ ସଂଘଟିତ ଏକ ପ୍ରଣାଳୀ ପାଇଁ

ଯଦି $\Delta G < 0$ (ଋଣାତ୍ମକ) ତେବେ ପ୍ରଣାଳୀ ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ

$\Delta G > 0$ (ଧନାତ୍ମକ) ତେବେ ପ୍ରଣାଳୀ ଅଣସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ

$\Delta G = 0$ (ଶୂନ୍ୟ) ତେବେ ପ୍ରଣାଳୀ ସାମ୍ୟବସ୍ଥାରେ ଅଛି ।

ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ସ୍ୱତଃବୃତ୍ତି ସ୍ଥିର କରିବା ସମୟରେ ସମୀକରଣ, $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, ଦୁଇଟି ଗୁଣକକୁ ବିଚାରକୁ ନିଏ । ଗୋଟିଏ ଗୁଣକ ହେଲା ଶକ୍ତି, ΔH ଏବଂ ଅନ୍ୟଟି ହେଲା ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି, ΔS । ΔH ଓ ΔS ର ଚିହ୍ନକୁ ଭିତ୍ତି କରି ΔG ପାଇଁ ଚାରିଗୋଟି ସମ୍ଭାବନା ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଏହିସବୁ ସମ୍ଭାବନା ଟେବୁଲ୍ (12.2) ରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ହେଲା ।

ସାରଣୀ 12.2 ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀ ପାଇଁ ମାନଦଣ୍ଡ : $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

କ୍ରମାଙ୍କ	ΔH	ΔS	ΔG	ଫଳାଫଳ
1	–	+	–	ସମସ୍ତ ତାପମାତ୍ରାରେ ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ
2	–	–	–	ନିମ୍ନ ତାପମାତ୍ରାରେ ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ
			+	ଉଚ୍ଚ ତାପମାତ୍ରାରେ ଅଣସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ
3	+	+	+	ନିମ୍ନ ତାପମାତ୍ରାରେ ଅଣସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ
			–	ଉଚ୍ଚ ତାପମାତ୍ରାରେ ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ
4	+	–	+	ସମସ୍ତ ତାପମାତ୍ରାରେ ଅଣସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ

ଉଦାହରଣ 12.3 :

$2NO\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow 2\,NO_2\,(g)$

ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ 700K ରେ $\Delta_r G$ ର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କର, ଯେତେବେଳେ ଏନ୍‌ଥାଲପି ଓ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଯଥାକ୍ରମେ $-113.0\,kJ\,mol^{-1}$ ଓ $-145.0\ JK^{-1}\,mol^{-1}$

ସମାଧାନ : ଦତ୍ତ : $\Delta H = -113.0\ kJ\,mol^{-1}$

$$\Delta S = -145\ JK^{-1}\,mol^{-1} = -145 \times 10^{-3}\,kJ\ K^{-1}mol^{-1}$$

$$T = 700\,K$$

ଆମେ ଜାଣିଛେ ଯେ $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$$\therefore \Delta G = -113.0 kJ\,mol^{-1} - 700\,K\left(-145\times10^{-3}\,kJ\,K^{-1}\,mol^{-1}\right)$$

$$= -113.0 kJ\,mol^{-1} + 101.5\,kJ\,mol^{-1}$$

$$= -11.5\ kJ\,mol^{-1}$$ (ଉତ୍ତର)

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 12.2

1. $CCl_4(l) + H_2(g) \rightarrow HCl\,(g) + CHCl_3\,(l)$

   ଯଦି $\Delta_r H$ = 91.35 KJ mol^{-1} ଓ $\Delta_r S$ = 41.5 JK^{-1} mol^{-1} ହୁଏ, ତେବେ 298K ରେ ଉପରୋକ୍ତ ପତିକ୍ରିୟାଟି ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ କି ନାହିଁ ସ୍ଥିର କର ।

   ....

2. ନିମ୍ନଲିଖିତ ସର୍ତ୍ତମଧ୍ୟରୁ କେଉଁ ସର୍ତ୍ତଟି ପୂର୍ବ ସୂଚନାଦେବ ଯେ ପ୍ରଣାଳୀଟି ସର୍ବଦା ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ।

   (i) $\Delta H > 0,\ \Delta S > 0$

   (i) $\Delta H > 0,\ \Delta S < 0$

   (i) $\Delta H < 0,\ \Delta S > 0$

   (i) $\Delta H < 0,\ \Delta S < 0$

....

