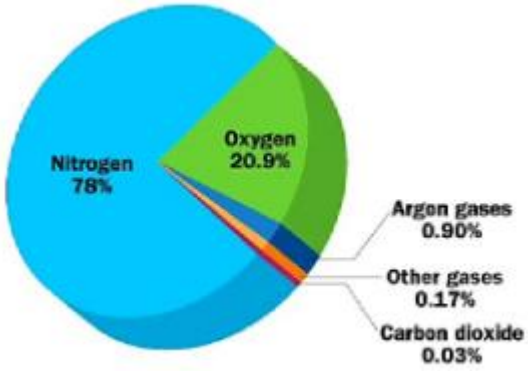
প্রশ্ন ঃ বায়ুমন্ডল কী ? বায়ুমন্ডলের সংযুক্তি এবং এর গুরুত্ব লিখ।

উত্তর ঃ বায়ুমন্ডল ঃ পৃথিবীপৃষ্ঠকে আবৃত করে প্রায় 1600কিমি পর্যন্ত অদৃশ্য মিশ্র গ্যাসীয় পদার্থকে বায়ুমন্ডল বলে। বায়ুমন্ডলের বিভিন্ন গ্যাসকে একত্রে বায়ু বা অ্যারোসল বলে।

বায়ুমন্ডলের সংযুক্তি ঃ বায়ুমন্ডলের সংযুক্তি নিম্নরূপ-

উপাদানের নাম	শতকরা পরিমাণ	উপাদানের নাম	শতকরা পরিমাণ
নাইট্রোজেন(N_2)	78	কার্বন ডাই-অক্সাইড(CO_2)	0.03
অক্সিজেন(O_2)	20.9	আর্গন	0.90
অন্যান্য গ্যাস (হিলিয়াম, ক্রিপ্টন,জেনন,মিথেন, ওজোন ও জলীয় বাষ্প)			0.17



বায়ুমন্ডলের গুরুত্ব ঃ

(ক) মহাজাগতিক বিভিন্ন রশ্মি, কসমিক রশ্মি ও সূর্য থেকে আগত ক্ষতিকর তড়িৎ চুম্বকীয় বিকিরণ থেকে রক্ষা করে

(খ) সূর্য থেকে আগত অবলোহিত রশ্মি ধরে রেখে পৃথিবীর গড় তাপমাত্রাকে বসবাসের উপযোগী করে দেয়

(গ) সাগর ও মহাসাগর হতে জলীয় বাষ্প বহন করে মেঘ সৃষ্টির মাধ্যমে মিঠা পানির ঘাটতি পূরণ করে।

প্রশ্ন ঃ বায়ুমন্ডলের বিভিন্ন স্তর বিন্যাস লিখ ।

উত্তর ঃ (i) বায়ুমন্ডলের গ্যাসীয় উপাদানের সংযুক্তির উপর ভিত্তি করে বায়ুমন্ডলকে দুইভাগে ভাগ করা হয়। যথা-

(ক) সমমন্ডল (হোমোস্ফিয়ার) ঃ সমুদ্র পৃষ্ঠ থেকে 85 কিমি পর্যন্ত বিস্তৃত এবং গ্যাসীয় উপাদানের সংযুক্তি সমান থাকে

(খ) বিষমমন্ডল (হেটারোস্পিয়ার) ঃ সমুদ্র পৃষ্ঠ থেকে 85 থেকে 10000কিমি পর্যন্ত বিস্তৃত। এ অঞ্চলে বিভিন্ন উপাদান গ্যাসের অনুপাত সমান থাকে না।

(ii) বায়ুমন্ডলের তাপমাত্রার উপর ভিত্তি করে বায়ুমন্ডলকে চারভাগে ভাগ করা হয়। যথা-

(ক) ট্রপোস্ফিয়ার

(খ) স্ট্রাটোস্ফিয়ার

(গ) মেসোস্ফিয়ার

(ঘ) থার্মোস্পিয়ার (থামোস্ফিয়ার দুইভাগে বিভক্ত যথা-আয়নোস্ফিয়ার ও এক্সোস্ফিয়ার)

* এক নজরে বায়ুমন্ডলের গঠন বিন্যাস ঃ

বায়ুমন্ডল	উচ্চতার বিস্তৃতি কিমি	উপাদান	তাপমাত্রা 0^0C	উপাদানের সংযুক্তি অনুসারে অঞ্চল
ট্রপোস্ফিয়ার	0-15	N_2,O_2,CO_2, Ar,H_2O	15 থেকে -55	সমমন্ডল

স্ট্রাটোস্ফিয়ার	15-50	O_3	-55 থেকে 0	বিষমমন্ডল
মেসোস্ফিয়ার	50-85	O_2^+, NO^+	0 থেকে -92	
থার্মোস্পিয়ার	85-500	O_2^+, NO^+, O^+,N_2^+,H^+	-92 থেকে 1200	

প্রশ্ন ঃ ঘূর্ণিঝড় কী ? ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টির কারণ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর ঃ

ঘূর্ণিঝড় ঃ সমুদ্র পৃষ্ঠের নিম্নচাপের কারণে চারদিক থেকে ধেয়ে আসা বায়ু চক্রাকারে আবর্তিত হয়ে উপকুলের দিকে ধাবিত হওয়ার অবস্থাকে ঘূর্ণিঝড়(Cyclone) বলে।

ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টির কারণ ঃ বায়ু মন্ডলের প্রায় সব উপাদানই গ্যাস। কোনো স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা হঠাৎ বৃদ্ধি পেলে আয়তন বেড়ে যায়। ফলে ঐ স্থানের বায়ু উপরে উঠে যায় এবং অস্বাভাবিক নিম্নচাপের সৃষ্টি হয়। তখন আশে পাশের উচ্চ চাপ অঞ্চল থেকে ঠান্ডা ও ভারি বাতাস নিম্ন চাপ কেন্দ্রের দিকে প্রচন্ড বেগে ছুটে যায়। নিম্নচাপ কেন্দ্রে প্রবেশ করে বিপরীতমূখী বায়ু প্রবাহ সংঘর্ষিত হয়ে কুন্ডলী আকারে পাক খেতে খেতে উপরে উঠে যায়। এভাবেই ঘূণিঝড় সৃষ্টি হয়।

প্রশ্ন ঃ জলোচ্ছ্বাস কী ? জলোচ্ছ্বাস সৃষ্টির কারণ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর ঃ

জলোচ্ছ্বাস ঃ উপকুলীয় অঞ্চলে ঘূর্ণিঝড়ের কারণে সৃষ্ট প্রবল বাতাসের গতিবেগের জন্য সমুদ্র পৃষ্ঠের পানি অস্বাভাবিক উচ্চতায় ফুলে উঠার ঘটনাকে জলোচ্ছ্বাস বলে।

জলোচ্ছ্বাস সৃষ্টির কারণ ঃ ঘুর্ণিঝড় সৃষ্টির সময় সমুদ্রের পৃষ্ঠতলে শূন্যতার সৃষ্টি হয়। সৃষ্ট শূন্যস্থান পূরণের জন্য চারদিক থেকে বাতাস দ্রুত বেগে ছুটে আসে, তখন তা সমুদ্র পৃষ্ঠ থেকে প্রচুর পরিমাণ পানি বহন করে। এজন্য ঘূর্ণিঝড় হলেই সেখানে জলোচ্ছ্বাসের সৃষ্টি হয়।

প্রশ্ন : গ্যাস কী ? গ্যাসের বৈশিষ্ট্য লিখ।

উত্তর :

গ্যাস : সাধারণ তাপমাত্রা ও চাপে যে সকল পদার্থের ভৌত অবস্থা গ্যাসীয় এবং আন্ত:আণবিক বল অপেক্ষা অণুসমূহের স্থানান্তর গতি বেশি থাকে তাদেরকে গ্যাস বলে।

বৈশিষ্ট্য :

(i) গ্যাসের নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন নেই। যখন যে পাত্রে রাখা হয় সেই আকার ও আয়তন ধারণ করে।

(ii) গ্যাসের আন্ত:আণবিক দূরুত্ব সর্বোচ্চ থাকায় গ্যাস অত্যন্ত সংকোচনশীল

(iii) সংঘর্ষের ফলে গ্যাস অণুসমূহের দিকের পরিবর্তন হয় কিন্তু বেগের পরিবর্তন হয়।

(iv) গ্যাসের আয়তনের উপর তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাব আছে।

(v) বিক্রিয়াহীন গ্যাসসমূহ মিশ্রিত হয়ে সমসত্ত্ব মিশ্রণ তৈরি করে।

প্রশ্ন- ঃ বয়েলের সূত্রটি বিবৃত কর এবং গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।

উত্তর ঃ বয়েলের সূত্র ঃ "স্থির তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন উক্ত গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপের ব্যস্তানুপাতিক।"

গাণিতিক ব্যাখ্যা ঃ ধরি, স্থির তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের আয়তন, V এবং চাপ, P

বয়েলের সূত্রানুসারে,

$V \propto \frac{1}{P}$ [স্থির তাপমাত্রায়]

$\Rightarrow V = \frac{K}{P}$ [এখানে K=সমানুপাতিক ধ্রুবক]

$\Rightarrow PV = K$

স্থির তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর $P_1, P_2, P_3 \ldots\ldots\ldots P_n$ চাপ প্রয়োগ করলে আয়তন পরিবর্তিত হয়ে যদি $V_1, V_2, V_3 \ldots\ldots\ldots V_n$ হয়, তবে বয়েলের সূত্রানুসারে,

$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3 = \ldots\ldots\ldots = P_n Vn = K$ ..... (i)

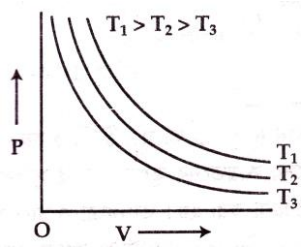
দুটি পরিবর্তিত অবস্থার জন্য (i) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$P_1V_1 = P_2V_2$, ইহাই বয়েলের সূত্রের গাণিতিকরূপ।

প্রশ্ন-ঃ সমতাপ রেখা বলতে কি বুঝ ?

উত্তর ঃ সমতাপ রেখা (Isotherm) ঃ

নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির রেখে চাপ বনাম আয়তনের লেখচিত্র থেকে যে সব বক্ররেখা পাওয়া যায়, তাকে সমতাপ রেখা বলা হয়।



চিত্র ঃ গ্যাসের সমতাপ রেখা

প্রশ্ন- ঃ প্যাস্কেল কি?

উত্তর ঃ আমরা জানি,

$$\text{চাপ} = \frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}}$$

$$\Rightarrow \text{প্যাস্কেল} = \frac{\text{নিউটন}}{(\text{মিটার})^2}$$

$$\Rightarrow \quad Pa = Nm^{-2}$$

অর্থাৎ, এক বর্গমিটার ক্ষেত্রফলের উপর এক নিউটন বল প্রয়োগে সৃষ্টি চাপকে প্যাস্কেল বলে।
চাপের SI একক হল- প্যাস্কেল।

প্রশ্ন-ঃ STP, NTP এবং SATP বলতে কি বুঝ?

উত্তর ঃ STP এর পূর্ণনাম হল- Standard Temperature and Pressure.
STP তে প্রমাণ তাপমাত্রা = 0^0C বা 273 K
প্রমাণ চাপ =760 mm(Hg) =1 atm = $101325 Nm^{-2}$ = 101325 Pa = 101.325 kPa
মোলার আয়তন = 22.414 $Lmol^{-1}$
NTP এর পূর্ণনাম হল- Normal Temperature and Pressure.
NTP তে প্রমাণ তাপমাত্রা = 0^0C বা 273 K
প্রমাণ চাপ =760 mm(Hg) =1 atm = $101325 Nm^{-2}$ = 101325 Pa = 101.325 kPa
মোলার আয়তন = 22.414 $Lmol^{-1}$

SATP এর পূর্ণনাম হল- Standard Ambient Temperature and Pressure.
SATP তে, প্রমাণ তাপমাত্রা =25^0C বা 298k
প্রমাণ চাপ = $1.01325\times10^5 Nm^{-2}$ বা, 1.01325×10^5 Pa
মোলার আয়তন= 24.789 $Lmol^{-}$

প্রশ্ন- ঃ চার্লস বা গে-লুস্যাকের সূত্রটি বিবৃত কর এবং গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।

উত্তর ঃ চার্লস বা গে-লুস্যাকের সূত্র ঃ "স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের ফলে 0^0C তাপমাত্রায় তার আয়তনের $\frac{1}{273}$ ভাগ হারে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।"

গাণিতিক ব্যাখ্যা ঃ ধরি, স্থির চাপে
0^0C তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের আয়তন $= V_0$
t^0C তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের আয়তন $= V_t$

চার্লসের সূত্রানুসারে, গ্যাসের আয়তন $V_t = V_0 + V_0 \frac{t}{273}$

$$\Rightarrow V_t = V_0(1+\frac{t}{273})$$

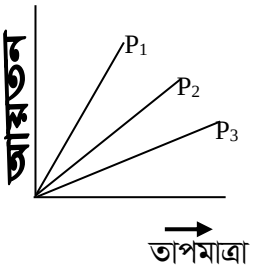
1^0C তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে গ্যাসের আয়তন $V_1 = V_0(1+\frac{1}{273})$

1^0C তাপমাত্রা হ্রাস পেলে গ্যাসের আয়তন $V_{-1} = V_0(1-\frac{1}{273})$

প্রশ্ন- ঃ সমচাপ রেখা বলিতে কি বুঝ?

উত্তর ঃ সমচাপ রেখা (Isobar) ঃ স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন বনাম তাপমাত্রার লেখচিত্র থেকে যে সব সরল রেখা পাওয়া যায়, তাকে সমচাপ রেখা বলা হয়।

$P_1 < P_2 < P_3$



চিত্র ঃ গ্যাসের সমচাপ রেখা

প্রশ্ন-ঃ পরম তাপমাত্রা স্কেল বা কেলভিন স্কেল বলতে কি বুঝ?

উত্তর ঃ চার্লসের সূত্রানুসারে -273^0C তাপমাত্রায় সকল গ্যাসের আয়তন শূন্য হয়ে যায়। এই তাপমাত্রাকে 0K ধরে বৃটিশ বিজ্ঞানী লর্ড কেলভিন তাপমাত্রা পরিমাপের একটি নতুন স্কেল প্রণয়ন করেন। তাঁর নামানুসারে এ স্কেলকে কেলভিন স্কেল বা পরম তাপমাত্রা স্কেল বলা হয়।

সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা 't' দ্বারা এবং কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা 'T' দ্বারা প্রকাশ করা হয় ।

পরমশূন্য তাপমাত্রার ধারণা থেকে পাই,

$-273^0C = 0K$।

বা, $0^0C = 273K$

বা, $t^0C = (273+ t)K$

$= T\ K$

সুতরাং সেলসিয়াস স্কেলের সাথে 273 যোগ করলে পরম বা কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা পাওয়া যায়।

প্রশ্ন- ঃ পরমশূন্য তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের আয়তন শূন্য হয় কেন ?

