ଟିପ୍ପଣୀ

16

ରାସାୟନିକ ଗତିଜବିଜ୍ଞାନ

ତୁମେ ଜାଣିଛ ଯେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରକିୟାରେ ଗିବ୍‌ସ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନର ଜ୍ଞାନ ଆମକୁ ସୂଚାଇ ଦେଇପାରିବ, ସେହି ପ୍ରକ୍ରିୟାଟି ହୋଇପାରିବ କି ନାହିଁ, କିନ୍ତୁ ଗିବ୍‌ସ ଶକ୍ତିର ହ୍ରାସ, ପ୍ରକ୍ରିୟାର ଗତି ବିଷୟରେ କୌଣସି ସୂଚନା ହୋଇପାରିବ ନାହିଁ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ - ଉଦ୍‌ଜାନ ଓ ଅମ୍ଳଜାନ ମଧ୍ୟରେ ହେଉଥିବା ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଫଳରେ ଜଳ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୁଏ ଓ ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ଗିବ୍‌ସ ଶକ୍ତି ବହୁତ ମାତ୍ରାରେ କମିଯାଏ । ଉଦ୍‌ଜାନ ଓ ଅମ୍ଳଜାନକୁ ମିଶାଇ ବହୁତ ଦିନଧରି ରଖିଦେଲେ ମଧ ସେଥିରୁ ଜଳର ପ୍ରସ୍ତୁତିକୁ ତୁମେ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରିପାରିବ ନାହିଁ । ଅପର ପକ୍ଷରେ, କେତେକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଅଛି ଯେଉଁଗୁଡ଼ିକ ତତ୍‌କ୍ଷାଣାତ୍ ହୋଇଯାଆନ୍ତି । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଯେତେବେଳେ ସିଲ୍‌ଭର ନାଇଟ୍ରେଟ୍ ($AgNO_3$)ଦ୍ରବଣରେ ହାଇଡ୍ରୋକ୍ଲୋରିକ୍ ଅମ୍ଳ (HCl) ମିଶାଯାଏ, ତତ୍‌କ୍ଷାଣତ୍ ସିଲଭର୍ କ୍ଲୋରାଇଡ୍ (AgCl) ଅବକ୍ଷେପିତ ହୁଏ । ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ତୁମେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଗତି ବିଷୟରେ ପଢ଼ିବ, ଯେଉଁଗୁଡ଼ିକ ଖୁବ୍ ଧୀର ବା ଖୁବ୍ ତୀବ୍ର ଗତିରେ ହୁଅନ୍ତି ନାହିଁ । ତୁମେ ମଧ ପଢ଼ିବ ଯେ କେଉଁ କାରକ ଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଗତିକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରନ୍ତି ।

ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ

ଏହି ଅଧ୍ୟାୟଟି ପାଠ କରିବା ପରେ ତୁମେ :

- ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ବିଷୟରେ ବୁଝାଇ ପାରିବ;
- ହାରାହାରି ହାର ଓ ତତ୍‌କ୍ଷାଣିକ ହାର ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଇପାରିବ;
- ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରତିକାରକ ଓ ଉତ୍ପାଦର ସାନ୍ଦ୍ରତାର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ହାରାହାରି ଓ ତତ୍‌କ୍ଷଣିକ ହାର ସହ ସମ୍ବନ୍ଧୀତ କରିପାରିବ;
- ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରକୁ ପ୍ରଭାବିକ କରୁଥିବା କାରକ ମାନଙ୍କୁ ବୁଝାଇପାରିବ;
- ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ ହାର ନିୟମ ଓ ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରିପାରିବ;
- ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର କ୍ରମ ଓ ଅଣୁ ସଂଖ୍ୟତାର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରିପାରିବ;
- ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର କ୍ରମ ଓ ଅଣୁ ସଂଖ୍ୟତା ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଇପାରିବ;
- ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ନିୟମର ବ୍ୟୁତ୍ପତ୍ତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିପାରିବ ଓ ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁ କାଳର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରିପାରିବ;
- ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁ କାଳ ଓ ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ବନ୍ଧ ସ୍ଥାପନ କରିପାରିବ;
- ସମ୍ବନ୍ଧ ଗୁଡ଼ିକ ଉପଯୋଗ କରି ସଂଖ୍ୟାତ୍ମକ ପ୍ରଶ୍ନର ସମାଧାନ କରିପାରିବ;

- ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ଉପରେ ତାପମାତ୍ରାର ପ୍ରଭାବ ବୁଝାଇପାରିବ ଏବଂ
- Arrhenius ସମୀକରଣ ଓ ସକ୍ରିୟଣ ଶକ୍ତିକୁ ବୁଝାଇପାରିବ ।

16.1 ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ହାର

ଯେତେବେଳେ ପ୍ରତିକାରକମାନଙ୍କୁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟ ହେବାପାଇଁ ମିଶାଯାଏ, ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ଉତ୍ପାଦମାନେ ନଥାଆନ୍ତି, ଯେତେବେଳେ ସମୟ ଗଡ଼ିଚାଲେ, ଉତ୍ପାଦମାନଙ୍କର ସାନ୍ଦ୍ରତା ବଢ଼ିଚାଲେ ଓ ପ୍ରତିକାରକମାନଙ୍କର ସାନ୍ଦ୍ରତା କମିଚାଲେ । କୌଣସି ଏକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ହାରକୁ ସେହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ ପ୍ରତିକାରକ (ବା ଉତ୍ପାଦ)ର ସାନ୍ଦ୍ରତା ପ୍ରତି ଏକକ ସମୟରେ ହେଉଥିବା ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବୁଝାଏ ।

$$\text{ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର} = \frac{\text{ସାନ୍ଦ୍ରତାର ପରିବର୍ତ୍ତନ}}{\text{ଦରକାର ହେଉଥିବା ସମୟ}} \quad \text{(ପ୍ରତିକାରକ ବା ଉତ୍ପାଦର)}$$

$$= \frac{mol\ litre^{-1}}{Second} \left(\frac{\text{ମୋଲ୍ ଲିଟର}^{-1}}{\text{ସେକେଣ୍ଡ}}\right) = \text{mol litre}^{-1}\ \text{sec}^{-1}$$

ନିମ୍ନଲିଖିତ ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାଟିକୁ ବିଚାର କରାଯାଉ ।

$$2NO\ (g) + Br_2\ (g) \rightarrow 2NOBr\ (g)$$

ବିଭିନ୍ନ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ NOBr ର ମୋଲାର୍ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ବୃଦ୍ଧିକୁ ମପାଯାଇ ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ମପାଯାଇପାରିବ । ଆସ ଦେଖିବା ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରକୁ ଆମେ କିପରି ପରିପ୍ରକାଶ କରିପାରିବା । ତୁମେ ଜାଣିଛ ଯେ ଗୋଟିଏ ପଦାର୍ଥର ମୋଲାର୍ ସାନ୍ଦ୍ରତାକୁ ଏହି ପଦାର୍ଥର ସଂକେତକୁ ବର୍ଗାକାର ବନ୍ଧନୀରେ ରଖି ପରିପ୍ରକାଶ କରିହେବ ।

ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, [NOBr], NOBr ର ମୋଲାର ସାନ୍ଦ୍ରତାକୁ ପରିପ୍ରକାଶ କରେ ।

ମନେକର, $[NOBr]_1$,t_1 ସମୟରେ NOBr ର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଓ $[NOBr]_2$ t_2 ସମୟରେ NOBr ର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଅଟେ ।

ମୋଲାର ସାନ୍ଦ୍ରତାର ପରିବର୍ତ୍ତନ = $[NOBr]_2 - [NOBr]_1 = \Delta[NOBr]$

ଏପରି ପରିବର୍ତ୍ତନ ପାଇଁ ଦରକାର ହେଉଥିବା ସମୟ = $(t_2 - t_1) = \Delta t$

ତେଣୁ, NOBr ର ପ୍ରସ୍ତୁତି ହାର $= \dfrac{\Delta\ [NOBr]}{\Delta\ t}$

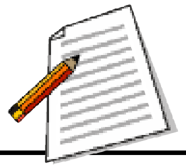
ଏହି ସମୀକରଣରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରକୁ NOBr ଆକାରରେ ପରିପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

