

অধ্যায়-০৪ রাসায়নিক পরিবর্তন

প্রশ্ন : সবুজ রসায়ন বলতে কি বুঝ ? সবুজ রসায়নে যে সব নীতিমালা গ্রহণ করা হয়েছে তা লিখ।

উত্তর : সবুজ রসায়ন : রসায়নের যে শাখায় কোন রাসায়নিক দ্রব্যাদির উৎপাদন, ব্যবহার ও বর্জ্য ব্যবস্থাপনার জন্য টেকসই এবং নিরাপদ পদ্ধতি নিয়ে আলোচনা করা হয় তাকে সবুজ রসায়ন বলে।

১৯৯১ সালে Paul T. Anstas এবং John C. Warner সবুজ রসায়নের ১২টি নীতিমালা প্রণয়ন করেন। সবুজ রসায়নের নীতিমালাগুলো নিম্নরূপ-

- (i) বর্জ্য পদার্থ রোধকরণ : শিল্প বিক্রিয়ায় বর্জ্য উৎপাদ রোধ হয় এমন পদ্ধতি ব্যবহার।
- (ii) সর্বোত্তম এটম-ইকোনমি : বিক্রিয়কের সব পরমাণুকে কাজিখত উৎপাদে সংরক্ষণ পদ্ধতি উদ্ভাবন।
- (iii) ন্যূনতম ঝুঁকির পদ্ধতির ব্যবহার : ননটক্সিক বিকারক ও ননটক্সিক বর্জ্য সংশ্লিষ্ট সংশ্লেষণ পদ্ধতি ব্যবহার।
- (iv) নিরাপদ কেমিক্যাল পরিকল্পনা : কেমিক্যাল প্রোডাক্ট উৎপাদন পরিকল্পনায় বিকারক টক্সিক হবে।
- (v) নিরাপদ দ্রাবক ব্যবহার : বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত দ্রাবক ও সহায়ক পদার্থ নিরাপদ হতে হবে।
- (vi) বিক্রিয়ার শক্তি দক্ষতা বৃদ্ধির পরিকল্পনা : কক্ষ তাপমাত্রায় বা ন্যূনতম শক্তি ব্যয়ে উৎপাদন প্রক্রিয়া অনুসরণ।
- (vii) নবায়নযোগ্য কাঁচামালের ব্যবহার : সবুজ রসায়নে কোন পদার্থ উৎপাদনের ক্ষেত্রে নবায়নযোগ্য কাঁচামাল ব্যবহার করতে হবে।
- (viii) উপজাতক উৎপাদন হ্রাস করা : সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে ন্যূনতম ধাপ ও উপজাতক থাকবে।
- (ix) স্টয়কিওমেট্রিক বিকারকের পরিবর্তে প্রভাবকের ব্যবহার : বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের সাথে প্রভাবক যোগ না করে বরং বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থ নিজেই প্রভাবকের কাজ এমন পদ্ধতিই হল সবুজ রসায়নের উৎকৃষ্ট পদ্ধতি।
- (x) প্রাকৃতিক রূপান্তর পরিকল্পনা : শিল্পজাত হতে হবে ব্যাকটেরিয়া নাশ প্রবণ।
- (xi) যথাসময়ে দূষণ নিয়ন্ত্রণ : টক্সিক উৎপাদনের ক্ষেত্রে যথাসময়ে প্রক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ করতে হবে।
- (xi) দুর্ঘটনা প্রতিরোধ : রাসায়নিক পদার্থ এবং পদ্ধতিগত অগ্নিসংঘটন, বিস্ফোরণ ও অন্য দুর্ঘটনা রোধের ব্যবস্থা।

প্রশ্ন : এটম ইকোনমি কী ?

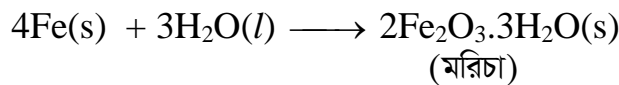
উত্তর : এটম ইকোনমি : কোন বিক্রিয়ায় কাজিখত উৎপাদের আণবিক ভর এবং বিক্রিয়াটিতে ব্যবহৃত সকল বিক্রিয়কের আণবিক ভরের সমষ্টির অনুপাতকে এটম ইকোনমি বলে। এটম ইকোনমি সর্বদা শতকরায় প্রকাশ করা হয়।

$$\% \text{ এটম ইকোনমি} = \frac{\text{কাজিখত উৎপাদের আণবিক ভর}}{\text{বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত সকল বিক্রিয়কের আণবিক ভরের সমষ্টি}} \times 100$$

প্রশ্ন-: রাসায়নিক পরিবর্তন বলতে কি বুঝ ?

উত্তর : রাসায়নিক পরিবর্তন : যে পরিবর্তনের ফলে কোন পদার্থের অণুসমূহের উপাদান ও অণুর গঠন প্রকৃতির স্থায়ী পরিবর্তন ঘটে এবং উক্ত পদার্থ নিজেদের ধর্ম হারিয়ে সম্পূর্ণ নতুন ধর্মবিশিষ্ট পদার্থে পরিবর্তিত হয়, তাকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলে।

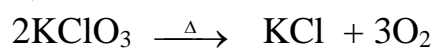
উদাহরণ-লৌহ খন্ডকে উন্মুক্ত অবস্থায় রেখে দিলে তা বাতাসের জলীয় বাষ্প ও অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে সোদক ফেরিক অক্সাইড বা মরিচায় পরিণত হয়।



প্রশ্ন: একমুখী বিক্রিয়া ও উভমুখী বিক্রিয়া বলতে কি বুঝ ? উদাহরণসহ লিখ।

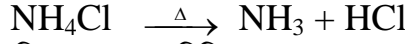
উত্তর : একমুখী বিক্রিয়া : যে বিক্রিয়া শুধু সম্মুখ দিকে ঘটে, তাকে একমুখী বিক্রিয়া বলে। এ ধরনের বিক্রিয়ায় সমান চিহ্নের পরিবর্তে তীর চিহ্ন (\rightarrow) ব্যবহৃত হয়।

উদাহরণ- পটাশিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করলে পটাশিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। বিপরীতভাবে KCl ও অক্সিজেনের মধ্যে কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

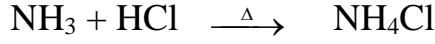


উভমুখী বিক্রিয়া : যে বিক্রিয়া এক সাথে সম্মুখদিক ও পশ্চাত্‌দিকে সংঘটিত হয় তাকে উভমুখী বিক্রিয়া বলে। এ বিক্রিয়া দুটি বিপরীতমুখী অর্ধ তীর দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

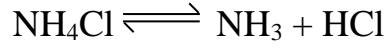
উদাহরণ- একটি আবদ্ধ পাত্রে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডকে তাপ প্রয়োগ করলে অ্যামোনিয়া গ্যাস ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।



অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া করে পুনরায় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়।



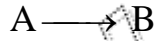
এভাবে একটি উভমুখী বিক্রিয়ার সৃষ্টি হয় এবং এ বিক্রিয়াকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয়-



প্রশ্ন-: বিক্রিয়ার হার বা গতিবেগ (**Rate of Reaction**) বলতে কি বুঝ ? গাণিতিক এবং লেখচিত্রের সাহায্যে বিক্রিয়ার হারের ব্যাখ্যা দাও।

উত্তর : বিক্রিয়ার হার : একক সময়ে কোন বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা হ্রাস বা উৎপাদের ঘনমাত্রা বৃদ্ধিকে বিক্রিয়ার হার বা গতিবেগ বলে।

গাণিতিক ব্যাখ্যা : একটি সাধারণ বিক্রিয়া নিম্নরূপ-



ধরি, t_1 সময়ে বিক্রিয়ক A এর ঘনমাত্রা c_1

t_2 সময়ে বিক্রিয়ক A এর ঘনমাত্রা c_2

সুতরাং $(t_2 - t_1)$ সময়ে বিক্রিয়ক A এর ঘনমাত্রা হ্রাস = $c_2 - c_1$

বা, dt সময়ে বিক্রিয়ক A এর ঘনমাত্রা হ্রাস = $-dc$ [$\because c_1 > c_2$]

বা, 1(একক) সময়ে বিক্রিয়ক A এর ঘনমাত্রা হ্রাস = $-\frac{dc}{dt}$

সুতরাং বিক্রিয়ার হার = $-\frac{dc}{dt}$ [ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা ঘনমাত্রা হ্রাস বুঝায়]

অনুরূপভাবে, t_1 সময়ে উৎপাদ B এর ঘনমাত্রা x_1 এবং t_2 সময়ে ঘনমাত্রা x_2 হলে ,

$$\text{বিক্রিয়ার হার} = \frac{dx}{dt}$$

লেখচিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা : সময়ের বিপরীতে বিক্রিয়ক অথবা উৎপাদের ঘনমাত্রাকে আলেখিত করলে প্রদত্ত চিত্রের মত বক্র রেখা পাওয়া যায়। লেখচিত্রে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার বক্ররেখা থেকে জানা যায়, $(t_2 - t_1) = dt$ সময়ের ব্যবধানে

বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা পরিবর্তিত হয় = $c_2 - c_1 = -dc$ [$\because c_1 > c_2$]

বিক্রিয়ার হার = $-\frac{dc}{dt}$ [ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা ঘনমাত্রা হ্রাস

বুঝায়]

নির্দিষ্ট সময় পর বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার বক্ররেখার নির্দিষ্ট বিন্দুতে

একটি স্পর্শক টানলে ঐ সরলরেখার ঢালের মান হবে $-\frac{dc}{dt}$ ।

অনুরূপভাবে উৎপাদের ঘনমাত্রার বক্ররেখার কোন বিন্দুতে

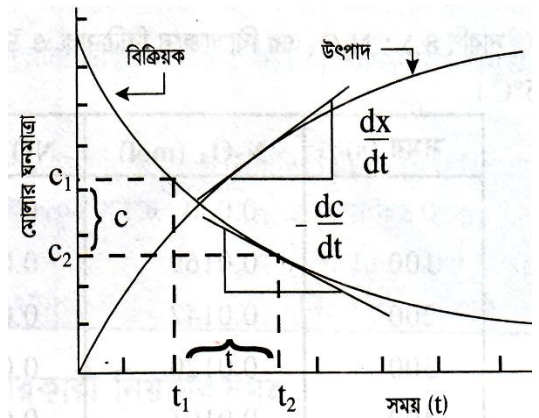
স্পর্শক টানলে ঐ সরলরেখার ঢালের মান হবে $\frac{dx}{dt}$, যা

বিক্রিয়ার হার নির্দেশ করে।

লেখচিত্রের সাহায্যে দেখা যাচ্ছে, সময়ের সাথে সাথে

বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা হ্রাস পাচ্ছে এবং উৎপাদের ঘনমাত্রা

বৃদ্ধি পাচ্ছে।



চিত্র : সময়ের সাথে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ঘনমাত্রা পরিবর্তন

একক : বিক্রিয়ার হারের একক হল- $\text{molL}^{-1}\text{sec}^{-1}$

প্রশ্ন- : বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক বা আপেক্ষিক বেগ ধ্রুবক বলতে কি বুঝ ?

উত্তর : বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক : আমরা জানি,

বিক্রিয়ার হার \propto বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা

বা, বিক্রিয়ার হার = $K \times$ বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা $[K = \text{বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক}]$

বা, $K = \frac{\text{বিক্রিয়ার হার}}{\text{বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা}}$

বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা $1M$ হলে, $K = \text{বিক্রিয়ার হার}$ ।

সুতরাং এক মোলার ঘনমাত্রার কোন বিক্রিয়কের বিক্রিয়ার হারকে বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক বা আপেক্ষিক বেগ ধ্রুবক বলে।

প্রশ্ন-: বিক্রিয়ার হার -এর উপর বিভিন্ন নিয়ামকের প্রভাব আলোচনা কর।

উত্তর : বিক্রিয়ার হার নিম্নলিখিত নিয়ামকগুলোর উপর নির্ভর করে-

বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা : বিক্রিয়ার হার বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার সাথে সমানুপাতিক। সুতরাং বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়।

চাপ : গ্যাসীয় মাধ্যমে চাপ প্রয়োগ করলে আয়তন কমে যায়। ফলে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পায়। সুতরাং চাপ বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়।

তাপমাত্রা : তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়ক অণুসমূহের সংঘর্ষ বৃদ্ধি পায়। সুতরাং তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়।

আলো : কিছু কিছু বিক্রিয়ার হার আলোর উপর নির্ভরশীল। যেমন- গাছের সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়া।

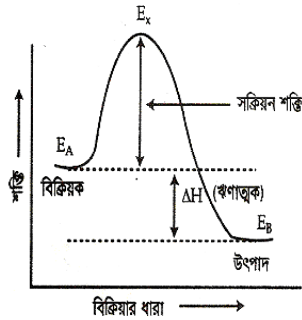
বিক্রিয়কের পৃষ্ঠতল : বিক্রিয়কের পৃষ্ঠতল ক্ষেত্র যত বেশি হবে, বিক্রিয়া হারও তত বেশি হবে।

অনুঘটক : অনুঘটক বিক্রিয়ার হারকে বৃদ্ধি বা হ্রাস করে।

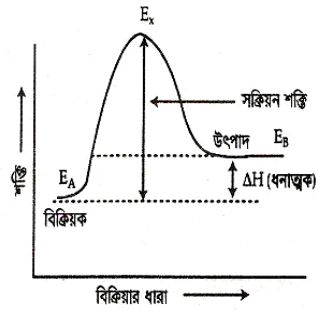
প্রশ্ন-: সক্রিয় শক্তি বলতে কি বুঝ ? এর তাৎপর্য লিখ।

অথবা, সক্রিয় শক্তি বলতে কি বুঝ ? সক্রিয় শক্তি একটি বিক্রিয়ার গতিকে কিভাবে নিয়ন্ত্রণ করে।

উত্তর : সক্রিয় শক্তি : কোন বিক্রিয়ায় পারস্পরিক আণবিক সংঘর্ষ দ্বারা বা অন্য কোন উপায়ে বিক্রিয়কের একটি অংশ বিক্রিয়কের গড় গতিশক্তি অপেক্ষা যে পরিমাণ অধিক শক্তি লাভ করে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণের উপযুক্ততা লাভ করে, তাকে ঐ বিক্রিয়ার সক্রিয় শক্তি বলে।



চিত্র : (ক) তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার সক্রিয় শক্তি



চিত্র : (খ) তাপহারী বিক্রিয়ার সক্রিয় শক্তি

চিত্র থেকে দেখা যায় যে, বিক্রিয়ক থেকে উৎপাদ তৈরির সময় শক্তির একটি বাধা অতিক্রম করতে হয়। আর এ বাধা অতিক্রম করতে হলে অণুসমূহকে ন্যূনতম শক্তি ($E_x - E_A$) লাভ করতে হয়। এ শক্তিই সক্রিয় শক্তি। অতএব বিক্রিয়া সংঘটিত হতে হলে বিক্রিয়ক অণুসমূহকে এ শক্তি অর্জন করতে হয়। সক্রিয় শক্তির মান কম হলে সহজেই বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। অপরপক্ষে, সক্রিয় শক্তির মান উচ্চ হলে অধিক তাপমাত্রায় বিক্রিয়া সংঘটিত হয়।

প্রশ্ন-: আরহেনিয়াসের সমীকরণের সাহায্যে দেখাও যে, বিক্রিয়ার তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়ার হারও বৃদ্ধি পায়।

উত্তর : ১৮৮৯ খ্রিষ্টাব্দে প্রখ্যাত বিজ্ঞানী এস. আরহেনিয়াস সর্বপ্রথম বিক্রিয়ার হারের উপর তাপমাত্রার প্রভাব অনুধাবন করেন। তিনি তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সক্রিয় শক্তি ও বিক্রিয়া হারের বৃদ্ধি প্রকাশক একটি গাণিতিক সমীকরণ উদ্ভাবন করেন, এটি আরহেনিয়াস সমীকরণ নামে পরিচিত। আরহেনিয়াস সমীকরণটি নিম্নরূপ-

এখানে,

k = বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক

p = স্থানিক বিন্যাস

Z = সংঘর্ষ হার

e = সক্রিয়ণ শক্তি প্রাপ্ত মোট অণুর ভগ্নাংশ।

E_a = বিক্রিয়কের সক্রিয়ণ শক্তি

R = সার্বজনীন মোলার গ্যাস ধ্রুবক

T = পরম তাপমাত্রা

$$k = p.Z e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

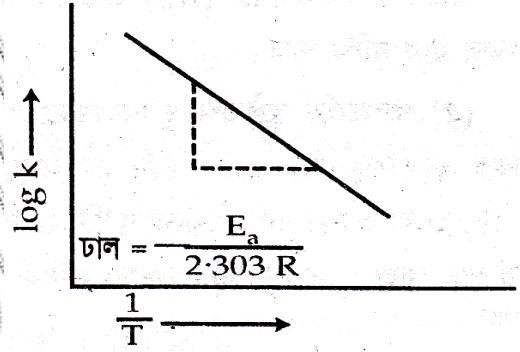
আবার $p.Z$ এ রাশি দুটোকে একত্রে A প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। তখন A -কে আরহেনিয়াস ফ্যাক্টর বলে এবং সমীকরণটি নিম্নরূপ হয়-

$$k = A e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

আরহেনিয়াস সমীকরণের উভয় পার্শ্বে \log নিয়ে পাই

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$

$$\text{বা, } \log k = \log A - \frac{E_a}{2.303R} \cdot \frac{1}{T} \dots \dots \dots (i)$$



(i) নং সমীকরণ অনুযায়ী লেখচিত্র থেকে দেখা যায় যে, তাপমাত্রা (T) বৃদ্ধির সাথে সাথে বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক (k) এর মানও বৃদ্ধি পায়। আবার, বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক বিক্রিয়া হারের সমানুপাতিক। তাই বিক্রিয়ার তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়ার হারও বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন-৪: আরহেনিয়াসের সমীকরণের সাহায্যে সক্রিয়ণ শক্তি নির্ণয় কর।