উত্তর ঃ ধরি, স্থির চাপে 0^0C তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন V_0 এবং t^0C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন V_t

সুতরাং চার্লসের সূত্রানুসারে, $V_t = V_0\left(1+\frac{t}{273}\right).....(i)$

(i) নং সমীকরণে $t = -273^0C$ বসিয়ে পাই, $V_{-273} = V_0\left(1-\frac{273}{273}\right) = 0$

সুতরাং -273^0C তাপমাত্রাকে পরম শূন্য তাপমাত্রা বলে এবং এই তাপমাত্রায় যে কোন গ্যাসের আয়তন শূন্য হয়ে যায়।

প্রশ্ন-ঃ দেখাও যে, "স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন উহার পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।"
অথবা, স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তনের সাথে পরম তাপমাত্রার সম্পর্ক স্থাপন কর।

উত্তর ঃ ধরি, স্থির চাপে

0^0C তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের আয়তন $= V_0$

$t_1{}^0C$ তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের আয়তন $= V_1$

$t_2{}^0C$ তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের আয়তন $= V_2$

চালর্সের সূত্রানুসারে,

$t_1{}^0C$ তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন $V_1 = V_0 + V_0 \frac{t_1}{273}$

$\Rightarrow V_1 = V_0(1 + \frac{t_1}{273})$

$\Rightarrow V_1 = V_0(\frac{273 + t_1}{273})$ ..... (i)

$t_2{}^0C$ তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন $V_2 = V_0 + V_0 \frac{t_2}{273}$

$$\Rightarrow V_2 = V_0\left(1 + \frac{t_2}{273}\right)$$

$$\Rightarrow V_2 = V_0\left(\frac{273 + t_2}{273}\right) \text{..... (ii)}$$

(i) নং সমীকরণকে (ii) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে পাই,

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_0(273 + t_1)}{273} \times \frac{273}{V_0(273 + t_2)}$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{(273 + t_1)}{(273 + t_2)} \text{..... (iii)}$$

কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা T এবং সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা t হলে লর্ড কেলভিন এর মতানুসারে, $T = t+273$

সুতরাং (iii) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\therefore \frac{V}{T} = K \text{ [এখানে K সমানুপাতিক ধ্রুবক]}$$

$$\Rightarrow \boxed{V \propto T}$$

"স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন উহার পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।"

প্রশ্ন-ঃ পরমশূন্য তাপমাত্রা বলতে কি বুঝ এবং এর তাৎপর্য লিখ।

উত্তর ঃ পরমশূন্য তাপমাত্রা ঃ চার্লসের সূত্রানুসারে, $V_t = V_0\left(1 + \frac{t}{273}\right)$.....(*i*)

(i) নং সমীকরণে $t = -273^0C$ বসিয়ে পাই, $V_{-273} = V_0\left(1 - \frac{273}{273}\right) = 0$

সুতরাং চার্লসের সূত্রানুসারে -273^0C তাপমাত্রায় যে কোন গ্যাসের আয়তন শূন্য হয়ে যায়। এ তাপমাত্রাকে পরম শূন্য তাপমাত্রা বলে ।

তাৎপর্য ঃ পরম শূন্য তাপমাত্রার তাৎপর্য নিম্নরূপ-

(i) পরমশূন্য তাপমাত্রা গ্যাসের প্রকৃতি এবং চাপের উপর নির্ভর করে না।

(ii) পরমশূন্য তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন শূন্য হয়।

(iii) পরমশূন্য তাপমাত্রায় গ্যাসের স্থানান্তর গতি , আবর্তন গতি শূন্য হয় কিন্তু শুধু কম্পন গতি থাকে।

প্রশ্ন-ঃ দেখাও যে, চার্লসের সূত্র থেকে তাপমাত্রার কেলভিন স্কেল পাওয়া যায়।

উত্তর ঃ ধরি, স্থির চাপে 0^0C তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন V_0 এবং t^0C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন V_t

সুতরাং চার্লসের সূত্রানুসারে, $V_t = V_0\left(1+\frac{t}{273}\right).....(i)$

$t = -273^0C$,(i) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই, $V_{-273} = V_0\left(1-\frac{273}{273}\right) = 0$

সুতরাং চার্লসের সূত্রানুসারে -273^0C (পরমশূন্য) তাপমাত্রায় সকল গ্যাসের আয়তন শূন্য হয়ে যায়। এই তাপমাত্রাকে $0K$ ধরে বৃটিশ বিজ্ঞানী লর্ড কেলভিন তাপমাত্রা পরিমাপের একটি নতুন স্কেল প্রণয়ন করেন। তাঁর নামানুসারে এ স্কেলকে কেলভিন স্কেল বা পরম তাপমাত্রা স্কেল বলা হয়।

সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা 't' এবং কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা 'T' দ্বারা প্রকাশ করা হয় ।

পরমশূন্য তাপমাত্রার ধারণা থেকে পাই,

$-273^0C = 0K$।

বা, $0^0C = 273K$

বা, $t^0C = (273+ t)K$

$= T\ K$

সুতরাং সেলসিয়াস স্কেলের সাথে 273 যোগ করলে পরম বা কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা পাওয়া যায়।

প্রশ্ন-ঃ গ্যাসের ঘনত্বের উপর তাপমাত্রার প্রভাব আলোচনা কর।

উত্তর ঃ ধরি, স্থির চাপে

T_1 তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে V_1 এবং D_1

T_2 তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে V_2 এবং D_2

চার্লসের সূত্রানুসারে, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}.....(i)$

আবার, ঘনত্ব $= \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}}$

$\Rightarrow D = \frac{m}{V}$

$\Rightarrow V = \frac{m}{D}.....(ii)$

তাপমাত্রা পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে গ্যাসের আয়তন, ঘনত্ব পরিবর্তিত হয় কিন্তু ভর পরিবর্তিত হয় না।

সুতরাং (ii) সমীকরণ থেকে পাই, $V_1 = \frac{m}{D_1}$ এবং $V_2 = \frac{m}{D_2}$

V_1 ও V_2 এর মান (i) সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$\frac{T_1}{T_2} = \frac{m}{D_1} \times \frac{D_2}{m}$

$\Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{D_2}{D_1}$

$\Rightarrow D_1T_1 = D_2T_2$

অর্থাৎ, $DT = K$ (ধ্রুবক)

$\Rightarrow D = K \times \frac{1}{T}$

$\boxed{\Rightarrow D \propto \frac{1}{T}}$

সুতরাং স্থির চাপে যে কোন গ্যাসের ঘনত্ব এর পরম তাপমাত্রার ব্যস্ড়ানুপাতিক।

প্রশ্ন-ঃ বয়েল ও চার্লসের সমন্বয় সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

উত্তর ঃ বয়েলের সূত্র ঃ "স্থির তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন উক্ত গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপের ব্যস্ড়ানুপাতিক।"
চার্লসের সূত্র ঃ "স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন উক্ত গ্যাসের পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।"

ধরি, T তাপমাত্রা এবং P চাপে কোন গ্যাসের আয়তন V

বয়েলের সূত্রানুসারে, $V \propto \frac{1}{P}$ ..... (i) [যখন T স্থির]

চার্লসের সূত্রানুসারে, $V \propto T$..... (ii) [যখন P স্থির]

(i) এবং (ii) নং সমীকরণ থেকে পাই, $V \propto \frac{1}{P} \times T$

$\Rightarrow V = K\frac{1}{P}T$ [এখানে K= সমানুপাতিক ধ্রুবক]

$\Rightarrow \frac{PV}{T} = K$ ..... (iii)

চাপ, তাপমাত্রা ও আয়তন যথাক্রমে P_1, T_1 এবং V_1 পরিবর্তিত হয়ে যথাক্রমে P_2, T_2 এবং V_2 হলে (iii) নং সমীকরণ হতে পাই,

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = K$

অর্থাৎ তাপমাত্রা, চাপ ও আয়তনের দুটি পরিবর্তিত অবস্থার জন্য,

$\boxed{\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}}$, **ইহাই বয়েল ও চার্লসের সমন্বয় সমীকরণ।**

প্রশ্ন-ঃ গ্যাসের ঘনত্ব, তাপমাত্রা ও চাপের মধ্যে সম্পর্ক দেখাও।

উত্তর ঃ বয়েল ও চার্লসের সমন্বয় সমীকরণ থেকে পাই, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2T_1}{T_2P_1} \text{ ..... (i)}$$

আবার, $d = \frac{W}{V}$ [d = ঘনত্ব ,W = ভর, V = আয়তন]

$\Rightarrow d \propto \frac{1}{V}$ [যখন ভর, W = স্থির]

$\Rightarrow V \propto \frac{1}{d}$

$\Rightarrow V = K\frac{1}{d}$ [K = সমানুপাতিক ধ্রুবক]

দুটি ভিন্ন তাপমাত্রা ও চাপে গ্যাসের ঘনত্ব d_1, d_2 হলে ,

$V_1 = K\frac{1}{d_1}$ এবং $V_2 = K\frac{1}{d_2}$

$\therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{d_2}{d_1}$ ..... (ii)

(i) এবং (ii) নং সমীকরণ থেকে পাই, $\frac{P_2T_1}{P_1T_2} = \frac{d_2}{d_1}$

বা, $\boxed{\frac{d_1T_1}{P_1} = \frac{d_2T_2}{P_2}}$, ইহাই গ্যাসের ঘনত্ব, তাপমাত্রা এবং চাপের মধ্যকার সর্ম্পক।

প্রশ্ন-ঃ অ্যাভোগাড্রোর সূত্রটি লিখ এবং অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা কি ?

উত্তর ঃ অ্যাভোগাড্রোর সূত্র ঃ "স্থির তাপমাত্রা ও চাপে সমআয়তনের সকল গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু থাকে।"
ধরি, স্থির তাপমাত্রা ও চাপে n মোল গ্যাসের আয়তন V । সুতরাং অ্যাভোগাড্রোর মতে, $V \propto n$

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ঃ সকল পদার্থের গ্রাম আণবিক ভরে অণুর সংখ্যা, গ্রাম পারমাণবিক ভরে পরমাণুর সংখ্যা এবং গ্রাম আয়নে আয়নের সংখ্যা স্থির। এ সংখ্যাকে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বলে। একে 'N' দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অ্যাভোগাড্রো সংখ্যার মান 6.023×10^{23}।

প্রশ্ন-ঃ গ্যাস সূত্রসমূহের সমন্বয় দ্বারা আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণটি প্রতিপাদন কর।
উত্তর ঃ বয়েলের সূত্র ঃ "স্থির তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন উক্ত গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপের ব্যস্তানুপাতিক।"
চার্লসের সূত্র ঃ "স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন উক্ত গ্যাসের পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।"
অ্যাভোগাড্রোর সূত্র ঃ "স্থির তাপমাত্রা ও চাপে সমআয়তনের সকল গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু থাকে।"
ধরি, n মোল পরিমাণ কোন আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা ,চাপ এবং আয়তন যথাক্রমে T , P এবং V

বয়েলের সূত্রানুসারে, $V \propto \frac{1}{P}$ ..... (i) [যখন T ও n স্থির]

চার্লসের সূত্রানুসারে, $V \propto T$ ..... (ii) [যখন P ও n স্থির]
অ্যাভোগাড্রোর সূত্রানুসারে $V \propto n$ ..... (iii) [যখন T ও P স্থির]
T, P, V ও n পরিবর্তনশীল হলে (i), (ii) এবং (iii) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$V \propto \frac{1}{P}.T.n$ [যখন P, T,V ও n একই সাথে পরিবর্তনশীল]

$\Rightarrow V = K\frac{nT}{P}$ [K=সমানুপাতিক ধ্রুবক]

$\Rightarrow PV = nKT$.....(iv)

একই তাপমাত্রা ও চাপে 1 মোল পরিমাণ সকল গ্যাসের আয়তন সমান হয় বলে ধ্রুবক K এর মানও সমান হয়। সকল গ্যাসের জন্য এই ধ্রুবককে সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বা মোলার গ্যাস ধ্রুবক বলা হয় এবং একে 'R' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
সুতরাং (iv) নং সমীকরণ থেকে পাই, $\boxed{PV = nRT}$ ..... (v)

যদি গ্যাসের ভর g এবং আণবিক ভর M হয়, তাহলে, $n = \frac{g}{M}$ হবে।

$\therefore \quad PV = \frac{g}{M}RT$.....(vi)

(v) এবং (vi) নং সমীকরণকে আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ বলা হয়।

প্রশ্ন-ঃ n মোল আদর্শ গ্যাসের জন্য প্রমাণ কর- $\mathbf{d = \frac{PM}{RT}}$

উত্তর ঃ ধরি, n মোল পরিমাণ কোন আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা ,চাপ এবং আয়তন যথাক্রমে T , P এবং V

বয়েলের সূত্রানুসারে, $V \propto \frac{1}{P}$ ..... (i) [যখন T ও n স্থির]

চার্লসের সূত্রানুসারে, $V \propto T$ ..... (ii) [যখন P ও n স্থির]
অ্যাভোগাড্রোর সূত্রানুসারে $V \propto n$ ..... (iii) [যখন T ও P স্থির]
T, P, V ও n পরিবর্তনশীল হলে (i), (ii) এবং (iii) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$V \propto \frac{1}{P}.T.n$

$\Rightarrow V = K\frac{nT}{P}$ [K=সমানুপাতিক ধ্রুবক]

$\Rightarrow PV = nKT$.....(iv)

একই তাপমাত্রা ও চাপে 1 মোল পরিমাণ সকল গ্যাসের আয়তন সমান হয় বলে ধ্রুবক K এর মানও সমান হয়। সকল গ্যাসের জন্য এই ধ্রুবককে সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বা মোলার গ্যাস ধ্রুবক বলা হয় এবং একে 'R' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