ଯଦି NO ବା Br_2ର ମୋଲାର ସାନ୍ଦ୍ରତାର ହ୍ରାସକୁ ଆମେ ମାପିପାରିବା ତେବେ ଆମେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରକୁ NO ଆକାରରେ କିମ୍ବା Br_2 ସାହାଯ୍ୟରେ ଲେଖିପାରିବା । ତେଣୁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର $= \dfrac{-\Delta\ [NO]}{\Delta\ t}$

କିମ୍ବା ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ହାର $= \dfrac{-\Delta\ [Br_2]}{\Delta\ t}$

ତେଣୁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରକୁ ପ୍ରତିକାରକ ବା ଉତ୍ପାଦ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରକାଶ କରିପାରିବା ।

ଉପର ଲିଖିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ ଆମେ ଦେଖୁଯେ NO ର ଦୁଇମୋଲ୍ ବ୍ରୋମିନ୍‌ର ଏକମୋଲ ସହ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରେ । ତେଣୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ Δt ରେ NO ର ସାନ୍ଦ୍ରତା ପରିବର୍ତ୍ତନ ବ୍ରୋମିନ୍‌ର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଅପେକ୍ଷା ଦୁଇଗୁଣ । ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରତିକାରକ ବା ଉତ୍ପାଦ ଅନୁସାରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରକୁ ସମାନ କରିବାକୁ ହାର ବ୍ୟଞ୍ଜକକୁ (rate expression) ସନ୍ତୁଳିତ ସମୀକରଣରେ ଥିବା ରସ ସମୀକରଣ ମିତୀୟ ସଂଘଟନ ଗୁଣାଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଭାଗ କରାଯାଏ ।



ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ଏହି ସମୀକରଣରେ

$$2NO(g) + Br_2(g) \longrightarrow 2NOBr(g)$$

ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ, ପ୍ରତିକାରକ ଓ ଉତ୍ପାଦ ଅନୁସାରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରକୁ ନିମ୍ନପ୍ରକାର ପରିପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର $= +\frac{1}{2}\frac{\Delta [NOBr]}{\Delta t} = -\frac{1}{2}\frac{\Delta [NO]}{\Delta t} = \frac{-\Delta [Br_2]}{\Delta t}$

16.2 ହାରାହାରି ହାର ଓ ତାତ୍କ୍ଷଣିକ ହାର

ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ହାର ପ୍ରତିକାରକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯେତେବେଳେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଆଗେଇ ଚାଲେ, ପ୍ରତିକାରକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ହ୍ରାସ ଘଟେ ତେଣୁ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ସମୟରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ହାର କେବେହେଲେ ସ୍ଥିର ହୁଏନାହିଁ ।

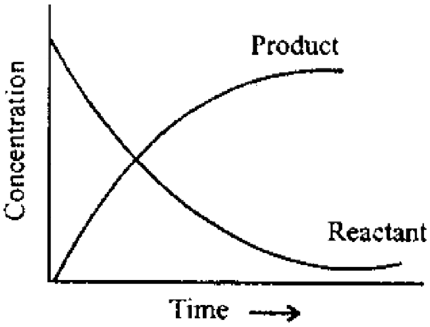
ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର = $\frac{\Delta [\text{concentration}]}{\Delta t}$; ଏହା ହାରାହାରି ହାରର ସୂଚନା ଦିଏ ।

ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, $\frac{\Delta [NOBr]}{\Delta t}$ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରାହାରି ହାର ଦର୍ଶାଏ ।

ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ତାତ୍କ୍ଷଣିକ ହାର ଦର୍ଶାଇବା ପାଇଁ Δt କୁ ପାଖାପାଖି ଶୂନ୍ୟ ଧରାଯାଏ,

ତେଣୁ $\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta [NOBr]}{\Delta t} = \frac{d[NOBr]}{dt}$

ଯେତେବେଳେ କୌଣସି ପ୍ରତିକାରକ ବା ଉତ୍ପାଦକର ସାନ୍ଦ୍ରତାକୁ ସମୟ ସହ ରେଖାଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କରାଯାଏ, ଏହା ନିମ୍ନଲିଖିତ ଚିତ୍ରପରି ହୋଇଥାଏ ।



ନିମ୍ନୋକ୍ତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ,

$$2N_2O_5(g) \longrightarrow 2NO_2(g) + O_2(g)$$

ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରାହାରି ହାର $= -\frac{1}{2}\frac{\Delta [N_2O_5]}{\Delta t} = \frac{1}{2}\frac{\Delta [NO_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta [O_2]}{\Delta t}$ ଏବଂ

ତାତ୍କ୍ଷଣିକ ହାର $= -\frac{1}{2}\frac{d[N_2O_5]}{dt} = \frac{1}{2}\frac{d[NO_2]}{dt} = \frac{d[O_2]}{dt}$

16.3 ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରୁଥିବା କାରକମାନେ

ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ନିମ୍ନଲିଖିତ କାରକମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ ।

1. **ପ୍ରତିକାରକମାନଙ୍କର ସାନ୍ଦ୍ରତା :** ସାଧାରଣତଃ ପ୍ରତିକାରକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ବଢ଼ିଲେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ବଢ଼ିଯାଏ ।
2. ତାପମାତ୍ରା : ଯେତେବେଳେ ତାପମାତ୍ରା ବଢ଼ାଇ ଦିଆଯାଏ, ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ବଢ଼ିଯାଏ ।
3. ଉତ୍ପ୍ରେରକର ଉପସ୍ଥିତି : ଏକ ଉତ୍ପ୍ରେରକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଦ୍ୱାରା ଖର୍ଚ୍ଚ ନହୋଇ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରକୁ ବଦଳାଇ ଦିଏ; କିନ୍ତୁ ନିଜର କିଛି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ ।

ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ : ଉଦ୍‌ଜାନ ଓ ଅମ୍ଳଜାନ ମଧ୍ୟରେ ହେଉଥିବା ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଅତ୍ୟନ୍ତ ଶିଥୀଳ; କିନ୍ତୁ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ଉତ୍ପ୍ରେରକର ଉପସ୍ଥିତିରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହୋଇଥାଏ ।

ତୁମେ ଏହି ପାଠରେ ନିମ୍ନ ଅନୁଚ୍ଛେଦରେ ଉତ୍ପ୍ରେରକର ପ୍ରଭାବକୁ ଅଧିକ ଟିକିନିଖି ଭାବରେ ପଢ଼ିବ ।

ଉଦାହରଣ 16.1 : ନିମ୍ନୋକ୍ତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରହାରି ହାର ଓ ତାତ୍କ୍ଷଣିକ ହାରକୁ ପ୍ରକାଶ କର ।

(i) ଆମୋନିଆ (NH_3)ର ପ୍ରସ୍ତୁତ ହାର

(ii) ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍ (N_2)ର ଲୋପ ହେବାର ହାର ଓ

(iii) ଉଦ୍‌ଜାନର ବିଲୋପ ହେବାର ହାରରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ହାର ରାଶିମାଳା (rate expression) ।

ସମାଧାନ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରକୁ ଏହି ପ୍ରକାରରେ ପରିପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

ଆମୋନିଆ ପ୍ରସ୍ତୁତିର ହାରହାରି ହାର $= \frac{\Delta [NH_3]}{\Delta t}$

ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍ ବିଲୋପର ହାରାହାରି ହାର $= \frac{-\Delta [N_2]}{\Delta t}$

ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍ ବିଲୋପର ହାରାହାରି ହାର $= \frac{-\Delta [H_2]}{\Delta t}$

