Chapter 4 Chemical Kinetics (रासायनिक बलगतिकी)

परीक्षोपयोगी प्रश्नोत्तर

बहुविकल्पीय प्रश्न

प्रश्न 1.
$\frac{dx}{dt} \propto [a]^{\circ}$ की अभिक्रिया की कोटि है – **(2017)**
(i) शून्य
(ii) प्रथम
(iii) द्वितीय
(iv) इनमें से कोई नहीं

उत्तर
(i) शून्य।

प्रश्न 2.
शून्य कोटि अभिक्रिया के दर-नियतांक का मात्रक है – **(2015)**
(i) लीटर-सेकण्ड$^{-1}$
(ii) लीटर-मोल$^{-1}$ सेकण्ड$^{-1}$
(iii) मोल-लीटर$^{-1}$ सेकण्ड$^{-1}$
(iv) मोल-सेकण्ड$^{-1}$

उत्तर
(iii) मोल-लीटर$^{-1}$ सेकण्ड$^{-1}$

प्रश्न 3.
शून्य कोटि की अभिक्रिया के लिए निम्नलिखित में से कौन-सा सूत्र सही है? **(2017)**
(i) $t_{1/2} \propto a$
(ii) $t_{1/2} \propto \frac{1}{a}$
(iii) $t_{1/2} \propto \frac{1}{a^2}$
(iv) $t_{1/2} \propto a^0$

उत्तर
(iv) $t_{1/2} \propto a^0$

प्रश्न 4.
प्रथम कोटि की अभिक्रिया के वेग नियतांक का मात्रक है – **(2017)**
(i) मोल ली०$^{-1}$ सेकण्ड$^{-1}$
(ii) ली० मो$^{-1}$ सेकण्ड$^{-1}$

(iii) सेकण्ड$^{-1}$

(iv) मोल लीटर$^{-1}$

उत्तर

(iii) सेकण्ड$^{-1}$

प्रश्न 5.

प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए वेग स्थिरांक (A) का समीकरण है – **(2011, 12)**

(i) $k = \frac{2.303}{t} \log_{10} \frac{a}{(a-x)}$

(ii) $k = \frac{4.306}{t} \log_{10} \frac{a}{(a-x)}$

(iii) $k = \frac{2.303}{t^2} \log_{10} \frac{a}{(a-x)}$

(iv) $k = \frac{10}{t} \log_{10} \frac{a}{(a-x)}$

उत्तर—(i) $k = \frac{2.303}{t} \log_{10} \frac{a}{(a-x)}$

प्रश्न 6.

प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए वेग स्थिरांक तथा अर्द्ध आयुकाल में सम्बन्ध है – **(2017)**

(i) $k = \frac{0.6932}{t_{1/2}}$

(ii) $k = \frac{t_{1/2}}{0.6932}$

(iii) $t_{1/2} = 0.6932k$

(iv) $t_{1/2} = \frac{k}{0.6932}$

उत्तर

(i) $k = \frac{0.6932}{t_{1/2}}$

प्रश्न 7.

प्रथम कोटि की अभिक्रिया में अर्द्ध भाग के पूर्ण होने में लगा समय ($t_{1/2}$) – **(2013, 15)**

(i) उसकी प्रारम्भिक सान्द्रता पर निर्भर करता है।

(ii) उसकी प्रारम्भिक सान्द्रता के व्युत्क्रमानुपाती है।

(iii) उसकी प्रारम्भिक सान्द्रता पर निर्भर नहीं करता है।

(iv) उसकी प्रारम्भिक सान्द्रता के वर्गमूल पर निर्भर करता है।

उत्तर

(iii) उसकी प्रारम्भिक सान्द्रता पर निर्भर नहीं करता है।

प्रश्न 8.

प्रथम कोटि की एक अभिक्रिया 72 मिनट में 75% पूर्ण होती है। कब आधी (50%) अभिक्रिया पूर्ण हुई? **(2016)**

(i) 36 मिनट में

(ii) 48 मिनट में

(iii) 52 मिनट में

(iv) 144 मिनट में

उत्तर

(i) 36 मिनट में।

प्रश्न 9.

यदि किसी प्रथम कोटि की अभिक्रिया का 90%, 90 मिनट में पूर्ण हुआ हो, तो इसके 50% पूर्ण होने में लगने वाला समय होगा (log 2= 0.30) **(2016)**

(i) 30मिनट

(ii) 36 मिनट

(iii) 50 मिनट

(iv) 27 मिनट

उत्तर

(iv) 27 मिनट

प्रश्न 10.

प्रथम कोटि की अभिक्रिया के 90% पूर्ण होने में लगने वाला समय लगभग होता है – **(2018)**

(i) अर्द्धआयु का 2.2 गुना

(ii) अर्द्धआयु का 4.4 गुना

(iii) अर्द्धआयु का 3.3 गुना

(iv) अर्द्धआयु का 1.1 गुना

उत्तर

(iii) अर्द्धआयु का 3.3 गुना

प्रश्न 11.

