माध्यमिक

रासायनिक गणना

INTERMEDIATE CHEMICAL CALCULATIONS

शम्भूदयाल

दि अपर इंडिया पब्लिशिंग हाउस लिमिटेड, लखनऊ

UNIVERSAL LIBRARY
OU_186472
UNIVERSAL LIBRARY

OSMANIA UNIVERSITY LIBRARY

Call No. H 540 | A 27 M Accession No. H 2957

Author अग्रवाल ; शंभुदयाल ।

Title माध्यमिक रासायनिक गणना | 1954

This book should be returned on or before the date last marked below.

माध्यमिक रासायनिक गणना

माध्यमिक

रासायनिक गणना

इन्टरमीडिएट कक्षाओं के लिए

शम्भूदयाल अग्रवाल

एम० एस-सी०, एल० टी०

अध्यक्ष, रसायन विभाग, महिला कालेज, लखनऊ

लखनऊ

दि अपर इंडिया पब्लिशिंग हाउस लिमिटेड

१९५४

प्रथम संस्करण १९५४

सर्वाधिकार सुरक्षित

Checked [illegible]

प्रेम प्रिंटिंग प्रेस, लखनऊ में मुद्रित हुई

विषय सूची

अध्याय	पृष्ठ-संख्या
१—गैसों के नियम (Gas Laws)	१—१४
२—अणु-सूत्र से प्रतिशत संगठन (Molecular formula and Percentage composition)	१५—२१
३—गैसों का प्रसरण या व्यापन (Diffusion of Gases)	२२—२६
४—रासायनिक संयोग के नियम (Laws of Chemical Combination) ...	३०—४५
५—गैसों तथा उड़नशील पदार्थों के अणुभार (Molecular weights of gases and volatile Substances)	४६—५५
६—तुल्यांक भार या रासायनिक तुल्यांक (Equivalent weights)	५६—७०
७—परमाणु भार की गणना (Determination of Atomic weights)	७१—८८
८—रासायनिक समीकरणों पर निर्धारित गणनाएँ (Problems based on Chemical Equations)	८६—१०८
६—आयतनात्मक विश्लेषण (Volumetric Analysis)	१०६—१४४
१०—अउड़नशील पदार्थों के अणुभार (Molecular weights of non-volatile substances)	१४५—१५५
११—सरलतम अणु तथा रचनात्मक सूत्र (Empirical Molecular and Structural formulae)	१५६—१८३
१२—गैसों का विश्लेषण (Gas Analysis)	१८४—२०६

प्रस्तावना

इसमें सभी शिक्षा-शास्त्री एक मत हैं कि शिक्षा का माध्यम मातृभाषा होनी चाहिए। हमारा प्रान्त हिन्दी भाषी है, इसकी मातृभाषा हिन्दी है। अतएव हमारे प्रान्त की प्रत्येक विषय की पुस्तकें हिन्दी ही में होनी चाहिएं। प्रस्तुत पुस्तक इसी युक्ति की प्रेरणा का फल है।

रसायन शास्त्र के मूल सिद्धान्तों को भलीभाँति समझने के लिए यह आवश्यक है कि उन पर निर्धारित गणनात्मक प्रश्न हल किये जायँ। रसायन शास्त्र की पुस्तकों में रासायनिक गणना का विवरण संक्षेप में होता है, परन्तु यह पर्याप्त नहीं। मैंने प्रस्तुत पुस्तक में इस कमी को पूरा करने का प्रयत्न किया है।

प्रत्येक अध्याय के आरम्भ में उन सिद्धान्तों को संक्षेप में दिया गया है जिनके आधार पर प्रश्नों को हल किया जा सकता है। प्रश्नों को क्रमानुसार रक्खा गया है जिसमें विद्यार्थी को समझने में कोई कठिनाई न हो। हर प्रकार के प्रश्न हल किये गये हैं जिससे विद्यार्थी को किसी नवीन प्रश्न का हल करने में कोई कठिनाई न हो। पुस्तक की भाषा सरल, सुबोध एवं प्रवाहपूर्ण है और शैली वर्णनात्मक है। प्रश्न विभिन्न विश्वविद्यालयों के परीक्षापत्रों से चुने गये हैं और प्री मेडिकल टेस्ट का भी ध्यान रक्खा गया है। कठिन हिन्दी शब्दों तथा पारिभाषिक शब्दों के साथ ही अँग्रेजी के भी पर्यायवाची शब्द कोष्ठों में दे दिये गये हैं।

मैं श्री अयोध्याप्रसाद वर्मा तथा श्री नरोत्तम भार्गव को धन्यवाद देता हूँ, जिन्होंने पाण्डुलिपि की भाषा तथा विषय के संशोधन में पूर्णरूप से सहायता दी है।