উত্তর : আরহেনিয়াস সমীকরণটি নিম্নরূপ-

এখানে,

k = বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক

p = স্থানিক বিন্যাস

Z = সংঘর্ষ হার

e = সক্রিয়ণ শক্তি প্রাপ্ত মোট অণুর ভগ্নাংশ।

E_a = বিক্রিয়কের সক্রিয়ণ শক্তি

R = সার্বজনীন মোলার গ্যাস ধ্রুবক

T = পরম তাপমাত্রা

$$k = p.Z e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

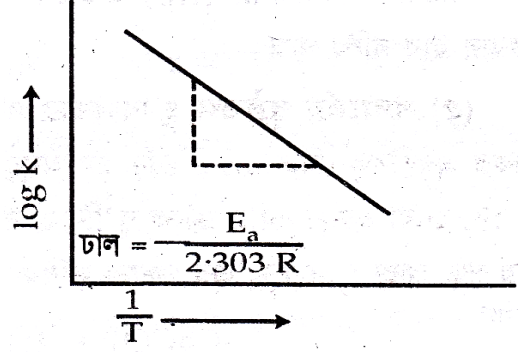
আবার $p.Z$ এ রাশি দুটোকে একত্রে A প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। তখন A -কে আরহেনিয়াস ফ্যাক্টর বলে এবং সমীকরণটি নিম্নরূপ হয়-

$$k = A e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

আরহেনিয়াস সমীকরণের উভয় পাশে log নিয়ে পাই

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$

$$\text{বা, } \log k = \log A - \frac{E_a}{2.303R} \cdot \frac{1}{T} \dots\dots\dots(i)$$



লেখচিত্র থেকে, ঢাল = $-\frac{E_a}{2.303R}$

$$\text{বা, } E_a = -\text{ঢাল} \times 2.303R$$

প্রশ্ন-ঃ আরহেনিয়াসের সমীকরণের সাহায্যে দুটি ভিন্ন তাপমাত্রায় বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক কিংবা সক্রিয়ণ শক্তি কিভাবে নির্ণয় কর।

উত্তর : আরহেনিয়াস সমীকরণটি নিম্নরূপ-

এখানে,

k = বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক

p = স্থানিক বিন্যাস

Z = সংঘর্ষ হার

e = সক্রিয়ণ শক্তি প্রাপ্ত মোট অণুর ভগ্নাংশ।

E_a = বিক্রিয়কের সক্রিয়ণ শক্তি

R = সার্বজনীন মোলার গ্যাস ধ্রুবক

T = পরম তাপমাত্রা

$$k = p.Z e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

আবার p.Z এ রাশি দুটোকে একত্রে A প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। তখন A-কে আরহেনিয়াস ফ্যাক্টর বলে এবং সমীকরণটি নিম্নরূপ হয়-

$$k = A e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

আরহেনিয়াস সমীকরণের উভয় পাশে log নিয়ে পাই

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$

$$\text{বা, } \log k = \log A - \frac{E_a}{2.303R} \cdot \frac{1}{T} \dots\dots\dots(i)$$

T₁ ও T₂ তাপমাত্রায় যদি বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক যথাক্রমে k₁ ও k₂ হয় তাহলে সমীকরণ (i) থেকে পাই,

$$\log k_1 = \log A - \frac{E_a}{2.303R} \cdot \frac{1}{T_1} \dots\dots\dots(ii)$$

$$\log k_2 = \log A - \frac{E_a}{2.303R} \cdot \frac{1}{T_2} \dots\dots\dots(iii)$$

(ii) নং সমীকরণ থেকে (iii) নং সমীকরণ বিয়োগ করে পাই,

$$\text{বা, } \log \frac{k_1}{k_2} = -\frac{E_a}{2.303R} \times \left[\frac{T_1 - T_2}{T_1 T_2} \right] \dots\dots\dots(\text{iv})$$

(iv) নং সমীকরণের সাহায্যে কোন বিক্রিয়ার একটি তাপমাত্রায় হার প্রবন্ধ জানা থাকলে অপর যে কোন তাপমাত্রায় হার প্রবন্ধ নির্ণয় করা যায়। আবার একটি বিক্রিয়ার দুটি ভিন্ন তাপমাত্রায় হার প্রবন্ধের মান জানা থাকলে ঐ বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি নির্ণয় করা যায়।

প্রশ্ন : উদাহরণের সাহায্যে দেখাও যে, তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সক্রিয়ণ শক্তি অর্জনকৃত অণুর সংখ্যা বৃদ্ধি পায়।

উত্তর : মনে করি, কোন বিক্রিয়ার অণুসমূহের প্রয়োজনীয় সক্রিয়ণ শক্তি, $E_a = 50\text{kJ/mol}$ বা, 50000J/mol সুতরাং আরহেনিয়াস সমীকরণ মতে সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে 300K তাপমাত্রায় 50000J/mol সক্রিয়ণ শক্তি প্রাপ্ত

মোট অণুর ভগ্নাংশ ($e^{\frac{-E_a}{RT}}$) নিম্নরূপে হিসাব করা যায়। মোট অণুর ভগ্নাংশ ফ্যাক্টর, $f = e^{\frac{-E_a}{RT}}$ ধরা হয়।

$$f = e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

$$= e^{\frac{-50000}{8.3 \times 300}} = e^{-20.08} = 1.90 \times 10^{-9} = \frac{19}{10^{10}}$$

অর্থাৎ 300K তাপমাত্রায় 10^{10} টি অণুর মধ্যে মাত্র 19টি অণু সক্রিয়ণ শক্তি অর্জন করে।

আবার, তাপমাত্রায় একই বিক্রিয়ায় মোট অণুর ভগ্নাংশ ফ্যাক্টর হল-

$$f = e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

$$= e^{\frac{-50000}{8.3 \times 310}} = e^{-19.48} = 3.63 \times 10^{-9} = \frac{36}{10^{10}}$$

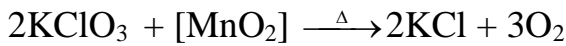
অর্থাৎ 310K তাপমাত্রায় 10^{10} টি অণুর মধ্যে মাত্র 36 টি অণু সক্রিয়ণ শক্তি অর্জন করে।

সুতরাং তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সক্রিয়ণ শক্তি অর্জনকৃত অণুর সংখ্যা বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন-ঃ প্রভাবক বলতে কি বুঝ ? প্রভাবকের বৈশিষ্ট্য লিখ।

উত্তর : প্রভাবক : যে রাসায়নিক পদার্থের উপস্থিতির ফলে বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত বা মন্থর হয় অথচ বিক্রিয়া শেষে ঐ পদার্থের ধর্ম ও ভর অপরিবর্তিত থাকে, তাকে প্রভাবক বলে এবং এ প্রক্রিয়াকে প্রভাবন বলে।

উদাহরণ- KClO_3 থেকে অক্সিজেন তৈরির সময় সামান্য MnO_2 যোগ করলে বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি পায়। বিক্রিয়া শেষে MnO_2 এর ভর ও ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে। তাই এ বিক্রিয়ায় একটি MnO_2 প্রভাবক।



প্রভাবকের বৈশিষ্ট্য :

(i) প্রভাবক বিক্রিয়ার গতিকে ত্বরান্বিত বা মন্থর করতে পারে কিন্তু বিক্রিয়া শেষে ধর্ম ও ভর অপরিবর্তিত থাকে।

(ii) বিক্রিয়া গতিকে প্রভাবিত করার জন্য সামান্য প্রভাবকই যথেষ্ট।

(iii) কোন প্রভাবক বিক্রিয়া আরম্ভ করতে পারেনা।

(iv) প্রভাবক কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার অবস্থান পরিবর্তন করতে পারে না।

(v) কোন নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার জন্য প্রভাবকও নির্দিষ্ট।

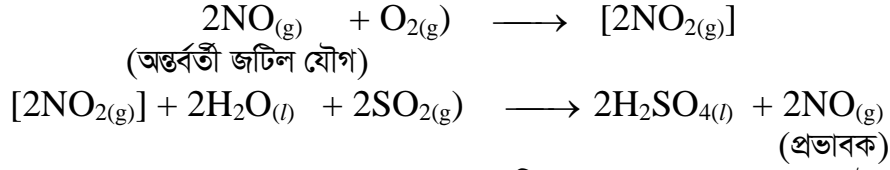
প্রশ্ন : প্রভাবকের প্রকৃতির উপর ভিত্তি করে প্রভাবককে কয়টি শ্রেণিতে ভাগ করা হয়েছে ? প্রত্যেক প্রকারের উদাহরণসহ সংজ্ঞা লিখ।

উত্তর : প্রভাবকের প্রকৃতির উপর ভিত্তি করে প্রভাবককে চারটি শ্রেণিতে ভাগ করা হয়েছে।

(i) **ধনাত্মক প্রভাবক :** যে সব প্রভাবক কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার স্বাভাবিক গতিকে আরো বৃদ্ধি করে তাকে ধনাত্মক প্রভাবক বলে। উদাহরণ- $2\text{KClO}_3 + [\text{MnO}_2] \xrightarrow{\Delta} 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$

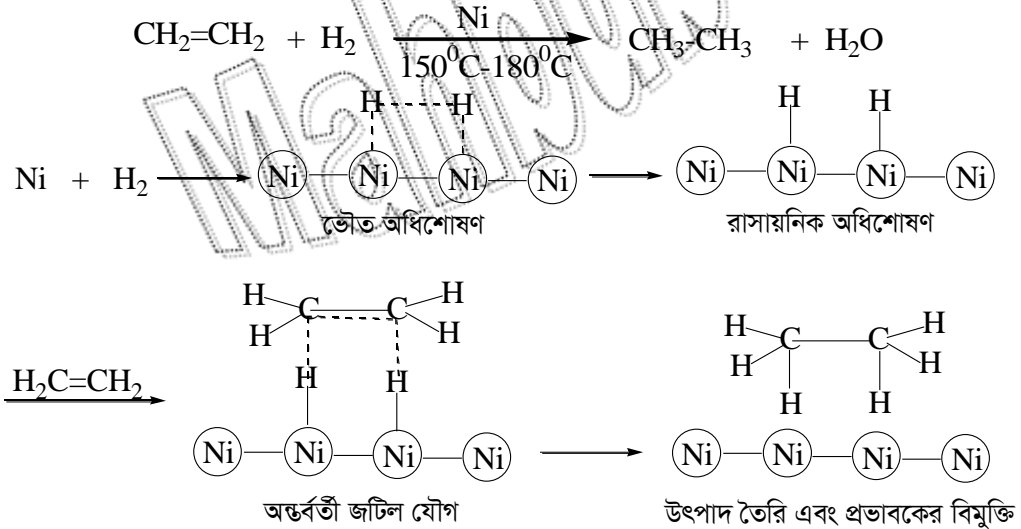
এ বিক্রিয়ায় MnO_2 ধনাত্মক প্রভাবক হিসাবে কাজ করে।

উদাহরণ- সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির সশয় সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অক্সাইডকে প্রভাবক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। নাইট্রিক অক্সাইড প্রথমে অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে অন্তর্বর্তী যৌগ নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গঠন করে। পরে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড পানির সংস্পর্শে সালফার ডাই-অক্সাইডকে জারিত করে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



পরিশোধনের মাধ্যমে প্রভাবন : অসমসত্ত্ব প্রভাবনের ক্ষেত্রে পরিশোধনের মাধ্যমে প্রভাবন কৌশল কার্যকর। এই বিক্রিয়াকালে প্রভাবকের কোন একটি বিক্রিয়কের অণুগুলোর সাথে রাসায়নিক বন্ধন তৈরির মাধ্যমে অথবা দুর্বল ভ্যানডার ওয়াল্‌স বলের সাহায্যে পৃষ্ঠতলে অধিশোষিত হয়। এভাবে অধিশোধনের ফলে পৃষ্ঠতলে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বেড়ে যায়। অতঃপর পৃষ্ঠতলে সংযুক্ত বিক্রিয়ক অণুগুলোর বন্ধন ভেঙ্গে যায় এবং তারা অপর বিক্রিয়কের অণুগুলোর সাথে যুক্ত হয়ে অস্থায়ী জটিল যৌগ গঠন করে। এই অস্থায়ী জটিল যৌগ তারপর বিয়োজিত হয়ে উৎপাদ তৈরি করে এবং প্রভাবক বিমুক্ত হয়। অধিশোধনকালে যে তাপ উৎপন্ন হয় তা প্রভাবক পৃষ্ঠতল শোষণ করে। ফলে বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি প্রভাবক পৃষ্ঠতল সরবরাহ করে। সেজন্য বিক্রিয়ার সক্রিয় শক্তি কমে যায় এবং গতিবেগ বেড়ে যায়।

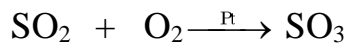
উদাহরণ : নিকেল প্রভাবকের উপস্থিতিতে ইথিনের হাইড্রোজেনেশন বিক্রিয়া।



প্রশ্ন-: প্রভাবক বিষ ও প্রভাবক বিবর্ধক বলতে কি বুঝ ?

উত্তর : প্রভাবক বিষ : যে সকল পদার্থ প্রভাবকের প্রভাবন ক্ষমতা হ্রাস বা বন্ধ করে দেয়, তাদেরকে প্রভাবক বিষ বলে।

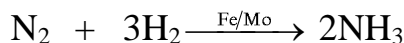
উদাহরণ- Pt চূর্ণের প্রভাবে সালফার ডাই অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে সালফার ট্রাই অক্সাইডে পরিণত হয়।



কিন্তু এ বিক্রিয়ায় সামান্য পরিমাণ As_2O_3 যোগ করলে প্লাটিনামের প্রভাবন ক্ষমতা প্রায় বন্ধ হয়ে যায়। তাই এখানে As_2O_3 প্রভাবক বিষ।

প্রভাবক বিবর্ধক : যে সকল পদার্থ নিজে প্রভাবক হিসেবে কাজ করতে পারেনা কিন্তু কোন বিক্রিয়ায় প্রভাবকের সাথে উপস্থিত থেকে প্রভাবকের প্রভাবন ক্ষমতা বৃদ্ধি করে, তাদেরকে প্রভাবক বিবর্ধক বলে।

উদাহরণ- হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুতকালে সামান্য পরিমাণ মলিবডেনাম ধাতুর চূর্ণ লৌহচূর্ণ প্রভাবকের প্রভাবন ক্ষমতা বৃদ্ধি করে।

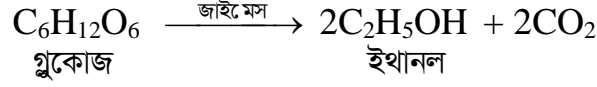


প্রশ্ন-: এনজাইম কি ? এটি কিভাবে ক্রিয়া করে।

উত্তর : এনজাইম : উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহ থেকে সৃষ্ট উচ্চ আণবিক ভরবিশিষ্ট প্রাণহীন, অদানাদার নাইট্রোজেনপূর্ণ জটিল যৌগকে এনজাইম বলে। এনজাইম মূলত জৈব প্রভাবক।

অনুঘটক হিসাবে এনজাইমের ক্রিয়া : এনজাইম বৃহদাকার প্রোটিন জাতীয় যৌগ। এ দীর্ঘ অণুর বিভিন্ন বিন্দুতে কতগুলো সক্রিয় স্থান থাকে। এসব স্থানে বিক্রিয়ক অণু যুক্ত হয়ে অন্তর্বর্তী অস্থায়ী যৌগ গঠন করে যা পরে বিয়োজিত হয়ে উৎপাদে পরিণত হয় এবং এনজাইম বিমুক্ত হয়। এভাবে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক অণুকে সক্রিয় স্থান সরবরাহ করে সক্রিয়ন শক্তিকে হ্রাস করে এবং বিক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করতে পারে বলেই এনজাইমসমূহ জৈব বিক্রিয়ায় অনুঘটক হিসেবে কাজ করে।

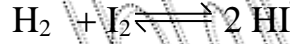
উদাহরণ- গ্লুকোজকে জাইমেস্ এনজাইম অ্যালকোহলে পরিণত করে।



প্রশ্ন-ঃ রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বলতে কি বুঝ ? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : রাসায়নিক সাম্যাবস্থা : যে অবস্থায় কোন উভমুখী বিক্রিয়ায় অগ্রবর্তী বিক্রিয়ার বেগ এবং পশ্চাত্মুখী বিক্রিয়ার বেগ সমান হয় তাকে রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বলে।

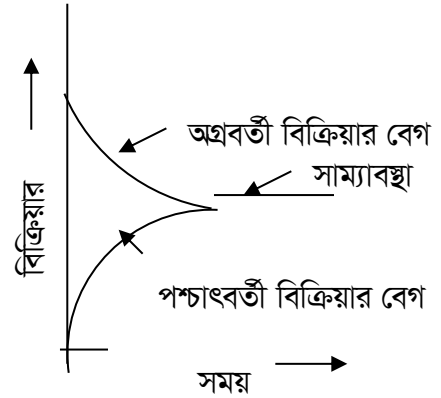
উদাহরণ- 450°C তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ায় HI এর পরিমাণ বৃদ্ধির সাথে সাথে, HI এর বিয়োজনের ফলে H₂ ও I₂ উৎপন্ন হবার প্রবণতাও বৃদ্ধি পায়। ফলে অগ্রবর্তী বিক্রিয়ার বেগ হ্রাস পেতে থাকে এবং পশ্চাত্মুখী বিক্রিয়ার বেগ বৃদ্ধি পেতে থাকে। এক সময় অগ্রবর্তী বিক্রিয়ার বেগ এবং পশ্চাত্মুখী বিক্রিয়ার বেগ সমান হবে এবং বিক্রিয়াটি তখন সাম্যাবস্থায় পৌঁছে।



প্রশ্ন-ঃ ‘সাম্যাবস্থা গতিশীল’ ব্যাখ্যা কর।

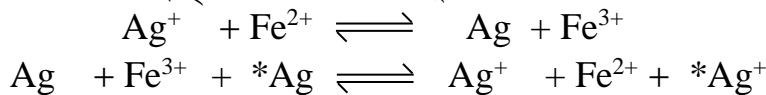
উত্তর :

সাম্যাবস্থা গতিশীল : সাম্যাবস্থায় উভমুখী বিক্রিয়ার অগ্রবর্তী বিক্রিয়ার বেগ এবং পশ্চাত্মুখী বিক্রিয়ার বেগ সমান হয়। এতে মনে হয় বিক্রিয়াটি বন্ধ হয়ে গেছে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে বিক্রিয়া বন্ধ হয়না। এ অবস্থায় প্রতি সেকেন্ডে যতগুলো বিক্রিয়ক অণু বিক্রিয়া করে উৎপাদ তৈরী করে, ঐ সময় উৎপাদ বিয়োজিত হয়ে ঠিক ততগুলো বিক্রিয়ক অণু সৃষ্টি করে। রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় যদিও বিক্রিয়ক ও উৎপাদসমূহের পরিমাণ পরিবর্তিত হয়না তথাপি সম্মুখ বিক্রিয়া এবং পশ্চাত্মুখী বিক্রিয়া সমগতিতে চলতে থাকে। এজন্য উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থাকে সচল বা গতিশীল সাম্যাবস্থা বলা হয়।



গতিশীল সাম্যাবস্থার প্রমাণ : Ag⁺ আয়নের দ্রবণে Fe(II) লবণের দ্রবণ যোগ করা হলে বিক্রিয়ায় ধাতব Ag এবং Fe³⁺ এর দ্রবণ তৈরি হয়ে সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হয়। এ অবস্থায় মিশ্রণে তেজস্ক্রিয় *Ag যোগ করা হলে কিছুক্ষণ পর দ্রবণে তেজস্ক্রিয় *Ag⁺ এর উপস্থিতির প্রমাণ পাওয়া যায়।