ଆମୋନିଆ ପ୍ରସ୍ତୁତିର ତାତ୍କ୍ଷଣିକ ହାର $= \frac{d[NH_3]}{dt}$

ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍ ବିଲୋପର ତାତ୍କ୍ଷଣିକ ହାର $= \frac{-d[N_2]}{dt}$

ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍ ବିଲୋପର ତାତ୍କ୍ଷଣିକ ହାର $= \frac{-d[H_2]}{dt}$

ତିନୋଟି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରକୁ ସମାନ କରିବା ପାଇଁ, ସମତୁଲ ସମୀକରଣରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ହାରକୁ ତତ୍‌ସମ୍ବନ୍ଧୀ ପଦାର୍ଥର ଗୁଣାଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ବିଭାଜନ କର ।

ହାରାହାରି ହାର $= +\frac{1}{2} \frac{\Delta[NH_3]}{\Delta t} = -\frac{\Delta [N_2]}{\Delta t} = -\frac{1}{3} \frac{\Delta [H_2]}{\Delta t}$

ତାତ୍କ୍ଷଣିକ ହାର $= \frac{1}{2} \frac{d [NH_3]}{dt} = -\frac{d[N_2]}{dt} = -\frac{1}{3} \frac{d [H_2]}{dt}$

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 16.1

1. ମ୍ୟାଗ୍ନେସିୟମ୍ ଓ ହାଇଡ୍ରୋକ୍ଲୋରିକ ଅମ୍ଳ ମଧ୍ୟରେ ହେଉଥିବା ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରକୁ ପରିପ୍ରକାଶ କରିବା ପାଇଁ ନିମ୍ନଲିଖିତ କେଉଁ ଏକକ ବ୍ୟବହାର ହୁଏ ?

   (a) cm^{-1} s
   (b) cm^3 min^{-1}
   (c) cm^2 s^{-1}
   (d) mol dm^{-3} min^{-1}

   ....

2. ନିମ୍ନଲିଖିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ,

$$2NO_2(g) + F_2(g) \rightarrow 2NO_2F(g)$$

ହାରାହାରି ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ହାର ପାଇଁ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ଲେଖ ।

(a) NO_2F ପ୍ରସ୍ତୁତିର ହାର
(b) NO_2 ବିଲୋପର ହାର
(c) F_2 ବିଲୋପର ହାର
(d) ଉତ୍ପାଦର ପ୍ରସ୍ତୁତି ହାର ଓ ପ୍ରତିକାରକ ବିଲୋପ ହାର

....

3. ଉପରୋକ୍ତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ ଉତ୍ପାଦର ପ୍ରସ୍ତୁତି ଓ ପ୍ରତିକାରକର ବିଲୋପର ତାତ୍‌କ୍ଷଣିକ ହାର ପରିପ୍ରକାଶ କର ।

   ....

4. ଯେତେବେଳେ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଆୟତନ ବଢ଼ିଯାଏ, $CO(g) + NO_2(g) \rightarrow CO_2(g) + NO(g)$ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କାହିଁକି ବହୁତ ଧୀରେ ଧୀରେ ହୁଏ, ବୁଝାଅ ।

   ....

16.4 ସାନ୍ଦ୍ରତା ଉପରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ହାରର ନିର୍ଭରଶୀଳତା

ଯଦି ଆମେ ଗୋଟିଏ ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାକୁ ଅଧିକ ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଅନୁଶୀଳନ କରିବା, ଆମେ ଜାଣିବାକୁ ପାଇବା ଯେ ପ୍ରତିକାରକ ବ୍ୟୟ ହେବା ସହ ଏହାର ହାର ମଧ୍ୟ କମିଯାଏ । ତେଣୁ ଆମେ କହିପାରିବା ଯେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ଏହାର ସାନ୍ଦ୍ରତା ସହ ସମ୍ବନ୍ଧୀତ । ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ପ୍ରତିକାରକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ସହ ସିଧାସଳଖ ଭାବରେ ସମାନୁପାତୀ । ଉଦାହରଣ ପାଇଁ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାକୁ ବିଚାର କରାଯାଉ ।

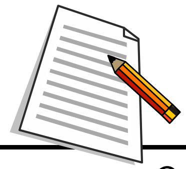
x A (g) + y B (g) → ଉତ୍ପାଦ ।

ସମତୁଲ ସମୀକରଣରେ x ଓ y ଯଥାକ୍ରମେ A ଓ B ର ଗୁଣାଙ୍କ ଅଟେ ।

ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର $\alpha [A]^x [B]^y$

ବା ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର $= k\ [A]^x [B]^y$

ଯେଉଁଠାରେ k ସମାନୁପାତୀ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଅଟେ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣଟିକୁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର 'ହାର ନିୟମ' (rate law) କୁହାଯାଏ ।

ହାରନିୟମର ସଂଜ୍ଞା : ***ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ଓ ପ୍ରତିକାରକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଗାଣିତିକ ସମ୍ବନ୍ଧକୁ 'ହାର ନିୟମ' କୁହାଯାଏ ।***

ଏଠାରେ ଲକ୍ଷ କରିବା କଥା ଏହି ଯେ x ଓ y ପ୍ରତିକାରକ A ଓ B ର ସମୀକରଣ ମିତ୍ରିୟ ଗୁଣାଙ୍କ ସହ ସମାନ ହେବା ନିତ୍ୟାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ନୁହେଁ । ହାର ନିୟମରେ ସ୍ଥିରାଙ୍କ k କୁ ହାରସ୍ଥିରାଙ୍କ କୁହାଯାଏ । ସାଂଖ୍ୟାତ୍ମକ ଦୃଷ୍ଟିରେ ଏହା ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ସହ ସମାନ ଅଟେ ଯଦି ସମସ୍ତ ସାନ୍ଦ୍ରତାକୁ ମାନକୁ ଏକକ ନିଆଯାଏ ।

$\therefore$ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର = k

ଏହାର ଅର୍ଥ ଏହାଯେ k ର ଅଧିକ ମୂଲ୍ୟ, ଦୃତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାକୁ ଓ କମ୍ ମୂଲ୍ୟ, ଧୀର ପ୍ରତିକ୍ରିୟାକୁ ସୂଚୀତ କରେ ।

ପ୍ରତ୍ୟେକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଏହାର ହାରସ୍ଥିରାଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଚିହ୍ନିତ ହୋଇଥାଏ, ଯାହାର ମୂଲ୍ୟ ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ କିନ୍ତୁ ପ୍ରତିକାରକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

16.5 ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର କ୍ରମ

ହାର ବ୍ୟଞ୍ଜକରେ (rate expression) ସାନ୍ଦ୍ରତା ପଦ ଉପରେ ଯେଉଁ ଘାତ ଦିଆଯାଇଥାଏ ତାହା ସେହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର କ୍ରମକୁ ବୁଝାଏ ।

ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ନିୟମରେ, ହାର $= k\,[A]^x\,[B]^y$

x ଓ y ର ମାନ ଯଥାକ୍ରମେ ପ୍ରତିକାରକ A ଓ B ଅନୁସାରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର କ୍ରମ ଅଟେ । ଘାତମାନଙ୍କର ସମଷ୍ଟି x ଓ y ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ କ୍ରମକୁ ଦର୍ଶାଏ ।

ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ, ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ମିଳୁଥିବା ହାର ନିୟମ ଏହି ପ୍ରକାର ଅଟେ ।

ହାର = $k\,[NO]^2\,[O_2]^1$

ଏଠାରେ 'NO' ଅନୁସାରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର କ୍ରମ 2 ଅଟେ ଓ O_2 ଅନୁସାରେ 1ଅଟେ । ଘାତମାନଙ୍କର ସମଷ୍ଟି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ କ୍ରମ ଅଟେ ।

ଉପରୋକ୍ତ ଉଦାହରଣରେ, ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ କ୍ରମ 2 + 1 = 3 ଅଟେ ।