সুতরাং (iv) নং সমীকরণ থেকে পাই, $PV = nRT$

যদি গ্যাসের ভর g এবং আণবিক ভর M হয়, তাহলে, $n = \frac{g}{M}$ হবে।

$$\therefore \quad PV = \frac{g}{M}RT$$

বা, $gRT = PVM$

বা, $\frac{g}{V} = \frac{PM}{RT}$

বা, $\boxed{d = \frac{PM}{RT}}$ [এখানে, d = ঘনত্ব]

প্রশ্ন-ঃ আদর্শ গ্যাস সমীকরণের ব্যবহার লিখ ।

উত্তর ঃ আদর্শ গ্যাস সমীকরণের ব্যবহার নিম্নরূপ-

(ক) আণবিক ভর নির্ণয় ঃ আদর্শ গ্যাস সমীকরণটি হল, $PV = nRT$ .....(i)

যদি গ্যাসের ভর g এবং আণবিক ভর M হয়, তাহলে, $n = \frac{g}{M}$ হবে।

সুতরাং (i) নং সমীকরণ থেকে পাই, $PV = \frac{g}{M}RT$.....(ii)

কোন গ্যাসের চাপ আয়তন, তাপমাত্রা ও ভর জানা থাকলে (ii) নং সমীকরণের সাহায্যে গ্যাসর আণবিক ভর নির্ণয় করা যায়।

(খ) গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয় ঃ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ থেকে আমরা পাই, $PV = \frac{g}{M}RT$

বা, $gRT = PVM$

বা, $\frac{g}{V} = \frac{PM}{RT}$

বা, $d = \frac{PM}{RT}$ ...(ii)[এখানে,d = ঘনত্ব]

কোন গ্যাসের তাপমাত্রা, চাপ ও আণবিক ভর জানা থাকলে (ii) নং সমীকরণের সাহায্যে গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয় করা যায়।

প্রশ্ন-ঃ মোলার গ্যাস ধ্রুবক R এর মাত্রা নির্ণয় কর এবং তাৎপর্য লিখ ।

উত্তর ঃ R এর মাত্রা নির্ণয় ঃ আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ থেকে আমরা পাই,

$R = \frac{PV}{nT}$

$= \frac{\text{চাপ} \times \text{আয়তন}}{\text{মোল সংখ্যা} \times \text{পরম তাপমাত্রা}}$

$= \frac{\frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}} \times \text{দৈর্ঘ্য}^3}{\text{মোল সংখ্যা} \times \text{পরম তাপমাত্রা}}$

$= \frac{\text{বল}}{(\text{দৈঘ্য})^2} \times (\text{দৈর্ঘ্য})^3 \times \frac{1}{\text{মোল সংখ্যা}} \times \frac{1}{\text{পরম তাপমাত্রা}}$

$= \text{বল} \times \text{দৈর্ঘ্য} \times \text{মোল}^{-1} \times \text{K}^{-1}$

$= \text{কাজ} \times \text{K}^{-1} \times \text{মোল}^{-1}$

R এর তাৎপর্য ঃ মোলার গ্যাস ধ্রুবক R এর মাত্রা সমীকরণ থেকে পাই, $R = \text{কাজ} \times \text{K}^{-1} \times \text{মোল}^{-1}$

1 মোল গ্যাসের তাপমাত্রা = 1K হলে, R = কাজ

অতএব, স্থির চাপে 1 মোল আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করিলে যে পরিমাণ কাজ সম্পাদিত হয়, তা মোলার গ্যাস ধ্রুবক, R এর সমান। ইহাই R-এর তাৎপর্য।

প্রশ্ন- ঃ মোলার গ্যাস ধ্রুবক এবং বোলট্‌ম্যান ধ্রুবক বলতে কি বুঝ ?

উত্তর ঃ **মোলার গ্যাস ধ্রুবক ঃ** মোলার গ্যাস ধ্রুবকের মাত্রা সমীকরণ থেকে আমরা পাই, $R = \text{কাজ} \times \text{K}^{-1} \times \text{মোল}^{-1}$

1 মোল গ্যাসের তাপমাত্রা = 1K হলে, R = কাজ

অতএব, স্থির চাপে 1 মোল আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করিলে যে পরিমাণ কাজ সম্পাদিত হয় তাকে মোলার গ্যাস ধ্রুবক, R বলে।

বোলট্‌ম্যান ধ্রুবক ঃ মোলার গ্যাস ধ্রুবককে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা দ্বরা ভাগ করলে যে স্থির মান পাওয়া যায় তাকে বোলট্‌ম্যান ধ্রুবক বলে। একে 'k' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

গাণিতিকভাবে, বোলট্‌ম্যান ধ্রুবক, $k = \frac{R}{N_A}$

SI এককে বোলট্‌ম্যান ধ্রুবকের মান = $1.38 \times 10^{-23} JK^{-1}mol^{-1}$

প্রশ্ন-ঃ R এর মান নির্ণয়-(i) লিটার-বায়ুমন্ডল (ii) SI একক (iii) CGS একক

উত্তর ঃ (ক) লিটার-বায়ুমন্ডল এককে R এর মান ঃ

আমরা জানি, $R = \frac{PV}{nT}$

$\therefore R = \frac{1atm \times 22.414L}{1mol \times 273K}$

$= 0.0821 \text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1}$

আদর্শ উষ্ণতা ও চাপে 1 mol গ্যাসের জন্য,
n = 1 mol
P = 1 atm
V = 22.414 L
এবং T = 273 K

(খ) SI এককে R এর মান ঃ

আমরা জানি, $R = \frac{PV}{nT}$

$\therefore R = \frac{101.325 \times 10^3 Nm^{-2} \times 22.414 \times 10^{-3} m^3}{1mol \times 273K}$

$= 8.314 \text{ N-m K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$

$= 8.314 \text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$

আদর্শ উষ্ণতা ও চাপে 1 mol গ্যাসের জন্য,
n = 1 mol
P = 1 atm
$= 101.325 \times 10^3 \text{ Nm}^{-2}$
V = 22.414 L
$= 22.414 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
এবং T = 273 K

(গ) C G S এককে R এর মান ঃ

আমরা জানি, $R = \frac{PV}{nT}$

$\therefore R = \frac{76 \times 13.6 \times 981 \text{dyne cm}^{-2} \times 22.414 \times 10^3 \text{cm}^3}{1mol \times 273K}$

$= 8.314 \times 10^7 \text{dyne-cm k}^{-1}\text{mol}^{-1}$

আদর্শ উষ্ণতা ও চাপে 1 mol গ্যাসের জন্য,
n = 1 mol
P = 1 atm
= 76 cm(Hg)
$= 76 \times 13.6 \times 981 \text{dyne cm}^{-2}$

$= 8.314\times10^{7}\text{erg k}^{-1}\text{mol}^{-1}$ [1dyne-cm = 1 erg] | $V = 22.414\ L = 22.414\times 10^{3}cm^{3}$ এবং $T = 273\ K$

প্রশ্ন ঃ আংশিক চাপ কী ? ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্রটি লিখ এবং বিবৃত কর।

উত্তর ঃ আংশিক চাপ ঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন গ্যাস মিশ্রণের প্রতিটি উপাদান গ্যাস পৃথকভাবে পূর্ণ আয়তন দখল করলে যে চাপ প্রয়োগ করত তাকে ঐ উপাদান গ্যাসের আংশিক চাপ বলে।
ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্র ঃ "কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পরস্পর বিক্রিয়াহীন দুই বা ততোধিক গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ ঐ মিশ্রণের উপাদান গ্যাসসমূহের আংশিক চাপের সমষ্টির সমান।"
ব্যাখ্যা ঃ ধরি, গ্যাসের মিশ্যনের মোট চাপ,Pএবং উপাদান গ্যাসসমূহের আংশিক চাপ যথাক্রমে P_A, P_B, P_C..... হলে, ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্রানুসারে, $P = P_A + P_B + P_C + \cdots\cdots\cdots\cdots$

প্রশ্ন-ঃ ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্রটি লিখ এবং এর গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।
উত্তর ঃ ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্র ঃ "কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পরস্পর বিক্রিয়াহীন দুই বা ততোধিক গ্যাসের মিশ্রণের মোট চাপ ঐ মিশ্রণের উপাদান গ্যাসসমূহের আংশিক চাপের সমষ্টির সমান।"
গাণিতিক ব্যাখ্যা ঃ ধরি, দুটি আদর্শ গ্যাস A ও B কে T তাপমাত্রায় V আয়তনের একটি পাত্রে নেওয়া হল। মিশ্রণের মোট চাপ P এবং মোট মোল সংখ্যা n।
A গ্যাসের মোল সংখ্যা, আংশিক চাপ যথাক্রমে n_A এবং P_A
B গ্যাসের মোল সংখ্যা, আংশিক চাপ যথাক্রমে n_B এবং P_B
মোট গ্যাস মিশ্রণের জন্য, $PV = nRT$

$$\Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

A গ্যাসের জন্য, $P_A V = n_A RT$

$$\Rightarrow P_A = \frac{n_A RT}{V} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

B গ্যাসের জন্য, $P_B V = n_B RT$

$$\Rightarrow P_B = \frac{n_B RT}{V} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (iii)$$

(ii) এবং (iii) নং সমীকরণ যোগ করে পাই,

$$P_A + P_B = \frac{n_A RT}{V} + \frac{n_B RT}{V}$$

$$\Rightarrow P_A + P_B = \frac{RT}{V}(n_A + n_B)$$

$$\Rightarrow P_A + P_B = \frac{RT}{V} n \quad [\text{মোট মোল সংখ্যা}, n = n_A + n_B]$$

$$\Rightarrow P_A + P_B = \frac{nRT}{V}$$

$$\Rightarrow P_A + P_B = P \quad [(i) \text{ নং সমীকরণের এর সাহায্যে}]$$

$$\Rightarrow P = P_A + p_B$$

অর্থাৎ, মিশ্রণের মোট চাপ = A গ্যাসের আংশিক চাপ + B গ্যাসের আংশিক চাপ।

প্রশ্ন-ঃ ডাল্টনের চাপ সূত্রানুসারে প্রমাণ কর যে, গ্যাসের আংশিক চাপ, মিশ্রণের মোট চাপ ও মোল ভগ্নাংশের গুণফলের সমান।

উত্তর ঃ ধরি, দুটি আদর্শ গ্যাস A ও B কে T তাপমাত্রায় V আয়তনের একটি পাত্রে নেওয়া হল। মিশ্রণের মোট চাপ P এবং মোট মোলসংখ্যা n।

A গ্যাসের মোল সংখ্যা, আংশিক চাপ যথাক্রমে n_A এবং P_A
B গ্যাসের মোল সংখ্যা, আংশিক চাপ যথাক্রমে n_B এবং P_B
মোট গ্যাস মিশ্রণের জন্য, $PV = nRT$
$\Rightarrow p = \frac{nRT}{V}$.....(i)

A গ্যাসের জন্য, $P_AV = n_ART$
$\Rightarrow P_A = \frac{n_ART}{V}$.....(ii)
B গ্যাসের জন্য, $P_BV = n_BRT$
$\Rightarrow P_B = \frac{n_BRT}{V}$.....(iii)
(ii) নং সমীকরণকে (i) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে পাই,
$\frac{p_A}{P} = \frac{n_ART}{V} \times \frac{V}{nRT}$
$\Rightarrow \frac{p_A}{P} = \frac{n_A}{n}$
$\Rightarrow \frac{p_A}{P} = \frac{n_A}{n_A + n_B}$ [মোট মোলসংখ্যা $n = n_A + n_B$]
$\Rightarrow \frac{P_A}{P} = A$ গ্যাসের মোল ভগ্নাংশ।
$\Rightarrow P_A = P \times A$ গ্যাসের মোল ভগ্নাংশ
আবার (iii) নং সমীকরণকে (i) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে পাই,
$\frac{p_B}{P} = \frac{n_BRT}{V} \times \frac{V}{nRT}$
$\Rightarrow \frac{P_B}{P} = \frac{n_B}{n}$
$\Rightarrow \frac{P_B}{P} = \frac{n_B}{n_A + n_B}$
$\Rightarrow$ $P_B = P \times B$ গ্যাসের মোল ভগ্নাংশ
সুতরাং, উপাদানের আংশিক চাপ = গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ × উপাদানের মোল ভগ্নাংশ।

প্রশ্ন- ঃ গ্যাসের ব্যাপন ও অনুব্যাপন বা নিঃসরণ বলতে কি বুঝ ? এদের মধ্যে তুলনা কর।

উত্তর ঃ গ্যাসের ব্যাপন ঃ কোন তরলে বা গ্যাসীয় পদার্থে অপর যে কোন পদার্থের স্বতঃস্ফুর্তভাবে ছড়িয়ে পড়াকে ব্যাপন বলে।

অনুব্যাপন বা নিঃসরণ ঃ চাপ প্রয়োগে সরুছিদ্র পথে কোন গ্যাসের সজোরে নির্গত বা বের হয়ে আসার প্রক্রিয়াকে অনুব্যাপন বলে।

গ্যাসের ব্যাপন ও অনুব্যাপন বা নিঃসরণ-এর তুলনা ঃ

সাদৃশ্য ঃ

(i) ব্যাপন ও অনুব্যাপন উভয় প্রক্রিয়াই প্রবাহমান পদার্থ অর্থাৎ তরল ও গ্যাসের অণুসমূহের স্থানান্তর প্রক্রিয়া।
(ii) উভয় প্রক্রিয়াতেই অণুসমূহের স্থানান্তর ঘটে। উচ্চ চাপ অঞ্চল বা উচ্চ ঘনত্ব অথবা উচ্চ ঘনমাত্রার অংশ থেকে নিম্ন চাপ অঞ্চল বা নিম্ন ঘনত্ব/ঘনমাত্রার অংশে স্থানান্তর ঘটে ।
(iii) ব্যাপন ও অনুব্যাপন উভয় প্রক্রিয়ায় পরিশেষে সর্বাংশে পদার্থের ঘনত্ব /চাপ সমান হয়।

বৈসাদৃশ্য ঃ

(i)অনুব্যাপন উচ্চ চাপের প্রভাবে সজোরে ঘটে। কিন্তু ব্যাপন সাধারণ বায়ুচাপে সাধারণ গতিতে সংঘটিত স্বতঃস্ফূর্ত প্রক্রিয়া।

(ii) অনুব্যাপন শুধু সরু ছিদ্র পথে অর্থাৎ নিয়ন্ত্রিত পথে ঘটে। কিন্তু ব্যাপন সরু বা বিস্তৃত উভই পথেই ঘটতে পারে।

প্রশ্ন-ঃ গ্যাসের ব্যাপন বলতে কি বুঝ? এ সম্পর্কিত গ্রাহামের সূত্রটি লিখ। এ সূত্রের সাহয্যে কিভাবে গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় করা যায়।