এ থেকে প্রমাণিত হয় সাম্যাবস্থা সৃষ্টি হওয়ার পরও উভমুখী বিক্রিয়া চলতে থাকে।

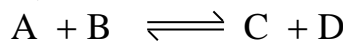


প্রশ্ন-ঃ ভরক্রিয়া সূত্রটি লিখ। এ সূত্রের সাহায্যে সাম্যাবস্থার সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

উত্তর : ভরক্রিয়া সূত্র : “নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি বিক্রিয়ার গতিবেগ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী প্রতিটি বিক্রিয়কের সক্রিয় ভরের (মোলার ঘনমাত্রা বা আংশিক চাপ) সমানুপাতিক।”

ভরক্রিয়া সূত্রের গাণিতিকরূপ অথবা সাম্যাবস্থার সমীকরণ প্রতিপাদন :

ধরি, একটি সরল উভমুখী বিক্রিয়া নিম্নরূপ-



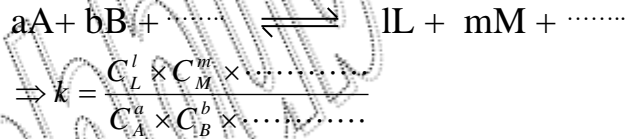
ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, অগ্রবর্তী বিক্রিয়ার বেগ, $R_f \propto [\text{A}] \times [\text{B}]$	এখানে, $[\text{A}] = \text{A}$ বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রা
---	--

$\Rightarrow R_f = k_1[A] \times [B] \dots\dots\dots(1)$ আবার, পশ্চাত্বর্তী বিক্রিয়ার বেগ, $R_b \propto [C] \times [D]$ $\Rightarrow R_b = k_2 [C] \times [D] \dots\dots\dots(2)$	$[B] = B$ বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রা $[C] = C$ উৎপাদের মোলার ঘনমাত্রা $[D] = D$ উৎপাদের মোলার ঘনমাত্রা $k_1 =$ অগ্রবর্তী বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক। $k_2 =$ পশ্চাত্বর্তী বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক।
--	---

সাম্যাবস্থায় অগ্রবর্তী বিক্রিয়ার বেগ ও পশ্চাত্বর্তী বিক্রিয়ার বেগ সমান হয়।

$$\begin{aligned} \therefore R_f &= R_b \\ \Rightarrow k_1 [A] \times [B] &= k_2 [C] \times [D] \\ \Rightarrow \frac{k_1}{k_2} &= \frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]} \\ \Rightarrow K &= \frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]} \quad [k \text{-কে বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক বলে।}] \\ \Rightarrow K &= \frac{C_C \times C_D}{C_A \times C_B} \end{aligned}$$

একটি সাধারণ উভমুখী বিক্রিয়ার জন্য সাম্যধ্রুবক, k -কে নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয়-



প্রশ্ন-ঃ K_c ও K_p বলতে কি বুঝে? এদের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।

উত্তর : K_c : কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদের সক্রিয় ভরকে মোলার ঘনমাত্রায় প্রকাশ করে প্রাপ্ত সাম্যধ্রুবককে মোলার সাম্যধ্রুবক বলা হয়। একে K_c দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

K_p : কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদের সক্রিয় ভরকে আংশিক চাপে প্রকাশ করে প্রাপ্ত সাম্যধ্রুবককে আংশিক চাপ সাম্যধ্রুবক বলা হয়। একে K_p দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

K_c ও K_p এর মধ্যে সম্পর্ক : একটি গ্যাসীয় উভমুখী বিক্রিয়া নিম্নরূপ-

$aA + bB + \dots \rightleftharpoons lL + mM + \dots$ $\therefore K_C = \frac{C_L^l \times C_M^m \times \dots}{C_A^a \times C_B^b \times \dots} \dots\dots\dots(1)$ আবার, $K_P = \frac{P_L^l \times P_M^m \times \dots}{P_A^a \times P_B^b \times \dots} \dots\dots\dots(2)$	এখানে, $C_A = A$ বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রা $C_B = B$ বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রা $C_L = L$ উৎপাদের মোলার ঘনমাত্রা $C_M = M$ উৎপাদের মোলার ঘনমাত্রা $P_A = A$ বিক্রিয়কের আংশিক চাপ $P_B = B$ বিক্রিয়কের আংশিক চাপ $P_L = L$ উৎপাদের আংশিক চাপ $P_M = M$ উৎপাদের আংশিক চাপ
--	--

ধরি, বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদসমূহ আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে। n মোল গ্যাসের আংশিক চাপ, P আয়তন, V এবং তাপমাত্রা, T হলে আদর্শ গ্যাসের সূত্রানুসারে,

$$\begin{aligned} PV &= nRT \\ \Rightarrow P &= \frac{n}{V} RT \\ \Rightarrow P &= CRT \quad [এখানে, C = \frac{n}{V} = \text{মোলার ঘনমাত্রা}] \end{aligned}$$

P এর মান (2) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$K_p = \frac{(CRT)_L^l \times (CRT)_M^m \times \dots}{(CRT)_A^a \times (CRT)_B^b \times \dots}$$

$$\Rightarrow K_p = \frac{(C_L^l \times C_M^m \dots) \times (RT)^{l+m+\dots}}{(C_A^a \times C_B^b \dots) \times (RT)^{a+b+\dots}}$$

$$\Rightarrow K_p = K_c \times (RT)^{(l+m+\dots)-(a+b+\dots)}$$

$$\Rightarrow K_p = K_c \times (RT)^{\Delta n} \text{ এখানে, } \Delta n = \text{উৎপাদের মোল সংখ্যা} - \text{বিক্রিয়কের মোল সংখ্যা।}$$

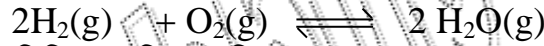
কোন বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল সংখ্যা সমান হলে অর্থাৎ $\Delta n = 0$ হলে,

$$K_c = K_p \text{ হবে।}$$

প্রশ্ন-ঃ সাম্যধ্রুবকের তাৎপর্য লিখ।

উত্তর : কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবকের তাৎপর্য নিম্নরূপ-

(ক) বিক্রিয়ার ব্যাপ্তি (**Extent**) বিচার : সাম্যধ্রুবকের অধিক মান উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রায় সম্পূর্ণতার দিক নির্দেশ করে। তখন বিপরীতমুখী বিক্রিয়া নগণ্য অবস্থায় থাকে। যেমন- H_2 ও O_2 এর মধ্যে বিক্রিয়ায় H_2O উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে 500K তাপমাত্রায় সাম্যধ্রুবকের মান অতি উচ্চ ($K_c = 2.4 \times 10^{47}$) হয়।



সাম্যধ্রুবকের বিভিন্ন মানের উপর ভিত্তি করে নিম্নোক্ত সিদ্ধান্তসমূহ নেয়া যায়-

- (i) K_c এর মান 10^3 থেকে 10^{-3} এর মধ্যে থাকলে সাম্যমিশ্রণে বিক্রিয়ক ও উৎপাদ গণনাযোগ্য পরিমাণে থাকে।
- (ii) যদি $K_c > 10^3$ হয়; তখন সাম্যমিশ্রণে বিক্রিয়কের চেয়ে উৎপাদ বেশি হয়। আবার K_c এর মান খুব বেশি হলে সম্মুখ বিক্রিয়া শেষ প্রান্তে বুঝায়।
- (iii) যদি $K_c < 10^{-3}$ হয়; তখন সাম্যমিশ্রণে উৎপাদের চেয়ে বিক্রিয়ক বেশি হয়। আবার K_c এর মান খুব কম হলে সম্মুখ বিক্রিয়া ঘটতে চায় না বুঝায়।

(খ) বিক্রিয়ার দিক সম্পর্কে প্রাক ধারণা : কোন নির্দিষ্ট সময় অতিক্রান্ত হবার পর একটি উভমুখী বিক্রিয়া সাম্যবস্থায় পৌঁছার পূর্বেই উপাদানসমূহের মোলার ঘনমাত্রার মান সাম্যধ্রুবকের সমীকরণে বসিয়ে যে মান পাওয়া যায় তাকে বিক্রিয়া অনুপাত (Q_c) বলে। Q_c এর মানের উপর ভিত্তি করে বিক্রিয়ার দিক সম্বন্ধে নিম্নরূপ সিদ্ধান্ত নেয়া যায়-

- (i) যদি $Q_c < K_c$ হয়; তখন বিক্রিয়াটি সম্মুখদিকে অগ্রসর হবে এবং উৎপাদ বাড়বে।
- (ii) যদি $Q_c > K_c$ হয়; তখন বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় আসার জন্য পশ্চাদিকে অগ্রসর হবে এবং উৎপাদের বিয়োজন ঘটবে।
- (iii) যদি $Q_c = K_c$ হয়; তখন বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় পৌঁছবে।

(গ) প্রাথমিক ঘনমাত্রা থেকে সাম্যমিশ্রণে উপাদানের ঘনমাত্রা হিসাব করা যায়।

প্রশ্ন-০৯ : সাম্যাংক K_c এর মান কখনও কি শূন্য বা অসীম হতে পারে-ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : আমরা জানি,

$$\text{সাম্যাংক, } K_c = \frac{[\text{উৎপাদ}]}{[\text{বিক্রিয়ক}]}$$

$K_c = 0$ হতে পারে যদি এক বা একাধিক উৎপাদের ঘনমাত্রা শূন্য হয়।

$$\therefore K_c = \frac{0}{[\text{বিক্রিয়ক}]}$$

$$= 0$$

আবার, $K_c = \infty$ (অসীম) হতে পারে যদি এক বা একাধিক বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা শূন্য হয়।

$$\therefore K_c = \frac{[\text{উৎপাদ}]}{0}$$

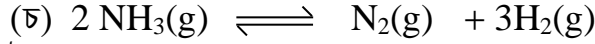
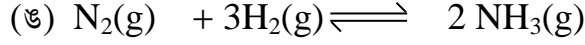
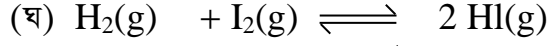
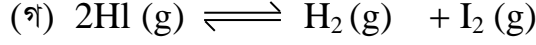
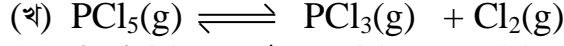
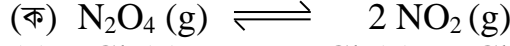
$$= \infty \text{ (অসীম)}$$

উপরোক্ত দুটি ক্ষেত্রেই সাম্যাবস্থার শর্ত লঙ্ঘিত হয়, কেননা সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া উভয় দিকেই সমান হারে ঘটতে থাকে এবং কোন দিকেই বিক্রিয়া পুরোপুরিভাবে শেষ হয় না। তাই সাম্যাংকের মান শূন্য বা অসীম হতে পারেনা।

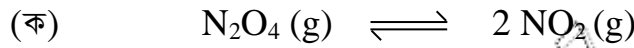
প্রশ্ন-১০ : একটি উভমুখী বিক্রিয়া কখনোও সমাপ্ত হয় না -ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : যে বিক্রিয়া এক সাথে সম্মুখদিক ও পশ্চাদিকে সংঘটিত হয় তাকে উভমুখী বিক্রিয়া বলে। একটি উভমুখী বিক্রিয়ার শুরুতে অগ্রবর্তী বিক্রিয়ার বেগ বেশি থাকলেও সময় বাড়ার সাথে সাথে বিক্রিয়কের পরিমাণ কমতে থাকায় অগ্রবর্তী বিক্রিয়ার বেগ ক্রমশঃ হ্রাস পেতে থাকে এবং পশ্চাত্মুখী বিক্রিয়ার বেগ বাড়তে থাকে। এক পর্যায়ে উভয় বিক্রিয়ার বেগ সমান হয় এবং সাম্যাবস্থা অর্জিত হয়। সাম্যাবস্থায় উভয় দিকে বিক্রিয়া সমান বেগে চলতে থাকে। ফলে কোন উভমুখী বিক্রিয়া কখনোও সমাপ্ত হতে পারে না।

প্রশ্ন-১১ : নিম্নোক্ত বিক্রিয়াগুলির জন্য K_c ও K_p এর মান নির্ণয় কর।

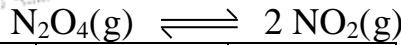


উত্তর :



ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, $K_c = \frac{(C_{NO_2})^2}{(C_{N_2O_4})} \dots\dots\dots(1)$ এবং $K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{(P_{N_2O_4})} \dots\dots\dots(2)$

ধরি, V লিটার আয়তনের একটি পাত্রে 1 মোল N_2O_4 নিয়ে উত্তপ্ত করা হল। N_2O_4 এর বিয়োজনমাত্রা, α



প্রারম্ভিক অবস্থায় মোল সংখ্যা	1mol	0 mol
:		
সাম্যাবস্থায় মোল সংখ্যা :	(1- α)mol	2 α mol

সাম্যাবস্থায়, N_2O_4 এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{N_2O_4} = \frac{1-\alpha}{V}$ mol/L

এবং NO_2 এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{NO_2} = \frac{2\alpha}{V}$ mol/L

$C_{N_2O_4}$ এবং C_{NO_2} এর মান (1) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$K_c = \frac{(\frac{2\alpha}{V})^2}{(\frac{1-\alpha}{V})}$$

$$\Rightarrow K_c = \frac{4\alpha^2}{(1-\alpha)V}$$

আবার

ধরি, সাম্যাবস্থায় মোট চাপ, P

সাম্য মিশ্রণে উপাদানের মোট মোল সংখ্যা = $1 - \alpha + 2 \alpha$
 $= 1 + \alpha$

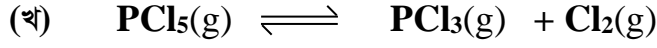
সাম্যাবস্থায়, N_2O_4 এর আংশিক চাপ, $p_{N_2O_4} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} P$

এবং NO_2 এর আংশিক চাপ, $p_{NO_2} = \frac{2\alpha}{1+\alpha} P$

$p_{N_2O_4}$ এবং p_{NO_2} এর মান (২) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$K_p = \frac{\left(\frac{2\alpha}{1+\alpha} p\right)^2}{\left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha}\right)}$$

$$\Rightarrow K_p = \frac{4\alpha^2}{(1-\alpha^2)} P$$

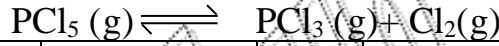


ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, $K_C = \frac{C_{PCl_3} \times C_{Cl_2}}{C_{PCl_5}} \dots\dots\dots(1)$ এবং

$$K_p = \frac{P_{PCl_3} \times P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}}$$

$\dots\dots\dots(2)$

ধরি, V লিটার আয়তনের একটি পাত্রে 1 মোল PCl_5 নিয়ে উত্তপ্ত করা হল। PCl_5 এর বিয়োজনমাত্রা, α



প্রারম্ভিক অবস্থায় মোল সংখ্যা	1 mol	0 mol	0 mol
:			
সাম্যাবস্থায় মোল সংখ্যা :	(1- α) mol	α mol	α mol

সাম্যাবস্থায়, PCl_5 এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{PCl_5} = \frac{1-\alpha}{V} \text{ mol/L}$

PCl_3 এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{PCl_3} = \frac{\alpha}{V} \text{ mol/L}$

এবং Cl_2 এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{Cl_2} = \frac{\alpha}{V} \text{ mol/L}$

C_{PCl_5} , C_{PCl_3} এবং C_{Cl_2} এর মান (1) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$K_c = \frac{\frac{\alpha}{V} \times \frac{\alpha}{V}}{\frac{1-\alpha}{V}}$$

$$\Rightarrow K_c = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)V}$$

আবার

ধরি, সাম্যাবস্থায় মোট চাপ, P

সাম্যাবস্থায় উপাদানের মোট মোল সংখ্যা = $1-\alpha + \alpha + \alpha$
 $= 1+\alpha$

সাম্যাবস্থায়, PCl_5 এর আংশিক চাপ, $P_{PCl_5} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} P$

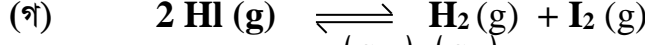
PCl_3 এর আংশিক চাপ, $P_{PCl_3} = \frac{\alpha}{1+\alpha} P$

এবং Cl_2 এর আংশিক চাপ, $P_{Cl_2} = \frac{\alpha}{1+\alpha} P$

P_{PCl_5} , P_{PCl_3} এবং P_{Cl_2} মান (২) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$K_p = \frac{\left(\frac{\alpha}{1+\alpha}P\right) \times \left(\frac{\alpha}{1+\alpha}P\right)}{\left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha}P\right)}$$

$$\Rightarrow K_p = \frac{\alpha^2 P}{(1-\alpha^2)}$$



ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, $K_c = \frac{(C_{\text{H}_2}) \times (C_{\text{I}_2})}{(C_{\text{HI}})^2}$ (1) এবং $K_p = \frac{(P_{\text{H}_2}) \times (P_{\text{I}_2})}{(P_{\text{HI}})^2}$ (2)

ধরি, V লিটার আয়তনের একটি পাত্রে 2 মোল HI নিয়ে উত্তপ্ত করা হলো। HI এর বিয়োজনমাত্রা, α

$2 \text{HI} (\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2 (\text{g}) + \text{I}_2 (\text{g})$			
প্রারম্ভিক অবস্থায় মোল সংখ্যা :	2 mol	0 mol	0 mol
সাম্যাবস্থায় মোল সংখ্যা :	2-2 α = 2(1- α) mol	α mol	α mol

সাম্যাবস্থায়, HI এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{\text{HI}} = \frac{2(1-\alpha)}{V} \text{ mol/L}$

H_2 এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{\text{H}_2} = \frac{\alpha}{V} \text{ mol/L}$

এবং I_2 এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{\text{I}_2} = \frac{\alpha}{V} \text{ mol/L}$

C_{HI} , C_{H_2} এবং C_{I_2} এর মান (1) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$K_c = \frac{\frac{\alpha}{V} \times \frac{\alpha}{V}}{\left(\frac{2(1-\alpha)}{V}\right)^2}$$

$$\Rightarrow K_c = \frac{\alpha^2}{4(1-\alpha)^2}$$

আবার ধরি, সাম্যাবস্থায় মোট চাপ, P

সাম্যাবস্থায় উপাদানের মোট মোল সংখ্যা = $2(1-\alpha) + \alpha + \alpha$
= 2

সাম্যাবস্থায়, HI এর আংশিক চাপ, $P_{\text{HI}} = \frac{2(1-\alpha)}{2} P$
= $(1-\alpha)P$