निम्नलिखित में कौन-सी अभिक्रिया आभासी एकाणुक है? **(2009, 11, 16)**

(i) $CH_3COOC_2H_5 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH$

(ii) $CH_3COOCH_3 + H_2O \rightarrow CH_2COOH + CH_3OH$

(iii) $2\ FeCl_3 + SnCl_2 \rightarrow 2FeCl_2 + SnCl_4$

(iv) $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$

उत्तर

(ii) $CH_3COOCH_3 + H_2O \rightarrow CH_3COOH + CH_3OH$

अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.

1. अभिक्रिया का वेग क्या है? **(2018)**
2. अभिक्रिया की तात्क्षणिक दर को परिभाषित कीजिए। **(2017)**

उत्तर

1. वह देर, जिस पर समय के साथ-साथ अभिकारक पदार्थों का सान्द्रण परिवर्तित होता है, अभिक्रिया का वेग कहलाता है।"

यदि सूक्ष्म अन्तराल dt में अभिकारक के dr मोल उत्पाद में परिवर्तित होते हों तो

अभिक्रिया का वेग = $\frac{dx}{dt}$

यदि अन्तराल dt में अभिकारक के de मोल शेष रहते हों तो

अभिक्रिया का वेग = $-\frac{d[c]}{dt}$

2. किसी निश्चित क्षण पर किसी एक अभिकारक अथवा उत्पाद के सान्द्रता परिवर्तन की दर (अथवा इकाई समय में सान्द्रता परिवर्तन) उस क्षण पर अभिक्रिया की दर अर्थात् अभिक्रिया की तात्क्षणिक दर कहलाती है।

वास्तव में, तात्क्षणिक दर लघुतम सम्भव समय अन्तराल (जब Δt शून्य की ओर अग्रसर हो) के दौरान औसत दर होती है। यदि किसी लघुतम समय अन्तराल dt में होने वाला लघुतम सान्द्रता परिवर्तन dx है तो

$r_{inst} = \frac{dx}{dt}$

प्रश्न 2.

वेग नियम को परिभाषित कीजिए।

उत्तर

वह गणितीय व्यंजक जो अभिकारकों की मोलर सान्द्रता पर अभिक्रिया के वेग की प्रायोगिक निर्भरता को व्यक्त करता है, वेग नियम कहलाता है। यदि एक सामान्य अभिक्रिया

aA+ bB → उत्पाद

का वेग A की सान्द्रता की घात p तथा B की सान्द्रता की घात q पर निर्भर करता है, तो

वेग = $k [A]^p [B]^q$

जहाँ k वेग स्थिरांक अथवा दर स्थिरांक है।

उपर्युक्त समीकरण को ही वेग नियम कहते हैं।

प्रश्न 3.

वेग नियम और द्रव्य अनुपाती क्रिया के नियम में क्या अन्तर है?

उत्तर

वेग नियम के अनुसार, अभिक्रिया का वेग उन सान्द्रता पदों पर निर्भर करता है,जिन पर अभिक्रिया , का वेग वास्तव में निर्भर करता है (प्रयोगों द्वारा ज्ञात) जबकि द्रव्य अनुपाती क्रिया का नियम सन्तुलित रासायनिक समीकरण की स्टॉइकियोमीट्री पर आधारित है।

उदाहरणार्थ-किसी सामान्य अभिक्रिया aA+ bB → उत्पाद के लिए,

वेग नियम के अनुसार, वेग = $k[A]^p [B]^q$
जबकि द्रव्य अनुपाती क्रिया नियम के अनुसार, वेग = $k[A]^a [B]^b$

प्रश्न 4.
अभिक्रिया का वेग स्थिरांक क्या है? **(2009, 12, 17)**
उत्तर
यदि किसी रासायनिक अभिक्रिया में किसी क्षण अभिकारक का आण्विक सान्द्रण C हो, तो उस समय अभिक्रिया का वेग $\left(\frac{dx}{dt}\right)$, सान्द्रण C के समानुपाती होता है,

अर्थात् $\frac{dx}{dt} \propto C$ या $\frac{dx}{dt} = kC$
जहाँ, k एक स्थिरांक है, जिसे वेग स्थिरांक कहते हैं।
अब यदि C= 1 तो $\frac{dx}{dt} = k$
अतः स्थिर ताप पर अभिकारक पदार्थ के इकाई सान्द्रण पर होने वाले अभिक्रिया के वेग को उसे अभिक्रिया का वेग स्थिरांक कहते हैं।

प्रश्न 5.
वेग स्थिरांक तथा साम्य स्थिरांक में अन्तर स्पष्ट कीजिए। **(2010, 12)**
उत्तर
वेग स्थिरांक अभिकारक पदार्थों की इकाई सान्द्रता पर होने वाली अभिक्रिया की गति को कहते हैं। जबकि साम्य स्थिरांक उत्क्रमणीय अभिक्रिया में अग्र अभिक्रिया के वेग स्थिरांक तथा विपरीत क्रिया के साम्य स्थिरांक का अनुपात होता है।