প্রশ্ন-ঃ গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্রটি লিখ। এ সূত্রের সাহয্যে কিভাবে গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় কর।

উত্তর ঃ গ্যাসের ব্যাপন ঃ কোন তরলে বা গ্যাসীয় পদার্থে অপর যে কোন পদার্থের স্বতঃস্ফুর্তভাবে ছড়িয়ে পড়াকে ব্যাপন বলে। কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় এই তিন অবস্থাতেই পদার্থের ব্যাপন ঘটে থাকে। গ্যাসের ক্ষেত্রে ব্যাপনের প্রবণতা খুব বেশী দেখা যায়।

গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্র ঃ "স্থির তাপমাত্রা ও চাপে যে কোন গ্যাসের ব্যাপনের হার গ্যাসটির ঘনত্বের বর্গমূলের ব্যস্ড়ানুপাতিক"

গাণিতিক ব্যাখ্যা ঃ গ্যাসের ব্যাপন হার r এবং ঘনত্ব d হলে,

গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রানুসারে, $\mathrm{r} \propto \frac{1}{\sqrt{\mathrm{d}}}$

আণবিক ভর নির্ণয় ঃ ধরি, স্থির তাপমাত্রা ও চাপে M_1 ও M_2 আণবিক ভর বিশিষ্ট দুটি গ্যাসের ঘনত্ব যথাক্রমে d_1 ও d_2 এবং ব্যাপন হার যথাক্রমে r_1 ও r_2। গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রানুযায়ী,

১ম গ্যাসের জন্য, $\mathrm{r}_1 \propto \frac{1}{\sqrt{\mathrm{d}_1}}$

$$\Rightarrow r_1 = \frac{K}{\sqrt{d_1}} \ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$ [এখানে, K একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক]

২য় গ্যাসের জন্য, $\mathrm{r}_2 \propto \frac{1}{\sqrt{\mathrm{d}_2}}$

$$\Rightarrow \mathrm{r}_2 = \frac{\mathrm{K}}{\sqrt{\mathrm{d}_2}} \ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$$ [এখানে, K একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক]

(i)নং সমীকরণকে (ii) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে পাই,

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}}$$

$$\Rightarrow \sqrt{\frac{\mathrm{d}_2\mathrm{V}_\mathrm{m}}{\mathrm{d}_1\mathrm{V}_\mathrm{m}}}$$ [$\mathrm{V_m}$= 1 মোল গ্যাসের আয়তন]

$$\Rightarrow \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$ [আণবিক ভর = ঘনত্ব $\times$ আয়তন]

$$\Rightarrow \frac{r_1}{r_2} = \boxed{\frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}} \ldots\ldots\ldots\ldots(iii)}$$

সুতরাং একটি জানা আণবিক ভর বিশিষ্ট গ্যাস এবং অপরটি অজানা আণবিক ভর বিশিষ্ট গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ স্থির রেখে ব্যাপন হার পরিমাপ করে (iii) নং সমীকরণের সাহায্যে অজানা গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় করা যায়।

প্রশ্ন-ঃ NH_3 এবং HCl-এর মধ্যে কোনটির ব্যাপন হার বেশি এবং কেন ?

উত্তর ঃ $\mathrm{NH_3}$ এবং HCl-এর মধ্যে $\mathrm{NH_3}$ এর ব্যাপন হার বেশি।

কারণ ঃ বিজ্ঞানী থমাস গ্রাহাম পরীক্ষার সাহয্যে প্রমাণ করেন, যে গ্যাসের ঘনত্ব অর্থাৎ আণবিক ভর বেশি তার ব্যাপন হার কম হয়। NH_3 এর আণবিক ভর হল 17 এবং HCl এর আণবিক ভর হল 36.5। সুতরাং গ্রাহামের সূত্রানুযায়ী NH_3 এর ব্যাপন হার বেশি।

পরীক্ষা ঃ দুই মূখ খোলা একটি কাচনল দিয়ে দুই টুকরো তুলার একটিতে HCl এবং অপরটিতে NH_3 সিক্ত করে কাচনলের দুই মুখ রেখে দিলে কিছুক্ষণ পর দেখা যাবে কাচনলের ভিতরে একস্থানে NH_4Cl এর সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়েছে। যে স্থানে সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়েছে সে স্থানটি অপেক্ষাকৃত HCl এর দিকে। এ পরীক্ষা থেকে প্রমাণিত হয় যে, NH_3 এবং HCl-এর মধ্যে NH_3 এর ব্যাপন হার বেশি।

প্রশ্ন-ঃ গ্যাসের গতিতত্ত্ব কি ? গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্যসমূহ লিখ এবং গ্যাসের গতীয় সমীকরণটি লিখ।

উত্তর ঃ গ্যাসের গতিতত্ত্ব ঃ গ্যাসসমূহের সাধারণ ভৌত ধর্মসমূহ ব্যাখ্যার জন্য বিভিন্ন বিজ্ঞানী বিভিন্ন মতবাদ ব্যক্ত করেন। এসব মতবাদ থেকে যে ধারণাসমূহ গৃহীত হয়েছে তাদের সমষ্টিগতরূপকে গ্যাসের গতিতত্ত্ব বলা হয়।

গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্যসমূহ ঃ

(i) সকল গ্যাস অসংখ্য ক্ষুদ্র গোলাকার ও স্থিতিস্থাপক কণা দ্বারা গঠিত। এসব কণাকে অ্যাভোগাড্রোর মতে অণু বলা হয়। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ক্ষেত্রে এদের পরমাণু বলা হয়।

(ii) গ্যাস অণুসমূহের নিজস্ব আয়তন পাত্রের আয়তনের তুলনায় অতি নগণ্য ধরা হয়।

(iii) গ্যাস অণুসমূহ সম্পূর্ণ স্থিতিস্থাপক হওয়ায় সংঘর্ষের ফলে উহাদের গতিবেগের কোন পরিবর্তন হয় না।

(iv) গ্যাস অণুসমূহের মধ্যে কোন আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল নেই।

(v) গ্যাস অণুসমূহ পরস্পরের মধ্যে সংঘর্ষ ঘটার পূর্ব পর্যন্ড় সম্ভাব্য সব দিকে সরল পথে বিভিন্ন বেগে গতিশীল অবস্থায় থাকে।

(vi) গ্যাস অণুসমূহের গতিশক্তি পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

(vii) গ্যাস অণুসমূহ পাত্রের গায়ে যে সংঘর্ষ করে তার ফলে গ্যাসের চাপের সৃষ্টি হয়।

(viii) গ্যাস অণুসমূহের গতির উপর অভিকর্ষ শক্তির কোন প্রভাব নেই।

গ্যাসের গতীয় সমীকরণ ঃ

গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্যগুলো থেকে আদর্শ গ্যাসের জন্য যে সমীকরণ প্রতিষ্ঠা করা হয়েছে তা গ্যাসের গতীয় সমীকরণ নামে পরিচিতি। সমীকরণটি নিম্নরূপ ঃ-

$$PV = \frac{1}{3}mNc^2$$

এখানে, P = গ্যাসের চাপ।
V = গ্যাসের আয়তন।
m = প্রতিটি গ্যাসাণুর ভর।
N = গ্যাসাণুর সংখ্যা।
c = গ্যাসাণুর বর্গমূল গড় বর্গবেগ।

প্রশ্ন-ঃ গড়বেগ ও বর্গমূল গড় বর্গবেগ বলিতে কি বুঝ?

উত্তর ঃ গড় বেগ (Mean Velocity) ঃ কোন গ্যাসের অণুসমূহের বিভিন্ন বেগের পাটীগণিতীয় গড়কে সে গ্যাসের অণুসমূহের গড় বেগ বলা হয়।

ধরি, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি গ্যাসে n সংখ্যক অণুর বেগ, c_1, c_2, c_3 ------ c_n হলে অণুগুলোর গড় বেগ, $c = \frac{c_1 + c_2 + c_3 + \ldots\ldots + c_n}{n}$

বর্গমূল গড় বর্গবেগ (Root Mean Square Velocity) ঃ নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসে উপস্থিত অণুসমূহের বেগের বর্গের গড়মানের বর্গমূলকে ঐ গ্যাসের অণুসমূহের বর্গমূল গড় বর্গবেগ বলা হয়।

ধরি, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি গ্যাসে n সংখ্যক অণুর বেগ, c_1, c_2, c_3 ------ c_n হলে অণুগুলোর বর্গমূল গড় বর্গবেগ, $c = \sqrt{\frac{c_1^2 + c_2^2 + c_3^2 - - - - + c_n^2}{n}}$

প্রশ্ন-ঃ গ্যাসের গতীয় সমীকরণ থেকে কিভাবে অণুসমূহের বর্গমূল গড় বর্গবেগ নির্ণয় করা হয়।

উত্তর ঃ বেগ নির্ণয় ঃ গ্যাসের গতীয় সমীকরণ থেকে পাই, $PV = \frac{1}{3}mNc^2$

$$\Rightarrow c^2 = \frac{3PV}{mN} ----(i)$$

1 মোল আদর্শ গ্যাসের জন্য আমরা পাই, $PV = RT.....(ii)$

(i) ও (ii) নং সমীকরণ থেকে পাই, $c^2 = \frac{3RT}{mN}$

$\Rightarrow c^2 = \frac{3RT}{M}$ [1 মোল গ্যাসের জন্য, mN = M = আণবিক ভর]

$\Rightarrow c = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$

প্রশ্ন-ঃ গ্যাসের গতীয় সমীকরণ ব্যবহার করে (ক) বয়েল (খ) চার্লস (গ) আর্দশ গ্যাস সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

উত্তর ঃ (ক) বয়েলের সূত্র প্রতিপাদন ঃ গ্যাসের গতীয় সমীকরণ থেকে পাই,

$PV = \frac{1}{3}mNc^2 .....(i)$

আবার, গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্য অনুযায়ী, গ্যাস অণুর গতিশক্তি পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। সুতরাং গতিশক্তি $\propto$ পরম তাপমাত্রা

$\Rightarrow \mathrm{E_K} \propto \mathrm{T}$

$\Rightarrow \mathrm{E_K} = \mathrm{K\,T}$ [এখানে, K একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক]

$\Rightarrow \frac{1}{2}mNc^2 = KT$ [N সংখ্যক অনুর ভর $= mN$]

$\Rightarrow \frac{3}{2}.\frac{1}{3}mNc^2 = KT$

$\Rightarrow \frac{3}{2}.PV = KT$ [(i) নং সমীকরণ ব্যবহার করে]

$\Rightarrow PV = \frac{2KT}{3} .....(i)$

তাপমাত্রা (T) স্থির থাকলে (ii) নং সমীকরণের ডানপাশের রাশিগুলির মান ধ্রুবক হয়। সুতরাং (ii) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$PV =$ ধ্রুবক

$\Rightarrow V =$ ধ্রুবক $\times \frac{1}{p}$

$\Rightarrow \boxed{\mathrm{V} \propto \frac{1}{p}}$

অর্থাৎ স্থির তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন উহার উপর প্রযুক্ত চাপের ব্যস্তানুপাতিক। **ইহাই বয়েলের সূত্র।**

(খ) চার্লসের সুত্র প্রতিপাদন ঃ গ্যাসের গতীয় সমীকরণ থেকে পাই,

$PV = \frac{1}{3}mNc^2 .....(i)$

আবার, গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্য অনুযায়ী, গ্যাস অণুর গতিশক্তি পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। সুতরাং গতিশক্তি $\propto$ পরম তাপমাত্রা

$\Rightarrow \mathrm{E_K} \propto \mathrm{T}$

$\Rightarrow \mathrm{E_K} = \mathrm{KT}$ [এখানে, K একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক]

$\Rightarrow \frac{1}{2}mNc^2 = KT$ [N সংখ্যক অণুর ভর $= mN$]

$\Rightarrow \frac{3}{2}.\frac{1}{3}mNc^2 = KT$

$\Rightarrow \frac{3}{2}.PV = KT$

$\Rightarrow PV = \frac{2KT}{3}$

$\Rightarrow V = \frac{2}{3} \times \frac{K}{P} \times T$ .....(ii)

স্থির চাপে (ii) সমীকরণের ডান পাশের রাশিগুলির মান ধ্রুবক হয়। সুতরাং (ii) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$V =$ ধ্রুবক $\times T$

$\boxed{\Rightarrow V \propto T}$

অর্থাৎ স্থির চাপে কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন উহার পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। **ইহাই চার্লসের সূত্র।**

(গ) আদর্শ গ্যাস সমীকরণ প্রতিপাদন ঃ গ্যাসের গতীয় সমীকরণ থেকে পাই,

$PV = \frac{1}{3}mNc^2$.....(i)

আবার, গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্য অনুযায়ী, গ্যাস অণুর গতিশক্তি পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। সুতরাং

গতিশক্তি $\propto$ পরম তাপমাত্রা

$\Rightarrow E_K \propto T$

$\Rightarrow K.E = KT$ [এখানে, K একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক]

$\Rightarrow \frac{1}{2}mNc^2 = KT$ [N সংখ্যক অণুর ভর = mN]

$\Rightarrow \frac{3}{2}.\frac{1}{3}mNc^2 = KT$

$\Rightarrow \frac{3}{2}.PV = KT$

$\Rightarrow PV = \frac{2KT}{3}$.....(i)

$\Rightarrow PV =$ ধ্রুবক $\times T$

$\Rightarrow PV \propto T$

$\Rightarrow PV = RT$ [R সমানুপাতিক ধ্রুবক। একে মোলার গ্যাস ধ্রুবক বলে।

$\Rightarrow \boxed{PV = nRT}$ [n মোল গ্যাসের জন্য] **ইহাই আদর্শ গ্যাস সমীকরণ।**

প্রশ্ন-ঃ গ্যাসের গতীয় সমীকরণ ব্যবহার করে কিভাবে গড় গতিশক্তি নির্ণয় করবে ?