12.7 ମାନକ ଗିବ୍ସ ଶକ୍ତି ପରିବର୍ତ୍ତନ (ΔG^0) ଏବଂ ସାମ୍ୟ ଧ୍ରୁବକ (K)

ଯେଉଁ ପ୍ରଣାଳୀରେ ପ୍ରତିକାରକମାନେ ଉତ୍ପାଦରେ ପରିଣତ ହେବାବେଳେ ସେମାନଙ୍କର ମାନକ ସ୍ଥିତିରେ ଥାଆନ୍ତି ସେତେବେଳେ ଗିବ୍ସ ଶକ୍ତି ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ମାନକ ଗିବ୍ସ ଶକ୍ତି ପରିବର୍ତ୍ତନ କୁହାଯାଏ । ଏହା ପ୍ରତୀକ $\Delta_r G^0$ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । $\Delta_r G^0$ ମୂଲ୍ୟ ବସ୍ତୁର ମାନକ ନିର୍ମାଣ ଗିବ୍ସ ଶକ୍ତିରୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହେବ ।

ସଂଜ୍ଞା : ମୌଳିକମାନେ ସେମାନଙ୍କର ମାନକ ସ୍ଥିତିରେ ଥାଇ ଏକ ମୋଲ ଯୌଗିକ ସୃଷ୍ଟିକଲେ ଗିବ୍ସ ଶକ୍ତିର ଯେଉଁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ତାହାକୁ ମାନକ ନିର୍ମାଣ ଗିବ୍ସ ଶକ୍ତି କୁହାଯାଏ । ମୌଳିକ ମାନଙ୍କର ନିର୍ମାଣ ଏନ୍‌ଥାଲପି ଭଳି ମୌଳିକମାନଙ୍କର ମାନକ ନିର୍ମାଣ ଗିବ୍ସ ଶକ୍ତି ସେମାନଙ୍କର ମାନକ ସ୍ଥିତିରେ ଶୂନ୍ୟ ବୋଲି ଗ୍ରହଣ କରାଯାଇଛି ।

ଗୋଟିଏ ସାଧାରଣ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ

$aA + bB + \rightarrow pP + qQ +$.........

ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ

$$\Delta_r G^0 = \left(p\Delta_r G_p{}^0 + q\Delta_r G_q{}^0 + ...\right) - \left(a\Delta_f G_A{}^0 + b\Delta_f G_B{}^0 + ...\right)$$

$$\Delta_r G^0 = \sum \Delta_f G^0 \text{ (ଉତ୍ପାଦ)} - \sum \Delta_f G^0 \text{ (ପ୍ରତିକାରକ)}$$

ମାନକ ଗିବ୍‌ସ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ($\Delta_r G^0$) ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ସାମ୍ୟଧ୍ରୁବକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସଂପର୍କ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

$$\Delta_r G^0 = -RT \ln K = -2.303 RT \log K$$

ଉଦାହରଣ 12.4 :

$$P(s) + \frac{3}{2} Cl_2(g) \rightarrow PCl_3(g)$$

ଉପରୋକ୍ତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ 500K ତାପମାତ୍ରାରେ ସାମ୍ୟଧ୍ରୁବକର ମୂଲ୍ୟ ହେଉଛି 2.00×10^{24} । $\Delta_r G^0$ ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କର ।

ସମାଧାନ : ଦତ୍ତ : K = 2.00×10^{24}
T = 500 K

$$\therefore \ \Delta_r G^0 = -2.303 \times 8.314 \ JK^{-1} mol^{-1} \times 500K \times \log 2 \times 10^{24}$$

$$= -2.303 \times 8.314 \times 500 \times 24.30 \ J\,mol^{-1}$$

$$= -232637 \ J\,mol^{-1}$$

$$= -232.64 \ kJ\ mol^{-1}$$

ଉଦାହରଣ 12.5 : 298K ତାପମାତ୍ରାରେ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ମାନକ ଗିବ୍‌ସ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$$

ପ୍ରଦତ୍ତ ତଥ୍ୟ ଅନୁଯାୟୀ 298K ତାପମାତ୍ରାରେ CH_4, CO_2 ଓ H_2O ମାନକ ନିର୍ମାଣ ଗିବ୍‌ସ ଶକ୍ତି ଯଥାକ୍ରମେ –50.8 kJ mol^{-1}, 394.4 kJ mol^{-1} ଓ –237.2 kJ mol^{-1} ।