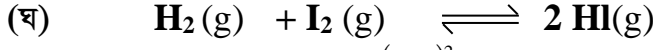
H_2 এর আংশিক চাপ, $P_{\text{H}_2} = \frac{\alpha}{2} P$

এবং I_2 এর আংশিক চাপ, $P_{\text{I}_2} = \frac{\alpha}{2} P$

P_{HI} , P_{H_2} এবং P_{I_2} এর মান (2) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$K_p = \frac{\left(\frac{\alpha}{2}P\right) \times \left(\frac{\alpha}{2}P\right)}{\{(1-\alpha)P\}^2}$$

$$\Rightarrow K_p = \frac{\alpha^2}{4(1-\alpha)^2}$$



ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, $K_c = \frac{(C_{\text{HI}})^2}{(C_{\text{H}_2}) \times (C_{\text{I}_2})}$ (1) এবং $K_p = \frac{(P_{\text{HI}})^2}{(P_{\text{H}_2}) \times (P_{\text{I}_2})}$

.....(2)

ধরি, V লিটার আয়তনের একটি পাত্রে 1মোল H₂ এবং 1মোল I₂ নিয়ে উত্তপ্ত করা হলো। বিক্রিয়কের সংযোজন হার, α

$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$			
প্রারম্ভিক অবস্থায় মোল সংখ্যা :	a mol	b mol	0 mol
সাম্যাবস্থায় মোল সংখ্যা :	(a-α) mol	(b-α) mol	2α mol

সাম্যাবস্থায়, HI এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{\text{HI}} = \frac{2\alpha}{V}$ mol/L

H₂ এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{\text{H}_2} = \frac{a-\alpha}{V}$ mol/L

এবং I₂ এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{\text{I}_2} = \frac{b-\alpha}{V}$ mol/L

C_{HI} , C_{H_2} এবং C_{I_2} এর মান (1) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$K_c = \frac{\left(\frac{2\alpha}{V}\right)^2}{\frac{a-\alpha}{V} \times \frac{b-\alpha}{V}}$$

$$\Rightarrow K_c = \frac{4\alpha^2}{(a-\alpha)(b-\alpha)}$$

আবার, $K_p = K_c \times (RT)^{\Delta n}$ এ বিক্রিয়ায়, $\Delta n = 2 - (1+1) = 0$

$$\therefore K_p = K_c = \frac{4\alpha^2}{(a-\alpha)(b-\alpha)}$$



ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, $K_c = \frac{(C_{\text{NH}_3})^2}{(C_{\text{H}_2})^3 \times (C_{\text{N}_2})}$ (1) এবং $K_p = \frac{(P_{\text{NH}_3})^2}{(P_{\text{H}_2})^3 \times (P_{\text{N}_2})}$

.....(2)

ধরি, V লিটার আয়তনের একটি পাত্রে 1 মোল N₂ এবং 3 মোল H₂ নিয়ে উত্তপ্ত করা হল। বিক্রিয়কের সংযোজন হার, α

$$3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$$

প্রারম্ভিক অবস্থায় মোল সংখ্যা :	3 mol	1 mol	0 mol
সাম্যাবস্থায় মোল সংখ্যা :	3(1-α) mol	(1-α) mol	2α mol

সাম্যাবস্থায়, NH₃ এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{\text{NH}_3} = \frac{2\alpha}{V} \text{ mol/L}$

H₂ এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{\text{H}_2} = \frac{3(1-\alpha)}{V} \text{ mol/L}$

এবং N₂ এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{\text{N}_2} = \frac{1-\alpha}{V} \text{ mol/L}$

C_{NH₃}, C_{H₂} এবং C_{N₂} এর মান (1) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$K_c = \frac{\left(\frac{2\alpha}{V}\right)^2}{\left\{\frac{3(1-\alpha)}{V}\right\}^3 \times \frac{1-\alpha}{V}}$$

$$\Rightarrow K_c = \frac{4\alpha^2 V^2}{27(1-\alpha)^4}$$

আবার

ধরি, সাম্যাবস্থায় মোট চাপ, P

সাম্যাবস্থায় উপাদানের মোট মোল সংখ্যা = 3(1-α) + (1-α) + 2α
= 2(2-α)

সাম্যাবস্থায়, NH₃ এর আংশিক চাপ, $P_{\text{NH}_3} = \frac{2\alpha}{2(2-\alpha)} P$
= $\frac{\alpha}{(2-\alpha)} P$

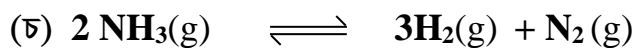
H₂ এর আংশিক চাপ, $P_{\text{H}_2} = \frac{3(1-\alpha)}{2(2-\alpha)} P$

এবং N₂ এর আংশিক চাপ, $P_{\text{N}_2} = \frac{1-\alpha}{2(2-\alpha)} P$

P_{NH₃}, P_{H₂} এবং P_{N₂} এর মান (2) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$K_p = \frac{\left\{\frac{\alpha}{(2-\alpha)} P\right\}^2}{\left\{\frac{3(1-\alpha)}{2(2-\alpha)} P\right\}^3 \times \frac{1-\alpha}{2(2-\alpha)} P}$$

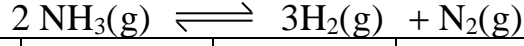
$$\Rightarrow K_p = \frac{16\alpha^2(2-\alpha)^2}{27(1-\alpha)^4 P^2}$$



ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, $K_C = \frac{(C_{H_2})^3 \times (C_{N_2})}{(C_{NH_3})^2} \dots\dots\dots(1)$ এবং $K_P = \frac{(P_{H_2})^3 \times (P_{N_2})}{(P_{NH_3})^2}$

.....(2)

ধরি, V লিটার আয়তনের একটি পাত্রে 2 মোল NH₃ নিয়ে উত্তপ্ত করা হল। বিক্রিয়কের বিয়োজন হার, α



প্রারম্ভিক অবস্থায় মোল সংখ্যা :	2 mol	0 mol	0 mol
সাম্যাবস্থায় মোল সংখ্যা :	2(1-α) mol	3α mol	α mol

সাম্যাবস্থায়, NH₃ এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{NH_3} = \frac{2(1-\alpha)}{V} \text{ mol/L}$

H₂ এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{H_2} = \frac{3\alpha}{V} \text{ mol/L}$

এবং N₂ এর মোলার ঘনমাত্রা, $C_{N_2} = \frac{\alpha}{V} \text{ mol/L}$

C_{NH₃}, C_{H₂} এবং C_{N₂} এর মান (1) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$K_C = \frac{\left(\frac{3\alpha}{V}\right)^3 \times \frac{\alpha}{V}}{\left(\frac{2(1-\alpha)}{V}\right)^2} \Rightarrow K_C = \frac{27\alpha^4}{4(1-\alpha)^2 V^2}$$

আবার

ধরি, সাম্যাবস্থায় মোট চাপ, P

সাম্যাবস্থায় উপাদানের মোট মোল সংখ্যা = 2(1-α) + 3α + α
= 2(1+α)

সাম্যাবস্থায়, NH₃ এর আংশিক চাপ, $P_{NH_3} = \frac{2(1-\alpha)}{2(1+\alpha)} P$
= $\frac{1-\alpha}{1+\alpha} P$

H₂ এর আংশিক চাপ, $P_{H_2} = \frac{3\alpha}{2(1+\alpha)} P$

এবং N₂ এর আংশিক চাপ, $P_{N_2} = \frac{\alpha}{2(1+\alpha)} P$

P_{NH₃}, P_{H₂} এবং P_{N₂} এর মান (2) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$K_P = \frac{\left\{\frac{3\alpha}{2(1+\alpha)} P\right\}^3 \times \frac{\alpha}{2(1+\alpha)} P}{\left\{\frac{(1-\alpha)}{(1+\alpha)} P\right\}^2}$$

$$\Rightarrow K_P = \frac{27\alpha^4 P^2}{16(1-\alpha^2)^2}$$

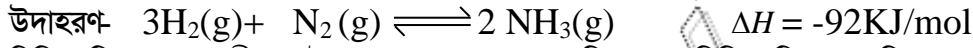
প্রশ্ন-ঃ ল্যা-শাতেলিয়ালের নীতি কি? এই নীতির আলোকে উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার উপর তাপমাত্রা, চাপ ও ঘনমাত্রার প্রভাব বর্ণনা কর।

উত্তর :

ল্যা-শাতেলিয়ালের নীতি : “যে সকল নিয়ামকের (তাপমাত্রা, চাপ ও ঘনমাত্রা) উপর কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা নির্ভরশীল তাদের যে কোন এক বা একাধিক নিয়ামকের পরিবর্তন ঘটলে সাম্যাবস্থার অবস্থান ডানে বা বামে এমনভাবে পরিবর্তিত হয় যাতে এসব নিয়ামক পরিবর্তনের প্রভাব প্রশমিত হয়ে যায়।”

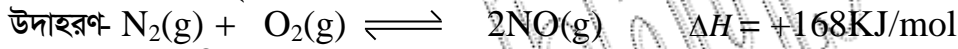
এই নীতি অনুসারে সাম্যাবস্থার উপর তাপমাত্রা, চাপ ও ঘনমাত্রা পরিবর্তনের প্রভাব বা ফলাফল ব্যাখ্যা করা যায়-

তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায় তাপমাত্রার প্রভাব : লা-শাতেলিয়ালের নীতি অনুসারে তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা বাড়ালে বিক্রিয়াটি পশ্চাদিকে অগ্রসর হয় এবং সাম্যের অবস্থান ডান থেকে বামে দিকে স্থানচ্যুত হয়। ফলে কিছু পরিমাণ উৎপাদ বিয়োজিত হয়ে বিক্রিয়কে পরিণত হয় এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধির প্রভাব প্রশমিত হয়।



বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী। তাই সাম্যাবস্থায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়াটি পশ্চাদিকে অগ্রসর হবে এবং কিছু পরিমাণ অ্যামোনিয়া বিয়োজিত হয়ে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাসে পরিণত হবে। ফলে NH_3 উৎপাদন হ্রাস পাবে।

তাপহারী বিক্রিয়ায় তাপমাত্রার প্রভাব : ল্যা-শাতেলিয়ালের নীতি অনুসারে তাপহারী বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা বাড়ালে বিক্রিয়াটি সামনের দিকে অগ্রসর হয় এবং সাম্যের অবস্থান বাম থেকে ডান দিকে স্থানচ্যুত হয়ে উৎপাদের পরিমাণ বৃদ্ধি পায় এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধির প্রভাব প্রশমিত হয়।



বিক্রিয়াটি তাপহারী। তাই সাম্যাবস্থায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়াটি সামনের দিকে অগ্রসর হবে এবং NO এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে।

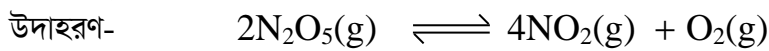
চাপের প্রভাব : যে সব বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদসমূহ গ্যাসীয় এবং বিক্রিয়ার ফলে আয়তন পরিবর্তিত হয় শুধু সে ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থার উপর চাপের প্রভাব রয়েছে। সা. ম্যাবস্থার উপর চাপের প্রভাব দুই প্রকার :

(ক) বিক্রিয়ায় আয়তনের সংকোচন : কোন বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের আয়তনের চেয়ে উৎপাদের আয়তন কম হলে সে ক্ষেত্রে চাপ প্রয়োগ করলে প্রয়োগকৃত চাপ প্রশমিত করার জন্য সাম্যের অবস্থান ডান দিকে সরে যাবে এবং উৎপাদের পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে।



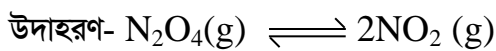
এই বিক্রিয়ায় 1 মোল N_2 ও 3 মোল H_2 অর্থাৎ মোট 4 মোল বিক্রিয়ক থেকে 2 মোল NH_3 উৎপন্ন হয়েছে। বিক্রিয়কের আয়তনের চেয়ে উৎপাদের আয়তন কম। তাই এ বিক্রিয়ায় চাপ প্রয়োগ করলে প্রয়োগকৃত চাপ প্রশমিত করার জন্য সাম্যের অবস্থান ডান দিকে সরে যাবে এবং NH_3 গ্যাসের উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে।

(খ) বিক্রিয়ায় আয়তনের প্রসারণ : কোন বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের আয়তনের চেয়ে উৎপাদের আয়তন বৃদ্ধি পেলে, সে ক্ষেত্রে চাপ প্রয়োগ করলে প্রয়োগকৃত চাপ প্রশমিত করার জন্য সাম্যের অবস্থান বাম দিকে সরে যাবে এবং উৎপাদের পরিমাণ হ্রাস পাবে।



এই বিক্রিয়ায় 2 মোল N_2O_5 বিক্রিয়ক থেকে 4 মোল NO_2 ও 1 মোল O_2 উৎপন্ন হয়েছে। অর্থাৎ বিক্রিয়কের আয়তনের চেয়ে উৎপাদের আয়তন বেশি। তাই এ বিক্রিয়ায় চাপ প্রয়োগ করলে প্রয়োগকৃত চাপ প্রশমিত করার জন্য সাম্যের অবস্থান বাম দিকে সরে যাবে এবং উৎপাদের পরিমাণ হ্রাস পাবে।

ঘনমাত্রার প্রভাব : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থায় থাকা কালে কোন উপাদানের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাস করা হলে ল্যা-শাতেলিয়ালের নীতি অনুসারে সাম্যাবস্থা এমনভাবে পরিবর্তিত হবে, যাতে ঘনমাত্রা পরিবর্তনের প্রভাব প্রশমিত হয়।



বিক্রিয়ার সাম্যংক, $k_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$

সাম্যাবস্থায় মিশ্রণের মধ্যে আরো N_2O_4 যোগ করা হলে কিছু N_2O_4 বিয়োজিত হয়ে NO_2 উৎপন্ন করবে এবং সাম্যাবস্থা ডান দিকে সরে যাবে কারণ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় k_c এর মান অপরিবর্তিত থাকে। আবার কিছু পরিমাণ N_2O_4

বিক্রিয়া মিশ্রণ থেকে সরিয়ে ফেলা হলে k_c এর নির্দিষ্ট মানের জন্য কিছু মান NO_2 বিক্রিয়া করে N_2O_4 উৎপন্ন করবে এবং সাম্যের অবস্থান বাম দিকে সরে যাবে।

প্রশ্ন-ঃ ল্যা-শাতেলিয়ানের নীতির আলোকে নিম্নোক্ত উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার উপর তাপমাত্রা, চাপের প্রভাব আলোচনা কর।



উত্তর :



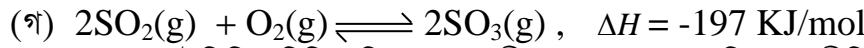
তাপের প্রভাব : উল্লিখিত বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী হওয়ায় ল্যা-শাতেলিয়ানের নীতি অনুসারে বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা বাড়ালে বিক্রিয়াটি পশ্চাদিকে অগ্রসর হবে এবং সাম্যের অবস্থান ডান থেকে বামে সরে আসবে। ফলে কিছু পরিমাণ অ্যামোনিয়া বিযোজিত হয়ে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাসে পরিণত হবে এবং NH_3 উৎপাদন হ্রাস পাবে।

চাপের প্রভাব : যেহেতু বিক্রিয়ক ও উৎপাদ উভয়ই গ্যাস এবং উভয়ের মোল সংখ্যা ভিন্ন, তাই এই বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থার উপর চাপের প্রভাব থাকবে। এই বিক্রিয়ায় 1 মোল N_2 ও 3 মোল H_2 অর্থাৎ মোট 4 মোল বিক্রিয়ক থেকে 2 মোল NH_3 উৎপন্ন হয়েছে। বিক্রিয়কের আয়তনের চেয়ে উৎপাদের আয়তন কম। তাই এ বিক্রিয়ায় চাপ প্রয়োগ করলে প্রয়োগকৃত চাপ প্রশমিত করার জন্য সাম্যের অবস্থান ডান দিকে সরে যাবে এবং NH_3 গ্যাসের উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে।



তাপের প্রভাব : উল্লিখিত বিক্রিয়াটি তাপহারী হওয়ায় ল্যা-শাতেলিয়ানের নীতি অনুসারে বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা বাড়ালে বিক্রিয়াটি সম্মুখদিকে অগ্রসর হবে এবং সাম্যের অবস্থান বাম থেকে ডানে সরে আসবে। ফলে NO এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে।

চাপের প্রভাব : যেহেতু বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল সংখ্যা সমান, তাই ল্যা-শাতেলিয়ানের নীতি অনুসারে এই বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থার উপর কোন চাপের প্রভাব থাকবে না।



তাপের প্রভাব : উল্লিখিত বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী হওয়ায় ল্যা-শাতেলিয়ানের নীতি অনুসারে বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা বাড়ালে বিক্রিয়াটি পশ্চাদিকে অগ্রসর হবে এবং সাম্যের অবস্থান ডান থেকে বামে সরে আসবে। ফলে কিছু পরিমাণ সালফার ট্রাইঅক্সাইড বিযোজিত হয়ে সালফার ডাইঅক্সাইড ও অক্সিজেন গ্যাসে পরিণত হবে এবং SO_3 উৎপাদন হ্রাস পাবে।

চাপের প্রভাব : যেহেতু বিক্রিয়ক ও উৎপাদ উভয়ই গ্যাস এবং উভয়ের মোল সংখ্যা ভিন্ন, তাই এই বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থার উপর চাপের প্রভাব থাকবে। এই বিক্রিয়ায় 2 মোল SO_2 ও 1 মোল O_2 অর্থাৎ মোট 3 মোল বিক্রিয়ক থেকে 2 মোল SO_3 উৎপন্ন হয়েছে। বিক্রিয়কের আয়তনের চেয়ে উৎপাদের আয়তন কম। তাই এ বিক্রিয়ায় চাপ প্রয়োগ করলে প্রয়োগকৃত চাপ প্রশমিত করার জন্য সাম্যের অবস্থান ডান দিকে সরে যাবে এবং SO_3 গ্যাসের উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন-ঃ স্থির তাপমাত্রায় চাপ বাড়ালে PCl_5 এর বিযোজন মাত্রা হ্রাস পায় কেন ?