विद्यार्थियों तथा सहयोगियों द्वारा भेजे गये सुझावों का मैं हृदय से स्वागत करूँगा।

आर्यनगर, लखनऊ
बृहस्पतिवार, ८ जुलाई, १९५४

शम्भूदयाल

ATOMIC WEIGHTS

Elements	Symbols	Correct Atomic weights	Approximate Atomic weights
Aluminium	Al	26·97	27
Antimony	Sb	121·76	122
Arsenic	As	74·91	75
Barium	Ba	137 36	137
Bismuth	Bi	209·00	209
Boron	B	10·82	11
Bromine	Br	79 916	80
Cadmium	Cd	112·41	112
Calcium	Ca	40 08	40
Carbon	C	12·010	12
Chlorine	Cl	35·457	35.5
Chromium	Cr	52·01	52
Cobalt	Co	58·94	59
Copper	Cu	63·54	63.6
Hydrogen	H	1·0080	1
Iodine	I	126·92	127
Iron	Fe	55·85	56
Lead	Pb	207·21	207
Magnesium	Mg	24·32	24
Manganese	Mn	54·93	55
Mercury	Hg	200 61	201
Nickel	Ni	58·69	59
Nitrogen	N	14 008	14
Oxygen	O	16·000	16
Phosphorus	P	30·98	31
Potassium	K	39·096	39
Silicon	Si	28·06	28
Silver	Ag	107 880	108
Sodium	Na	22·997	23
Strontium	Sr	87·63	88
Sulphur	S	32·066	32
Tin	Sn	118·70	119
Zinc	Zn	65·38	65

अध्याय १

गसों के नियम

(The Gas Laws)

गैसों पर तापक्रम और दबाव का प्रभाव द्रवों और ठोसों की अपेक्षा अधिक होता है। गैसों के विषय में अद्भुत बात यह भी है कि आयतन पर तापक्रम और दबाव का प्रभाव विभिन्न गैसों पर लगभग एक सा होता है अर्थात् गैसों की प्रकृति पर निर्भर नहीं होता। गैसों के निम्नलिखित नियम हैं :—

बॉयल का नियम (Boyle's Law). इस नियम के अनुसार 'स्थिर तापक्रम पर किसी गैस के एक निश्चित भार के आयतन और दबाव का गुणनफल सर्वदा एक ही होता है।' अगर मान लिया जाए कि किसी गैस के m ग्राम का t° C पर आयतन V_1 और दबाव P_1 है तो इस नियम के अनुसार

$$P_1V_1 = \text{एक स्थिराङ्क (a constant)}$$

अब यदि तापक्रम t°C ही रक्खा जाए परन्तु दबाव P_2 कर दिया जाए तो आयतन बदलकर V_2 हो जायगा और P_1V_1 तथा P_2V_2 में निम्नलिखित सम्बन्ध होगा :—

$$P_1V_1 = P_2V_2 \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (A)$$

स्थिर तापक्रम पर दबाव और घनत्व में सम्बन्ध. बॉयल के नियम के अनुसार

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$\therefore P_1 \times \frac{m}{d_1} = P_2 \times \frac{m}{d_2} \quad \text{क्योंकि } V_1 = \frac{m}{d_1} \text{ और } V_2 = \frac{m}{d_2}$$

$$\therefore \frac{P_1}{d_1} = \frac{P_2}{d_2} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots (B)$$

चार्ल्स का नियम (Charles's Law). यह नियम स्थिर दबाव पर किसी गैस के एक निश्चित भार के आयतन और तापक्रम में सम्बन्ध बताता है। इस नियम के अनुसार 'स्थिर दबाव पर किसी गैस के एक निश्चित भार का आयतन तापक्रम के 1°C बढ़ने या घटने पर उसके 0°C पर आयतन का 1/273 भाग बढ़ेगा या घटेगा।'

मान लो किसी गैस के m ग्राम का आयतन 0°C और t_1°C पर क्रमश: V_0 और V_1 है जब कि दबाव स्थिर है। चार्ल्स के नियम के अनुसार

$$V_1 = V_0 + \frac{V_0 \times t_1}{273}$$

$$= V_0\left(1 + \frac{t_1}{273}\right) = V_0\frac{273 + t_1}{273}$$

ऊपर के समीकरण में $t_1 = -273$ रखने पर

$$V_1 = V_0\frac{273 - 273}{273} = 0$$

इस प्रकार समीकरण से यह ज्ञात होता है कि −273°C पर गैस का आयतन शून्य हो जाएगा यानी गैस द्रव या ठोस के रूप में बदल जाएगी, जिसका आयतन बहुत कम होता है। −273°C को **परमशून्य** (Absolute Zero) कहते हैं और परम शून्य से आरम्भ तापक्रम के मान (Scale) को परम मान (Absolute Scale) कहते हैं।