উত্তর ঃ গ্যাসের গতীয় সমীকরণ থেকে পাই,

$PV = \frac{1}{3}mNc^2$ .....(1)

আবার, গড় গতিশক্তি $= \frac{1}{2} \times$ ভর $\times$ (গতি)^2

$\Rightarrow E_K = \frac{1}{2} \times mNc^2$ .....(2)

(1) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$\frac{2}{3}\times\frac{1}{2}mNc^2 = PV$

$\Rightarrow \frac{2}{3}\times\frac{1}{2}mNc^2 = PV$

$\Rightarrow \frac{2}{3}E_K = PV$ [(2) নং সমীকরণ ব্যবহার করে]

$\Rightarrow E_K = \frac{3}{2}nRT$ [আদর্শ গ্যাসের জন্য ,PV=nRT]

সুতরাং n মোল গ্যাসের গড় গতিশক্তি, $E_K = \frac{3}{2}nRT$

1 মোল গ্যাসের গড় গতিশক্তি, $E_K = \frac{3}{2}RT$

1 টি অণুর গড় গতিশক্তি, $E_K = \frac{3RT}{2N_A}$ [N_A = অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা]

প্রশ্ন-ঃ আর্দশ ও বাস্তব গ্যাস বলতে কি বুঝ ? এদের মধ্যে পার্থক্য লিখ।

উত্তর ঃ আদর্শ গ্যাস ঃ যে সব গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েল, চার্লস ও অ্যাভোগাড্রোর সূত্র পুরোপুরি মেনে চলে, তাদের আদর্শ গ্যাস বলে। বাস্তবে কোন গ্যাসই আদর্শ আচরণ প্রদর্শন করে না। বস্তুত আদর্শ গ্যাস একটি কাল্পনিক ধারণা মাত্র।

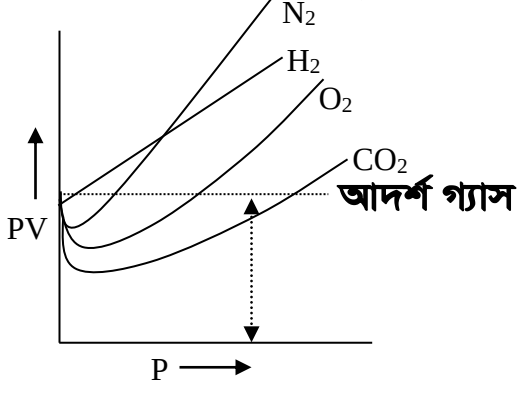
বাস্তব গ্যাস ঃ যে সব গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েল, চার্লস ও অ্যাভোগাড্রোর সূত্র মেনে চলে না, তাদের **বাস্তব** গ্যাস বলে। যেমন- CO_2, O_2, H_2, N_2 প্রভৃতি ।

আদর্শ ও বাস্তব ব গ্যাসের মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ-

আদর্শ গ্যাস	বাস্তব গ্যাস
১। আদর্শ গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে কোন আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল নেই।	১। বাস্তব ব গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল বিদ্যমান।
২। আদর্শ গ্যাসের অণুসমূহের নিজস্ব আয়তন পাত্রের আয়তনের তুলনায় অতি নগণ্য ধরা হয়।	২। বাস্তব ব গ্যাসের অণুসমূহের নিজস্ব আয়তন পাত্রের আয়তনের তুলনায় নগণ্য নয়।
৩। আদর্শ গ্যাস অণুসমূহের সংঘর্ষসম্পূর্ণ স্থিতিস্থাপক।	৩। বাস্তব গ্যাসের অণুসমূহের সংঘর্ষ সম্পূর্ণ স্থিতিস্থাপক নয়।
৪। আদর্শ গ্যাস $PV = nRT$ সমীকরণ মেনে চলে।	৪। বাস্তব বা গ্যাস ভ্যানডার ওয়াল্‌স সমীকরণ $(P+\frac{n^2a}{V^2})(V-nb)=nRT$ মেনে চলে।

প্রশ্ন-ঃ বাস্তব গ্যাসসমূহের আদর্শ আচরণ থেকে বিচ্যুতি ঘটে তা অ্যামাগা পরীক্ষার সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

উত্তর ঃ বিজ্ঞানী অ্যামাগা নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিভিন্ন চাপে নির্দিষ্ট ভর গ্যাসের আয়তন পরিমাপ করেন এবং চাপ ও আয়তনের গুণফল অর্থাৎ PV এর মানকে চাপ (P) এর বিপরীতে ছক কাগজে প্লট করে লেখচিত্র অংকন করেন। এরূপে প্রাপ্ত রেখাগুলো অ্যামাগা রেখা নামে পরিচিত। আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে স্থির তাপমাত্রায় যে কোন চাপে PV এর মান ধ্রুবক থাকে এবং তা RT এর মানের সমান হয়। কিন্তু বিভিন্ন বাস্তব গ্যাস যেমন-CO_2, O_2, H_2, N_2 এর জন্য PV এর মান ধ্রুবক হয় না। হাইড্রোজেন গ্যাসের ক্ষেত্রে P এর মান বৃদ্ধির সাথে PV এর মান সরলরৈখিকভাবে বৃদ্ধি পায়। CO_2, O_2, N_2 গ্যাসের ক্ষেত্রে P এর মান বৃদ্ধির সাথে সাথে PV হ্রাস পায় এবং সর্বনিম্ন মানে পৌছার পর



আবার বৃদ্ধি পায়। চিত্রঃ অ্যামাগা'র লেখচিত্র

প্রশ্ন ঃ বাস্তব গ্যাসের সংকোচনশীলতা বা পেষণ গুণাঙ্ক কী ? এর তাৎপর্য লিখ।

উত্তর ঃ বাস্তব গ্যাসের পেষণ গুণাঙ্ক (Z) আদর্শ গ্যাস সমীকরণের সাথে নিম্নরূপে সম্পর্কিত-

$PV = ZnRT$

বা, $Z = \frac{PV}{nRT}$

একই তাপমাত্রা ও চাপে এক মোল বাস্তব গ্যাস ও এক মোল আদর্শ গ্যাসের সমীকরণকে নিম্নরূপে লেখা যায়-

$Z = \frac{PV}{RT}$.....(i) বাস্তব গ্যাসের জন্য

$1 = \frac{PV_0}{RT}$ .....(ii) আদর্শ গ্যাসের জন্য

(i) নং সমীকরণকে (ii) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে পাই-

$Z = \frac{V}{V_0} = \frac{\text{বাস্তব গ্যাসের মোলার আয়তন}}{\text{আদর্শ গ্যাসের মোলার আয়তন}}$

সুতরাং সংকোচনশীলতা বা পেষণ গুণাঙ্ক হলো একই তাপমাত্রা ও চাপে বাস্তব গ্যাস এবং আদর্শ গ্যাসের মোলার আয়তনের অনুপাত।

তাৎপর্য ঃ

(i) এক মোল অদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে হয় $Z = 1$ হয়। Z এর মান তাপমাত্রা ও চাপের উপর নির্ভরশীল। Z মান 1 অপেক্ষা যত কম বা বেশি হবে, বাস্তব গ্যাসটি আদর্শ আচরণ থেকে ততই বিচ্যুত হবে।

(ii) যখন $Z > 1$ হয়, তখন গ্যাসটি আদর্শ গ্যাস অপেক্ষা কম পেষণযোগ্য হয়। যেমন- H_2, He, N_2 ইত্যাদি

(iii) যখন $Z < 1$ হয়, তখন গ্যাসটি আদর্শ গ্যাস অপেক্ষা বেশি পেষণযোগ্য হয়। যেমন- O_2, CO_2 ইত্যাদি

(iv) গ্যাসের পেষণ গুণাঙ্ক বনাম চাপের লেখচিত্র অংকন করলে প্রায় শূন্য চাপের নিকটে $Z = 1$ হয় অর্থাৎ অতি নিম্ন চাপে সব বাস্তব গ্যাস আদর্শ আচরণ করে।

(v) উচ্চ তাপমাত্রায় গ্যাসের পেষণ গুণাঙ্ক বনাম চাপের লেখচিত্র অংকন করলে $Z = 1$ হয় অর্থাৎ উচ্চ তাপমাত্রায় সব বাস্তব গ্যাস আদর্শ আচরণ করে।

প্রশ্ন-ঃ আদর্শ আচরণ থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতির কারণসমূহ আলোচনা কর।

উত্তর ঃ আদর্শ আচরণ থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতির কারণ ঃ গ্যাসের গতিতত্ত্বের যে সকল স্বীকার্যের উপর ভিত্তি করে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ প্রতিষ্ঠিত হয়েছে তাতে দুটি ত্রুটি আছে, যে কারণে বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ মেনে চলে না।

(ক) আয়তন ত্রুটি ঃ গ্যাসের গতিতত্ত্বের একটি স্বীকার্য হচ্ছে গ্যাস অণুসমূহের নিজস্ব আয়তন পাত্রের আয়তনের তুলনায় নগণ্য। কিন্তু যে কোন গ্যাসকে নিম্ন তাপমাত্রা ও উচ্চ চাপে তরল ও কঠিন পদার্থে পরিণত করা যায়। তরল ও কঠিন পদার্থের আয়তন আছে, যা নগণ্য নয়। এ থেকে বুঝা যায় যে, গ্যাস অণুসমূহের নিজস্ব আয়তন আছে, যা একেবারে নগণ্য নয়।

আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে $PV = nRT$ সমীকরণে গ্যাস অনুসমূহের মুক্ত চলাচলের জন্য আয়তন V ধরা হয়েছে। বাস্তব ক্ষেত্রে তা ঠিক নয়। এক মোল বাস্তব গ্যাসের অণুসমূহের নিজস্ব আয়তন b হলে n মোল গ্যাস অণুসমূহের জন্য মুক্ত স্থান = $V - nb$.

(খ) আন্তঃআণবিক আকর্ষণ ত্রুটি ঃ গ্যাসের গতিতত্ত্বের আরেকটি স্বীকার্য হচ্ছে, অণুসমূহের মধ্যে কোন আকর্ষণ নেই। গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে আকর্ষণ না থাকলে গ্যাসকে তরল কিংবা কঠিনে পরিণত করা যেত না। কাজেই গ্যাস অণুসমূহের মধ্যে আকর্ষণ আছে। ভ্যান্ডার ওয়াল্‌স দেখান যে, n মোল গ্যাস অণুসমূহের জন্য আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের পরিমাণ $\frac{n^2a}{V^2}$ এর সমান, এখানে a একটি ধ্রুবক যা আন্তঃআণবিক আকর্ষণের পরিমাপক। সুতরাং বাস্তব গ্যাসের চাপ হবে, $(P + \frac{n^2a}{V^2})$ । এ দুটো বিচ্যুতির হিসাব ধরে বিজ্ঞানী ভ্যান্ডার

ওয়াল্‌স বাস্তব গ্যাসের জন্য একটি সমীকরণ প্রতিষ্ঠা করেন, যা ভ্যান্ডার ওয়ালস সমীরকরণ নামে পরিচিত। সমীকরণটি হল- $\left(P+\frac{n^2a}{V^2}\right)\left(V-nb\right)=nRT$

প্রশ্ন-ঃ $32gO_2$এর জন্য ভ্যান্ডার ওয়াল্‌স সমীকরণটি লিখ।

উত্তর ঃ n মোল গ্যাসের জন্য ভ্যান্ডার ওয়াল্‌স সমীকরণটি হল-

$\left(P+\frac{n^2a}{V^2}\right)\left(V-nb\right)=nRT$ .....(i)

আমরা জানি,

মোল সংখ্যা , $n=\frac{W}{M}$

$\therefore n=\frac{W}{M}=\frac{32}{32}=1mol$

এখানে,

O_2 এর ভর,w = 32g

O_2 এর আণবিক ভর,M = 32g/mol

মোল সংখ্যা , n = ?

n এর মান (i) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$\left(P+\frac{1^2a}{V^2}\right)\left(V-1.b\right)=1.RT$

বা, $\left(P+\frac{a}{V^2}\right)\left(V-b\right)=RT$

সুতরাং $32gO_2$এর জন্য ভ্যান্ডার ওয়াল্‌স সমীকরণটি হল $\left(P+\frac{a}{V^2}\right)\left(V-b\right)=RT$

প্রশ্ন- ঃ 88 gCO_2এর জন্য ভ্যান্ডার ওয়াল্‌স সমীকরণটি লিখ।

উত্তর ঃ n মোল গ্যাসের জন্য ভ্যান্ডার ওয়াল্‌স সমীকরণটি হল-

$\left(P+\frac{n^2a}{V^2}\right)\left(V-nb\right)=nRT$ .....(i)

আমরা জানি,

মোল সংখ্যা , $n=\frac{W}{M}$

$\therefore n=\frac{W}{M}=\frac{88}{44}=2mol$

এখানে,

CO_2 এর ভর,w = 88g

CO_2 এর আণবিক ভর,M = 44g/mol

মোল সংখ্যা , n = ?

n এর মান (i) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$\left(P+\frac{2^2a}{V^2}\right)\left(V-2.b\right)=2.RT$

বা, $\left(P+\frac{4a}{V^2}\right)\left(V-2b\right)=2RT$

সুতরাং 88g CO_2এর জন্য ভ্যান্ডার ওয়াল্‌স সমীকরণটি হল $\left(P+\frac{4a}{V^2}\right)\left(V-2b\right)=2RT$

প্রশ্ন- ঃ জুল- থমসন প্রভাব কি? এর ব্যাখ্যা দাও।

উত্তর ঃ জুল থমসন প্রভাব ঃ "কোন গ্যাসকে অত্যাধিক সংকুচিত করার পর হঠাৎ সম্প্রসারণ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাস পায়।"

ব্যাখ্যা ঃ উচ্চ চাপে সংকুচিত গ্যাসকে নিম্নচাপ বিশিষ্ট পাত্রে সম্প্রসারিত হতে দিলে একে কোন বাহ্যিক কাজ করতে হয় না। এ সম্প্রসারণ হঠাৎ সংঘটিত হওয়ায় কোন তাপ পাত্র থেকে বের হতে পারে না বা ভিতরে প্রবেশ করতে পারে না। অণুসমূহ পূর্বে পরস্পরের যথেষ্ট নিকটে ছিল, সম্প্রসারণের ফলে গ্যাসাণুসমূহ পরস্পর থেকে

দূরে সরে যায়, তখন তাদের মধ্যকার আর্কষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়, এ কাজ করতে যে শক্তির প্রয়োজন হয়, তা গ্যাসটির অভ্যন্তরীণ শক্তি হতে শোষিত হয়, ফলে গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাস পায়।

প্রশ্ন-ঃ সন্ধি তাপমাত্রা, বয়েলের তাপমাত্রা, সন্ধি চাপ ও সন্ধি আয়তন বলতে কি বুঝ ?