উত্তর : PCl_5 এর এর বিযোজন বিক্রিয়া নিম্নরূপ-



এই বিক্রিয়ায় 1 মোল PCl_5 বিক্রিয়ক থেকে 1 মোল PCl_3 ও 1 মোল Cl_2 উৎপন্ন হয়েছে। অর্থাৎ বিক্রিয়কের আয়তনের চেয়ে উৎপাদের আয়তন বেশি। ল্যা-শাতেলিয়ানের নীতি অনুযায়ী কোন বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের আয়তনের চেয়ে উৎপাদের আয়তন বৃদ্ধি পেলে, সে ক্ষেত্রে চাপ প্রয়োগ করলে প্রয়োগকৃত চাপ প্রশমিত করার জন্য সাম্যের অবস্থান বাম দিকে সরে যাবে এবং উৎপাদের পরিমাণ হ্রাস পাবে।

তাই এ বিক্রিয়ায় স্থির তাপমাত্রায় চাপ প্রয়োগ করলে প্রয়োগকৃত চাপ প্রশমিত করার জন্য সাম্যের অবস্থান বাম দিকে সরে যাবে এবং উৎপাদ PCl_3 ও Cl_2 এর পরিমাণ হ্রাস পাবে অর্থাৎ PCl_5 এর বিযোজন মাত্রা হ্রাস পাবে।

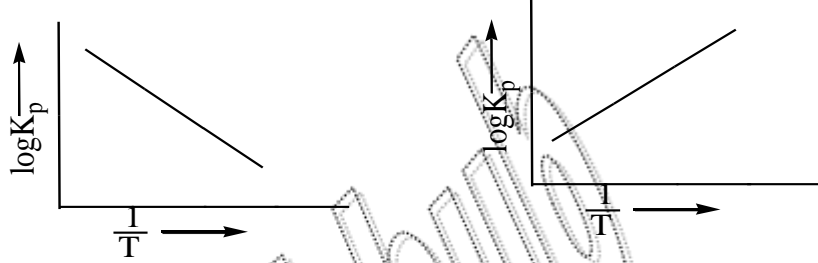
প্রশ্ন : সাম্যধ্রুবকের উপর তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাব লিখ।

উত্তর : সাম্যধ্রুবকের উপর তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাব নিম্নরূপ-

তাপমাত্রার প্রভাব : উভমুখী গ্যাসীয় বিক্রিয়ায় দেখা যায়, স্থির তাপমাত্রায় সাম্যধ্রুবকের মান স্থির থাকে কিন্তু তাপমাত্রা পরিবর্তন করলে বিক্রিয়ার সাম্যের অবস্থানের সাথে সাথে সাম্যধ্রুবকের মানেরও পরিবর্তন ঘটে। তাপমাত্রার উপর সাম্যধ্রুবকের নির্ভরশীলতা বিজ্ঞানী ভ্যান্ট হফ্ নিম্নোক্ত সমীকরণ দ্বারা ব্যাখ্যা করেন।

$$\log K_p = \frac{-\Delta H}{2.303R} \times \frac{1}{T} + \text{ধ্রুবক [এখানে প্রতীকসমূহ সাধারণ অর্থ জ্ঞাপক]} \dots\dots\dots(i)$$

(i) নং সমীকরণকে $y = mx + c$, সরল রেখার সমীকরণের সাথে তুলনা করে তাপহারী এবং তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত দুটি লেখচিত্র পাওয়া যায়।



চিত্র-(ক) তাপহারী বিক্রিয়া

চিত্র-(খ) তাপোৎপাদী বিক্রিয়া

চিত্র-ক : তাপহারী বিক্রিয়ার লেখচিত্র দেখা যাচ্ছে যে, গ্যাসের তাপমাত্রা, T বৃদ্ধি পেলে $1/T$ এর মান হ্রাস পায় (X -অক্ষ বরাবর) এবং $\log K_p$ এর মান (Y -অক্ষ বরাবর) বৃদ্ধি পায়। তাই তাপহারী বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে উৎপাদের পরিমাণ বৃদ্ধি পায় এবং সাম্যের অবস্থান বাম দিক থেকে ডান দিকে সরে যায়।

চিত্র-খ : তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার লেখচিত্র দেখা যাচ্ছে যে, গ্যাসের তাপমাত্রা, T বৃদ্ধি পেলে $1/T$ এর মান হ্রাস পায় (X -অক্ষ বরাবর) এবং $\log K_p$ এর মান (Y -অক্ষ বরাবর) হ্রাস পায়। তাই তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে উৎপাদের পরিমাণ হ্রাস পায় এবং সাম্যের অবস্থান ডান দিক থেকে বাম দিকে সরে যায়।

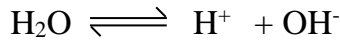
চাপের প্রভাব : স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসীয় উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক, K_p এর মান স্থির। ভ্যান হফের সমীকরণ নিম্নরূপ-

$$\log K_p = \frac{-\Delta H}{2.303R} \times \frac{1}{T} + \text{ধ্রুবক}$$

সমীকরণ থেকে দেখা যাচ্ছে, সাম্যধ্রুবকের মানের উপর চাপের কোন সম্পর্ক বা প্রভাব নেই।

প্রশ্ন-ঃ পানির আয়নিক গুণফল, অম্লের বিয়োজন ধ্রুবক এবং ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক কি ?

উত্তর : পানির আয়নিক গুণফল : বিশুদ্ধ পানি নিম্নরূপে আয়নিত হয়-



$$\text{ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, } k = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

$$\text{বা, } k[H_2O] = [H^+][OH^-]$$

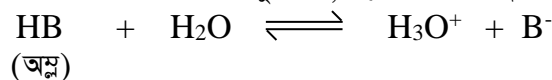
পানি খুব সামান্য পরিমাণে আয়নিত হয় বলে সাম্যাবস্থায় বিয়োজিত পানির ঘনমাত্রা, $[H_2O]$ কে ধ্রুবক ধরা যায়-

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

K_w -কে পানির আয়নিক গুণফল বলা হয়।

সুতরাং পানির হাইড্রোজেন আয়ন এবং হাইড্রোক্সাইড আয়নের মোলার ঘনমাত্রার গুণফল সর্বদাই ধ্রুবক হয়, এই ধ্রুবক রাশিকে পানির আয়নিক গুণফল, K_w বলে। $25^\circ C$ তাপমাত্রায় পানির আয়নিক গুণফলের পরীক্ষালব্ধ মান হল $10^{-14} \text{ mol}^2 \text{L}^{-2}$ ।

অম্লের বিয়োজন ধ্রুবক : ব্রনস্টেড-লাউরি মতবাদ অনুসারে, অম্ল পানিতে নিম্নরূপে বিয়োজিত হয়-



ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, $k_a = \frac{[H_3O^+][B^-]}{[HB]}$ যেহেতু, $[H_2O] = \text{ধ্রুবক}$

K_a কে অম্লের বিয়োজন ধ্রুবক বলা হয়।

একক : অম্লের বিয়োজন ধ্রুবকের একক হল mol/L।

ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক : ব্রনস্টেড-লাউরি মতবাদ অনুসারে, যে কোন ক্ষারক পানিতে দ্রবীভূত করলে নিম্নরূপে বিয়োজিত হয়-



ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, $k_b = \frac{[HB][OH^-]}{[B^-]}$ যেহেতু, $[H_2O] = \text{ধ্রুবক}$

K_b -কে ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক বলা হয়।

একক : ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবকের একক হল mol/L।

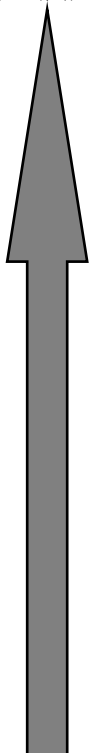
প্রশ্ন-৪ অম্ল এবং ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবকের সাহায্যে কিভাবে অম্ল ও ক্ষারের তীব্রতা নির্ণয় করা হয় ?

উত্তর : অম্লের বিয়োজন ধ্রুবকের সাহায্যে অম্লের তীব্রতা নির্ণয় ও ব্রনস্টেড-লাউরি মতবাদ অনুসারে, অম্ল পানিতে নিম্নরূপে বিয়োজিত হয়-



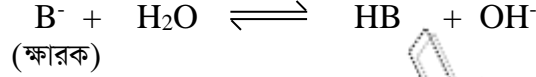
ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, $k_a = \frac{[H_3O^+][B^-]}{[HB]}$ (i) যেহেতু, $[H_2O] = \text{ধ্রুবক}$

K_a কে অম্লের বিয়োজন ধ্রুবক বলা হয়। সুতরাং যে অম্লের সাম্যাবস্থায় $[H_3O^+]$ এর পরিমাণ বেশি এবং $[HB]$ এর পরিমাণ কম হবে সেক্ষেত্রে (i) নং সমীকরণ অনুসারে K_a এর মান বেশি হবে এবং অম্লের তীব্রতা তত বেশি হবে। নিম্নে 25°C তাপমাত্রায় কিছু অম্লের বিয়োজন ধ্রুবকের মান দেয়া হল।

অম্লের নাম	K_a (mol/L)	pK_a (-log K_a)	অম্লের তীব্রতা
হাইড্রিওডিক অ্যাসিড(HI)	3.2×10^9	-9.50	শক্তিশালী অম্ল 
হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড (HBr)	1×10^9	-9	
পারক্লোরিক অ্যাসিড(HClO ₄)	1×10^7	-7	
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl)	1.3×10^6	-6.11	
সালফিউরিক অ্যাসিড(H ₂ SO ₄)	1×10^3	-3	
নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO ₃)	1×10^1	-1	
ট্রাইক্লোরো ইথানয়িক অ্যাসিড(Cl ₃ CCOOH)	2.3×10^{-1}	0.64	
আয়োডিক অ্যাসিড(HIO ₃)	1.7×10^{-1}	0.76	
অক্সালিক অ্যাসিড (HOCCOOH)	3.16×10^{-2}	1.25	
ডাইক্লোরো ইথানয়িক অ্যাসিড(Cl ₂ CHCOOH)	5.0×10^{-2}	1.30	
ফসফরাস অ্যাসিড(H ₃ PO ₃)	3×10^{-2}	1.52	
সালফিউরাস অ্যাসিড(H ₂ SO ₃)	1.4×10^{-2}	1.85	
ফসফরিক অ্যাসিড(H ₃ PO ₄)	7.2×10^{-3}	2.14	
ক্লোরো ইথানয়িক অ্যাসিড(ClCH ₂ COOH)	1.3×10^{-3}	2.88	
হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড(HF)	6.6×10^{-4}	3.18	
নাইট্রাস অ্যাসিড(HNO ₂)	4.5×10^{-4}	3.34	
মিথানয়িক অ্যাসিড(HCOOH)	1.8×10^{-4}	3.74	
বেনজয়িক অ্যাসিড (C ₆ H ₅ COOH)	6.3×10^{-5}	4.20	

ইথানয়িক অ্যাসিড(CH ₃ COOH)	1.8×10^{-5}	4.74	দুর্বল অম্ল
কার্বনিক অ্যাসিড(H ₂ CO ₃)	4.2×10^{-7}	6.37	
হাইড্রোজেন সালফাইড(H ₂ S)	9.1×10^{-8}	7.04	
হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড(HCN)	6.16×10^{-10}	9.21	
বোরিক অ্যাসিড(H ₃ BO ₃)	5.81×10^{-10}	9.23	
ফেনল(C ₆ H ₅ OH)	1.02×10^{-10}	9.99	
হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H ₂ O ₂)	2.2×10^{-12}	11.7	

ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবকের সাহায্যে ক্ষারের তীব্রতা নির্ণয় : ব্রনস্টেড-লাউরি মতবাদ অনুসারে , যে কোন ক্ষারক পানিতে দ্রবীভূত করলে নিম্নরূপে বিয়োজিত হয়-



ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, $k_b = \frac{[HB][OH^-]}{[B^-]}$ (i) যেহেতু, [H₂O] = ধ্রুবক

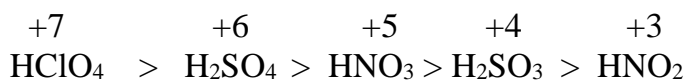
K_b -কে ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক বলা হয়। সুতরাং যে ক্ষারকের সাম্যাবস্থায় [OH⁻] এর পরিমাণ বেশি এবং [B⁻] এর পরিমাণ কম হবে সেক্ষেত্রে (i) নং সমীকরণ অনুসারে K_b এর মান বেশি হবে এবং ক্ষারকের তীব্রতা তত বেশি হবে। নিম্নে 25⁰C তাপমাত্রায় কিছু ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবকের মান দেয়া হল।

ক্ষারকের নাম	K _b (mol/L)	pk _b (-logK _b)
অ্যামোনিয়া(NH ₃)	1.8×10^{-5}	
অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড (NH ₄ OH)	1.79×10^{-5}	
সিলভার হাইড্রোক্সাইড(AgOH)	1.11×10^{-4}	
হাইড্রোক্সিলঅ্যামিন(NH ₂ -OH)	1.07×10^{-8}	
হাইড্রাজিন(NH ₂ -NH ₂)	1.7×10^{-6}	
ইথাইলঅ্যামিন (C ₂ H ₅ -NH ₂)	5.6×10^{-4}	
মিথাইলঅ্যামিন(CH ₃ -NH ₂)	4.6×10^{-4}	
পিরিডিন(C ₅ H ₅ N)	1.7×10^{-9}	
অ্যাসিটেট আয়ন (CH ₃ COO ⁻)	5.7×10^{-10}	
ফিনাইলঅ্যামিন(C ₆ H ₅ -NH ₂)	3.8×10^{-10}	

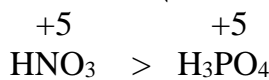
প্রশ্ন- : অক্সি এসিড ও হাইড্রাসিডসমূহের তীব্রতা কিভাবে নির্ণয় করা হয়।

উত্তর : অক্সি এসিডের তীব্রতা : অক্সি এসিডসমূহের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ধনাত্মক জারণ মান যত অধিক এসিডটির তীব্রতা তত অধিক।

উদাহরণ-



আবার, কেন্দ্রীয় পরমাণুর ধনাত্মক জারণ মান একই হলে কেন্দ্রীয় পরমাণুর চার্জ ঘনত্ব অনুসারে তীব্রতা নির্ধারিত হয়। যেমন- HNO₃ I H₃PO₄ উভয়ের কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ মান +৫। তবে নাইট্রোজেন পরমাণুর আকার ফসফরাসের চেয়ে ছোট হওয়ায় ফসফরাসের তুলনায় নাইট্রোজেনের চার্জ ঘনত্ব বেশি। তাই H₃PO₄ অপেক্ষা HNO₃ এর তীব্রতা বেশি।



হাইড্রাসিড : হাইড্রাসিডসমূহের তীব্রতা তাদের অণুস্থ ঋণাত্মক আয়নের আকারের উপর নির্ভর করে। যে হাইড্রাসিডের ঋণাত্মক আয়নের আকার যত বড় সে হাইড্রাসিডের তীব্রতা তত বেশি।

যেমন- HCl, HBr ও HI এর মধ্যে Cl⁻ আয়নের চেয়ে Br⁻ আয়ন এবং তার চেয়ে I⁻ আয়নের আকার বড়। তাই এসিডগুলির তীব্রতার ক্রম হল-



প্রশ্ন-১১ : H₃PO₄ অপেক্ষা HClO₄ অধিক শক্তিশালী এসিড-ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : আমরা জানি, অক্সি-এসিডসমূহের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ধনাত্মক জারণমান বৃদ্ধির সাথে সাথে তাদের শক্তি বৃদ্ধি পায়। কারণ কেন্দ্রীয় পরমাণু ইলেকট্রনকে সজোরে আকর্ষণ করায় হাইড্রোজেনের বন্ধন দুর্বল হয় এবং সহজে দ্রবণে প্রোটন (H^+) হিসেবে চলে যায়। H_3PO_4 এ কেন্দ্রীয় পরমাণু চএর জারণমান +5 এবং $HClO_4$ এ কেন্দ্রীয় পরমাণু Clএর জারণমান +7। যেহেতু H_3PO_4 এ কেন্দ্রীয় পরমাণু Pএর জারণমান অপেক্ষা $HClO_4$ এ কেন্দ্রীয় পরমাণু Clএর জারণমান বেশি। তাই H_3PO_4 অপেক্ষা $HClO_4$ অধিক শক্তিশালী এসিড।

প্রশ্ন-১২ : H_3PO_4 এবং HNO_3 এর মধ্যে কোনটি অধিক শক্তিশালী এসিড এবং কেন ?

উত্তর : আমরা জানি, অক্সি-এসিডসমূহের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ধনাত্মক জারণমান বৃদ্ধির সাথে সাথে তাদের শক্তি বৃদ্ধি পায় কিন্তু কেন্দ্রীয় পরমাণুর ধনাত্মক জারণ মান একই হলে সেক্ষেত্রে যে কেন্দ্রীয় পরমাণুর চার্জ ঘনত্ব বেশি সেই এসিডের তীব্রতা বেশি হয়। H_3PO_4 এ কেন্দ্রীয় পরমাণু চএর জারণমান +5 এবং HNO_3 এ কেন্দ্রীয় পরমাণু ঘএর জারণমান +5। যেহেতু H_3PO_4 এ কেন্দ্রীয় পরমাণু P এর আকার অপেক্ষা HNO_3 এ কেন্দ্রীয় পরমাণু Nএর আকার ছোট হওয়ায় হাইড্রোজেন পরমাণুর চার্জ ঘনত্ব P পরমাণু অপেক্ষা বেশি। তাই H_3PO_4 অপেক্ষা HNO_3 অধিক শক্তিশালী এসিড।

প্রশ্ন-১৩ : H_2SO_4 অপেক্ষা H_2SO_3 এসিডদ্বয়ের মধ্যে কোন অধিক শক্তিশালী এসিড এবং কেন ?

উত্তর : আমরা জানি, অক্সি-এসিডসমূহের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ধনাত্মক জারণমান বৃদ্ধির সাথে সাথে তাদের শক্তি বৃদ্ধি পায়। কারণ কেন্দ্রীয় পরমাণু ইলেকট্রনকে সজোরে আকর্ষণ করায় হাইড্রোজেনের বন্ধন দুর্বল হয় এবং সহজে দ্রবণে প্রোটন (H^+) হিসেবে চলে যায়। H_2SO_4 এ কেন্দ্রীয় পরমাণু S এর জারণমান +6 এবং H_2SO_3 এ কেন্দ্রীয় পরমাণু S এর জারণমান +4। যেহেতু H_2SO_4 এ কেন্দ্রীয় পরমাণু S এর জারণমান অপেক্ষা H_2SO_3 এ কেন্দ্রীয় পরমাণু S এর জারণমান বেশি। তাই H_2SO_4 অপেক্ষা H_2SO_3 অধিক শক্তিশালী এসিড।

প্রশ্ন-ঃ pH ও pOH বলতে কি বুঝ?