यदि तापक्रम की परम शून्य से गणना की जाए तो

$$0°C = 273°Abs.$$

$$t_1°C = (273 + t_1)°Abs.$$

इस प्रकार सेन्टीग्रेड पर दिये गए तापक्रम को परम मान पर बदलने के लिये 273 जोड़ दिया जाता है और परम मान पर दिए गये तापक्रम को सेन्टीग्रड पर बदलने के लिये 273 घटा दिया जाता है।

$$T°Abs = (T - 273)°C$$

ऊपर चार्ल्स के नियम के अनुसार साबित कर चुके हैं कि

$$\therefore V_1 = V_0 \frac{273 + t_1}{273}$$

लेकिन $t_1°C = (273 + t_1)°Abs = T_1°Abs.$

$$V_1 = V_0 \frac{T_1}{273} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

मान लो उसी गैस के m ग्राम का आयतन $t_2°C$ पर V_2 है।

$$\therefore V_2 = V_0 + \frac{V_0 \times t_2}{273}$$

$$= V_0 \frac{273 + t_2}{273}$$

$$= V_0 \frac{T_2}{273} \quad [t_2°C = (273 + t_2)°Abs = T_2 Abs \ldots (2)$$

अब (1) को (2) से भाग देने पर

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ या } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \ldots \quad \ldots (C)$$

'C' को चार्ल्स का समीकरण कहते हैं।

घनत्व और परम मान पर तापक्रम में सम्बन्ध :—

चार्ल्स के नियम के अनुसार

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

लेकिन $d_1 = \frac{m}{V_1}$ या $V_1 = \frac{m}{d_1}$ और $d_2 = \frac{m}{V_2}$ या $V_2 = \frac{m}{d_2}$

$$\therefore \frac{d_2}{d_1} = \frac{T_1}{T_2} \text{ या } d_1 T_1 = d_2 T_2 \quad \ldots \quad \ldots \quad (D)$$

स्थिर आयतन पर तापक्रम और दबाव में सम्बन्ध। इस सम्बन्ध को दबाव का नियम (Law of Pressure) कहते हैं। इस नियम

के अनुसार 'स्थिर आयतन पर किसी गैस के एक निश्चित भार के दबाव और उसके परम मान पर तापक्रम में समानुपात (Direct Proportion) होता है।' इस प्रकार इस नियम के अनुसार

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (E)$$

गैस समीकरण (Gas equation). वह समीकरण जो किसी गैस के एक निश्चित भार के आयतन, दबाव और परम मान पर तापक्रम में सम्बन्ध बताता है **गैस समीकरण** कहलाता है। यदि किसी गैस के निश्चित भार का आयतन, दबाव और तापक्रम क्रमशः V_1, P_1 और T_1 हो तो इस समीकरण के अनुसार

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = R(\text{ गैस स्थिराङ्क })$$

उपपत्ति (Proof): मान लिया कि तापक्रम T_1 स्थिर रक्खा जाता है और दबाव P_1 से P_2 किया जाता है। अब बॉयल के नियम के अनुसार आयतन भी V_1 से बदल कर v हो जायेगा।

$$\therefore P_1V_1 = P_2 v$$

$$\text{या } v = \frac{P_1V_1}{P_2} \quad \dots \quad \dots \quad \dots. \quad (1)$$

अब दबाव को स्थिर रखकर तापक्रम को T_1 से T_2 पर बदलने पर आयतन भी v से बदल कर V_2 हो जायेगा। यहाँ चार्ल्स का नियम लगाया जा सकता है, क्योंकि दबाव स्थिर है, केवल आयतन और तापक्रम बदलते हैं।

$$\therefore \frac{v}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\text{या } v = \frac{V_2T_1}{T_2} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (2)$$

समीकरण (1) और (2) में v का मान बराबर करने पर

$$\frac{P_1V_1}{P_2} = \frac{V_2T_1}{T_2}$$

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

इसी प्रकार $$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_oV_o}{T_o} (P_o = 760 \text{ mm.}, T_o = 273°\text{Abs.})$$

$$\therefore \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \frac{P_oV_o}{T_o} = R$$

डाल्टन का आंशिक दबावों का नियम (Dalton's Law of Partial Pressures): इस नियम के अनुसार 'दो या दो से अधिक गैसों के मिश्रण का संयुक्त दबाव गैसों के व्यक्तिगत (Individual) दबावों के योग के बराबर होता है यदि विभिन्न गैसें आपस में कोई प्रतिक्रिया न करें और प्रत्येक गैस का उतना ही आयतन और तापक्रम हो जितना कि मिश्रण का।'