प्रश्न 6.
तापीय गुणांक क्या है? अभिक्रिया के वेग से इसका सम्बन्ध बताइए। **(2017)**
उत्तर
तापीय गुणांक 10°C अन्तर के दो भिन्न तापों पर वेग स्थिरांकों के अनुपात के बराबर होता है।

$$\text{वेग स्थिरांक का तापीय गुणांक} = \frac{(t+10)^\circ C \text{ पर वेग स्थिरांक का मान}}{t^\circ C \text{ पर वेग स्थिरांक का मान}}$$

यह प्राप्त मान 2 और 3 के मध्य में होता है।

प्रश्न 7.
निम्न अभिक्रिया की कोटि और वेग स्थिरांक की इकाई लिखिए – **(2016)**
$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$
उत्तर
अभिक्रिया की कोटि शून्य तथा वेग स्थिरांक की इकाई मोल लीटर$^{-1}$ सेकण्ड$^{-1}$।

प्रश्न 8.
कारण सहित बताइए कि निम्न में अभिक्रिया की कोटि क्या होगी? **(2016)**
$2FeCl_3 + SnCl_2 \rightarrow SnCl_4 + 2FeCl_2$
उत्तर
अभिक्रिया तृतीय कोटि की है, क्योंकि तृतीय कोटि की अभिक्रिया में अभिकारक पदार्थ के तीन अणुओं का सान्द्रण समय के साथ-साथ परिवर्तित होता है अर्थात् इनका वेग अभिकारक के तीन अणुओं के सान्द्रण के रूप में व्यक्त होता है।

प्रश्न 9.
शून्य कोटि की अभिक्रिया से आप क्या समझते हैं? उदाहरण द्वारा समझाइए। इसके वेग स्थिरांक को व्यंजक लिखिए। **(2012, 16)**
या
कारण सहित बताइए कि निम्न रासायनिक अभिक्रिया किस कोटि की है?

$$H_2 + Cl_2 \xrightarrow{\text{प्रकाश}} 2HCl$$

उत्तर
शून्य कोटि की अभिक्रिया – वह अभिक्रिया जिसकी प्रगति में अभिकारक के किसी भी अणु का सान्द्रण परिवर्तित नहीं होता है अर्थात् जिसका वेग अभिकारक के सान्द्रण पर निर्भर नहीं करता है, शून्य कोटि की अभिक्रिया कहलाती है।
$A \rightarrow B + C$
यदि इसका वेग $\propto [A]^0$ हो, तो यह शून्य कोटि की अभिक्रिया होगी।
उदाहरणार्थ- सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में H_2 व Cl_2 का संयोग

$$H_2 + Cl_2 \xrightarrow{\text{सूर्य प्रकाश}} 2HCl$$

शून्य कोटि के वेग स्थिरांक का व्यंजक – शून्य कोटि की अभिक्रिया के वेग स्थिरांक का व्यंजक $x = kt$ है।
जहाँ x अभिकारक A की वह मात्रा है जो t समय में अभिक्रिया करती है और है अभिक्रिया का वेग स्थिरांक है।

प्रश्न 10.
प्रथम कोटि की अभिक्रिया से आप क्या समझते हैं? उदाहरण द्वारा समझाइए। **(2016)**
या
प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लक्षण लिखिए। **(2011)**
उत्तर
प्रथम कोटि की अभिक्रिया – वह अभिक्रिया जिसका वेग केवल एक अभिकारक की सान्द्रता के अनुक्रमानुपाती होता है, प्रथम कोटि की अभिक्रिया कहलाती है। उदाहरणार्थ-निम्नलिखित अभिक्रिया में केवल शक्कर के अणुओं की सान्द्रता परिवर्तित होती है; अत: यह प्रथम कोटि की अभिक्रिया है।

$$\underset{\text{शक्कर}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow[\text{तनु HCl या } H_2SO_4]{H^+} \underset{\text{ग्लूकोस}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{फ्रक्टोज}}{C_6H_{12}O_6}$$

प्रथम कोटि की अभिक्रिया का समीकरण निम्नलिखित है –

$$k = \frac{2.303}{t} log_{10} \frac{a}{a-x}$$

जहाँ a अभिकारक की प्रारम्भिक सान्द्रता तथा (a − x) समय t पर सान्द्रता है।

लक्षण

1. प्रथम कोटि की अभिक्रिया के वेग स्थिरांक ६ का मान अभिकारक की सान्द्रता की इकाई पर निर्भर नहीं करता। यह केवल समय की इकाई पर निर्भर करता है।
2. इस अभिक्रिया के लिए log(a- x) और है के मध्य ग्राफ खींचने पर एक सरल रेखा प्राप्त होती है। जिसका ढाल $\frac{k}{2.303}$ है।
3. प्रथम कोटि की अभिक्रिया का अर्द्ध-आयुकाल अभिकारकों के प्रारम्भिक सान्द्रण पर निर्भर नहीं करता
4. अभिक्रिया के पूर्ण होने में अनन्त समय लगता है।
5. अभिकारक की सान्द्रता n गुना बढ़ने पर अभिक्रिया का वेग भी n गुना बढ़ जाता है।

प्रश्न 11.