উত্তর :

pH : কোন দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের (H^+) মোলার ঘনমাত্রার ঋণাত্মক লগারিদমকে ঐ দ্রবণের pH বলে।

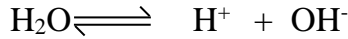
$$\therefore pH = -\log[H^+]$$

pOH : কোন দ্রবণের হাইড্রোক্সাইড আয়নের (OH^-) মোলার ঘনমাত্রার ঋণাত্মক লগারিদমকে ঐ দ্রবণের pOH বলে।

$$\therefore pOH = -\log[OH^-]$$

প্রশ্ন- : পানির আয়নিক গুণফল কি? পানির আয়নিক গুণফল থেকে কিভাবে pH স্কেল প্রতিষ্ঠিত হয়- ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : পানির আয়নিক গুণফল : বিশুদ্ধ পানি নিম্নরূপে আয়নিত হয়-



$$\text{ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, } k = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

$$\text{বা, } K[H_2O] = [H^+][OH^-]$$

পানি খুব সামান্য পরিমাণে আয়নিত হয় বলে সাম্যাবস্থায় বিয়োজিত পানির ঘনমাত্রা, $[H_2O]$ কে ধ্রুবক ধরা যায়-

$$\text{সুতরাং } K_w = [H^+][OH^-]$$

K_w -কে পানির আয়নিক গুণফল বলা হয়।

pH স্কেলঃ পানির আয়নিক গুণফল থেকে আমরা পাই,

$$K_w = [H^+][OH^-] \dots \dots \dots (1)$$

$25^\circ C$ তাপমাত্রায় K_w এর মান 10^{-14} । সুতরাং (1) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$$10^{-14} = [H^+][OH^-]$$

$$\text{বা, } \log 10^{-14} = \log [H^+][OH^-]$$

$$\text{বা, } -14 \log 10 = \log [H^+] + \log [OH^-]$$

$$\text{বা, } -14 = \log [H^+] + \log [OH^-]$$

$$\text{বা, } -\log [H^+] - \log [OH^-] = 14 \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{বা, } pH + pOH = 14$$

আবার, বিশুদ্ধ পানির বিয়োজন থেকে শুধু H^+ ও OH^- তৈরি হয়। সেহেতু এক অণু পানি থেকে একটি H^+ ও একটি OH^- আয়ন তৈরি হয়। তাই বিশুদ্ধ পানিতে তাদের ঘনমাত্রা সমান।

$$\text{অর্থাৎ } [H^+] = [OH^-]$$

(২) নং সমীকরণ থেকে পাই, $-\log [H^+] - \log[H^+] = 14$
 বা, $-2 \log[H^+] = 14$
 বা, $-\log[H^+] = 7$
 বা, $pH = 7$
 সুতরাং বিশুদ্ধ পানির $pH = 7$

বিশুদ্ধ পানিতে কিছু অল্প যোগ করলে অর্থাৎ অম্লীয় দ্রবণের pH এর মান হবে 0 থেকে 7 এর মধ্যে।
 আবার বিশুদ্ধ পানিতে কিছু ক্ষার যোগ করলে অর্থাৎ ক্ষারীয় দ্রবণের pH এর মান হবে 7 থেকে 14 এর মধ্যে। এজন্য pH স্কেলের মান 0 থেকে 14 পর্যন্ত ধরা হয়।

pH	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
pOH	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
[H ⁺]	0	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²	10 ⁻¹³	10 ⁻¹⁴
[OH ⁻]	10 ⁻¹⁴	10 ⁻¹³	10 ⁻¹²	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	0
	← অম্লীয় দ্রবণ →							নিরপেক্ষ	← ক্ষারীয় দ্রবণ →						

প্রশ্ন-ঃ বিয়োজন মাত্রা বলতে কি বুঝ ?

উত্তর : বিয়োজন মাত্রা : একটি দ্রবণের কোন উপাদানের মোল সংখ্যার যে অংশ বিয়োজিত হয় তাকে ঐ উপাদানের বিয়োজন মাত্রা বলে। ইহাকে α চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\text{বিয়োজন মাত্রা} = \frac{\text{উপাদানের বিয়োজিত মোল সংখ্যা}}{\text{উপাদানের মোট মোল সংখ্যা}}$$

প্রশ্ন-ঃ অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্রটি লিখ এবং এর গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।

উত্তরঃ অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র : “লঘু দ্রবণের ক্ষেত্রে একটি মৃদু এসিড বা ক্ষারকের বিয়োজন মাত্রা দ্রবণের ঘনমাত্রার বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।”

গাণিতিক ব্যাখ্যা : ধরি, V লিটার আয়তনের একটি পাত্রে 1 মোল মৃদু এসিড ঐঅ নেয়া হল। ঐঅ এর বিয়োজনমাত্রা, α

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

প্রারম্ভিক অবস্থায় মোল সংখ্যা :	1 mol	0 mol	0 mol
সাম্যাবস্থায় মোল সংখ্যা :	mol(1- α)	α mol	α mol

ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, অম্লের বিয়োজন প্রকক, $k_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$ (1)

সাম্যাবস্থায়, HA এর মোলার ঘনমাত্রা, $[HA] = \frac{1-\alpha}{V}$ mol/L

H^+ এর মোলার ঘনমাত্রা, $[H^+] = \frac{\alpha}{V}$ mol/L

এবং A^- এর মোলার ঘনমাত্রা, $[A^-] = \frac{\alpha}{V}$ mol/L

[HA], $[H^+]$ এবং $[A^-]$ এর মান (1) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$K_a = \frac{\frac{\alpha}{V} \times \frac{\alpha}{V}}{\frac{1-\alpha}{V}}$$

বা, $K_a = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)v}$

যেহেতু 1g/mol দ্রব V লিটার আয়তনে দ্রবীভূত, তাই দ্রবণের ঘনমাত্রা, $C = \frac{1}{V}$

$$\therefore K_a = \frac{\alpha^2 C}{(1-\alpha)} \dots\dots\dots(2)$$

মৃদু এসিডের জন্য α এর মান খুবই নগণ্য। তাই $(1-\alpha)=1$ ধরা হয়।

সুতরাং (2) নং সমীকরণ থেকে পাই, $K_a = \alpha^2 C$

$$\text{বা, } \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$

$$\text{বা, } \alpha \propto \sqrt{\frac{1}{C}}, \text{ ইহাই অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্রের গাণিতিকরূপ।}$$

প্রশ্ন- : বাফার দ্রবণ বলতে কি বুঝ? বাফার দ্রবণ কিভাবে প্রস্তুত করা হয়।

উত্তর : বাফার দ্রবণ : যে দ্রবণে সামান্য পরিমাণ এসিড বা ক্ষারক যোগ করার পরও দ্রবণের pH এর মান অপরিবর্তিত থাকে, তাকে বাফার দ্রবণ বলে।

বাফার দ্রবণ প্রস্তুতি : বাফার দ্রবণ দুভাবে প্রস্তুত করা যায়-

(ক) অম্লীয় বাফার দ্রবণ : যেমন- CH_3COOH এবং CH_3COONa দ্রবণের মিশ্রণ।

(খ) ক্ষারকীয় বাফার দ্রবণ : যেমন- NH_4OH এবং NH_4Cl দ্রবণের মিশ্রণ।

প্রশ্ন- : বাফার ক্ষমতা ও বাফার ক্রিয়া বলতে কি বুঝ ?

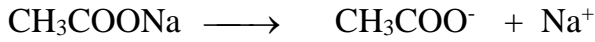
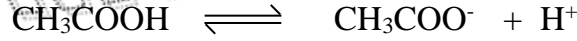
উত্তর : বাফার ক্ষমতা : কোন দ্রবণের pH পরিবর্তনের পরিবর্তনের প্রতিরোধ করার ক্ষমতাকে সে দ্রবণের বাফার ক্ষমতা বলে।

বাফার ক্রিয়া : যে প্রক্রিয়া বা কৌশলের মাধ্যমে বাফার দ্রবণ সীমিত মাত্রায় pH এর পরিবর্তনকে প্রতিরোধ করে তাকে বাফার ক্রিয়া বলে।

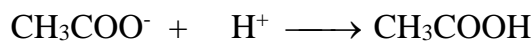
প্রশ্ন-২৫ : অম্লীয় ও ক্ষারকীয় বাফার দ্রবণের ক্রিয়া-কৌশল আলোচনা কর।

উত্তর : অম্লীয় বাফার দ্রবণের ক্রিয়া-কৌশল :

CH_3COOH এবং CH_3COONa দ্বারা প্রস্তুত বাফার দ্রবণের ক্রিয়া কৌশল নিম্নে আলোচনা করা হল-

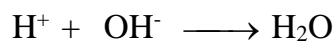


এ বাফার দ্রবণে কিছু পরিমাণ অম্ল অর্থাৎ H^+ আয়ন যোগ করা হলে দ্রবণে উপস্থিত CH_3COO^- আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে CH_3COOH এ পরিণত হয়।



CH_3COOH একটি মৃদু এসিড, তাই ইহা দ্রবণে অ-আয়নিত অবস্থায় থাকে এবং P^{H} এর মান পরিবর্তিত হয়না।

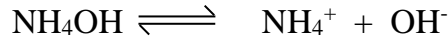
আবার, বাফার দ্রবণে OH^- আয়ন যোগ করলে উহা দ্রবণে উপস্থিত H^+ আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে পানি উৎপন্ন করে। বাফার দ্রবণে OH^- আয়ন দ্বারা যে পরিমাণ H^+ আয়ন প্রশমিত হয়, দ্রবণে উপস্থিত অ-আয়নিত CH_3COOH আয়নিত হয়ে তা পূরণ করে। ফলে দ্রবণে P^{H} এর মান অপরিবর্তিত থাকে।



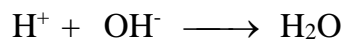
অতএব, উভয় ক্ষেত্রে বাফার দ্রবণের P^{H} স্থির থাকে।

ক্ষারকীয় বাফার দ্রবণের ক্রিয়া-কৌশল :

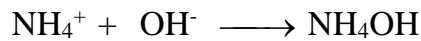
NH_4OH এবং NH_4Cl দ্বারা প্রস্তুত বাফার দ্রবণের ক্রিয়া কৌশল নিম্নে আলোচনা করা হল-



দ্রবণে এসিড (H^+) যোগ করলে, তা বাফার দ্রবণের আয়নের সাথে পানি উৎপন্ন করে।



আবার, দ্রবণে ক্ষার OH^- যোগ করলে তা NH_4^+ আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে NH_4OH উৎপন্ন করে।

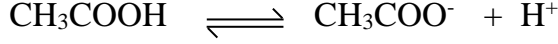


NH_4OH মৃদু ক্ষার হওয়ায় দ্রবণে অ-আয়নিত অবস্থায় থাকে এবং দ্রবণের pH এর মান অপরিবর্তিত থাকে।

প্রশ্ন-২৬ : অম্লীয় বাফার দ্রবণের pH নির্ণয়ের সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

অথবা, অম্লীয় দ্রবণের জন্য হেন্ডারসন-হ্যাসেলবাখ সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

উত্তর : CH_3COOH এবং CH_3COONa এর মিশ্রণ অম্লীয় বাফার দ্রবণ। এ দ্রবণে CH_3COOH নিম্নরূপে আয়নিত হয়-



ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক, $k_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$

$$\text{বা, } [\text{H}^+] = \frac{k_a [\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \dots\dots\dots(i)$$

CH_3COOH একটি মৃদু অম্ল। আবার CH_3COONa এর উপস্থিতিতে অ্যাসিটিক এসিডের বিয়োজন আরও হ্রাস পায়। তাই অবিয়োজিত CH_3COOH এর মান CH_3COOH এর প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার প্রায় সমান। অপরদিকে CH_3COO^- এর ঘনমাত্রা CH_3COONa এর ঘনমাত্রার সমান হবে। সুতরাং (i) নং সমীকরণকে লেখা যায়-

$$[\text{H}^+] = k_a \frac{[\text{অম্ল}]}{[\text{লবণ}]}$$

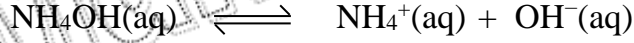
$$\text{বা, } \log[\text{H}^+] = \log k_a + \log \frac{[\text{অম্ল}]}{[\text{লবণ}]}$$

$$\text{বা, } -\log[\text{H}^+] = -\log k_a - \log \frac{[\text{অম্ল}]}{[\text{লবণ}]}$$

$$\text{বা, } \text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]}, \text{ ইহাই হেন্ডারসন-হ্যাসেলবাখ সমীকরণ।}$$

প্রশ্ন-২৭ : ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের pH নির্ণয়ের সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

উত্তর : জলীয় দ্রবণে NH_4OH এবং NH_4Cl এর মিশ্রণ ক্ষারীয় বাফার দ্রবণ। এ দ্রবণে NH_4OH নিম্নরূপে আয়নিত হয়-



ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক, $k_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$

$$\text{বা, } [\text{OH}^-] = k_b \frac{[\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+]} \dots\dots\dots(র)$$

NH_4OH একটি মৃদু ক্ষার। আবার NH_4Cl এর উপস্থিতিতে NH_4OH বিয়োজন আরও হ্রাস পায়। তাই অবিয়োজিত $[\text{NH}_4\text{OH}]$ এর মান NH_4OH এর প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার প্রায় সমান। অপরদিকে NH_4^+ এর ঘনমাত্রা NH_4Cl এর ঘনমাত্রার সমান হবে। সুতরাং (i) নং সমীকরণকে লেখা যায়-

$$[\text{OH}^-] = k_b \frac{[\text{ক্ষার}]}{[\text{লবণ}]}$$

$$\text{বা, } \log[\text{OH}^-] = \log k_b + \log \frac{[\text{ক্ষার}]}{[\text{লবণ}]}$$

$$\text{বা, } -\log[\text{OH}^-] = -\log k_b - \log \frac{[\text{ক্ষার}]}{[\text{লবণ}]}$$

$$\text{বা, } \text{pOH} = \text{pK}_b + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{ক্ষার}]}$$

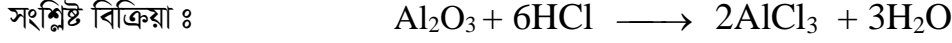
$$\text{বা, } 14 - \text{pH} = \text{pK}_b + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{ক্ষার}]}$$

$$\text{বা, } \text{pH} = 14 - \text{pK}_b - \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{ক্ষার}]} \dots\dots\dots(রর)$$

(ii) নং সমীকরণের সাহায্যে ক্ষারীয় দ্রবণের pH নির্ণয় করা হয়।

প্রশ্ন-৪ Al_2O_3 এর অম্লত কত ?

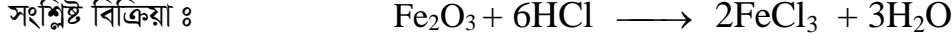
উত্তর : ক্ষারক কর্তৃক এসিডকে প্রশমিত করার ক্ষমতাকে ক্ষারকের অম্লত্ব বলে। কোন ক্ষারকের এক মোল দ্বারা এক ক্ষারকীয় এসিডের(যেমন-HCl) যত মোল প্রশমিত হয় এসিডের ঐ মোল সংখ্যাকে ক্ষারকটির অম্লত্ব বলে।



বিক্রিয়া থেকে দেখা যাচ্ছে , 1 মোল Al_2O_3 দ্বারা 6 মোল HCl প্রশমিত হয়েছে। তাই Al_2O_3 এর অম্লত্ব 6।

প্রশ্ন-ঃ Fe_2O_3 এর অম্লত্ব কত ?

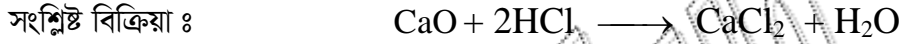
উত্তর : ক্ষারক কর্তৃক এসিডকে প্রশমিত করার ক্ষমতাকে ক্ষারকের অম্লত্ব বলে। কোন ক্ষারকের এক মোল দ্বারা এক ক্ষারকীয় এসিডের(যেমন-HCl) যত মোল প্রশমিত হয় এসিডের ঐ মোল সংখ্যাকে ক্ষারকটির অম্লত্ব বলে।



বিক্রিয়া থেকে দেখা যাচ্ছে , 1 মোল Fe_2O_3 দ্বারা 6 মোল HCl প্রশমিত হয়েছে। তাই Fe_2O_3 এর অম্লত্ব 6।

প্রশ্ন-ঃ CaO এর অম্লত্ব কত ?

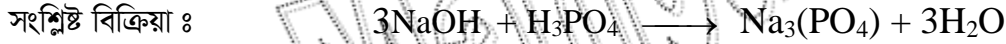
উত্তর : ক্ষারক কর্তৃক এসিডকে প্রশমিত করার ক্ষমতাকে ক্ষারকের অম্লত্ব বলে। কোন ক্ষারকের এক মোল দ্বারা এক ক্ষারকীয় এসিডের (যেমন-HCl) যত মোল প্রশমিত হয় এসিডের ঐ মোল সংখ্যাকে ক্ষারকটির অম্লত্ব বলে।



বিক্রিয়া থেকে দেখা যাচ্ছে , 1 মোল CaO দ্বারা 2 মোল HCl প্রশমিত হয়েছে। তাই CaO এর অম্লত্ব 2।

প্রশ্ন-ঃ H_3PO_4 এর ক্ষারকত্ব কত ?