উত্তর ঃ সন্ধি তাপমাত্রা (Critical Temperature)ঃ যে তাপমাত্রায় বা তার নিম্নের যে কোন তাপমাত্রায় কোন গ্যাসকে চাপ প্রয়োগ করলে তা তরলে পরিণত হয়, সে নির্দিষ্ট তাপমাত্রাকে ঐ গ্যাসের সন্ধি বা সংকট তাপমাত্রা বলে। একে ' T_c ' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

উদাহরণ- CO_2 গ্যাসকে 31.1^0C এর উপরে রেখে চাপ প্রয়োগ করলে তা তরলে পরিণত হয় না কিন্তু 31.1^0C এর নিম্নে চাপ প্রয়োগ করলে CO_2 গ্যাস তরলে পরিণত হয়। তাই CO_2 গ্যাসের সন্ধি তাপমাত্রা হল- 31.1^0C ।

বয়েলের তাপমাত্রা (Boyle's Temp.) ঃ যে তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাস বয়েলের সূত্র মেনে চলে অর্থাৎ আদর্শ আচরণ করে, তাকে বয়েলের তাপমাত্রা বলে। একে 'T_B' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

সন্ধি চাপ (Critical pressure) ঃ কোন গ্যাসকে তার সন্ধি বা সংকট তাপমাত্রায় তরলে পরিণত করতে সর্বনিম্ন যে চাপ প্রয়োগ করতে হয়, তাকে উক্ত গ্যাসের সন্ধি চাপ বলে। একে 'P_c' দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন- 31.1^0C তাপমাত্রায় CO_2 গ্যাসকে তরলে পরিণত করতে কমপক্ষে 72.9 atm চাপ প্রয়োগ করতে হয়। সুতরাং CO_2 গ্যাসকে সন্ধি চাপ হল 72.9 atm ।

সন্ধি আয়তন (Critical volume)ঃ সন্ধি তাপমাত্রা ও চাপে এক মোল গ্যাসের আয়তনকে সন্ধি আয়তন বলে। একে 'V'_c দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন- 31.1^0C তাপমাত্রা এবং 72.9 atm চাপে এক মোল CO_2 এর আয়তন 95.65 ml । সুতরাং CO_2 সন্ধি আয়তন 95.65 ml/mol।

প্রশ্ন ঃ কোন শর্তে বাস্তব গ্যাসসমূহ আদর্শ আচরণ করে-ব্যাখ্যা কর।

উত্তর ঃ আদর্শ গ্যাসের কণাসমূহের মধ্যে আন্তঃকণা আকর্ষণ বল নেই। অপরদিকে বাস্তব গ্যাসের কণাসমূহের মধ্যে আন্তঃকণা আকর্ষণ বল থাকে বলে উচ্চ চাপে ও নিম্ন তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাসকে তরলে পরিণত করা যায়। কিন্তু নিম্নচাপে গ্যাসের অণুসমূহ চাপমুক্ত অবস্থায় পরস্পর থেকে দূরে দূরে অবস্থান করে। ফলে তাদের মধ্যে আন্তঃকণা আকর্ষণ বল হ্রাস পায়। আবার একই সাথে উচ্চ তাপমাত্রায় গ্যাস অণুসমূহের গতিশক্তি ব্যাপকভাবে বৃদ্ধি পায়। ফলে অণুসমূহের মধ্যে আন্তঃকণা আকর্ষণ বল এতই হ্রাস পায় যে, তা আর কার্যকর থাকে না। অর্থাৎ গ্যাসে আদর্শ আচরণের উদ্ভব ঘটে। তাই নিম্ন চাপে ও উচ্চ তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাসসমূহ আদর্শ আচরণ করলেও উচ্চ চাপে ও নিম্ন তাপমাত্রায় করে না।

প্রশ্ন- ঃ গ্যাস তরলীকরণের মূলনীতি আলোচনা কর।

উত্তর ঃ গ্যাস তরলীকরণের মূলনীতি ঃ বিভিন্ন তাপমাত্রায় গ্যাসের উপর ক্রমশঃ বর্ধিত চাপের প্রভাব সম্পর্কে বিজ্ঞানী এ্যান্ড্রুজের পরীক্ষা হতে গ্যাস তরলীকরণের নিম্নরূপ নীতি আবিস্কৃত হয়-

(i) কোন গ্যাসকে তরলীভূত করতে হলে প্রথমে গ্যাসের তাপমাত্রা এর সন্ধি তাপমাত্রার নিচে নামাতে হবে এবং তাপমাত্রা সন্ধি তাপমাত্রার যত নিচে থাকবে গ্যাস তরলীকরণ তত সহজ হবে।

(ii) গ্যাসকে সন্ধি তাপমাত্রায় নীচে রেখে এর উপর চাপ প্রয়োগ করতে হবে। তাপমাত্রা যত কম হবে চাপও তত কম লাগবে।

অতএব, কোন গ্যাসকে তরল করার জন্য প্রথমে ঠান্ডা করে এর তাপমাত্রা সন্ধি তাপমাত্রার নিচে নামিয়ে এনে তারপর চাপ প্রয়োগ করতে হবে।

প্রশ্ন ঃ LPG, CNG ও LNG কী ?

উত্তর ঃ

LPG ঃ প্রাকৃতিক গ্যাস ফিল্ড থেকে আহরিত অথবা অশোধিত পেট্রোলিয়াম শোধনের সময় ক্র্যাকিং প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন প্রোপেন ও বিউটেন মিশ্রণকে শুষ্ক করে তাপমাত্রায় 15^0C তাপমাত্রায় 1.6-1.7atm চাপে তরলীভূত করা হয়। এ তরলীভূত মিশ্রণকে সিলিন্ডারে ভর্তি করে গৃহস্থালী, শিল্প ও যানবাহনের জ্বালানি হিসেবে ব্যবহারের জন্য সরবরাহ করা হয় যা LPG(Liquefied Petroleum Gas) নামে পরিচিত। সিলিন্ডারে ভর্তি করার সময় উৎকট গন্ধযুক্ত মিথাইল বা ইথাইল ম্যারক্যাপটান(CH_3SH বা CH_3-CH_2-SH) মিশ্রিত করা হয় যাতে সিলিন্ডার ছিদ্র হলে গন্ধ থেকে বুঝা যায়।

CNG ঃ প্রাকৃতিক গ্যাসকে উচ্চ চাপে সংকুচিত করে সিলিন্ডারে ভর্তি করে যানবাহনের জ্বালানি হিসেবে ব্যবহৃত হয়, যাকে **CNG (**Compressed Natyral Gas**) বলা হয়।**

LNG ঃ প্রাকৃতিক গ্যাসকে সাধারণ বায়ুচাপে -160^0C পর্যন্ত শীতল করলে এটি তরলে পরিণত হয় সিলিন্ডারে ভর্তি করে যানবাহনের জ্বালানি হিসেবে ব্যবহৃত হয়, যাকে **LNG (**Liquefied Natyral Gas**) বলা হয়।**

প্রশ্ন : বজ্রপাত ও নাইট্রোজেন চক্র কী ?

উত্তর :

বজ্রপাত: বিদ্যুৎ চমকের ফলে সৃষ্টি শব্দকেই বজ্রপাত বলে। সাধারণত মেঘের মধ্যে উপস্থিত চার্জিত কণাসমূহের মধ্যে সংঘর্ষের ফলেই বজ্রপাতের উৎপত্তি হয়। মেঘে অতিরিক্ত বিদ্যুৎ চার্জ জমা হলে বায়ুমন্ডলে বাতাসের বাধা অতিক্রম করে বিদ্যুৎ চার্জগুলি মাটিতে চলে আসে, ফলে বজ্রপাতের সৃষ্টি হয়।

নাইট্রোজেন চক্র : প্রকৃতিতে বায়ুস্থ নাইট্রোজেন রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা বিভিন্ন যৌগে পরিণত হয় এবং এসব যৌগ রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে পুনরায় মুক্ত নাইট্রোজেনরূপে রায়ুমন্ডলে ফিরে আসে। এ রূপান্তর প্রক্রিয়াকে নাইট্রোজেন চক্র বলে।

প্রশ্ন : নাইট্রোজেন ফিক্সেশন কী ? নাইট্রোজেন ফিক্সেশন কিভাবে সংঘটিত হয় ?

উত্তর : নাইট্রোজেন ফিক্সেশন: বায়ুমন্ডলের মুক্ত নাইট্রোজেনকে যে প্রক্রিয়ার মাধ্যমে নাইট্রোজেন যৌগে রূপান্তর করে ব্যবহার উপযোগীরূপে আবদ্ধ করে রাখা হয় তাকে নাইট্রোজেন ফিক্সেশন বা আবদ্ধীকরণ বলে।

নাইট্রোজেন ফিক্সেশন দুইভাবে হয় : 1. প্রাকৃতিক 2. কৃত্রিম

1. প্রাকৃতিক নাইট্রোজেন ফিক্সেশন:

ক. বায়ুর নাইট্রোজেন ফিক্সেশন : বজ্রপাতের সময় 3000^0C তাপমাত্রায় নাইট্রোজেনের মধ্যকার বন্ধন ভেঙ্গে যায় এবং অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে NO উৎপন্ন হয়, যা অধিক 50^0C তাপমাত্রায় অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে NO_2 গ্যাসে পরিণত হয়। এবং শেষে বৃষ্টির পানির সাথে বিক্রিয়া করে নাইট্রিক এসিড উৎপন্ন করে।

$$N_2 + O_2 \xrightarrow{3000^0C} 2NO$$
$$2NO + O_2 \xrightarrow{50^0C} 2NO_2$$
$$2NO_2 + +2H_2O + O_2 \longrightarrow 4HNO_3$$

নাইট্রিক এসিড বৃষ্টির পানির সাথে মাটিতে পড়ে মাটিতে বিদ্যমান ক্ষারীয় পদার্থ যেমন, চুন (CaO) ও চুনাপাথরের সাথে বিক্রিয়া করে পানিতে দ্রবণীয় নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে মাটিতে মিশে যায়।

$$HNO_3 + CaO \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O$$

পরবর্তিতে এসব নাইট্রেট লবণ উদ্ভিদ তার শিকড়ের মাধ্যমে খাদ্য গ্রহণ করে। ফলে উদ্ভিদের বৃদ্ধি , ফুল ও ফল সৃষ্টি হয়।

খ.**জীব কোষে নাইট্রোজেন ফিক্সেশন** : মটর, শিম, ছোলা, মটরশুটি প্রভৃতি লিগুমিনাস জাতীয় উদ্ভিদের শিকড়ের গুটিতে বসবাসরত সিমবায়োটিক জীবাণু বায়ুর মুক্ত নাইট্রোজেন সরাসরি শোষণ করে উদ্ভিজ প্রোটিন সংশ্লেষণে অংশ গ্রহণ করে। উল্লেখ্য প্রোটিন অ্যামাইনো এসিডের পলিমার, এর প্রতিটি অণু উচ্চ হারে নাইট্রোজেন ধারণ করে। এসব উদ্ভিদের মৃত্যুর পর তা মাটিতে মিশে যায় এবং নাইট্রেট লবণ তৈরী করে।

গ. উদ্ভিদ থেকে প্রোটিনরূপে প্রাণীদেহে নাইট্রোজেনের ফিক্সেশন : প্রাণিকুল জীবন ধারণের জন্য ঘাস, লতা-পাতা, শাক-সবজি, ফলমূল ইত্যাদি খেয়ে থাকে। প্রাণিকুলের পরিপাক প্রক্রিয়ার মাধ্যমে উদ্ভিজ প্রোটিন (শিম, মটরশুটি, ডাল ইত্যাদি), প্রাণিজ প্রোটিন (মাছ, মাংস, ডিম, দুধ) এ পরিণত হয়।

2. কৃত্রিম নাইট্রোজেন ফিক্সেশন:

ক. হ্যাবার বোস প্রক্রিয়ায় অ্যামোনিয়ারূপে ফিক্সেশন : কৃত্রিম উপায়ে বাতাসের নাইট্রোজেনকে নাইট্রোজেন যৌগে পরিণত করে অধিক পরিমাণ কৃষি (ফসল) উৎপাদনের জন্য মাটিতে সার হিসেবে মিশানো হয়। যেমন-

হেবার পদ্ধতিতে H_2 গ্যাস ও বায়ুস্থ N_2 গ্যাসের মধ্যে প্রভাবকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া ঘটিয়ে NH_3 সংশ্লেষণ করা হয়। পরবর্তীতে এই NH_3 থেকে ইউরিয়া, ডাই অ্যামোনিয়াম ফসফেট প্রভৃতি সার তৈরি করে কৃষি উৎপাদনে মাটিতে মেশানো হয়।

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow{500^0C,200atm.Fe,Mo} 2NH_3$$
$$2NH_3 + CO_2 \longrightarrow NH_2\text{-}CO\text{-}NH_2 + H_2O$$
$$HN_3 + H_3PO_4 \longrightarrow (NH_4)_2HPO_4$$

খ. নাইট্রিক এসিডরূপে ফিক্সেশন : বার্কল্যান্ড আইডের পদ্ধতিতে বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনকে বৈদ্যুতিক চুল্লিতে 3000^0C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন বিক্রিয়া করে NO উৎপন্ন করে, যা বৃষ্টির পানির সাথে বিক্রিয়া করে নাইট্রিক এসিড উৎপন্ন করে।

$$N_2 + O_2 \xrightarrow{3000^0C} 2NO$$
$$2NO + O_2 \xrightarrow{50^0C} 2NO_2$$
$$2NO_2 + +2H_2O + O_2 \longrightarrow 4HNO_3$$

নাইট্রিক এসিড বৃষ্টির পানির সাথে মাটিতে পড়ে মাটিতে বিদ্যমান ক্ষারীয় পদার্থ যেমন, চুন (CaO) ও চুনাপাথরের সাথে বিক্রিয়া করে পানিতে দ্রবণীয় নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে মাটিতে মিশে যায়।

$$HNO_3 + CaO \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O$$

প্রশ্ন : বায়ুদূষক কী ? এর প্রকারভেদ লিখ।

উত্তর : বায়ুদূষক : যে পদার্থ বায়ুমন্ডলে তার স্বাভাবিক পরিমাণ অপেক্ষা অধিক পরিমাণে উপস্থিত থেকে পরিবেশের উপর বিরূপ প্রভাব সৃষ্টি করে তখন ঐ পদার্থটিকে বায়ুদূষক বলে। বায়ুদূষক দুই প্রকার-

(ক) প্রাইমারী বায়ুদূষক: এগুলো উৎস থেকে নির্গত হয়ে সরাসরি বায়ুতে মিশে পরিবেশকে দূষিত করে। তাই এদের প্রাইমারী বায়ুদূষক বলে। উদাহরণ: SO_2, CO_2, CO, NH_3, H_2S, ছাই, ধুলি কণা ইত্যাদি।