प्रथम कोटि की अभिक्रिया के वेग स्थिरांक की इकाई ज्ञात कीजिए। **(2014)**

उत्तर

प्रथम कोटि की अभिक्रिया का वेग समीकरण- $r = k [A]^1$

$$k \text{ की इकाई} = \frac{r \text{ की इकाई}}{[A] \text{ की इकाई}} = \frac{\text{मोल/लीटर/सेकण्ड}}{\text{मोल/लीटर}} = \text{सेकण्ड}^{-1}$$

प्रश्न 12.

एक प्रथम कोटि की अभिक्रिया का 50% (आधा भाग) 10 मिनट में समाप्त होता है। इस " अभिक्रिया का 99% भाग कितने समय में पूरा होगा? **(2012)**

हल

प्रथम कोटि की वेग-अभिक्रिया का समीकरण

$$k = \frac{2.303}{t} \log_{10}\left(\frac{a}{a-x}\right)$$

प्रश्नानुसार, $t = 10$ मिनट तथा $x = a/2$

$$\therefore \text{ वेग स्थिरांक } k = \frac{2.303}{10} \times \log\left(\frac{a}{a - a/2}\right)$$

$$= \frac{2.303}{10} \log 2 = \frac{2.303}{10} \times 0.30102 = 0.06932 \text{ प्रति मिनट}$$

पुनः अभिक्रिया के 99% भाग पूरा होने में लगे समय के लिए अभिक्रिया के समीकरण से

$$k = \frac{2.303}{t} \log \left(\frac{a}{a - \frac{99a}{100}} \right)$$

या $$t = \frac{2.303}{0.06932} \log(100) = \frac{2.303}{0.06932} \times 2 = \textbf{66.45 मिनट}$$

अतः अभीष्ट समय 66.45 मिनट है।

प्रश्न 13.

एक यौगिक के 1 मोल से प्रारम्भ करने पर यह ज्ञात हुआ कि 1 घण्टे में अभिक्रिया तीन-चौथाई पूर्ण हो जाती है। वेग स्थिरांक की गणना कीजिए यदि अभिक्रिया प्रथम कोटि का अनुसरण करती है। **(2016)**

हल

प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए,

$$k = \frac{2.303}{t} \log \frac{a}{a - x}$$

$$a = 1 \text{ मोल}, \; a - x = 1 - \frac{3}{4} = \frac{1}{4} \text{ मोल}$$

$$t = 1 \text{ घण्टा}$$

$$k = \frac{2.303}{1} \log \frac{1}{\frac{1}{4}} = 2.303 \log 4 = \textbf{1.386 प्रति घण्टा}$$

प्रश्न 14.

एक प्रथम कोटि की अभिक्रिया 10 मिनट में 20% पूरी हो जाती है। अभिक्रिया के 75% पूरा होने में कितना समय लगेगा? **(2016)**

हल

प्रथम कोटि की अभिक्रिया का समीकरण $k = \frac{2.303}{t} \log_{10} \left(\frac{a}{a-x}\right)$

प्रश्नानुसार, $t = 10$ मिनट, $x = \frac{20a}{100}$

वेग स्थिरांक, $$k = \frac{2.303}{10} \log_{10} \left(\frac{a}{a - 20a/100}\right)$$

$$= \frac{2.303}{10} \log_{10} \left(\frac{10}{8}\right) = \frac{2.303}{10} \log_{10} (1.25)$$

$$= \frac{2.303}{10} \times 0.0969 = 0.0223 \text{ प्रति मिनट}$$

पुन: अभिक्रिया के 75% पूरा होने में लगे समय के लिए अभिक्रिया के समीकरण से

$$k = \frac{2.303}{t} \log \left(\frac{a}{a - \frac{75a}{100}}\right)$$

या $$t = \frac{2.303}{0.0223} \log(4) = \frac{2.303}{0.0223} \times 0.6021 = \mathbf{62.18} \text{ मिनट}$$

प्रश्न 15.
एक प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए अर्द्ध-आयु 69.3 सेकण्ड है। इस अभिक्रिया के लिए वेग स्थिरांक की गणना कीजिए। **(2015)**

हल
प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए,
k= $\frac{0.6932}{t_{1/2}} = \frac{0.6932}{69.3}$ = 10^{-2} सेकण्ड$^{-1}$