উত্তর : এসিড কর্তৃক ক্ষারককে প্রশমিত করার ক্ষমতাকে এসিডের ক্ষারকত্ব বলে। কোন এসিডের এক মোল দ্বারা এক অম্লীয় ক্ষারকের (যেমন-NaOH) যত মোল প্রশমিত হয় ক্ষারকের ঐ মোল সংখ্যাকে এসিডটির ক্ষারকত্ব বলে।

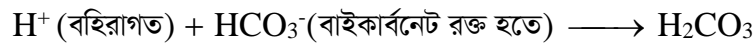


বিক্রিয়া থেকে দেখা যাচ্ছে , 1 মোল H_3PO_4 দ্বারা 3 মোল NaOH প্রশমিত হয়েছে। তাই H_3PO_4 এর ক্ষারকত্ব 3।

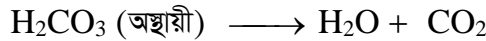
প্রশ্ন-ঃ মানুষের রক্তে pH এর গুরুত্ব এবং নিয়ন্ত্রণ কৌশল আলোচনা কর।

উত্তর : মানব দেহের রক্ত একটি উৎকৃষ্ট বাফার দ্রবণ। রক্তে বাইকার্বনেট-কার্বনিক অ্যাসিড বাফার বিদ্যমান। স্বাভাবিক অবস্থায় রক্তের pH = ৭.৪ এর কাছাকাছি। তাই রক্ত সামান্য ক্ষারীয় প্রকৃতির বাফার দ্রবণ। রক্তের স্বাভাবিক pH থেকে 0.1 ইউনিট পরিবর্তন সীমার মধ্যে থাকলে রক্ত দ্বারা অক্সিজেন পরিবহন সুষ্ঠুভাবে ঘটে। তবে রক্তের pH কোন কারণে 0.5 এর বেশি পরিবর্তিত হলে জীবন সংকটাপন্ন হয়।

মানুষের রক্তের pH নিয়ন্ত্রণ কৌশল : রক্তে বাইকার্বনেট-কার্বনিক অ্যাসিড বাফার বিদ্যমান। রক্তে কোন অম্ল (H^+ আয়ন) যুক্ত হলে তা নিম্নলিখিত বিক্রিয়া অনুযায়ী প্রশমিত হয়।

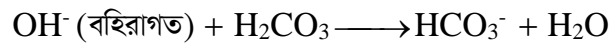


উৎপন্ন কার্বনিক অ্যাসিড নিম্নরূপে বিয়োজিত হয়-



CO_2 ফুসফুসের মাধ্যমে প্রশ্বাসের সাথে বের হয়ে যায় এবং pH এর মান নির্দিষ্ট থাকে। pH কমে গেলে (H^+ আয়ন বেড়ে গেলে) শ্বাস-প্রশ্বাস কেন্দ্র উত্তেজিত হয় এবং নিঃশ্বাস-প্রশ্বাসের তীব্রতা কমে যায়।

অপরদিকে, রক্তে কোন ক্ষারীয় দ্রবণ (OH^-) যুক্ত হলে তা নিম্নলিখিত বিক্রিয়া অনুযায়ী প্রশমিত হয় এবং pH এর মান নির্দিষ্ট থাকে।



প্রশ্ন-ঃ জীবদেহের রক্ত ব্যতীত বিভিন্ন তরলের pH মান উল্লেখ কর।

উত্তর : নিম্নে জীবদেহের রক্ত ব্যতীত বিভিন্ন তরলের মান উল্লেখ করা হল-

তরলের নাম	pH মান	তরলের নাম	pH মান
পাকস্থলির রস	1.4-2.0	প্রস্রাব	4.8-7.5
মুখের লালা	6.35-6.68	চোখের পানি	4.8-7.5
মাতৃদুগ্ধ	6.6-6.9	পিত্তরস	7.4-8

প্রশ্ন : কৃষিবিজ্ঞানে মাটির pH এর গুরুত্ব এবং নিয়ন্ত্রণ কৌশল আলোচনা কর।

উত্তর : কৃষি উৎপাদনে মাটির pH নিয়ন্ত্রণ গুরুত্বপূর্ণ। কৃষি জমিতে মাটির pH এর বিস্তার কৃষি কাজের অবস্থানভেদে বিভিন্ন অঞ্চলে 3-9.5 এর মধ্যে রাখা হয়। মাটির pH মান সুনির্দিষ্ট সীমার মধ্যে হলেই গাছপালা মাটি থেকে প্রয়োজনীয় খাদ্য গ্রহণ করতে পারে।

মাটির অম্লতা বেশি (pH মান 3 এর চেয়ে কম) হলে গাছপালা মাটি থেকে খনিজ লবণ গ্রহণ করতে পারে না। তাই মাটির অম্লতা দূরীকরণে অর্থাৎ মাটির pH মান বৃদ্ধির জন্য ক্ষারীয় প্রকৃতির সার যেমন-চুন(CaO), ডলোমাইট(CaCO₃.MgCO₃) প্রয়োগ করা হয়।

অপরদিকে, মাটির ক্ষারকত্ব বেশি (pH মান ৯.৫ এর চেয়ে বেশি) হলে গাছপালা মাটি থেকে খনিজ লবণ গ্রহণ করতে পারে না। তাই মাটির ক্ষারকত্ব দূরীকরণে অর্থাৎ মাটির pH মান কমানোর জন্য অম্লীয় প্রকৃতির সার যেমন- টি.এস.পি, সুপার ফসফেট, KNO₃,NH₄NO₃ প্রয়োগ করা হয়।

প্রশ্ন-ঃ আমাদের দৈনন্দিন জীবনে pH এর ভূমিকা আলোচনা কর।

উত্তর : আমাদের দৈনন্দিন জীবনে pH এর গুরুত্ব নিম্নরূপ-

শিল্প ক্ষেত্রে : বিভিন্ন ঔষধ প্রস্তুতিতে, ফার্মেন্টেশন বিক্রিয়ায়, বেকারী ও কনফেকশনারীতে, কলমের কালি প্রস্তুতি ইত্যাদি শিল্পে pH এর নির্দিষ্ট মান রক্ষা করা প্রয়োজন।

জৈবিক ক্ষেত্রে : প্রাণিদেহে অধিকাংশ জৈবিক রাসায়নিক বিক্রিয়া কোন নির্দিষ্ট pH অবস্থায় সংঘটিত হয়। যেমন-খাদ্যবস্তু হজমের জন্য এনজাইমসমূহ কেবল নির্দিষ্ট pH অবস্থাতে কাজ করতে পারে।

বিশ্লেষণিক রসায়নে : বিভিন্ন রাসায়নিক বিশেষণে pH এর নির্দিষ্ট মান গুরুত্বপূর্ণ। যেমন-ধাতব আয়ন সনাক্তকরণ এবং পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য গ্রুপ-II লবণ দ্রবণের pH 7.0 এর চেয়ে কম রাখতে হয়।

কৃষি ক্ষেত্রে : মাটির উর্বরতা pH এর উপর নির্ভরশীল। যেমন-উর্বর মাটির জন্য অত্যনুকূল pH এর মান হল 7.0 থেকে 8.0।

প্রশ্ন-ঃ টয়লেট্রিজ উৎপাদনে pH এর গুরুত্ব আলোচনা কর।

উত্তর : বর্তমানে টয়লেট্রিজ বলতে সাবান, শ্যাম্পু, ফেস-ওয়াশ ও টুথপেস্ট ইত্যাদিকে বুঝায়। এ সব সামগ্রী দেহের ত্বক, মাথার চুল ও চুলের গোড়া পরিচর্যায় এবং মুখের ভিতরে দাঁত-মাটির পরিচর্যায় ব্যবহৃত হয়। ত্বক দেহের তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণে ভূমিকা রাখে। এছাড়া বাইরের ক্ষতিকর ফাংগাস, ভাইরাস, ব্যাকটেরিয়াসহ বিভিন্ন রোগ জীবাণুর আক্রমণ প্রতিরোধ করে। এসব ক্ষতিকর রোগ জীবাণুর প্রতিরোধে অম্লীয় পরিবেশ কার্যকর। তাই প্রাকৃতিক নিয়মেই ত্বকের নীচে থাকা সেবাসিয়াস গ্ল্যান্ড থেকে নিঃসৃত সেবাম নামক তৈল জাতীয় পদার্থ বহিঃত্বকের উপরে মসৃণ অ্যাসিড আবরণ সৃষ্টি করে। তখন ত্বকের pH মান সাধারণত 4.0-5.5 পরিসরে থাকে। তবে ২-১ মাসের শিশুর কোমল ত্বকের pH অনেক বেশি (7-8) থাকে। বহিঃত্বকের এ অ্যাসিড আবরণটি ত্বকের আর্দ্রতা বজায় রাখা কোষসমূহের মধ্যে সংযোগ রক্ষা করা, ত্বকের কমলনীয়তা ও দৃঢ়তা দান ইত্যাদি ভূমিকা পালন করে। তাই কোন কারণে ত্বকের অ্যাসিড আবরণ নষ্ট হলে ত্বকের সামগ্রিক ক্ষতি হয়। এজন্য বিভিন্ন টয়লেট্রিজ উৎপাদনে pH মান নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে রাখতে হয়।

প্রশ্ন-ঃ বিভিন্ন টয়লেট্রিজের আদর্শ pH মান উল্লেখ কর।

উত্তর : নিম্নে বিভিন্ন টয়লেট্রিজের আদর্শ মান উল্লেখ করা হল-

টয়লেট্রিজের নাম	pH মান	টয়লেট্রিজের নাম	pH মান
গোসল করা সাবান	7-8	টুথপেস্ট	8
শ্যাম্পু	5-7	ফেস-ওয়াশ	6-8

প্রশ্ন : সার্বজনীন নির্দেশকের বিভিন্ন pH এর বর্ণ উল্লেখ কর।

উত্তর : নিম্নে সার্বজনীন নির্দেশকের বিভিন্ন pH এর বর্ণ উল্লেখ করা হল-

pH	০-২	৩-৪	৫-৬	৭-৯	১০-১১	১২-১৪
নির্দেশকের বর্ণ	লাল	কমলা	হলুদ	সবুজ	নীল	বেগুনি

প্রশ্ন-ঃ শক্তির নিত্যতা সূত্র অথবা তাপ গতিবিজ্ঞানের প্রথম সূত্রটি লিখ।

উত্তরঃ শক্তির নিত্যতা সূত্রটি তাপ গতিবিজ্ঞানের প্রথম সূত্র নামে পরিচিত। সূত্রটি হল- “শক্তি একরূপ থেকে অন্যরূপে পরিবর্তিত হতে পারে কিন্তু শক্তিকে কখনো ত্রুষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না।”

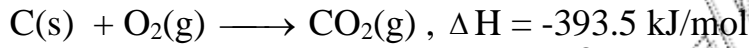
প্রশ্ন-ঃ অভ্যন্তরীণ শক্তি বলতে কি বুঝ ?

উত্তরঃ অভ্যন্তরীণ শক্তিঃ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থের যে শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয় তাকে পদার্থের অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে। একে ‘U’ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। পদার্থের গঠন প্রকৃতি, চাপ ও তাপমাত্রার উপর পদার্থের অভ্যন্তরীণ শক্তি সম্পূর্ণরূপে নির্ভরশীল।

প্রশ্ন-ঃ তাপোৎপাদী ও তাপহারী বিক্রিয়া বলতে কি বুঝ ?

উত্তরঃ তাপোৎপাদী বিক্রিয়াঃ যে রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে তাপশক্তি উৎপন্ন হয় এবং বিক্রিয়া অঞ্চলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়, তাকে তাপোৎপাদী বিক্রিয়া বলে।

উদাহরণ- গ্রাফাইট অক্সিজেনে পুড়ে CO₂ এ পরিণত হয় এবং 393.5 kJ তাপ উৎপন্ন হয়।



ΔH এর ঋণাত্মক মানের জন্য বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী।

তাপহারী বিক্রিয়াঃ যে রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে তাপশক্তির শোষণ এবং বিক্রিয়া অঞ্চলের তাপমাত্রা হ্রাস পায়, তাকে তাপহারী বিক্রিয়া বলে।

উদাহরণ- গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ও কঠিন আয়োডিনের বিক্রিয়ায় 52kJ তাপ শোষিত হয়ে গ্যাসীয় হাইড্রোজেন আয়োডাইডে পরিণত হয়।



ΔH এর ধনাত্মক মানের জন্য বিক্রিয়াটি তাপহারী।

প্রশ্ন-১০ঃ সংজ্ঞা লিখ- বিক্রিয়া তাপ, সংগঠন তাপ, প্রমাণ সংগঠন তাপ, বিয়োজন তাপ, দহন তাপ, প্রমাণ দহন তাপ, দ্রবণ তাপ, উর্ধ্বপাতন তাপ, গলন তাপ, বাষ্পীকরণ তাপ (অবস্থা পরিবর্তন তাপ) এবং পরমাণুকরণ তাপ।

উত্তরঃ বিক্রিয়া তাপঃ কোন বিক্রিয়ার উৎপাদ ও বিক্রিয়কের আন্তঃশক্তির পার্থক্যহেতু তাপশক্তির যে পার্থক্য ঘটে তাকে বিক্রিয়াটির বিক্রিয়া তাপ বলে।

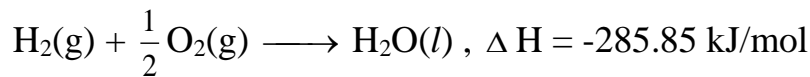
অথবা, কোন বিক্রিয়ার সমতায়ুক্ত সমীকরণে বিক্রিয়কসমূহের সংখ্যানুপাতিক মোল পরিমাণ সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন বা শোষিত তাপের পরিমাণকে বিক্রিয়া তাপ বলে। একে ‘Q’ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

গাণিতিকভাবে, বিক্রিয়া তাপ, $Q = q_p - q_R$ এখানে,

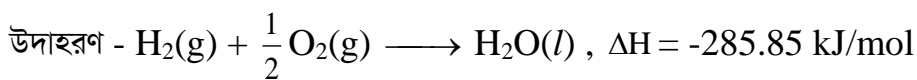
q_p = উৎপাদের এনথালপি

q_R = বিক্রিয়কের এনথালপি

সংগঠন তাপঃ উপাদান মৌল থেকে কোন যৌগের এক মোল পরিমাণ উৎপন্ন হতে যে পরিমাণ তাপ উৎপন্ন বা শোষিত হয় অর্থাৎ এনথালপির যে পরিবর্তন ঘটে, তাকে ঐ যৌগের সংগঠন তাপ বলা হয়।

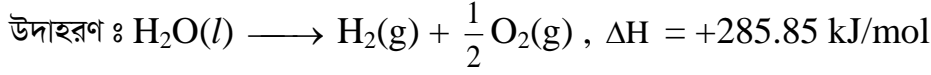


প্রমাণ সংগঠন তাপঃ প্রমাণ অবস্থায় (25⁰C তাপমাত্রা এবং 1atm চাপে) উপাদান মৌল থেকে কোন যৌগের এক মোল পরিমাই উৎপন্ন হতে এনথালপির যে পরিবর্তন ঘটে তাকে ঐ যৌগের প্রমাণ সংগঠন তাপ বলা হয়। একে ΔH_f^0 চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।



প্রমাণ অবস্থায় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস থেকে এক মোল পানি উৎপন্ন করতে 285.85 kJ তাপ উদগীরিত হয়। সুতরাং, পানির প্রমাণ সংগঠন তাপ, -285.85 kJ/mol।

বিয়োজন তাপ : এক মোল যৌগকে তার উপাদান মৌলে বিয়োজিত করতে যে পরিমাণ তাপশক্তির প্রয়োজন হয় তাকে ঐ যৌগের বিয়োজন তাপ বলে।

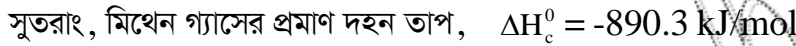


এক মোল পানিকে উপাদান মৌল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনে বিয়োজিত করতে 285.85 kJ তাপের প্রয়োজন। সুতরাং, পানির বিয়োজন তাপ +285.85 kJ/mol।

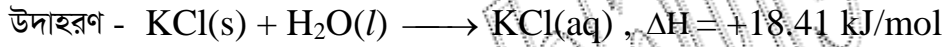
দহন তাপ : এক মোল পরিমাণ মৌলিক বা যৌগিক পদার্থকে অক্সিজেনের উপস্থিতিতে সম্পূর্ণরূপে দহন করতে এনথালপির যে পরিবর্তন ঘটে তাকে ঐ পদার্থের দহন তাপ বলে। একে ΔH_c দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

প্রমাণ দহন তাপ : প্রমাণ অবস্থায় (25°C তাপমাত্রা এবং 1atm চাপে) এক মোল পরিমাণ কোন পদার্থকে অক্সিজেনের উপস্থিতিতে সম্পূর্ণরূপে দহন করতে এনথালপির যে পরিবর্তন ঘটে, তাকে ঐ পদার্থের প্রমাণ দহন তাপ বলে। একে ΔH_c^0 দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

উদাহরণ- প্রমাণ অবস্থায় এক মোল মিথেনকে অক্সিজেন গ্যাসে দহন করতে 890.3 kJ তাপ উৎপন্ন হয়।

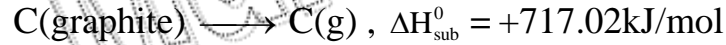


দ্রবণ তাপ : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় এক মোল পরিমাণ দ্রবকে যথেষ্ট পরিমাণ কোন দ্রাবকে দ্রবীভূত করলে তাপশক্তির যে পরিবর্তন ঘটে, তাকে ঐ দ্রবের দ্রবণ তাপ বলে।

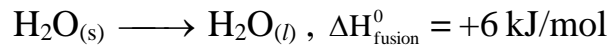


এক মোল KCl কে যথেষ্ট পরিমাণ পানিতে দ্রবীভূত করে দ্রবণ প্রস্তুত করলে +18.41kJ পরিমাণ তাপ শোষিত হয়। সুতরাং, KCl এর দ্রবণ তাপ +18.41 kJ/mol

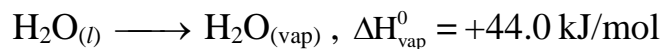
উর্ধ্বপাতন তাপ (অবস্থা পরিবর্তন তাপ) : এক মোল কঠিন পদার্থ যে তাপ শোষণ করে সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়,তাকে উর্ধ্বপাতন তাপ বলে। যেমন-



গলন তাপ (অবস্থা পরিবর্তন তাপ) : এক মোল কঠিন পদার্থ এর গলনাক্ষে যে পরিমাণ তাপ শোষণ করে তরল অবস্থায় রূপান্তরিত হয়,তাকে গলন তাপ বলে। যেমন-



বাষ্পীকরণ তাপ (অবস্থা পরিবর্তন তাপ) : এক মোল তরল পদার্থ এর স্ফুটনাক্ষে 1atm চাপে যে পরিমাণ তাপ শোষণ করে বাষ্পে পরিণত হয়,তাকে বাষ্পীকরণ তাপ বলে। যেমন-



পরমাণুকরণ তাপ : এক মোল পদার্থকে প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে সম্পূর্ণরূপে গ্যাসীয় অবস্থায় পরমাণুতে পরিণত করতে যে তাপ শোষণ করে, তাকে পরমাণুকরণ তাপ বলে। যেমন-



প্রশ্ন-: এনথালপি বলতে কি বুঝ ? প্রমাণ কর যে, স্থির চাপে বিক্রিয়া তাপ এনথালপির পরিবর্তনের সমান।

এ নথালপি : কোন সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি (U) এর সাথে সিস্টেমের চাপ ও আয়তনের গুণফল (P×V) যোগ করলে যে মোট শক্তি পাওয়া যায়, তাকে সিস্টেমের এনথালপি বা ধৃত তাপ বলে। একে 'H' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ধরি, সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি, আয়তন এবং চাপ যথাক্রমে U, V এবং P

এনথালপি, $H = U + P V$

প্রমাণ :

বিক্রিয়ার এনথালপি পরিবর্তন, $\Delta H = H_p - H_r$ আবার, $H_p = U_p + P \times V_p$

বা, $\Delta H = U_p + P \times V_p - (U_r + P \times V_r)$ $H_r = U_r + P \times V_r$

বা, $\Delta H = (U_p - U_r) + P(V_p - V_r)$

বা, $\Delta H = \Delta U + P \Delta V$

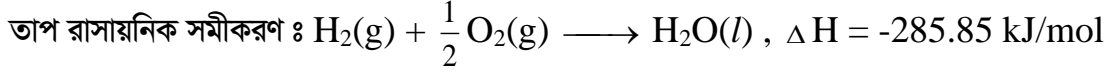
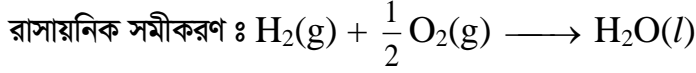
বা, $\Delta H = Q_p$

সুতরাং, স্থির চাপে বিক্রিয়া তাপ, এনথালপির পরিবর্তনের সমান।

প্রশ্ন-: তাপ রাসায়নিক সমীকরণ বলতে কী বুঝ ? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : তাপ রাসায়নিক সমীকরণ : যে সমীকরণ দ্বারা একটি বিক্রিয়ার রাসায়নিক পরিবর্তন ও তাপশক্তির পরিবর্তন উভয়ই প্রকাশ পায়, তাকে তাপ রাসায়নিক সমীকরণ বলে।

উদাহরণ - পানির গঠন বিক্রিয়ার (1 মোল পানি) জন্য,

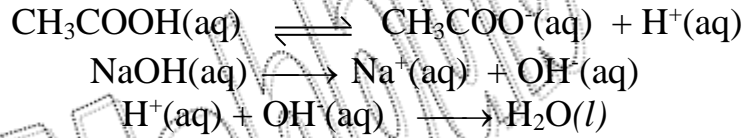


প্রশ্ন-: প্রশমন তাপ কি ? সকল তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারকের প্রশমন তাপ ধ্রুবক হয় কেন ?