ସମାଧାନ : $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$

ଆମେ ଜାଣିଛେ ଯେ $\Delta_r G^0 = \sum \Delta_f G^0$ (ଉତ୍ପାଦ) $- \sum \Delta_f G^0$ (ପ୍ରତିକାରକ)

$$\therefore \ \Delta_r G^0 = \left[\Delta_f G^0(CO_2) + 2\Delta_f G^0(H_2O)\right] - \left[\Delta_f G^0(CH_4) + 2\Delta_f G^0(O_2)\right]$$

$$= \left[-394.4 + 2 \times (-273.2)\right] - \left[-50.8 + 2(0)\right] kJ\ mol^{-1}$$

$$= \left[-868.8 + 50.8\right] kJ\ mol^{-1}$$

$$= -818 \ kJ\ mol^{-1}$$

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 12.3

1. ମାନକ ଗିବ୍‌ସ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ସାମ୍ୟଧ୍ରୁବକ ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ କଣ ?

   ....

2. $CO(g) + 2H_2(g) \rightarrow CH_3OH(l)$

   298K ତାପମାତ୍ରାରେ ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ ମାନକ ଗିବ୍‌ସ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ମୂଲ୍ୟ ହେଉଛି –24.8 kJ mol^{-1} । 298K ତାପମାତ୍ରାରେ ସାମ୍ୟ ଧ୍ରୁବକ (K)ର ମୂଲ୍ୟ କେତେ ?

   ....

ଟିପ୍ପଣୀ

ତୁମେ କ'ଣ ଶିଖିଲ :

- ସମସ୍ତ ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀର ବିଶୃଙ୍ଖଳା ବଢ଼ିଥାଏ ।
- ଗୋଟିଏ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଅବ୍ୟବସ୍ଥା ସହିତ ଯେଉଁ ତାପଗତିଜ ଫଳନ ଜଡ଼ିତ ତାହାକୁ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି (S) କୁହାଯାଏ ।
- ଗୋଟିଏ ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପାଇଁ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଓ ପରିବେଶର ସାମଗ୍ରିକ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିଶ୍ଚୟ ବଢ଼ିବ ।
- G = H – TS, ଏହା ଗିବ୍‌ସ ଶକ୍ତିର ସଂଜ୍ଞା ।
- ସ୍ଥିର ତାପମାତ୍ରାରେ ଗିବ୍‌ସ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଓ ଏନ୍‌ଥାଲପି ଏବଂ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

  ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପାଇଁ ଗିବ୍‌ସ ଶକ୍ତିର ହ୍ରାସ ହୁଏ, ଅର୍ଥାତ୍ $\Delta G < 0$, ସାମ୍ୟବସ୍ଥାରେ $\Delta G = 0$

  ମାନକ ଗିବ୍‌ସ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଓ ସାମ୍ୟ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସଂପର୍କ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

  $\Delta G = -2.303\ RT\ \log K$

- ମାନକ ଗିବ୍‌ସ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

  $\Delta_r G^0 = \sum \Delta_f G^0$ (ଉତ୍ପାଦ) $- \sum \Delta_f G^0$ (ପ୍ରତିକାରକ)

ପାଠ୍ୟାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନ

1. ବ୍ୟବସ୍ଥାର ବିଶୃଙ୍ଖଳାକୁ କଣ କୁହାଯାଏ ?
2. ନିମ୍ନଲିଖିତ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପ୍ରଣାଳୀ ପାଇଁ ΔS ର ଚିହ୍ନ ପାଇଁ ପୂର୍ବ ସୂଚନା ଦିଅ ।

   (i) $H_2(g) \rightarrow 2H(g)$

   (ii) $O_2(g)\ 300K) \rightarrow O_2(g)\ 500K)$
3. କୌଣସି ଏକ ପ୍ରଣାଳୀର ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ଏନ୍‌ଟ୍ରେପି ଏକ ଉତ୍ତମ ମାନଦଣ୍ଡ ନୁହେଁ କାହିଁକି ବୁଝାଅ ।
4. ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପିର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କର ।
5. ସାମ୍ୟବସ୍ଥାରେ ଏନ୍‌ଥାଲପି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଓ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ପରିବର୍ତ୍ତନ ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ କ'ଣ ?
6. $O_3(g) + O(g) \rightarrow 2O_2(g)$

   ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ 298K ତାପମାତ୍ରାରେ $\Delta_r H = -391.9 kJ\ mol^{-1}$ ଓ $\Delta_r S = 10.3 JK^{-1}\ mol^{-1}$ । ପ୍ରଦତ୍ତ ତାପମାତ୍ରାରେ $\Delta_r G$ ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କର ଏବଂ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାଟି ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ କି ନୁହେଁ ଦର୍ଶାଅ ।
7. ନିମ୍ନୋକ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀ ପାଇଁ $\Delta_r G$ ମୂଲ୍ୟର କି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ଦର୍ଶାଅ ।

(a) ସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀ

(b) ଅଣସ୍ୱତଃ ପ୍ରବୃତ୍ତ ପ୍ରଣାଳୀ

(c) ସାମ୍ୟବସ୍ଥାରେ ଥିବା ପ୍ରଣାଳୀ

8. 298K ତାପମାତ୍ରାରେ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର $\Delta_r G^0$ ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$$2NO_2(g) \rightarrow N_2O_4(g)$$

ଦତ୍ତ : $\Delta_r H = -57.20\,kJ\ mol^{-1}$ ଓ $\Delta_r S = -175.8\,JK^{-1}\ mol^{-1}$ । ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାଟି ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ କି ?

9. 298K ତାପମାତ୍ରାରେ ମାନକ ନିର୍ମାଣ ଗିବ୍ସ ଶକ୍ତି $NH_4Cl(s)$ ପାଇଁ $-202.85\,\text{kJ mol}^{-1}$, $NH_3(g)$ ପାଇଁ $-16.45\,kJ\ mol^{-1}$ ଏବଂ $HCl(g)$ ପାଇଁ $-95.3\,kJ\ mol^{-1}$

(a) ନିମ୍ନୋକ୍ତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ $\Delta_r G^0$ ମୂଲ୍ୟ କେତେ ?

$$NH_4Cl(s) \rightarrow NH_3(g) + HCl(g)$$

(b) ଏହି ବିଘଟନ ପାଇଁ ସାମ୍ୟ ଧ୍ରୁବକର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

10. ନିମ୍ନୋକ୍ତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ 298K ତାପମାତ୍ରାରେ $\Delta_r G^0 = -103.7\ kJ\ mol^{-1}$

$$CCl_4(l) + H_2(g) \rightleftharpoons HCl(g) + CHCl_3(l)$$

ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ ସାମ୍ୟ ଧ୍ରୁବକର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର

12.1

1. $\Delta_{fus} S = \dfrac{\Delta_{fus} H}{T} = \dfrac{6.02\ kJ\ mol^{-1}}{273K} = \dfrac{6.02 \times 10^3\ J\,mol^{-1}}{273K}$

2. ଏକ ମୋଲ ଘନ, ଏକ ମୋଲ ତରଳ, ଏକ ମୋଲ ଗ୍ୟାସ

3. (a) କମିବ (b) କମିବ (c) ବଢ଼ିବ

12.2

1. $\Delta G = -103.7\,kJ$, ତେଣୁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାଟି ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ

2. (iii)

12.3

1. $\Delta G^0 = -2.303\,RT\ \log K$

2. 2.2×10^4

ଉଚ୍ଚତର ମାଧ୍ୟମିକ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ

ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନ

ବିଦ୍ୟାର୍ଥୀମାନଙ୍କ ନ୍ୟସ୍ତକାର୍ଯ୍ୟ - 3

ସର୍ବାଧିକ ମାର୍କ - 50 | **ସମୟ -** $1\frac{1}{2}$ *Hours*

ନିର୍ଦ୍ଦେଶାବଳୀ

- ପୃଥକ କାଗଜ ଫର୍ଦ୍ଦରେ ସମସ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ଦିଅ ।
- ତୁମ ଉତ୍ତର ଖାତାରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ତଥ୍ୟ ପ୍ରଦାନ କର ।
  - ନାମ
  - ରୋଲ ନମ୍ବର
  - ବିଷୟ
  - ନ୍ୟସ୍ତକାର୍ଯ୍ୟ ସଂଖ୍ୟା
  - ଠିକଣା
- ତୁମ ଅଧ୍ୟୟନକେନ୍ଦ୍ରରେ ବିଷୟ ଶିକ୍ଷକଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ତୁମର ନ୍ୟସ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟକୁ ଯାଞ୍ଚ କରିନିଅ, ଯାହାଫଳରେ ତୁମେ ତୁମ କାର୍ଯ୍ୟ ସମ୍ପାଦନ ବିଷୟରେ ସାକାରାତ୍ମକ ମତାମତ ପାଇପାରିବ ।