प्रश्न 16.
प्रथम कोटि की एक अभिक्रिया में 50 सेकण्ड में पदार्थ की सान्द्रता प्रारम्भिक सान्द्रता की आधी रह जाती है। इसके वेग स्थिरांक की गणना कीजिए। **(20017, 18)**

हल
प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए,
$k = \frac{0.6932}{t_{1/2}} = \frac{0.6932}{50} = \frac{6.932}{5}$ x 10^{-2}
= 1.38 x 10^{-2} सेकण्ड$^{-1}$

प्रश्न 17.
किसी प्रथम कोटि की अभिक्रिया का वेग स्थिरांक 7 x 10^{-4} प्रति सेकण्ड है। अपनी प्रारम्भिक सान्द्रता के 1/4 तक कम होने के लिए अभिकारक द्वारा लिए गए समय की गणना कीजिए। [$\log_{10} 2$= 0.3010] **(2016)**

हल

प्रथम कोटि की अभिक्रिया का वेग स्थिरांक

$$k = \frac{2.303}{t} \log_{10} \frac{a}{a-x}$$

$$k = 7 \times 10^{-4}\ s^{-1}$$

माना अभिकारक की प्रारम्भिक सान्द्रता $= a$

अत: अभिकारक की शेष मात्रा $a - x = \frac{a}{4}$

$$7 \times 10^{-4} = \frac{2.303}{t} \log_{10} \frac{a}{a/4}$$

$$t = \frac{2.303}{7 \times 10^{-4}} \log_{10} 4$$

$$t = \frac{2.303 \times 2 \times 0.3010}{7 \times 10^{-4}}$$

$$= 0.198 \times 10^4 = 1.98 \times 10^3\ s$$

प्रश्न 18.

आरेनियस का समीकरण दीजिए। **(2017)**

उत्तर

$k = Ae^{-Ea/RT}$; जहाँ E_a सक्रियण ऊर्जा, R गैसीय स्थिरांक, T परमताप, k वेग स्थिरांक, A आवृत्ति गुणांक।

लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.

अभिक्रिया की कोटि और आणविकता को समझाइए। **(2009, 10, 12, 16, 17)**

या

अभिक्रिया की कोटि को समझाते हुए निम्न अभिक्रिया की कोटि कारण सहित बताइए

$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{H^+} C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$ **(2011, 17)**

या

कारण सहित अभिक्रिया,

$CH_3COOC_2H_5 + NaOH \rightleftharpoons CH_3COONa + C_2H_5OH$ की कोटि बताइए। **(2013)**

उत्तर

आणविकता – किसी रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेने वाले अभिकारक अणुओं की न्यूनतम संख्या को अभिक्रिया की आणविकता कहते हैं।

उदाहरणार्थ– (i) अमोनियम नाइट्राइट को गर्म करने पर होने वाली अभिक्रिया में अमोनियम नाइट्राइट का एक अणु भाग लेता है; अत: इसकी आणविकता एक है।

$NH_4NO_2 \rightarrow 2H_2O + N_2 \uparrow$

(ii) NaOH द्वारा एथिल ऐसीटेट के जल – अपघटन की अभिक्रिया की आणविकता 2 है, क्योंकि इसमें दोनों

अभिकारकों का एक-एक अणु भाग लेता है।

$CH_3COOC_2H_5 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH$

कोटि – किसी रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेने वाले पदार्थों के अणुओं की वह संख्या जिनका सान्द्रण अभिक्रिया की प्रगति में परिवर्तित होता है, अभिक्रिया की कोटि कहलाती है।

उदाहरणार्थ– $CH_3COOC_2H_5 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH$

उपर्युक्त अभिक्रिया में दोनों अभिकारकों के एक-एक अणु की सान्द्रता प्रभावित हो रही है; अत: यह द्वितीय कोटि की अभिक्रिया है परन्तु अभिक्रिया

$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$ में केवल $C_{12}H_{22}O_{11}$ की सान्द्रता में परिवर्तन होने पर अभिक्रिया का वेग परिवर्तित होता है। जल (H_2O) की सान्द्रता में परिवर्तन का वेग पर कोई प्रभाव नहीं होता है। अतः अभिक्रिया की कोटि एक है।

प्रश्न 2.

आणविकता तथा कोटि में अन्तर स्पष्ट कीजिए। N,05 के अपघटन की कोटि निर्धारित कीजिए।

(2010, 12, 17, 18)