ଏହା ମନେରଖିବା ଉଚିତ୍ ଯେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର କ୍ରମ ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ସ୍ଥିର କରାଯାଏ, କିନ୍ତୁ ଏହା ଏକ ସନ୍ତୁଳିତ ସମୀକରଣରେ ଥିବା ଗୁଣାଙ୍କ ମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ ।

$$2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$$

ଏଠାରେ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ କ୍ରମ 1 ଅଟେ ଓ ଏହାକୁ ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କୁହାଯାଏ । ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର କ୍ରମ 0, 1, 2, 3 ହୋଇପାରେ ଯାହାକୁ ଯଥାକ୍ରମେ ଶୂନ୍ୟକ୍ରମ, ପ୍ରଥମ କ୍ରମ, ଦ୍ୱିତୀୟ କ୍ରମ ଓ ତୃତୀୟ କ୍ରମ କୁହାଯାଏ । ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର କ୍ରମ ମଧ୍ୟ ଭଗ୍ନାଂଶ ହୋଇପାରେ, ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଇଥାନାଲ୍‌କୁ ମିଥେନ୍ ଓ କାର୍ବୋନ୍ ମନୋକ୍‌ସାଇଡ୍‌କୁ ବିଘଟନ ।

$$CH_3CHO(g) \xrightarrow{723\,K} CH_4(g) + CO(g)$$

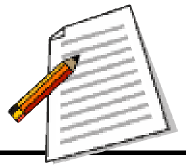
ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ଜଣା ପଡ଼ିଲା ଯେ ଏହା ନିମ୍ନୋକ୍ତ ହାର ନିୟମ ମାନିଥାଏ ।

$$\text{ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର} = k\,[CH_3CHO]^{\frac{3}{2}}$$

$\therefore$ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ କ୍ରମ = $\frac{3}{2}$

16.5.1 ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ଓ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ତଫାତ୍

ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର	ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କ
1. ଏହା ପ୍ରତିକାରକର ଉତ୍ପାଦକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନର ଗତିକୁ ବୁଝାଏ । ଏହା ପ୍ରତିକାରକର	1. ଏହା ହାର ନିୟମରେ ସମାନୁପାତି ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଅଟେ ଓ ଏହା ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ସହ ସମାନ



ଟିପ୍ପଣୀ

ସାନ୍ଦ୍ରତା ହ୍ରାସର ହାର ବା ଉତ୍ପାଦର ସାନ୍ଦ୍ରତା ବୃଦ୍ଧିର ହାର ରୂପରେ ମପାଯାଏ ।	ଯେତେବେଳେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପ୍ରତିକାରକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଏକ ଅଟେ ।
2. ଏହା ପ୍ରତିକାରକର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।	2. ଏହା ପ୍ରତିକାରକର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

16.6 ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କର ଏକକ

ଶୂନ୍ୟ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ :

$$\text{ହାର} = k\,[A]^0$$

$$\text{ବା ହାର} = k\ ;\ \text{ଯେହେତୁ}\ [A]^0 = 1$$

ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କର ଏକକ mol L^{-1} s^{-1} ଅଟେ । ଶୂନ୍ୟକ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ k ର ଏକକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ସହ ସମାନ ।

ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ :

$$\text{ହାର} = k\,[A]^1$$

$$= \frac{\text{mol L}^{-1}}{\text{s}} = k\ \text{mol L}^{-1}$$

$$\therefore k = s^{-1}$$

ତେଣୁ ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ, ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କରଏକକ time $^{-1}$ ଅଟେ ।

ଦ୍ୱିତୀୟ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ :

$$\text{ହାର} = k\,[A]^2$$

$$\frac{\text{mol L}^{-1}}{\text{s}} = k\,(\text{mol L}^{-1})^2$$

$$\therefore k = \text{mol}^{-1}\,\text{L}\,\text{s}^{-1}$$

ସାଧାରଣ ଭାବରେ ଯେକୌଣସି 'n' କ୍ରମର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କ k ର ଏକକ ନିମ୍ନମତେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ ।

$$k = (\text{mol L}^{-1})^{1-n}\ \text{s}^{-1}$$

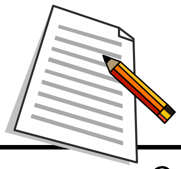
16.6.1 ଶୂନ୍ୟକ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା :

ଯେଉଁ ପତ୍ରିକ୍ରିୟାରେ n = 0 , ତାହାକୁ ଶୂନ୍ୟକ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କୁହାଯାଏ । ଏଠାରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ପ୍ରତିକାରକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେନାହିଁ । ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଗୁଡ଼ିକ ବିରଳ । ପ୍ଲାଟିନମ୍ ବା ଟଙ୍ଗ୍‌ଷ୍ଟନ୍ ଧାତୁ ଉପରେ ଆମୋନିଆର ବିଯୋଜନ ଏହାର ଏକ ଉଦାହରଣ । ଅଧିକ ଚାପରେ ଆମୋନିଆ ଯେଉଁ ହାରରେ ବିଯୋଜିତ ହୁଏ ତାହା ଆମୋନିଆର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

16.6.2 ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା :

ଗୋଟିଏ ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର କିପରି ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିବା, ତାହା ଆମେ ଏବେ ଆଲୋଚନା କରିବା । ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ସମୀକରଣରୁ ଆମେ ଜାଣିପାରିବା କିପରି ସମୟର ଗତି ସହ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ । ସଂଭାବିତ ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ତଥ୍ୟ ସହ ତୁଳନା କରି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର କ୍ରମ ପାଇବା । ନିମ୍ନୋକ୍ତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଉ ।

$A \longrightarrow$ Product (ଉତ୍ପାଦ)



ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ

$$\text{ହାର} = \frac{-d[A]}{dt} = k_1[A]$$

ଯେଉଁଠି k_1 ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଅଟେ ।

ଏହି ହାର ବ୍ୟଞ୍ଜକକୁ ପୁନଃ ବ୍ୟବସ୍ଥିତ କରି ଆମେ ପାଉ :

$$\frac{-d[A]}{[A]} = k_1\ dt$$

ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱର ଲଗାରିଦିମ୍ ନେଲେ ଆମେ ପାଉ

$$-l_n[A] = k_1t + \text{ସ୍ଥିରାଙ୍କ} \text{ ....(i)}$$

ଯେଉଁଠି ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସ୍ଥିତିରୁ ଏହି ସ୍ଥିରାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରିବ । ମନେକର ଯେତେବେଳେ $t = 0$, (i.e ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ପ୍ରାରମ୍ଭରେ), A ର ସାନ୍ଦ୍ରତା $[A]_0$ ଅଟେ ।

ତେଣୁ ସମୀକରଣ (i)କୁ ଲେଖାଯାଇପାରିବ

$$-\ln [A]_0 = k_1 \times 0 + \text{ସ୍ଥିରାଙ୍କ}$$

$$\therefore \text{ ସ୍ଥିରାଙ୍କ} = -\ln [A]_0$$

ସ୍ଥିରାଙ୍କର ମୂଲ୍ୟକୁ ସମୀକରଣ (i) ରେ ରଖିଲେ,

$$-\ln[A] = -\ln[A]_0 + k_1t$$

ବା, $$-\ln[A] + \ln[A]_0 = k_1t$$

ବା, $$\ln\frac{[A]_0}{[A]} = k_1t$$

ବା, $$k_1 = \frac{1}{t}\ln\frac{[A]_0}{[A]}$$

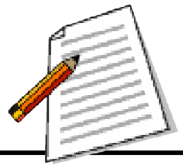
$$= \frac{1}{t} \times 2.303 \log\frac{[A]_0}{[A]}$$

ବା, $$\frac{k_1t}{2.303} = \log[A_0] - \log[A]$$

ବା, $$\log[A_0] = -\left(\frac{k_1}{2.303}\right)t + \log[A_0] \text{ ....(ii)}$$