(খ) সেকেন্ডারী বায়ুদূষক: প্রাইমারী দূষকসমূহ যখন পরিবেশের অন্য কোন উপাদানের সাথে যুক্ত হয়ে নতুন দূষক কণার সৃষ্টি করে তখন এদেরকে সেকেন্ডারী দূষক বলে। যেমন, SO_3, H_2SO_4, NO_2, N_2O_5 ইত্যাদি।

প্রশ্ন : গ্রীন হাউজ গ্যাস কী ? এ গ্যাসের গুরুত্ব ও ক্ষতিকর প্রভাব লিখ।
উত্তর :
গ্রীন হাউজ গ্যাস : যে সকল গ্যাস সূর্যের আলোর অবলোহিত (IR) রশ্মি শোষণ ও বিকিরণ করতে পারে এবং গ্রীন হাউস প্রভাব সৃষ্টি করে কিন্তু দৃশ্যমান রশ্মি বা এর নিকটতম কোনো রশ্মিকে শোষণ ও বিকিরণ করতে পারে না তাদেরকেই গ্রীন হাউজ গ্যাস বলে। উদাহরণ- CO_2, CFC, CH_4,N_2O,O_3 প্রভৃতি।

গ্রীন হাউজ গ্যাসের প্রয়োজনীয়তা : গ্রীন হাউজ গ্যাসের ফলে পৃথিবী নামক গ্রহটি মানুষ এবং প্রাণিকুলের বসবাসের উপযোগী হয়েছে, যা অন্য কোন গ্রহের ক্ষেত্রে হয়নি। পৃথিবীর ভূ-পৃষ্ঠের গড় তাপমাত্রা $14\text{-}15^0C$। পৃথিবীতে গ্রীন হাউজ গ্যাস না থাকলে ভূ-পৃষ্ঠে সূর্যের আলোর যে অংশটুকু বিকিরিত হয় তা সরাসরি মহাশূন্য চলে যেত। ফলে সূর্য থেকে পৃথিবীর যে দূরত্ব তাতে এর গড় তাপমাত্রা -18^0C হতো। এত নিম্ন তাপমাত্রায় পৃথিবী মানুষ এবং প্রাণিকুলের বসবাসের অনুপযোগী হতো। পৃথিবীর বায়ুমন্ডলে গ্রীন হাউজ গ্যাসের কারণে সূর্য আগত রশ্মি প্রতিফলিত হয়ে ফিরে যেতে পারেনা। ফলে পৃথিবীর গড় তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

গ্রিন হাউজ গ্যাসের ক্ষতিকর প্রভাব :

(i) বিশ্বব্যাপি তাপমাত্রা বৃদ্ধি (Global warming) : শিল্পায়ন এবং মনুষ্য কর্মকান্ডে বায়ুমন্ডলে CO_2 এর পরিমাণ দিন দিন বৃদ্ধি পাচ্ছে। আবার জনসংখ্যা বৃদ্ধি পাওয়ায় প্রশ্বাসের সঙ্গে CO_2 নির্গমন এবং CO_2 শোষণকারী বৃক্ষরাজি নিধনের ফলেও নির্গত CO_2 এর পরিমাণ ক্রমাগত বেড়েই চলেছে। এতে বৈশ্বকি তাপমাত্রা আশংকাজনক হারে বৃদ্ধি পাচ্ছে।

(ii) ওজোনস্তর ধ্বংস : পৃথিবীর বায়ুমন্ডলের উপরিভাগে বিরাজিত ওজোনস্তর সূর্য রশ্মির সঙ্গে আগত ক্ষতিকর অতি বেগুনি রশ্মি শোষণ করে রাখে। ফলে এ রশ্মির ব্যাপক ক্ষতি থেকে আমরা রক্ষা পাই। এ কারণে ওজোনস্তরকে পৃথিবীর প্রাকৃতিক সৌরপর্দা বলে । ওজোনস্তর ধ্বংসের পেছনে মূল কারণ হলো ক্লোরোফ্লোরো কার্বন (CFC)। বিশ্বের আধুনিকায়নের সঙ্গে সঙ্গে ফ্রিজ, এয়ারকুলার, খাদ্য সংরক্ষণের হিমায়ন (Refrigeration) প্রক্রিয়া দিন দিন বেড়েই চলেছে। এর ফলে এসব হিমায়ন প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত হিমায়ক CFC সমূহের বায়ুতে নির্গমন ক্রমেই বৃদ্ধি পাচ্ছে।

(iii) গ্রিন হাউজ প্রভাবের উপকারী দিক : গ্রিন হাউজ প্রভাবের যেমন পরিবেশগত ক্ষতিকর দিক আছে তেমনি এর কিছু কল্যাণকর দিকও রয়েছে। গ্রিন হাউজ প্রভাবের কারণে মেরু অঞ্চলের বরফ গলে গেলে বরফাচ্ছিত এর বিরাট এলাকা চাষাবাদ ও বসবাসের উপযোগী হয়ে উঠবে।

প্রশ্ন : CFC কী ? CFC এর বৈশিষ্ট্য ,ব্যবহার এবং ক্ষতিকর প্রভাব লিখ।

উত্তর :

CFC: যে সকল জৈব যৌগের অণুতে কার্বনের সাথে শুধুমাত্র ক্লোরিন ও ফ্লোরিন যুক্ত থাকে তাদেরকেই ক্লোরোফ্লোরোকার্বন(CFC) বলে। মূলত এগুলো মিথেন ও ইথেনের হ্যালোজেন জাতক। ক্লোরোফ্লোরো কার্বনসমূহকে বানিজ্যিকভাবে ফ্রেয়ন (Freon) বলা হয়।

CFC এর বৈশিষ্ট্য: এদের স্ফুটনাংক কক্ষ তাপমাত্রার নীচে থাকে, তাই একে সহজেই চাপ প্রয়োগ করে তরল করা যায়। এ যৌগগুলোর ধর্ম হচ্ছে এরা অত্যন্ত সুস্থিত, গন্ধহীন, অদাহ্য, অবিষাক্ত ও পানিতে অদ্রবণীয়।

CFC এর ব্যবহার: শীতাতপ নিয়ন্ত্রণ যন্ত্রে, রেফ্রিজারেটরে, অ্যারোসেলে, বিভিন্ন ধরণের বডি স্প্রে, পারফিউম , হেয়ার স্প্রে, এ্যারোপ্লেন ও জেট বিমানের জ্বালানিতে, ফোম কারখানায় এবং অগ্নি নির্বাপক যন্ত্রে, ড্রাই ক্লিনিং দ্রাবকরূপে CFC ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়।

CFC এর ক্ষতিকর প্রভাব : বায়ুমন্ডলের ওজোন স্তর ক্যান্সার সৃষ্টিকারক সূর্যের আলোর অতিবেগুনি রশ্মিকে প্রতিহত করে। CFC দ্বারা এই ওজোন স্তর ক্ষয় হয়। ফলে পৃথিবীতে অতিবেগুনি রশ্মির বিকিরণ মাত্রা অনেকগুণ বৃদ্ধি পায় এবং ওজোন স্তরে CFC এর ক্ষতিকর প্রভাব এককভাবে পৃথিবী ধ্বংসের হুমকিস্বরূপ।

প্রশ্ন : এসিড বৃষ্টি কী ? এসিড বৃষ্টির কারণ ও প্রভাব লিখ।

উত্তর :

এসিড বৃষ্টি : বায়ুতে উপস্থিত কার্বন ডাই-অক্সাইড , সালফারের অক্সাইড এবং নাইট্রোজেনের অক্সাইড বৃষ্টির পানিতে মিশে বৃষ্টির পানিকে এসিডযুক্ত করে, এই এসিডযুক্ত বৃষ্টিকেই এসিড বৃষ্টি বলে।

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$$
$$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$$
$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$
$$NO + H_2O \rightarrow HNO_3$$
$$NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_3$$

এসিড বৃষ্টির কারণ ঃ

(i) কাঠ,কয়লা, পেট্রোলিয়াম ও প্রাকৃতিক গ্যাস পোড়ানোর ফলে বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড বৃদ্ধি পায়।

(ii) কয়লা পোড়ানোর ফলে এতে মিশে থাকা সালফার পুড়ে বায়ুতে সালফারের অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

(iii) পেট্রোলিয়াম পোড়ানোর ফলে এতে মিশে থাকা নাইট্রোজেন পুড়ে বায়ুতে নাইট্রোজেনের অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

এসিড বৃষ্টির প্রভাব :

(i) এসিড বৃষ্টির ফলে পুকুর, হ্রদ ও বিলের পানির pH এর মান 7 থেকে কমে 3 পর্যন্ত হয়। ফলে মাছ ও জলজ। উদ্ভিদ মারা যায়।

(ii) মাটির pH এর মান হ্রাস পায়, ফলে সবুজ বনভূমি ধ্বংস ক্ষতিগ্রস্থ হয়।

(iii) বিল্ডিং, স্মৃতিস্তম্ভ বস্তুগুলো ক্ষারীয়, তাই এসিড বৃষ্টির সংস্পর্শে এগুলো ক্ষতিগ্রস্থ হয়।

(iv) ধাতু দ্বারা নিমিত সেতু, জাহাজ ও যানবাহন প্রভৃতি এসিড বৃষ্টির ফলে ক্ষয় প্রাপ্ত হয়।

(v) এসিড বৃষ্টির ফলে মাটিতে যে সকল অণুজীব জন্মে ও বাস করে সেগুলো এসিড বৃষ্টির অম্লীয় পরিবেশে মারা যায়। ফলে কৃষি উৎপাদন মারাত্বকভাবে ব্যাহত হয়।

(vi) এসিড বৃষ্টির ফলে মানুষের ত্বক ও কোষের অস্বাভাবিক ক্ষতি হয়।

প্রশ্ন-ঃ আরহেনিয়াসের মতবাদ অনুসারে অম্ল ও ক্ষারকের সংজ্ঞা দাও।
উত্তর ঃ আহেনিয়াসের মতবাদ অনুসারে **অম্ল** ও ক্ষারকের সংজ্ঞা নিম্নরূপ-
অম্ল ঃ হাইড্রোজেন পরমাণুধারী যে সকল যৌগ জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে হাইড্রোজেন(H^+) আয়ন দান করে, তাদেরকে অম্ল বলে।
উদাহরণ- $HCl + H_2O \longrightarrow H^+ + Cl^-$
এখানে, HCl জলীয় দ্রবণে H^+ আয়ন দান করে, তাই HCl অম্ল।

ক্ষারক ঃ যে সকল হাইড্রোক্সি যৌগ জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে হাইড্রোক্সাইড আয়ন (OH^-) দান করে, তাদেরকে ক্ষারক বলে।
উদাহরণ- $NaOH + H_2O \longrightarrow Na^+ + OH^-$
এখানে, NaOH জলীয় দ্রবণে OH^-(হাইড্রোক্সাইড)আয়ন দান করে, তাই NaOH ক্ষার।

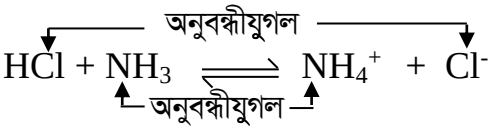
প্রশ্ন-ঃ আরহেনিয়াসের মতবাদের সীমাবদ্ধতা লিখ?
উত্তর ঃ আরহেনিয়াসের মতবাদের সীমাবদ্ধতা নিম্নরূপ-
(ক) এ মতবাদ অনুসারে জলীয় দ্রাবকে অম্লত্ব ও ক্ষারত্ব ব্যাখ্যা করা যায় কিন্তু দ্রাবকের অনুপস্থিতে ব্যাখ্যা করা যায় না।
(খ) এ মতবাদ NH_3 এর ক্ষার ধর্ম এবং SO_2 ,CO_2 প্রভৃতি যৌগের অম্ল ধর্ম ব্যাখ্যা করতে পারে না।
(গ) পানিতে অদ্রবণীয় বিভিন্ন ধাতব অক্সাইড OH^- আয়ন প্রদান না করায় এ মতবাদ অনুসারে ক্ষারক নয় কিন্তু বিভিন্ন বিক্রিয়ায় এরা ক্ষারক হিসাবে কাজ করে।
$ZnO + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2O$
(ক্ষারক) (অম্ল)

প্রশ্ন-ঃ ব্রনস্টেড-লাউরি বা প্রোটনীয় মতবাদ অনুসারে অম্ল ও ক্ষারকের সংজ্ঞা দাও।
উত্তর ঃ ব্রনস্টেড-লাউরি বা প্রোটনীয় মতবাদ অনুসারে অম্ল ও ক্ষারকের সংগা নিম্নরূপ-
অম্ল ঃ যে সকল পদার্থ দ্রবণে প্রোটন (H^+) দান করতে পারে, তাদের অম্ল বলে।
ক্ষারক ঃ যে সকল পদার্থ দ্রবণে প্রোটন (H^+) গ্রহণ করে, তাদের ক্ষারক বলে।
উদাহরণ- HCl ও NH_3 এর বিক্রিয়ায় NH_4Cl গঠিত হয়, যা দ্রবণে NH_4^+ ও Cl^- আয়ন হিসেবে আয়নিত হয়।

$$HCl + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$$

এ বিক্রিয়ায় HCl প্রোটন দান করে Cl^- আয়নে পরিণত হয়। তাই HCl অম্ল । অপরপক্ষে NH_3 ঐ প্রোটন গ্রহণ করে NH_4^+ আয়নে পরিণত হয়। তাই NH_3 ক্ষারক।
প্রশ্ন-০৫ ঃ অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক বলতে কি বুঝ? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
উত্তর ঃ অনুবন্ধী অম্ল ঃ প্রোটনীয় মতবাদ অনুসারে কোন ক্ষারকের সাথে একটি প্রোটন সংযোগের ফলে যে অম্লের সৃষ্টি হয়, তাকে সে ক্ষারকের অনুবন্ধী অম্ল বলে।
অনুবন্ধী ক্ষারক ঃ প্রোটনীয় মতবাদ অনুসারে কোন অম্দ থেকে একটি প্রোটন অপসারণের ফলে যে ক্ষারক সৃষ্টি হয়, তাকে সে অম্দের অনুবন্ধী ক্ষারক বলে।

উদাহরণ-



HCl অ্যামোনিয়াকে একটি প্রোটন দানের পর Cl^- আয়নে পরিণত হয়। এ Cl^- আয়ন আবার প্রোটন গ্রহণে সক্ষম। তাই Cl^- আয়ন HCl এর অনুবন্ধী ক্ষারক। আবার NH_3 অণু HCl থেকে একটি প্রোটন গ্রহণের পর NH_4^+ আয়নে পরিণত হয়, যা বিপরীত বিক্রিয়ায় Cl^- আয়নকে প্রোটন দান করে NH_3 অণুতে পরিণত হয়। তাই NH_3 অণুর অনুবন্ধী অম্দ্ব হল NH_4^+ আয়ন।