उत्तर

अभिक्रिया की आणविकता और कोटि में अन्तर

1. अभिक्रिया की आणविकता सदैव एक पूर्ण संख्या होती है, जबकि अभिक्रिया की कोटि भिन्नात्मक भी हो सकती है।
2. अभिक्रिया की आणविकता कभी-भी शून्य नहीं हो सकती, जबकि अभिक्रिया की कोटि शून्य भी हो सकती है।
3. किसी अभिक्रिया की आणविकता और कोटि समान या भिन्न-भिन्न हो सकती हैं।
4. अभिक्रिया के वेग निर्धारक पद में भाग लेने वाले अणुओं की संख्या उस पद की आणविकता कहलाती है। अभिक्रिया की कोटि उन अणुओं की संख्या है, जिनकी सान्द्रताएँ अभिक्रिया के वेग को निर्धारित करती हैं।
5. अभिक्रियाको आणविकता की व्याख्या उसकी क्रिया-विधि द्वारा करते हैं, जबकि अभिक्रिया की कोटि प्रयोग द्वारा निकाली जाती है।
   N_2O_5 के तापीय अपघटन की अभिक्रिया $2N_2O_5 \rightarrow 4NO_2 + O_2$ के लिए प्रयोगों द्वारा निर्धारित नियम निम्न है,
   दर = $k [N_2O_5]$
   दर नियम में N_2O_5 की सान्द्रता की घात = 1 है, अत: N_2O_5 का अपघटन प्रथम कोटि की अभिक्रिया है।

प्रश्न 3.

प्रथम कोटि की अभिक्रिया के वेग स्थिरांक का सूत्र लिखिए। किसी अभिक्रिया में अभिकारक के सान्द्रण में 20 मिनट में 20% तथा 40 मिनट में 40% की कमी होती है। अभिक्रिया की कोटि की गणना कीजिए। **(2015)**

या

प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए वेग स्थिरांक का व्यंजक लिखिए। **(2017)**

उत्तर

प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए वेग स्थिरांक का सूत्र

$k = \frac{2.303}{t} log \frac{a}{a-x}$
जहाँ, k = वेग स्थिरांक, t = लगा समय, a = प्रारम्भिक मात्रा, a – x = बची हुई मात्रा कोटि की अभिक्रिया के लिए k = $\frac{x}{t}$

1. यदि t = 20% t = 20 मिनट, x = 20
   k_1 = $\frac{20}{20}$ = 1 मोल/लीटर/मिनट
2. यदि t = 40% t = 40 मिनट, x = 40
   k_2 = $\frac{40}{40}$ = 1 मोल/लीटर/मिनट

k_1 तथा k_2 बराबर हैं। अतः अभिक्रिया शून्य कोटि की होगी।

प्रश्न 4.
प्रथम कोटि की अभिक्रिया के वेग स्थिरांक के लिए व्यंजक लिखिए तथा सन्निहित पदों को समझाइए। दर्शाइए कि प्रथम कोटि की अभिक्रिया का अर्द्ध-आयुकाल अभिकारकों के प्रारम्भिक सान्द्रण पर निर्भर नहीं करता है। **(2010, 12, 14, 17)**
उत्तर
प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए $k = \frac{2.303}{t} log_{10} \frac{a}{a-x}$
जहाँ t = समय, a = अभिकारक का प्रारम्भिक सान्द्रण तथा (a – x), t समय बाद सान्द्रण है।
अभिक्रिया में आधा सान्द्रण समाप्त होने के लिए,
परिवर्तित सान्द्रण (x) = 0.5 a, t = $t_{1/2}$ (अर्द्ध-आयुकाल)

$$\therefore \quad k = \frac{2.303}{t_{1/2}} \log_{10} \frac{a}{a - 0.5a} = \frac{2.303}{t_{1/2}} \log \frac{a}{0.5a} = \frac{2.303}{t_{1/2}} \log_{10} 2$$

या $$t_{1/2} = \frac{2.303}{k} \log_{10} 2 = \frac{2.303 \times 0.3010}{k}$$

या $$t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$$

उपर्युक्त समीकरण में सान्द्रण का कोई पद नहीं है; अतः प्रथम कोटि की अभिक्रिया का अर्द्ध-आयुकाल अभिकारक के प्रारम्भिक सान्द्रण पर निर्भर नहीं करता है।

प्रश्न 5.
सिद्ध कीजिए कि प्रथम कोटि की अभिक्रिया को 3/4 पूर्ण करने में लगा समय, अर्द्ध-क्रिया को पूर्ण करने में लगे समय का दोगुना होता है। **(2015)**

हल

प्रथम कोटि की अभिक्रिया का समीकरण $k = \frac{2.303}{t} \log \frac{a}{a-x}$

माना प्रारम्भिक मात्रा 100 है। $x = 75$

$$k = \frac{2.303}{t_{3/4}} \log \frac{100}{25} \quad \text{या} \quad t_{3/4} = \frac{2.303}{k} \log 4 \qquad \ldots(i)$$

इसी प्रकार, $t_{1/2} = \frac{2.303}{k} \log 2 \qquad \ldots(ii)$

समी० (i) को समी० (ii) से भाग देने पर,

$$\frac{t_{3/4}}{t_{1/2}} = \frac{\frac{2.303}{k} \log 4}{\frac{2.303}{k} \log 2} \Rightarrow \frac{t_{3/4}}{t_{1/2}} = \frac{\log 4}{\log 2} = \frac{2 \log 2}{\log 2}$$

$$t_{3/4} = 2 \times t_{1/2}$$

अभिक्रिया का $\frac{3}{4}$ भाग पूर्ण करने में लगा समय = **2 × अर्द्ध-आयु**

प्रश्न 6.