ଏଠାରେ k_1 ର ଏକକ = $time^{-1}$

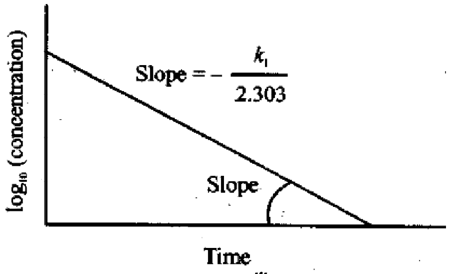
ଏହି ସମୀକରଣ (ii) ର ରୂପ ଏକ ସରଳରେଖା ସମୀକରଣ; $y = mx + c$ ପରି । । ଯେଉଁଠାରେ 'm' ଢାଲୁ (slope) ଓ 'c' ଅନ୍ତଖଣ୍ଡ (intercept) ଅଟେ ।



ଟିପ୍ପଣୀ

ଯଦି ଆମେ $\log_{10}$ [A] ସହ 't'କୁ ରେଖାଙ୍କିତ କରିବା, ଏହା ଏକ ସରଳରେଖା ଦେବ ଯାହାର ଢ଼ାଲୁ $\frac{k_1}{2.303}$ ସହ ସମାନ ।

ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କ k_1 ଢ଼ାଲୁର ମୂଲ୍ୟରୁ ହିସାବ କରାଯାଇପାରିବ; ଯାହା ଚିତ୍ର 16.1 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରାଯାଇଛି ।



ଚିତ୍ର 16.1 (ଗୋଟିଏ ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ log [A) ସହ ସମୟ (t) ର ରେଖାଚିତ୍ର)।

16.6.3 ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ

ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାକୁ ଅର୍ଦ୍ଧ-ଚରଣ ଅବସ୍ଥା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପହଁଞ୍ଚିବା ପାଇଁ ଯେତିକି ସମୟ ଲାଗେ, ଅର୍ଥାତ୍ ଯେତିକି ସମୟରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ମାତ୍ରାର ଅଧା ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରେ ତାହାକୁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଅର୍ଦ୍ଧଆୟୁକାଳ କୁହାଯାଏ । ଏହାକୁ $t_{1/2}$ ବା $t_{0.5}$ ଭାବରେ ଚିହ୍ନିତ କରାଯାଏ । ଆମ୍ଭେ ଦେଖିବା କିପରି ଗୋଟିଏ ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ ହିସାବ କରାଯାଏ ।

ଆମେ ଜାଣୁଯେ $\ln [A] = \log [A]_0 - k_1 t$

ଯେତେବେଳେ $[A] = \frac{1}{2}[A]_0$ (ପ୍ରତିକାରକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସାନ୍ଦ୍ରତାର ଅଧା ହୋଇଯାଏ)

ସେହି ସମୟରେ $t = t_{1/2}$ (ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ)

ତେଣୁ $$\ln\left\{\frac{[A]_0}{2}\right\} = \ln[A]_0 - k_1\ t_{1/2}$$

ବା, $$\ln\left\{\frac{[A]_0}{2}\right\} - \ln[A]_0 = -k_1\ t_{1/2}$$

ବା, $$\ln\left\{\frac{\frac{[A]_0}{[2]}}{[A]_0}\right\} = -\ k_1\ t_{1/2}$$

ବା, $$\ln\frac{1}{2} = -k_1 t_{1/2} \quad \text{ବା} \quad t_{1/2} = \frac{1}{k_1}\ln 2$$

ବା, $$t_{1/2} = \frac{2.303}{k_1}\log 2 = \frac{0.693}{k_1}$$

ତୁମେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରୁଥିବ ଯେ ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

ଉଦାହରଣ 16.2 : ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍ ପେରୋକ୍ସାଇଡର ବିଯୋଜନ ବେଳେ ଜଳ ଓ ଅମ୍ଳଜାନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ଏକ ପ୍ରଥମ ବର୍ଗ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଯାହାର ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କ ହେଉଛି 0.0410 $\min^{-1}$ ।

$$2H_2O_2\,(l) \longrightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$$

ଯଦି ଆରମ୍ଭରୁ ଆମେ 0.20 M H_2O_2 ଦ୍ରବଣ ନେବା ତେବେ 10 ମିନିଟ୍ ପରେ ଏହାର ସାନ୍ଦ୍ରତା କେତେ ହେବ ?

ସମାଧାନ : ଆମେ ଜାଣୁଯେ $k = \frac{1}{t}\ln\frac{[A]_0}{[A]}$

ଏହାକୁ $\log_{10}$ରେ ପରିଣତ କଲେ,

$$k = \frac{2.303}{t}\log\frac{[A]_0}{[A]}$$

ଯଦି 10 ମିନିଟ୍ ପରେ $[A] = x$, k ଏବଂ t ର ମୂଲ୍ୟ ଆମେ ପାଉ

$$0.0410\ (\text{min}^{-1}) = \frac{2.303}{10(\text{min})}\log\frac{0.20}{x}$$

ବା, $$\log\frac{0.20}{x} = \frac{10(\text{min})(0.0410\,\text{min}^{-1})}{2.303} = 0.178$$

ଆଣ୍ଟିଲଗାରିଦିମ୍ ନେଲେ,

$$\frac{0.20}{x} = \text{antilog}\,0.178 = 0.151$$

ତେଣୁ $$x = \frac{0.20}{1.51} = 0.132\,\text{mol litre}^{-1}$$

ଉଦାହରଣ 16.3 : ଉଦାହରଣ 16.2 ରେ ଯଦି ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 0.50 M ହୁଏ ତେବେ କେତେ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ସାନ୍ଦ୍ରତା 0.10 M କୁ ଖସିଆସିବ ?

ସମାଧାନ : ଆମେ ଜାଣିଛେ ଯେ $k = \frac{2.303}{t}\log\frac{[A]_0}{[A]}$

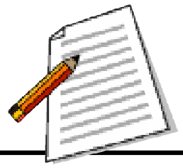
K, $[A]_0$ ଓ [A] ର ମୂଲ୍ୟ ପ୍ରତିସ୍ଥାପିତ କରି, ଆମେ ପାଉ

$$0.0410\ \text{min}^{-1} = \frac{2.303}{t}\log\frac{0.50}{0.10}$$

$$t = \log 5 \times \frac{2.303}{0.0410\,\text{min}^{-1}} = \frac{0.699 \times 2.303}{0.041}\text{min} = 39.26\,\text{min}$$

$\therefore t = 39$ ମିନିଟ୍ ।

ଉଦାହରଣ 16.4 : 16.2 ଉଦାହରଣରେ ଏକ ନମୁନାର 50% ବିଯୋଜନ ପାଇଁ କେତେ ସମୟ ଲାଗିବ ?



ଟିପ୍ପଣୀ

ସମାଧାନ : ଯେତେବେଳେ ନମୂନାର ଅଧା ବିଯୋଜିତ ହୋଇଯାଏ, ଆମେ ପାଉ

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$$

ଯେହେତୁ $k = 0.041\ \text{min}^{-1}$,

$$\therefore t_{1/2} = \frac{0.693}{0.410\text{min}^{-1}} = 16.9 \text{ minutes}$$

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 16.2

1. ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର A $\longrightarrow$ Product ହାର 1.0×10^{-3} mol /litre ଅଟେ । ଯେତେବେଳେ 'A'ର ସାନ୍ଦ୍ରତା =0.020 M, ତେବେ ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କ 'k'କେତେ, ଯଦି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାଟି

   (i) ଶୂନ୍ୟ କ୍ରମ

   ....

   (ii) ପ୍ରଥମ କ୍ରମ

   ....