ତୁମର ନ୍ୟସ୍ତକାର୍ଯ୍ୟକୁ ରାଷ୍ଟ୍ରୀୟ ମୁକ୍ତ ବିଦ୍ୟାଳୟକୁ ପଠାଅ ନାହିଁ ।

1.(a) ନିମ୍ନଲିଖିତ ଦ୍ରବଣମାନଙ୍କର ଗୋଟିଏ ଲେଖାଏଁ ଉଦାହରଣ ଦିଅ ।

(i) ଘନରେ ତରଳ (ii) ଗ୍ୟାସରେ ଘନ

(b) ବ୍ରାଉନୀୟନ୍ ନୀତି କ'ଣ ?

(c) ନିମ୍ନଲିଖିତ କଲୟଡ଼୍‌ମାନଙ୍କର ଗୋଟିଏ ଲେଖାଏଁ ଉଦାହରଣ ଦିଅ ।

(i) ଘନରେ ତରଳ

(ii) ଗ୍ୟାସରେ ଘନ

(d) ଏକ ଯୌଗିକର ନିର୍ମାଣ ଏନ୍‌ଥାଲପିର ସଂଜ୍ଞା ଲେଖ ।

(e) ଅବସ୍ଥାଫଳନ କହିଲେ କ'ଣ ବୁଝ ? ଗୋଟିଏ ଉଦାହରଣ ଦିଅ ।

(f) ତାପଶୋଷୀ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ ପ୍ରତିକାରକର ଏନ୍‌ଥାଲପି, ଉତ୍ପାଦର ଏନ୍‌ଥାଲପି ଠାରୁ କମ୍ ନା ବେଶୀ ?

(g) ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପିର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କର ।

(h) ଅଣସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତି ପ୍ରଣାଳୀ ପାଇଁ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ମୁକ୍ତ ଶକ୍ତି କିଭଳି ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ ?

(i) ମୁକ୍ତ ଶକ୍ତି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଓ ସାମ୍ୟ ଧ୍ରୁବକ ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ କଣ ?

(j) K_P ଓ K_C ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସଂପର୍କ ପ୍ରତିପାଦନ କର ।

2.(a) ଆଦର୍ଶ ଦ୍ରବଣ କହିଲେ କ'ଣ ବୁଝ ? ଗୋଟିଏ ଉଦାହରଣ ଦିଅ ।

(b) ଅଣୁସଂଖ୍ୟା ଧର୍ମ କହିଲେ କଣ ବୁଝ ? ଏହିଭଳି ଦୁଇଟି ଧର୍ମର ନାମ ଲେଖ ।

(c) ଲାୟୋଫିଲିକ୍ ଓ ଲାୟୋଫୋବିକ୍ କଲୟଡ଼୍ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ । ପ୍ରତ୍ୟେକଟିର ଗୋଟିଏ ଲେଖାଏଁ ଉଦାହରଣ ଦିଅ ।

(d) କଲୟଡ଼ାଲ୍ କଣିକାମାନଙ୍କର ଚାର୍ଯ୍ୟର କାରଣ କଣ ?

(e) ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ΔH ଓ ΔE ମଧରେ ଥିବା ସଂପର୍କ ଦର୍ଶାଅ ।

(f) ସଂବୃତ୍ତ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଓ ବିଭିନ୍ନ ବ୍ୟବସ୍ଥା କହିଲେ କ'ଣ ବୁଝ ?

(g) ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ବଢିବ କି କମିବ ଦର୍ଶାଅ ।

(i) $H_2O\,(l) \rightarrow H_2O\,(s)$

(ii) $H_2(300\,K) \rightarrow H_2(150\,K)$

(iii) $3O_2(g) \rightarrow 2O_3(g)$

(iv) $I_2(g) \rightarrow I_2(s)$

(h) 300K ତାପମାତ୍ରାରେ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିଣ୍ଣୟ କର ।

$2H_2(g)+O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$

ଦତ୍ତ : $H_2(g), O_2(g)$ ଓ $H_2O(l)$ ର ମାନକ ଏନ୍‌ଟ୍ରୋପି ଯଥାକ୍ରମେ

128.6 $JK^{-1}\,mol^{-1}$, 201.2$JK^{-1}\,mol^{-1}$ ଓ 68.0 $JK^{-1}\,mol^{-1}$

(i) ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାର ଲକ୍ଷଣମାନ କ'ଣ ?