प्रथम कोटि की एक अभिक्रिया में यदि कोई पदार्थ अपनी प्रारम्भिक मात्रा का 100 मिनट में आधा रह जाता है तो बताइए कि कितने समय में यह अपनी प्रारम्भिक मात्रा का एक-चौथाई रह जायेगा? **(2017)**

हल

दिया गया है, $t_{1/2} = 100$ मिनट

$$k = \frac{0.6932}{100}$$

माना प्रारम्भिक मात्रा a है

t समय पश्चात् बची हुई मात्रा $(a - x) = \frac{a}{4}$

$$k = \frac{2.303}{t} \log \frac{a}{a/4}$$

$$\frac{0.6932}{100} = \frac{2.303}{t} \log 4$$

$$\frac{0.6932}{100} = \frac{2.303}{t} \times 2 \times \log 2$$

$$\frac{0.6932}{100} = \frac{2.303}{t} \times 2 \times 0.3010$$

$$t = 200 \text{ मिनट}$$

प्रश्न 7.

एक प्रथम कोटि की अभिक्रिया का अर्द्ध-आयुकाल 60 मिनट है। कितने समय में अभिक्रिया 90% पूर्ण हो जायेगी? **(2015)**

हल

प्रथम कोटि की अभिक्रिया का समीकरण

$$k = \frac{2.303}{t} \log \frac{a}{a-x}$$

प्रश्नानुसार, $t = 60$ मिनट

$$a - x = a - a \times \frac{90}{100} = \frac{a}{10}$$

$$k = \frac{2.303}{60} \log \frac{a}{\frac{a}{10}} = \frac{2.303}{60} \log 10 = \frac{2.303}{60} = \textbf{199 मिनट}$$

प्रश्न 8.

एक प्रथम कोटि की अभिक्रिया का आधा भाग (50%) 10 मिनट में पूर्ण होता है। इस अभिक्रिया का 80% भाग कितने समय में पूर्ण होगा? **(2017)**

उत्तर

प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए $k = \frac{0.6932}{t_{1/2}}$

$$k = \frac{0.6932}{10} = \mathbf{6.932 \times 10^{-2}} \textbf{ मिनट}^{-1}$$

माना पदार्थ की प्रारम्भिक मात्रा a है।

t समय पश्चात् बची हुई मात्रा $a - x = a - 0.8a = 0.2a$

$$k = \frac{2.303}{t} \log \frac{a}{0.2a}$$

$$\frac{0.6932}{10} = \frac{2.303}{t} \log \frac{1}{0.2}$$

$$t = \textbf{23.03 मिनट}$$

प्रश्न 9.

आभासी एकाणुक अभिक्रिया को उदाहरण द्वारा समझाइए। **(2009, 11, 13, 15, 18)**

उत्तर

वह अभिक्रिया जिसकी कोटि एक हो, परन्तु आणविकता एक न हो, आभासी एकाणुक क्रिया कहलाती है।

उदाहरणार्थ –

1. $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{H^+} C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$
2. $CH_3COOCH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3COOH + CH_3OH$

इन दोनों अभिक्रियाओं की कोटि एक है; क्योंकि H_2O के सान्द्रण में कोई परिवर्तन नहीं होता, जबकि इनकी आणविकता दो है। अत: ये आभासी एकाणुक अभिक्रियाएँ हैं।

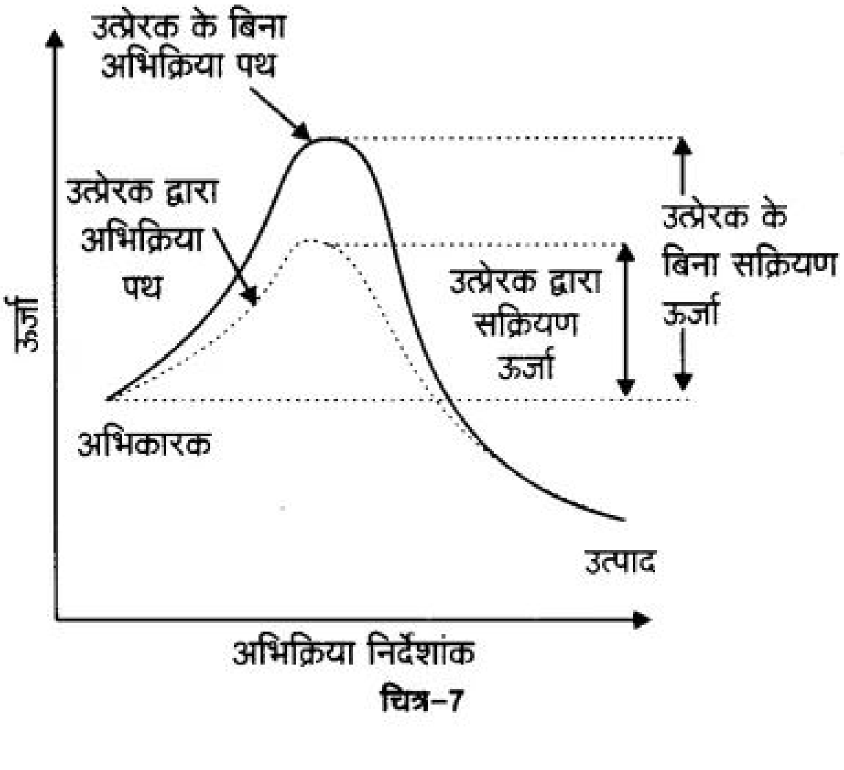
प्रश्न 10.
सक्रियण ऊर्जा क्या होती है? किसी अभिक्रिया का वेग सक्रियण ऊर्जा के मान को कैसे प्रभावित करता है? **(2017)**
उत्तर
ऊर्जा अवरोध को पार करके उत्पाद बनाने के लिए देहली ऊर्जा से कम ऊर्जा युक्त अभिकारक अणुओं को जितनी ऊर्जा की और आवश्यकता होती है उसे अभिक्रिया की सक्रियण ऊर्जा कहते हैं।