2. ନିମ୍ନଲିଖିତ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା

   $$C_2H_4(g) + I_2(g) \rightarrow C_2H_4I_2(g)$$

   ପାଇଁ ହାର ସମୀକରଣ ଦିଆଯାଇଛି

   $$\text{ହାର} = k\left[C_2H_4(g)\right]\left[I_2(g)\right]^{\frac{3}{2}}$$

   (a) ପ୍ରତି ପ୍ରତିକାରକ ଅନୁସାରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର କ୍ରମ କେତେ ?

   ....

   (b) ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ମୋଟାମୋଟି କ୍ରମ କେତେ ?

   ....

   (c) ଯଦି ସାନ୍ଦ୍ରତାକୁ mol dm^{-3} ରେ ମପାଯାଏ, ତେବେ k ର ଏକକ କ'ଣ ?

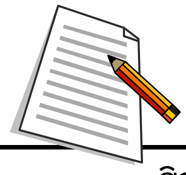
   ....

3. 700 K ରେ C_2H_5Cl ବିଯୋଜନର ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କ 2.5×10^{-3} min^{-1} ଅଟେ । ଯଦି ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 0.01 ମୋଲ୍ ପ୍ରତି ଲିଟର ହୁଏ, ତେବେ C_2H_5Cl ର ସାନ୍ଦ୍ରତା ମୂଳ ମୂଲ୍ୟର ଅଧା ହେବା ପାଇଁ କେତେ ସମୟ ଲାଗିବ ?

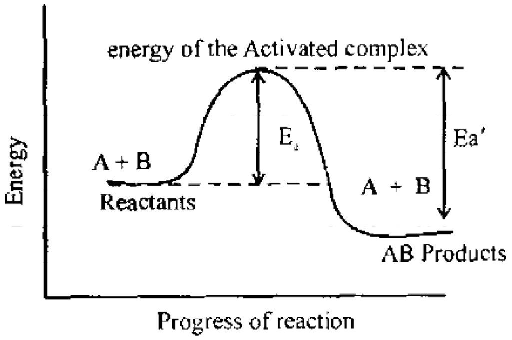
   ....

16.7 ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ହାର ଉପରେ ତାପମାତ୍ରାର ପ୍ରଭାବ

ଆମେ ଆଗରୁ ଶିକ୍ଷାଲାଭ କରିଛେ ଯେ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧଯୋଗୁଁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରରେ ବୃଦ୍ଧି ଘଟେ । ପ୍ରତି 10 ଡ଼ିଗ୍ରୀ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିରେ, କେତେକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ପ୍ରାୟ ଦୁଇଗୁଣ ହୋଇଯାଏ । ଏହି ବ୍ୟବହାରକୁ ଆମେ କିପରି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିବା ? ଗୋଟିଏ ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ହେବାପାଇଁ, ପ୍ରତିକ୍ରିୟାଶୀଳ ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ଧକ୍‌କା ଲାଗନ୍ତି । କେବଳ ଦ୍ରୁତଗାମୀ ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ, ଅର୍ଥାତ୍ ଯେଉଁ ଅଣୁମାନଙ୍କର ଅଧିକ ଶକ୍ତିଥାଏ ସେମାନେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରିବା ପାଇଁ ସକ୍ଷମ ହୁଅନ୍ତି ।



ଧକ୍‌କା ଲାଗିବା ସମୟରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାଶୀଳ ଅଣୁମାନଙ୍କର କିଛି ନ୍ୟୁନତମ ଶକ୍ତି ରହିବା ଉଚିତ୍ । ଏହାକୁ ପ୍ରଭାବ ସୀମା ଶକ୍ତି (threshhold energy) କୁହାଯାଏ । ତେଣୁ ଯେଉଁ ଅଣୁମାନଙ୍କର ଶକ୍ତି ପ୍ରଭାବ ସୀମା ଶକ୍ତିଠାରୁ ଅଧିକ, ସେମାନେ କେବଳ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରିବା ପାଇଁ ସକ୍ଷମ ହୁଅନ୍ତି । ଯଦି ଆମେ ଅଧିକ ଶକ୍ତିଥିବା ଅଣୁମାନଙ୍କର ସଂଖ୍ୟା ବଢ଼ାଇ ଦେବା, ତେବେ କ'ଣ ହେବ ? ଅଧିକ ସଂଖ୍ୟକ ଅଣୁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରିବେ । ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ବଢ଼ିଯିବ । ତେଣୁ ଯଦି ଆମେ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି କରୁ ତେବେ ଆମ୍ଭେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ବୃଦ୍ଧିକରୁ । ଆସ ଦେଖିବା, ଆମେ ଏହାକୁ ପରିମାଣାତ୍ମକ ଭାବରେ ପରିପ୍ରକାଶ କରିପାରିବା କି ନାହିଁ ।



ଚିତ୍ର 16.2 : ***ଏକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ ଶକ୍ତି ଚିତ୍ର***

ଚିତ୍ର 16.2 ରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଘଟିବା ସମୟରେ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ କିପରି ଘଟେ, ତାହା ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଆନୁଭୂମିକ ଅକ୍ଷ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ପ୍ରଗତିକୁ ଚିହ୍ନିତ କରେ ଓ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପୂର୍ଣ୍ଣ ହେବା ପାଇଁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କେତେ ମାତ୍ରାରେ ପ୍ରଗତି କରୁଛି ତାହା ମଧ ଦର୍ଶାଏ । ଏହି ରେଖାଚିତ୍ର ଦର୍ଶାଉଛି ଯେ ପ୍ରତିକାରକ ଅଣୁ A ଓ B ପାଖରେ ପ୍ରଚୁର ଶକ୍ତି ରହିବା ଉଚିତ୍ । ଏହି ଶକ୍ତିକୁ ସକ୍ରିୟଣ ଶକ୍ତି (activation energy)କୁହାଯାଏ । ସକ୍ରିୟିତ ସଂକୁଳ ତିଆରି କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରତିକାରକ ପାଇଁ ଯେତେକ ଶକ୍ତି ଦରକାର, ତାହା ସକ୍ରିୟଣ ଶକ୍ତି ସହ ସମାନ । ସାଧାରଣ ଅବସ୍ଥାରେ ସବୁ କ୍ରିୟାଶୀଳ ଅଣୁମାନଙ୍କର ଶକ୍ତି ପ୍ରଭାବ ସୀମା ଶକ୍ତି ସହ ସମାନ ନଥାଏ । ତେଣୁ ସେମାନଙ୍କର ଶକ୍ତିକୁ ପ୍ରଭାବ ସୀମାଶକ୍ତି ସହ ସମାନ କରିବା ପାଇଁ କିଛି ଅଧିକ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇବାର ଆବଶ୍ୟକ ପଡ଼େ । ସକ୍ରିୟତ ସଂକୁଳର ବିଭବ ଶକ୍ତି ଅଧିକତମ ଅଟେ । ଉତ୍ପାଦ AB ର ପ୍ରସ୍ତୁତି ସମୟରେ, ଅଗ୍ରଗାମୀ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ସକ୍ରିୟଣ ଶକ୍ତି ' E_a' ଦ୍ୱାରା ସୂଚୀତ ହୋଇଛି ଓ ପାଶ୍ଚାତ୍‌ଗାମୀ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ସକ୍ରିୟଶକ୍ତି E_a' ଦ୍ୱାରା ସୂଚୀତ ହୋଇଛି ।

ତୁମେ ଜାଣିଛ ଯେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର = k [ସାନ୍ଦ୍ରତା] ଅଟେ । ଯଦି ସାନ୍ଦ୍ରତାର ମୂଲ୍ୟକୁ ଆମେ ଏକ ଧରିବା, ତେବେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ହାରସ୍ଥିରାଙ୍କ (k) ସହ ସମାନ ହେବ । ହାରସ୍ଥିରାଙ୍କ k, ସକ୍ରିୟଣ ଶକ୍ତି E_aର ପରିମାଣ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ଓ ପରମ ତାପମାନ (T)ଉପରେ ମଧ ନିର୍ଭର କରେ । ଯେତେବେଳେ E_a ର ମୂଲ୍ୟ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ବା ତାପମାନ ଖୁବ୍ କମ୍ ସେତେବେଳେ 'k'ର ମୂଲ୍ୟ କମ୍ ଅଟେ ।