(j) ଗନ୍ଧକର S_8 ସ୍ଥିତିକୁ 900K ତାପମାତ୍ରାରେ ଉତ୍ତପ୍ତ କରି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାକୁ ଆଣିଲେ ତାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଚାପ 1 atm ରୁ 0.299 atmକୁ କମିଯାଏ । ଏହାର କାରଣ କିଛି ଗନ୍ଧକ S_8 ସ୍ଥିତିରୁ S_2 ସ୍ଥିତିକୁ ପରିଣତ ହୁଏ । ସାମ୍ୟଧ୍ରୁବକ K_p ର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କର ।

3.(a) 29 ଗ୍ରାମ୍ ବେନ୍‌ଜିନ୍‌ରେ 0.4 ଗ୍ରାମ୍ ପଦାର୍ଥ ଦ୍ରବୀଭୂତ ହେଲେ ଦ୍ରବଣର ଗଳନାଙ୍କ 0.75K ହ୍ରାସ ହୁଏ । ପଦାର୍ଥର ମୋଲାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ବେନ୍‌ଜିନ୍ ପାଇଁ K_f = 5.1K Kg mol^{-1}) । ଯଦି ବସ୍ତୁର ସାଧାରଣ ମୋଲାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ 68g mol^{-1} ହୁଏ ତେବେ ଦ୍ରବଣରେ ଏହାର ଆଣବିକ ସ୍ଥିତି କଣ ହେବ ?

(b) ସଂକ୍ଷେପରେ ବୁଝାଅ -

(i) ଧୂଆଁ କିପରି ଅବକ୍ଷେପିତ ହୁଏ ?

(ii) ରବରର କିପରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରାଯାଏ ?

(c) ନିମ୍ନୋକ୍ତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଏନ୍‌ଥାଲପି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$C_2H_4(g) + HCl\,(g) \rightarrow C_2H_5Cl(g)$

ପ୍ରଦତ୍ତ ବନ୍ଧଶକ୍ତିର ମୂଲ୍ୟ

C = C 615.1 kJ Mol^{-1} ; C - C 347.7 kJ Mol^{-1}

C - H 413.4 kJ Mol^{-1} ; H-Cl 431.8 kJ Mol^{-1}

C - Cl 328.4 kJ Mol^{-1} ;

(d) କେଉଁ ତାପମାତ୍ରା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ସ୍ୱତଃପ୍ରବୃତ୍ତ ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$$M_2O(s) \rightarrow 2M(s) + \frac{1}{2}O_2\,(g)$$

ଦତ୍ତ : $\Delta H^0 = 30\,kJ\,mol^{-1}$ ଏବଂ $\Delta S^0 = 70\,JK^{-1}\,mol^{-1}$

4.(a) 500 cm^3 ଜଳୀୟ ଦ୍ରବଣରେ 8 ଗ୍ରାମ୍ ଦ୍ୱିକ୍ଷାରୀୟ ଅମ୍ଳ ଅଛି । (ମୋଲାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ = 80g mol^{-1}) ଦ୍ରବଣର ସାନ୍ଧ୍ରତା 0.99 g cm^{-3} । ଦ୍ରବଣରେ ଅମ୍ଳର ମୋଲାରିଟି, ମୋଲାଲିଟି ଏବଂ ମୋଲ୍ ଅଂଶ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(b) 25 cm^3 ଉଦ୍‌ଜାନ ଓ 18 cm^3 ଆୟୋଡ଼ିନ ବାଷ୍ପକୁ ଏକ ନିବୁଜ ପାତ୍ରରେ 460^{0}C ତାପମାତ୍ରାରେ ଉତ୍ତପ୍ତ କରାଗଲା । ସାମ୍ୟବସ୍ଥାରେ 30.8 cm^3 HI ସୃଷ୍ଟି ହେଲା । HI ର ବିଭାଜନ ମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।