প্রশ্ন- ঃ নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলো থেকে অনুবন্ধী অম্ল -ক্ষারক যুগল চিহ্নিত কর।

(i) $HNO_3 + OH^- \rightleftharpoons NO_3^- + H_2O$ **(ii)** $HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons SO_4^- + H_3O^+$

উত্তর ঃ

(i) $HNO_3 + OH^- \rightleftharpoons NO_3^- + H_2O$

এ বিক্রিয়ায় HNO_3 একটি H^+ আয়ন দান করে NO_3^- আয়নে পরিণত হয়েছে । তাই এ বিক্রিয়ায় HNO_3 অম্দ্ব এবং NO_3^- অনুবন্ধী ক্ষারক। আবার, OH^- আয়ন একটি H^+ আয়ন গ্রহণ করে পানিতে পরিণত হয়েছে। তাই এ বিক্রিয়ায় OH^- ক্ষারক এবং H_2O অনুবন্ধী অম্ল ।

(ii) $HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons SO_4^- + H_3O^+$

এ বিক্রিয়ায় HSO_4^- একটি H^+ আয়ন দান করে SO_4^- আয়নে পরিণত হয়েছে । তাই এ বিক্রিয়ায় HSO_4^- অম্ল এবং SO_4^- অনুবন্ধী ক্ষারক। আবার, H_2O একটি H^+ আয়ন গ্রহণ করে H_3O^+ আয়নে পরিণত হয়েছে। তাই এ বিক্রিয়ায় H_2O ক্ষারক এবং H_3O^+ অনুবন্ধী অম্ল ।

প্রশ্ন-ঃ দেখাও যে পানি অম্ল ও ক্ষারক উভয় হিসেবেই কাজ করে।

উত্তর ঃ প্রোটনীয় মতবাদ অনুসারে যে সব অণু বা আয়ন অবস্থাভেদে প্রোটন দাতা ও প্রোটন গ্রহীতা উভয় প্রকার ধর্মই প্রকাশ করে, তাদেরকে উভধর্মী যৌগ বা অ্যাম্ফিপ্রোটিক পদার্থ বলা হয়। যেমন- পানি অ্যামোনিয়াকে প্রোটন দান করে অম্লরূপে এবং HCl থেকে প্রোটন গ্রহণ করে ক্ষারকরূপে ক্রিয়া করে। তাই পানি অম্ল ও ক্ষারক উভয় হিসেবেই কাজ করে।

H_2O প্রোটন দাতা ঃ $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$
(ক্ষারক) (অম্ল)

H_2O প্রোটন গ্রহীতা ঃ $HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$
(অম্ল) (ক্ষারক)

প্রশ্ন-ঃ দেখাও যে HCO_3^- আয়ন অম্ল ও ক্ষারক উভয় হিসেবেই কাজ করে।

উত্তর ঃ প্রোটনীয় মতবাদ অনুসারে যে সব অণু বা আয়ন অবস্থাভেদে প্রোটন দাতা ও প্রোটন গ্রহীতা উভয় প্রকার ধর্মই প্রকাশ করে, তাদেরকে উভধর্মী যৌগ বা অ্যাম্ফিপ্রোটিক পদার্থ বলা হয়। যেমন- HCO_3^- আয়ন পানিকে প্রোটন দান করে অম্লরূপে এবং হাইড্রোনিয়াম আয়ন(H_3O^+) থেকে প্রোটন গ্রহণ করে ক্ষারকরূপে ক্রিয়া করে। তাই HCO_3^- অম্ল ও ক্ষারক উভয় হিসেবেই কাজ করে।

HCO_3^- প্রোটন দাতা ঃ $HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H_3O^+$
(অম্ল) (ক্ষারক)

HCO_3^- প্রোটন গ্রহীতা ঃ $HCO_3^- + H_3O^+ \rightleftharpoons H_2CO_3 + H_2O$
(ক্ষারক) (অম্ল)

প্রশ্ন-ঃ CO_3^{2-} আয়ন একটি ক্ষারক-ব্যাখ্যা কর।

উত্তর ঃ প্রোটনীয় মতবাদ অনুসারে যে সব অণু বা আয়ন অন্য পদার্থ থেকে প্রোটন গ্রহণ করতে পারে তাকে ক্ষারক বলে। CO_3^{2-} আয়ন পানি থেকে একটি প্রোটন গ্রহণ করে ক্ষারকরূপে ক্রিয়া করে। তাই CO_3^{2-} আয়ন একটি ক্ষারক ।

CO_3^{2-} প্রোটন গ্রহীতা ঃ $CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$

(ক্ষারক) (অম্ল)

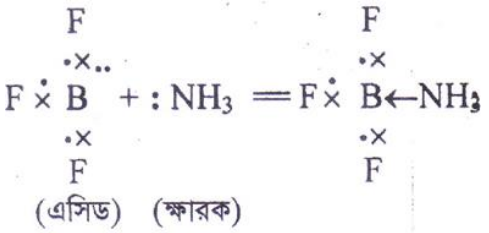
প্রশ্ন ঃ লুইস মতবাদে অম্ল ও ক্ষারক কী ?

উত্তর ঃ

অম্ল ঃ লুইস মতবাদে যে সকল পদার্থ অন্য পদার্থ থেকে এক জোড়া ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাকে অম্ল বলে।

ক্ষারক ঃ লুইস মতবাদে যে সকল পদার্থ এক জোড়া ইলেকট্রন দান করে তাকে ক্ষারক বলে।

উদাহরণ ঃ -



(এসিড) (ক্ষারক)

প্রশ্ন ঃ পানির খরতা কী ? এর প্রকারভেদ লিখ।

উত্তর ঃ

পানির খরতা ঃ পানিতে অধিক পরিমাণে Ca^{2+}, Mg^{2+} এবং Fe^{2+} আয়ন দ্রবীভূত থাকলে সৃষ্ট পানির বিশেষ ধর্মকে পানির খরতা বলে।

পানির খরতার প্রকারভেদ ঃ

(i) অস্থায়ী খরতা ঃ যে সকল পানিতে Ca^{2+}, Mg^{2+} এবং Fe^{2+} এর বাইকার্বনেট লবণ অধিক পরিমাণে দ্রবীভূত থাকলে এ পানিকে অস্থায়ী খর পানি বলে এবং এর বৈশিষ্ট্যকে অস্থায়ী খরতা বলে। এ ধরণের পানিকে ফুটালে পানিতে দ্রবীভূত বাইকার্বনেট লবণসমূহ কার্বনেট লবণ হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। খরতা সহজে দূর হয়।

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

$$Mg(HCO_3)_2 \rightarrow MgCO_3 + H_2O + CO_2$$

(ii) স্থায়ী খরতা ঃ যে সকল পানিতে Ca^{2+}, Mg^{2+} এবং Fe^{2+} এর ক্লোরাইড এবং সালফেট লবণ অধিক পরিমাণে দ্রবীভূত থাকলে এ পানিকে স্থায়ী খর পানি বলে এবং এর বৈশিষ্ট্যকে স্থায়ী খরতা বলে। এ ধরণের পানিকে ফুটিয়ে খরতা দূর করা যায় না।

প্রশ্ন ঃ DO,BOD,CODএবং TDS কী ?

উত্তর ঃ

DO ঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় প্রতি লিটার পানিতে মিশ্রিত থাকা অক্সিজেনকে দ্রবীভূত অক্সিজেন (Dissolved Oxygen) বা সংক্ষেপে DO বলে। কক্ষ তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ পানির হলো 8.24ppm

একক ঃ DO এর একক হলো ppm (parts per million) অথবা mg/L

BOD ঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় প্রতিলিটার দূষিত পানিতে উপস্থিত জৈব পদার্থকে জারিত করতে যত মিলিগ্রাম অক্সিজেন প্রয়োজন হয় BOD(Biochemical Oxygen Demand বা Biological Oxygen Demand) তাকে বলে।

একক ঃ BOD এর একক হলো ppm (parts per million) অথবা mg/L

COD ঃ প্রতিলিটার দূষিত পানিতে উপস্থিত জৈব এবং অজৈব পদার্থকে জারিত করতে যত মিলিগ্রাম অক্সিজেন প্রয়োজন হয় **C**OD(Chemical Oxygen Demand) তাকে বলে।

একক ঃ COD এর একক হলো ppm (parts per million) অথবা mg/L

TDS ঃ প্রতিলিটার পানিতে বিভিন্ন মৌলের লবণের মিলিগ্রামে উপস্থিত পরিমাণকে TDS (Total Dissolved Solids) বলে।

একক ঃ TDS এর একক হলো ppm (parts per million) অথবা mg/L

এক নজরে ঃ

WHO কর্তৃক অনুমোদিত পানির গ্রহণযোগ্যমাত্রা	
পানির বৈশিষ্ট্য	অনুমোদিত মান
খরতা, Ca^{2+}	100 ppm

খরতা, Mg^{2+}	150 ppm
pH	6.5-8.5 ppm
DO	4-6 ppm
BOD	6 ppm
COD	10 ppm
TDS	500 ppm

প্রশ্ন ঃ খাদ্য শৃঙ্খল, ভারী ধাতু কী ? খাদ্য শৃঙ্খলে ভারী ধাতুর ক্ষতিকর প্রভাব লিখ।
উত্তর ঃ
খাদ্য শৃঙ্খল ঃ বাস্তুতন্ত্রে জীবের মাধ্যমে সৌরশক্তি ও পুষ্টি উপাদানসমূহ যে অনুক্রম অনুসারে প্রবাহিত হয়ে থাকে, তাকে খাদ্য শৃঙ্খল বলে।
ভারী ধাতু ঃ যে সকল ধাতব মৌলের ঘনত্ব তুলনামূলকভাবে বেশি এবং খাদ্য সামগ্রীতে খুব সামান্য পরিমাণে এদের উপস্থিতি বিষক্রিয়া সৃষ্টি করে তাদেরকে ভারী ধাতু বলে। যেমন-আর্সেনিক, ক্রোমিয়াম, লেড, ক্যাডমিয়াম ইত্যাদি।

খাদ্য শৃঙ্খলে আর্সেনিকের ক্ষতিকর প্রভাব ঃ

(i) আর্সেনিকের দুষণে মানুষের ব্ল্যাক ফুট ডিজিজ হয়

(ii) আর্সেনিকের দুষণে মানুষের যকৃত কোষে লিপিড সঞ্চয় হয়। লিপিড সঞ্চিত লিভারকে ফ্যাটি লিভার বলে।

(iii) আর্সেনিকের দুষণে গর্ভবতী মায়ের জ্বণের বৃদ্ধি ব্যাহত হয়, জন্ম ত্রুটি ঘটে এবং অপরিণত ভ্রুণের গর্ভপাত ঘটে।

(iv) আর্সেনিকের কারসিনোজেনিক প্রভাবে ক্যান্সার কোষের বৃদ্ধি সহজে ঘটে, তাই আর্সেনিক আক্রান্তদের মধ্যে ফুসফুস ক্যান্সার ও স্কিন ক্যান্সারে মৃতের সংখ্যা বেশি।

(v) আর্সেনিকের বিষ ক্রিয়ায় পরিপাকতন্ত্রের নালী, স্নায়ু সিস্টেম, শ্বাস-প্রশ্বাসের নালী, কিডনি, লিভার, ত্বক ইত্যাদি সাংঘাতিক ভাবে ক্ষতিগ্রস্থ হয়।

খাদ্য শৃঙ্খলে ক্রোমিয়ামের ক্ষতিকর প্রভাব ঃ

(i) বেশি মাত্রায় Cr মানুষের শরীরে প্রবেশ করলে লিভার ক্ষয় প্রাপ্ত হয় এবং মানুষ মারা যায়।

(ii) ক্রোমিয়াম খাদ্যনালীতে আলসার ও ক্যান্সার সৃষ্টি করে।

(iii) কম মাত্রায় ক্রোমিয়ামের প্রভাবে ত্বক জ্বালা করে এবং ক্ষতের সৃষ্টি হয়।

(iv) লিভার ও কিডনি ক্ষতিগ্রস্থ হয়। সংবেদনতন্ত্র ও স্নায়ুতন্ত্র ক্ষতিগ্রস্থ হয়।

(v) চামড়ায় এলার্জি, ব্রংকাইটিস এবং নাকের রন্ধে ঘা হয়

খাদ্য শৃঙ্খলে লেডের ক্ষতিকর প্রভাব ঃ

(i) লেড মানুষের ব্রেন এবং কিডনির ক্ষতি করে

(ii) শিশুদের মানসিক প্রতিবন্ধীকতার অন্যতম কারণ সিসা

(iii) লেড সংক্রামিত স্ত্রী লোকের গর্ভপাত ঘটতে পারে

(iv) লেডের প্রভাবে রক্তচাপ বৃদ্ধি পায় এবং রক্ত শূন্যতার সৃষ্টি হয়

(v) লেড হিমোগ্লোবিন সংশ্লেষণে এনজাইমকে নিষ্ক্রিয় করে দেয় এবং হিমোগ্লোবিনের উৎপাদন ব্যাহত হয়

(vi) লেড এনজাইমের সাথে জটিল যৌগ গঠন করে কোষস্থ বিপাক বন্ধ করে দেয়

খাদ্য শৃঙ্খলে ক্যাডমিয়ামের ক্ষতিকর প্রভাব ঃ

(i) ক্যাডমিয়াম সরাসরি কিডনিতে জমা হয়, ফলে কিডনির কার্যক্ষমতা ব্যাপকভাবে হ্রাস পায়

(ii) ক্যাডমিয়ামের বিষক্রিয়ায় শরীরের জয়েন্টে তীব্র ব্যাথা অনুভূত হয়

(iii) ক্যাডমিয়ামযুক্ত পানি পান করলে রক্তের চাপ বেড়ে যায়, ফলে পুরুষ মানুষের প্রজনন ক্ষমতা নষ্ট হয়

(iv) মূত্রাশয় অকেজো এবং ফুসফুস আক্রান্ত হয়, এমনকি ফুসফুসে ক্যান্সারেও হতে পারে।

(v) ক্যাডমিয়াম দূষণে অস্থি সন্ধিতে তীব্র যন্ত্রণা, অস্থি ক্ষয় এবং অস্থি ভঙ্গুর হয়ে পড়ে।