ଆମ୍ଭେ ଏହି ସମ୍ବନ୍ଧକୁ ଗୋଟିଏ ଗାଣିତିକ ସମୀକରଣ ଦ୍ୱାରା ପରିପ୍ରକାଶ କରିପାରିବା ଯାହାକୁ Arrhenius ସମୀକରଣ କୁହାଯାଏ, ଯାହା ଏସ୍.ଆରେନିୟସ୍‌ଙ୍କ ନାମାନୁଯାୟୀ ନାମିତ ହୋଇଛି । ଏହି ସମୀକରଣଟି $k = Ae^{-Ea/RT}$, ଯେଉଁଠାରେ 'A'ସମାନୁପାତି ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଅଟେ ଓ ଏହା ମଧ ଆବୃତିକାରକ ନାମରେ ଜଣାଅଛି, 'R' ଗ୍ୟାସ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଅଟେ । k, Ea ଓ T ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଏହି ସମ୍ବନ୍ଧକୁ କିପରି ଉପଯୋଗ କରିପାରିବା ? ଯଦି ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କକୁ ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ତାପମାନରେ ମାପିପାରିବା, ତେବେ ଆମେ ସକ୍ରିୟଣ ଶକ୍ତିର ହିସାବ କରିପାରିବା ।

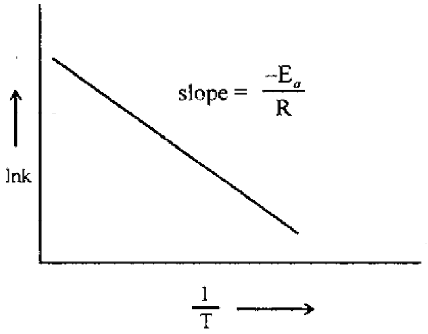
ସମୀକରଣ (1) ର ପ୍ରାକୃତିକ ଲଗାରିଦିମ୍ ନେଲେ, ଆମେ ପାଉ

$$\ln k = \ln A - \frac{Ea}{RT} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

ଆମେ ଏହି ସମୀକରଣ (2) କୁ ସରଳରେଖା ସମୀକରଣ Y = mx +c ସହ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ଭାବରେ ତୁଳନା କଲେ

$$\ln k = -\frac{Ea}{R}\left(\frac{1}{T}\right) + \ln A$$

$\ln k$ କୁ $\frac{1}{T}$ ସହ ରେଖାଙ୍କିତ କଲେ ଏକ ସରଳରେଖା ମିଳେ ଯାହାର ଢାଲୁ $-\frac{Ea}{R}$ ସହ ସମାନ ଓ ଅନ୍ତ ଖଣ୍ଡ $\ln A$ ସହ ସମାନ । (ଚିତ୍ର 16.3)



(**ଚିତ୍ର 16.3 : E_a ର ଗ୍ରାଫିୟ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ**)

ଆମେ ମଧ୍ୟ ସିଧା ସଳଖ ଗଣନା କରି, ଦୁଇ ତାପମାତ୍ରାରେ 'k'ର ମୂଲ୍ୟରୁ 'E_a'ମଧ୍ୟ ପାଇପାରିବା ।

T_1 ତାପମାତ୍ରାରେ ସମୀକରଣ (1) ହେବ

$$k_1 = Ae^{-Ea/RT_1}$$

ଓ T_2 ତାପମାତ୍ରାରେ ସମୀକରଣ (1) ହେବ

$$k_2 = Ae^{-Ea/RT_2}$$

k_1କୁ k_2 ଦ୍ୱାରା ବିଭାଜନ କଲେ ଆମେ ପାଉ, $\frac{k_1}{k_2} = \frac{Ae^{-Ea/RT_1}}{Ae^{-Ea/RT_2}}$

ପ୍ରାକୃତିକ ଲଗାରିଦିମ୍ ନେଲେ, $\ln\frac{k_1}{k_2} = \frac{-E_a}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$

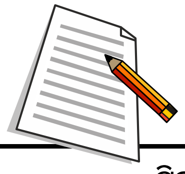
ଏହାକୁ ଆଧାର 10 ର ଲଗାରିଦିମ୍‌ରେ ପରିଣତ କଲେ, $\log\frac{k_1}{k_2} = \frac{-E_a}{2.303R}\left(\frac{T_2 - T_1}{T_1T_2}\right)$

ଦୁଇପାର୍ଶ୍ୱକୁ -1 ଦ୍ୱାରା ଗୁଣନ କଲେ, $-\log\frac{k_1}{k_2} = \frac{Ea}{2.303R}\left(\frac{T_2 - T_1}{T_1T_2}\right)$

$$\text{ବା, } \log\frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303R}\left(\frac{T_2 - T_1}{T_1T_2}\right)$$

ଯଦି E_a ଓ k ଅନ୍ୟ ତାପମାତ୍ରାରେ ଜଣାଯାଏ, ତେବେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରାରେ ହାରସ୍ଥିରାଙ୍କର ହିସାବ ପାଇଁ ଏହି ସମୀକରଣକୁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ ।

ଉଦାହରଣ 16.5 : ଯଦି ଏକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ ତାପମାତ୍ରା 300 K ରୁ 310K କୁ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଏ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରସ୍ଥିରାଙ୍କ ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ହୋଇଯାଏ, ତେବେ E_a ର ମୂଲ୍ୟ କେତେ ?



ସମାଧାନ : ଦିଆଯାଇଛି $\frac{k_2}{k_1} = 2, R = 8.31\ JK^{-1}, T_2 = 310K, T_1 = 300K$

ଆମେ ଜାଣିଛେ ଯେ $\log\frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303R}\left(\frac{T_2 - T_1}{T_1T_2}\right)$

ଦିଆଯାଇଥିବା ମୂଲ୍ୟକୁ ପ୍ରତିସ୍ଥାପିତ କଲେ ଆମେ ପାଉ,

$$\log 2 = \frac{Ea}{2.303 \times 8.31JK^{-1}}\left(\frac{310 - 300}{310K \times 300K}\right)$$

ସମାଧାନ କଲାପରେ ଆମେ ପାଉ $E_a = 53.5\,kJ$

ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନ 16.3

1. ବହୁତ ଗୁଡ଼ିଏ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର କେତେ ଡ଼ିଗ୍ରୀ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିରେ ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ହୋଇଯାଏ ?

   ....

2. 288 K ରେ ଏକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରସ୍ଥିରାଙ୍କ 1.3×10^{-5} litre/mole ଅଟେ; କିନ୍ତୁ 323K ରେ ଏହାର ହାରସ୍ଥିରାଙ୍କ 8.0×10^{-3} litre/mol ଅଟେ । ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ସକ୍ରିୟଣ ଶକ୍ତି E_a କେତେ ହେବ ?

   ....

3. ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ତିନିଗୁଣ ହୋଇଯାଏ ଯେତେବେଳେ, ତାପମାନ 293K ରୁ 323K ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଯାଏ । ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ସକ୍ରିୟଣ ଶକ୍ତି ହିସାବ କର ।

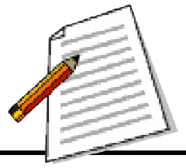
   ....

4. ଏକ ତାପଉତ୍ପାଦୀ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ H_2(g) ଓ O_2(g) ସଂଯୋଜିତ ହୋଇ H_2O(l) ତିଆରି କରନ୍ତି । ଯେତେବେଳେ ସେମାନେ ଏକତ୍ର ମିଶି ଦୀର୍ଘ ସମୟ ପାଇଁ ରୁହନ୍ତି, ସେମାନେ କାହିଁକି ସଂଯୋଜିତ ହୁଅନ୍ତି ନାହିଁ ?