अत: सक्रियण ऊर्जा = देहली ऊर्जा – अभिकारक अणुओं की औसत ऊर्जा
या $E_a = E_{Threshold} - E_{Reactants}$

प्रत्येक अभिक्रिया के लिए सक्रियण ऊर्जा का मान निश्चित होता है। किसी अभिक्रिया के लिए जब सक्रियण ऊर्जा का मान कम होता है तो अधिक संख्या में अणु ऊर्जा अवरोध को पार करके उत्पाद बना सकते हैं। इस प्रकार की अभिक्रियाओं के वेग अधिक होते हैं। सक्रियण ऊर्जा के उच्च मान युक्त अभिक्रियाओं के वेग कम होते हैं। अत: तीव्र अभिक्रियाओं के लिए सक्रियण ऊर्जा कम होती है। मन्द अभिक्रियाओं के लिए सक्रियण ऊर्जा अधिक होती है।

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.
अभिक्रिया के वेग पर उत्प्रेरक की उपस्थिति का क्या प्रभाव पड़ता है? **(2013)**
उत्तर
उत्प्रेरक का प्रभाव (Effect of Catalyst) – उत्प्रेरक वह पदार्थ है जो स्वयं स्थायी रूप से परिवर्तित हुए बिना अभिक्रिया के वेग को परिवर्तित कर देता है। **उदाहरणार्थ**– MnO_2 निम्नांकित अभिक्रिया को उत्प्रेरित कर वेग में महत्त्वपूर्ण वृद्धि करता है –
$2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$



चित्र–7

उत्प्रेरक की क्रिया को मध्यवर्ती संकुल सिद्धान्त से समझा जा सकता है। इस सिद्धान्त के अनुसार उत्प्रेरक रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेकर अभिकारकों के साथ अस्थायी बन्ध बनाती है जो कि मध्यवर्ती संकुल में परिणत होता है। इसका अस्तित्व क्षणिक होता है तथा यह वियोजित होकर उत्पाद एवं उत्प्रेरक देता है। यह विश्वास किया जाता है कि उत्प्रेरक एक वैकल्पिक पथ अथवा क्रियाविधि से अभिकारकों वें उत्पादों के मध्य सक्रियण ऊर्जा कम करके एवं इस प्रकार ऊर्जा अवरोध में कमी करके अभिक्रिया सम्पन्न करता है जैसा कि चित्र-7 में दर्शाया गया है। आरेनिअस समीकरण से यह स्पष्ट है कि सक्रियण ऊर्जा का मान जितना कम होगा अभिक्रिया को वेग उतना अधिक होगा।

उत्प्रेरक की लघु मात्रा अभिकारकों की दीर्घ मात्रा को उत्प्रेरित कर सकती है। उत्प्रेरक, अभिक्रिया की गिब्ज ऊर्जा, ΔG, में बदलाव नहीं करता। यह स्वत:प्रवर्तित (spontaneous) अभिक्रियाओं को उत्प्रेरित करता है, परन्तु स्वत:अप्रवर्तित अभिक्रिया को उत्प्रेरित नहीं करता। यह भी पाया गया है कि उत्प्रेरक किसी अभिक्रिया के साम्य स्थिरांक में परिवर्तन नहीं करता, किन्तु यह साम्य को शीघ्र स्थापित करने में सहायता करता है। यह अग्र एवं प्रतीप दोनों अभिक्रियाओं को समान रूप से उत्प्रेरित करता है जिससे साम्यावस्था अपरिवर्तित रहती है, परन्तु शीघ्र स्थापित हो जाती हैं।