উত্তর : প্রশমন তাপ :

প্রশ্ন-: দুর্বল এসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপের মান স্থির হয় না কেন ?

উত্তর : কক্ষ(25°C) তাপমাত্রায় এসিড ও ক্ষারকের বিক্রিয়ায় এক মোল পানি উৎপন্ন হতে যে পরিমাণ তাপের উদ্ভব ঘটে, তাকে প্রশমন তাপ বলে। NaOH একটি তীব্র ক্ষার এবং অ্যাসিটিক এসিড একটি দুর্বল এসিড। উভয়ই দ্রবণে নিম্নরূপে বিয়োজিত হয় এবং প্রশমন বিক্রিয়া সম্পন্ন করে।

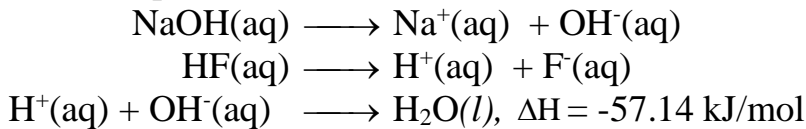


যেহেতু NaOH একটি তীব্র ক্ষার। তাই এর সম্পূর্ণ বিয়োজনের ফলে সৃষ্ট OH⁻ আয়ন অ্যাসিটিক এসিডের অসম্পূর্ণ বিয়োজন দ্বারা সৃষ্ট H⁺ আয়নকে যখনই প্রশমিত করে, তখনই অবিয়োজিত অ্যাসিটিক এসিড পুনরায় বিয়োজিত হয়ে H⁺ আয়ন উৎপন্ন করে। ফলে পুনরায় সাম্যতা প্রতিষ্ঠিত হবে। সুতরাং অ্যাসিটিক এসিড সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত না হওয়া পর্যন্ত উভয় বিক্রিয়াই পাশাপাশি অগ্রসর হতে থাকে। এক্ষেত্রে অ্যাসিটিক এসিডের বিয়োজনে 2.2 kJ শক্তির প্রয়োজন হয় এবং প্রশমন তাপের মান প্রায় 2.2 kJ কমে গিয়ে -55.14 kJ হয়।

এজন্য দুর্বল এসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপের মান স্থির হয় না।

প্রশ্ন- : NaOH ও HF এর প্রশমন তাপের মান সাধারণ মান (-57.14 kJ) এর চেয়ে বেশি হয় কেন ?

উত্তর : কক্ষ(25°C) তাপমাত্রায় এসিড ও ক্ষারকের বিক্রিয়ায় এক মোল পানি উৎপন্ন হতে যে পরিমাণ তাপের উদ্ভব ঘটে, তাকে প্রশমন তাপ বলে। NaOH তীব্র ক্ষার ও HF তীব্র এসিড হওয়ায় উভয়ই দ্রবণে সম্পূর্ণ আয়নিত হয় এবং উৎপন্ন H⁺(aq) ও OH⁻(aq) এর প্রশমন কালে 57.14 kJ তাপ উৎপন্ন করে।



কিন্তু দ্রবণে উপস্থিত F⁻ আয়নের আকার ছোট হওয়ায় এতে চার্জের ঘনত্ব বেশি। তাই F⁻ আয়নের সাথে পোলার পানির অণুর মধ্যে পানিযোজন বা হাইড্রেশন খুব দৃঢ়ভাবে ঘটার কারণে যে তাপশক্তি নির্গত হয়, তা অন্যান্য ঋণাত্মক আয়নের পানিযোজন তাপের বা হাইড্রেশন শক্তির তুলনায় কিছু বেশি হয়। এবং এ পানিযোজন তাপ প্রশমন তাপের সাথে যোগ হয়ে -68.62 kJ হয়। এজন্য NaOH ও HF এর প্রশমন তাপের মান সাধারণ মান (-57.14 kJ) এর চেয়ে বেশি হয়।

*** জানার জন্য কতিপয় অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়ার প্রশমন তাপের মান

অ্যাসিড	ক্ষারক	প্রশমন তাপ (kJ/mol)
HCl	NaOH	-57.34
HCl	KOH	-57.43
H ₂ SO ₄	NaOH	-57.44
HNO ₃	NaOH	-57.35

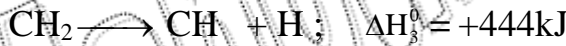
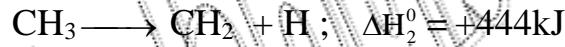
HCl	NH ₄ OH	-51.04
CH ₃ COOH	NaOH	-55.14
CH ₃ COOH	NH ₄ OH	-49.79
HCN	NaOH	-12.13
HCN	NH ₄ OH	-5.44
HF	NaOH	-68.62

প্রশ্ন : বন্ধন শক্তি এবং বন্ধন বিয়োজন শক্তি বলতে কি বুঝ ?

উত্তর : বন্ধন শক্তি : এক মোল পদার্থের প্রত্যেকটি বন্ধনকে ভাঙতে যে শক্তির প্রয়োজন তার গড় শক্তিকে বন্ধন শক্তি বলে।

বন্ধন বিয়োজন শক্তি : এক মোল পদার্থের একই ধরনের প্রত্যেকটি বন্ধনকে পৃথক পৃথকভাবে ভাঙতে যে শক্তির প্রয়োজন তাকে ঐ বন্ধনের বন্ধন বিয়োজন শক্তি বলে।

উদাহরণ-মিথেনের C-H বন্ধন ভেঙ্গে কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণুসমূহকে পৃথক করতে প্রয়োজনীয় এনথালপির পরিবর্তন নিম্নরূপ-



এক মোল মিথেনের চারটি C-H বন্ধনকে এক এক করে ভাঙতে গেলে যথাক্রমে +435kJ, +444kJ, +444kJ ও +339kJ শক্তি প্রয়োগ করতে হবে। এ শক্তিগুলোর প্রত্যেকটিকে পৃথকভাবে যথাক্রমে মিথেনের ১ম, ২য়, ৩য় ও ৪র্থ C-H বন্ধনের বন্ধন বিয়োজন শক্তি বলে।

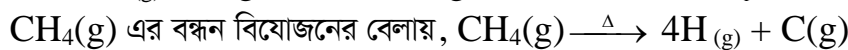
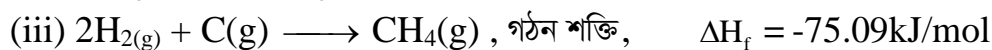
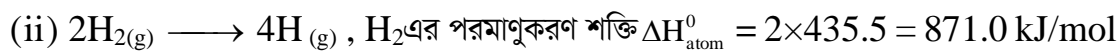
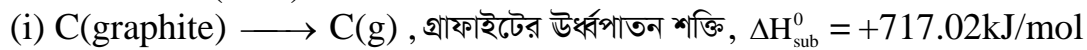
কিন্তু এ চারটি শক্তির গড় মান হল, $435 + 444 + 444 + 339 = 1662/4 = 415.5 \text{ kJ/mol}$ মিথেনের বন্ধন শক্তি।

প্রশ্ন : উদাহরণের মাধ্যমে বন্ধন শক্তি নির্ণয় কর।

উত্তর : যে যৌগের বন্ধন শক্তি নির্ণয় করতে হবে তার গঠন শক্তি ও বন্ধন গঠনকারী মৌলগুলোর পরমাণুকরণ শক্তি ব্যবহার করে যৌগটির বন্ধন শক্তি গণনা করা যায়। একটি যৌগের অণুতে একাধিক একই জাতীয় বন্ধন থাকলে, গড় বন্ধন শক্তি = মোট বন্ধন বিয়োজন শক্তি ÷ বন্ধন সংখ্যা

$$= [\text{উর্ধ্বপাতন শক্তি} + \text{পরমাণুকরণ শক্তি} - \text{গঠন শক্তি}] \div \text{বন্ধন সংখ্যা}$$

উদাহরণ-মিথেনের(CH₄) বন্ধন শক্তি হিসাবকরণ



$$\therefore \text{CH}_4(\text{g}) \text{ এর বন্ধন বিয়োজন শক্তি, } \Delta H = [\text{উর্ধ্বপাতন শক্তি} + \text{পরমাণুকরণ শক্তি} - \text{গঠন শক্তি}]$$

$$= 717.02 + 871.0 - (-75.09)$$

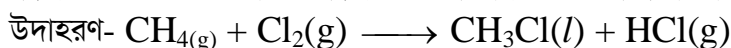
$$= 1662.11 \text{ kJ/mol}$$

$$\therefore \text{CH}_4(\text{g}) \text{ এর C-H বন্ধন শক্তি} = 1662.11 \div 4 [\because \text{CH}_4 \text{ অণুতে চারটি বন্ধন আছে}]$$

$$= 415.53 \text{ kJ/mol}$$

প্রশ্ন : বন্ধন শক্তির সাহায্যে কিভাবে বিক্রিয়া তাপ নির্ণয় করা হয়।

উত্তর : সব যৌগেই একটি নির্দিষ্ট বন্ধন শক্তি প্রায় সমান হয়। এর উপর ভিত্তি করে যে কোন যৌগের ক্ষেত্রে বিক্রিয়কের বন্ধন শক্তি থেকে উৎপাদের বন্ধন শক্তি বিয়োগ করলে বিক্রিয়া তাপ পাওয়া যায়।



এ বিক্রিয়ায় বন্ধন শক্তি ব্যবহার করে বিক্রিয়া তাপ নির্ণয় করা যায়।

দেয়া আছে, C-H বন্ধন শক্তি 430.53kJ/mol, Cl-Cl বন্ধন শক্তি 242.90kJ/mol, C-Cl বন্ধন শক্তি 328kJ/mol এবং H-Cl বন্ধন শক্তি 433kJ/mol

বিক্রিয়কের বন্ধন	বন্ধন সংখ্যা	বন্ধন শক্তি (kJ/mol)
C-H	4	4×430.53 =1722.12
Cl-Cl	1	242.90
		1965.02

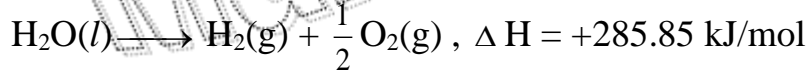
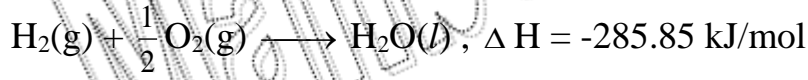
উৎপাদের বন্ধন	বন্ধন সংখ্যা	বন্ধন শক্তি
C-H	3	3×430.53 =1291.59
C-Cl	1	328
H-Cl	1	433
মোট		2052.59

∴ বিক্রিয়া তাপ, $\Delta H =$ বিক্রিয়কের বন্ধন শক্তি - উৎপাদের বন্ধন শক্তি
 $= 1965.02 - 2052.59$
 $= -87.57\text{kJ/mol}$

প্রশ্ন-ঃ তাপ রসায়নে ল্যাভয়সিয়ে ও ল্যাপলাসের সূত্রটি বিবৃত কর এবং উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : ল্যাভয়সিয়ে ও ল্যাপলাসের সূত্র : “কোন বিক্রিয়া একদিকে সংঘটনের সময় যে পরিমাণ তাপশক্তির পরিবর্তন ঘটে, বিক্রিয়াটি বিপরীত দিকে ঘটার সময় ঐ একই পরিমাণ তাপশক্তির পরিবর্তন ঘটে, তবে চিহ্ন বিপরীত হয়।”

উদাহরণঃ



এক মোল গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ও অর্ধেক মোল গ্যাসীয় অক্সিজেন বিক্রিয়া করে এক মোল পানি উৎপন্ন করে এবং বিক্রিয়ায় 285.85kJ তাপ উদগীরিত হয়। অপর পক্ষে এক মোল পানিকে এক মোল গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ও অর্ধেক মোল গ্যাসীয় অক্সিজেনে পরিণত করতে 285.85kJ তাপ শোষিত হয়।

সুতরাং উভয় বিক্রিয়ার জন্য তাপ শক্তির পরিবর্তন একই কিন্তু চিহ্ন বিপরীত।

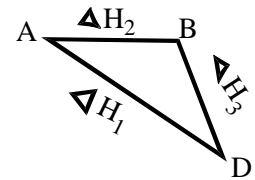
প্রশ্ন-ঃ হেসের তাপ সমষ্টিকরণ সূত্রটি লিখ। গাণিতিক ব্যাখ্যা সহ উদাহরণ দাও।

উত্তর : হেসের তাপ সমষ্টিকরণ সূত্র : “যদি কোন বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদ স্থির থাকে, তবে বিক্রিয়াটি এক বা একাধিক ধাপে সংঘটিত হোক না কেন প্রতিক্ষেত্রেই মোট তাপশক্তির পরিবর্তন সর্বদা সমান হবে।”

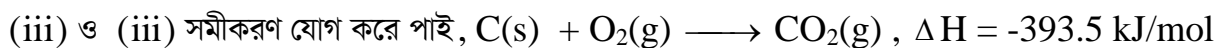
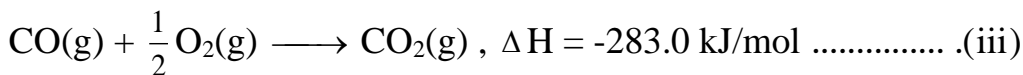
গাণিতিক ব্যাখ্যা : ধরি, একটি পদার্থ, A কে সরাসরি উৎপাদ D এ পরিণত করা যায়। বিকল্পভাবে A পদার্থটিকে মধ্যবর্তী B পদার্থে রূপান্তরিত করার পর B কে D তে রূপান্তরিত করা যায়। প্রথম ক্ষেত্রে এনথালপির পরিবর্তন ΔH_1 এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ΔH_2 ও ΔH_3 হলে হেসের সূত্রানুসারে,

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$$

উদাহরণ- গ্রাফাইটকে অক্সিজেনে দহন করলে কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয়।



আবার, গ্রাফাইটকে অক্সিজেনে দহন করলে CO উৎপন্ন হয় এবং CO কে অক্সিজেনে দহন করলে CO₂ উৎপন্ন হয়।



সুতরাং, রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদ স্থির থাকলে এক ধাপে সংঘটিত বিক্রিয়ার এনথালপির পরিবর্তন, একাধিক ধাপে সংঘটিত বিক্রিয়ার এনথালপি পরিবর্তনের সমষ্টির সমান।

প্রশ্ন : হেসের তাপসমষ্টিকরণ সূত্রের প্রয়োগ দেখাও।

উত্তর : হেসের তাপসমষ্টিকরণ সূত্রের প্রয়োগ নিম্নরূপ-

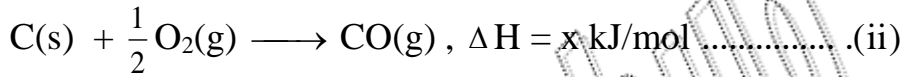
(ক) বিক্রিয়া তাপ নির্ণয় : যে সব রাসায়নিক বিক্রিয়ার বিক্রিয়া তাপ পরীক্ষার মাধ্যমে নির্ণয় করা যায় না, হেসের তাপসমষ্টিকরণ সূত্র ব্যবহার করে পরোক্ষভাবে সে সব রাসায়নিক বিক্রিয়ার বিক্রিয়া তাপ নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ- কার্বনকে অক্সিজেনে পোড়িয়ে কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত করলে যে তাপের পরিবর্তন হয় তা পরীক্ষার মাধ্যমে নির্ণয় করা খুবই কষ্টসাধ্য ব্যাপার কিন্তু হেসের তাপসমষ্টিকরণ সূত্র প্রয়োগ করে এ সমস্যা সহজেই সমাধান করা যায়।

উদাহরণ- গ্রাফাইটকে অক্সিজেনে সম্পূর্ণরূপে দহন করলে কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয়।



আবার, গ্রাফাইটকে অক্সিজেনে আংশিক দহন করলে CO উৎপন্ন হয় এবং CO কে অক্সিজেনে দহন করলে CO₂ উৎপন্ন হয়।



হেসের তাপসমষ্টিকরণ সূত্র মতে (i), (ii) ও (iii) নং সমীকরণ থেকে পাই,

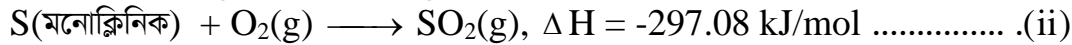
$$x + -283.0 = -393.5$$

$$\text{বা, } x = -110.5$$

সুতরাং কার্বন হতে কার্বন মনোক্সাইড উৎপাদনকালে -110.5 kJ/mol তাপ উৎপন্ন হয়।

(খ) ধীরগতি বিক্রিয়ায় তাপ পরিবর্তন নির্ণয় : যে সব বিক্রিয়া অতি ধীরগতিতে সংঘটিত হয় তাদের তাপ পরিবর্তনের মান হেসের তাপসমষ্টিকরণ সূত্রের মাধ্যমে নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ-রম্বিক সালফার থেকে মনোক্লিনিক সালফারে পরিবর্তন এত ধীরে সংঘটিত হয় যে, এক্ষেত্রে তাপ পরিবর্তনের মান পরীক্ষাগারে সরাসরি নির্ণয় করা অসম্ভব কিন্তু হেসের সূত্র ব্যবহার করে পরোক্ষভাবে তা সহজেই হিসাব করা যায়।



হেসের তাপসমষ্টিকরণ সূত্র মতে, (i)নং থেকে (ii) নং সমীকরণ বিয়োগ করে পাই,



সুতরাং রম্বিক সালফারকে মনোক্লিনিক সালফারে পরিণত করতে +0.29 kJ/mol তাপ শোষিত হয়েছে।