   ....

ତୁମେ କ'ଣ ଶିଖିଲ :

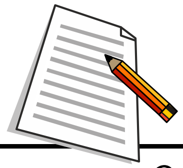
- ଏକ ପ୍ରତିକାରକ ବା ଉତ୍ପାଦର ସାନ୍ଦ୍ରତାର ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାରକୁ ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ଅନୁସାରେ ପରିପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।
- ଯେଉଁ କାରକମାନେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରକୁ ପ୍ରଭାବିତ କରନ୍ତି : ପ୍ରତିକାରକ ମାନଙ୍କର ସାନ୍ଦ୍ରତା, ତାପମାତ୍ରା ଓ ଉତ୍ପ୍ରେରକ
- ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ସହ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ସାନ୍ଦ୍ରତାର ଗାଣିତିକ ସମ୍ବନ୍ଧକୁ ହାର ନିୟମ ଆକାରରେ ପରିଭାଷିତ କରାଯାଇଛି ।



- ହାର ନିୟମରେ, ସ୍ଥିରାଙ୍କ k କୁ ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କ କୁହାଯାଏ । ଯଦି ସମସ୍ତ ସାନ୍ଦ୍ରତାକୁ ଏକ ଧରାଯାଏ, ତେବେ ହାରସ୍ଥିରାଙ୍କ ଗାଣତିକ ଭାବରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ସହ ସମାନ ।
- ହାର ବ୍ୟଞ୍ଜକରେ ସାନ୍ଦ୍ରତା ପଦମାନଙ୍କର ଘାତମାନଙ୍କର ସମଷ୍ଟିକୁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର କ୍ରମ କୁହାଯାଏ ।
- ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କ $(k_1) = \frac{1}{t} \ln \frac{[A]_0}{[A]}$
- ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାକୁ ଅର୍ଦ୍ଧ-ଚରଣ ଅବସ୍ଥା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପହଁଞ୍ଚିବା ପାଇଁ ଯେତିକି ସମୟ ଲାଗେ ଅର୍ଥାତ୍ ଯେତିକି ସମୟରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଅର୍ଦ୍ଧ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ମାତ୍ରା ପ୍ରତିକ୍ରିୟାକରେ ତାହାକୁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ କୁହାଯାଏ ।
- ସକ୍ରିୟଣ ଶକ୍ତି, E_a ଓ ପରମତାପମାନ (T)ଉପରେ ହାରସ୍ଥିରାଙ୍କର ନିର୍ଭରଶୀଳତାକୁ ଆରେନିୟସ ସମୀକରଣ $k = Ae^{-Ea/RT}$ ଆକାରରେ ଦିଆଯାଇଛି ।
- ଗୋଟିଏ ଯୌଗିକର ବିଯୋଜନ ପାଇଁ ସକ୍ରିୟଣ ଶକ୍ତି, ପ୍ରତିକାରକ ମାନଙ୍କର ଶକ୍ତି ଓ ସକ୍ରିୟିତ ସଂକୁଳ ଶକ୍ତିର ପ୍ରଭେଦ ଅଟେ ।

ପାଠ୍ୟାନ୍ତ ପ୍ରଶ୍ନ

1. ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଶକ୍ତି ଓ ଏହାର ପ୍ରଗତିର ଏକ ରେଖାଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କର । ଉଭୟ ଅଗ୍ରଗାମୀ ସକ୍ରିୟଣ ଶକ୍ତି (E_a)ଓ ପାଶ୍ଚାତ୍‌ଗାମୀ ସକ୍ରିୟଣ ଶକ୍ତି (E_a')କୁ ଚିହ୍ନିତ କର ।
2. $2N_2O_5(g) \longrightarrow 4\,NO_2(g) + O_2(g)$ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ; ଏହା ମିଳେଯେ N_2O_5 ର ବିଯୋଜନ ହାର 0.02 mol/litre sec. ପତ୍ରିକ୍ରିୟାର ହାର ହିସାବ କର ଯାହା Δt ସେକେଣ୍ଡରେ ହେଉଥାଏ ଓ ଏହା $\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t}$ ଅଟେ ।
3. 673 K ରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ବିଯୋଜନ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପାଇଁ ହାର ଧୃବାଙ୍କ 0.23 s^{-1} ଅଟେ । ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ ହିସାବ କର ।
4. 298K ରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କ 1.00×10^{-3} S^{-1} ଅଟେ । 323K ରେ ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରସ୍ଥିରାଙ୍କ 1.4×10^{-2} s^{-1} ଅଟେ । ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ସକ୍ରିୟଣ ଶକ୍ତି ହିସାବ କର ।
5. ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର 3.0×10^{-4} mol/litre second, ଯଦି ଏହି ହାରକୁ mole/ litre minute ଏକକରେ ପରିପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ, ଏହା କେତେ ହେବ ?
6. ଗୋଟିଏ ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାକୁ ପ୍ରଭାବିତ କରୁଥିବା ତିନୋଟି କାରକର ଚିଠା ଦିଅ ।
7. ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାରେ ପ୍ରତିକାରକର ସାନ୍ଦ୍ରତା 2.00 mol/ litre ରୁ 1.50 mol/ litre କୁ ହ୍ରାସଯାଏ । ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର ସ୍ଥିରାଙ୍କ ହିସାବ କର ।
8. 298K ରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାରସ୍ଥିରାଙ୍କ 1.0×10^{-3} min^{-1} ଅଟେ । ଯଦି ସକ୍ରିୟଣ ଶକ୍ତି 10.0 k Cal ହୁଏ ତେବେ 323K ରେ ହାରସ୍ଥିରାଙ୍କ ହିସାବ କର ।



ପାଠଗତ ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର

16.1

1. (d)

2. (i) $\frac{\Delta[NO_2F]}{\Delta t}$ (ii) $\frac{-\Delta[NO_2]}{\Delta t}$

(iii) $\frac{-\Delta[F_2]}{\Delta t}$ (iv) $\frac{1}{2}\frac{\Delta[NO_2F]}{\Delta t} = -\frac{1}{2}\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t} = -\frac{[\Delta F_2]}{\Delta t}$

3. $\frac{1}{2}\frac{d[NO_2F]}{dt} = -\frac{1}{2}\frac{d[NO_2]}{dt} = -\frac{d[F_2]}{dt}$

4. ଆୟତନ ବଢ଼ିଲେ ଚାପ କମ୍ ହୋଇଯାଏ ତେଣୁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର ହାର କମିଯାଏ ।

16.2

1. (a) 1.0×10^{-3} mol litre^{-1} s^{-1}

(b) 5.0×10^{-2} s^{-1}

2. (a) C_2H_4 ଅନୁସାରେ ପ୍ରଥମ କ୍ରମ ଓ I_2 ଅନୁସାରେ 1.5 କ୍ରମ

(b) ମୋଟାମୋଟି ପ୍ରତିକ୍ରିୟାର କ୍ରମ 2.5 ଅଟେ ।

(c) $K = \frac{Sec^{-1}}{(mol\,dm^{-3})^{\frac{3}{2}}}$

3. (a) $2.5 \times 10^{-3}\ (min^{-1}) = \frac{2.303}{10\,min}\log_{10}\frac{0.01\,mol\,L^{-1}}{x}$

(b) ଯେତେବେଳେ ନମୁନା ଅର୍ଦ୍ଧ ବିଯୋଜିତ ହୋଇଯାଏ,

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{2.5 \times 10^{-3}}\ min = 0.277 \times 10^{3}\ min$$

$$= 0.27 \times 10^{2}\ min$$

16.3

1. 10
2. 34.0 K cal mol^{-1}
3. 28.82 kJ
4. ଅଣୁମାନଙ୍କର ଶକ୍ତି ପ୍ରଚୁର ନୁହେଁ ଯାହାକି ପ୍ରଭାବ ସୀମା ଶକ୍ତି ସହ ସମାନ ହେବ ।