मान लिया मिश्रण का दबाव P है और उतने ही आयतन की अवयव गैसों (Constituent gases) का उसी तापक्रम पर दबाव p_1, p_2 ...आदि हैं तो इस नियम के अनुसार हम देखेंगे कि—

$$P = p_1 + p_2 + \dots\dots\dots$$

डाल्टन के नियम का प्रयोग. गैसें बहुधा पानी या किसी ऐसे द्रव पर इकट्ठा की जाती हैं जिनमें वे घुलती नहीं हैं। नोट किया हुआ गैस का दबाव वास्तव में गैस का ही दबाव नहीं होता बल्कि उसमें उस द्रव की वाष्प का दबाव भी शामिल होता है। इसलिए गैस का वास्तविक दबाव निकालने के लिए वाष्प का दबाव डाल्टन के नियम के अनुसार घटाना पड़ता है।

गैस का वास्तविक दबाव = नोट किया हुआ दबाव—
उसी तापक्रम पर वाष्प का दबाव

नोट: (a) जल-वाष्प के दबाव को जल-वाष्प **तनाव (Aqueous tension)** कहते हैं।

(b) गैस सम्बन्धी प्रश्नों को हल करने के लिए विद्यार्थी को यह देखना चाहिए कि (A), (B), (C), (D), (E) समीकरणों और 'गैस समीकरण' में से कौन सा सम्बन्ध प्रयोग किया जाएगा। इस विषय में निम्नलिखित बातें स्मरण रखनी चाहिए :—

(1) यदि तापक्रम स्थिर हो तो (A) या (B) का प्रयोग होगा।

(2) यदि दबाव स्थिर हो तो (C) या (D) का प्रयोग होगा।

(3) यदि आयतन स्थिर हो तो (E) का प्रयोग होगा।

(4) यदि आयतन, तापक्रम और दबाव तीनों बदलते हों तो गैस समीकरण का प्रयोग होगा।

(5) यदि गैस किसी द्रव पर इकट्ठा की गई हो तो द्रव के वाष्प-दबाव को वायुमण्डल के दबाव में से घटाना पड़ेगा।

हल किए हुए उदाहरण

प्रश्न १. निम्नलिखित तापक्रमों को परम मान (Absolute Scale) पर बदलो :—

$15°C, -20°C, 18°F, -25°F$

$$15°C = (15+273)°\text{Abs.} = 288°\text{Abs.}$$

$$-20°C = (-20+273)°\text{Abs.} = 253°\text{Abs.}$$

$$18°F = \left(\frac{18-32}{9}\times 5\right)°C = -7{\cdot}78°C$$

$$= (-7{\cdot}78+273)°\text{ Abs.}$$

$$= 265{\cdot}22°\text{Abs.}$$

$$-25°F = \left(\frac{-25-32}{9}\times 5\right)°C = -31{\cdot}67°C$$

$$= (-31{\cdot}67+273)°\text{Abs} = 241{\cdot}33°\text{Abs.}$$ उत्तर

प्रश्न २. निम्नलिखित तापक्रमों को सेन्टीग्रेड मान पर बदलो :—
582°Abs., 265°Abs.

$$582°\text{Abs.} = (582-273)°C = 309°C$$

$$265°Abs = (265 - 273)°C = -8°C$$ उत्तर

प्रश्न ३. ऑक्सिजन के एक निश्चित भार का आयतन 20°C और 10 वायुमण्डल दबाव पर 15 लिटर है। यदि गैस का दबाव उसी तापक्रम पर 40 वायुमण्डल कर दिया जाए तो उसका आयतन मालूम करो।

चूँकि तापक्रम नहीं बदलता है इसलिए बॉयल के नियम के अनुसार

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

यहाँ $P_1 = 10$ वायुमण्डल, $V_1 = 15$ लिटर, $P_2 = 40$ वायुमण्डल, V_2 ?

$$\therefore 10 \times 15 = 40 \times V_2$$

$$\text{या } V_2 = \frac{10 \times 15}{40} = 3{\cdot}75$$

$\therefore$ आयतन $= 3{\cdot}75$ लिटर उत्तर

प्रश्न ४. नाइट्रोजन का घनत्व 0°C और एक वायुमण्डल दबाव पर 14 है। उसका घनत्व 0°C और 38 mm. दबाव पर निकालो।

स्थिर तापक्रम पर घनत्व और दबाव के सम्बन्ध के अनुसार

$$\frac{P_1}{d_1} = \frac{P_2}{d_2}$$

यहाँ $P_1 = 1$, वायुमण्डल = 760 mm. $d_1 = 14$, $P_2 =$ 38 mm., d_2 ?

$$\therefore \frac{760}{14} = \frac{38}{d_2}$$

$$\text{या } d_2 = \frac{38 \times 14}{760} = \frac{7}{10} = {\cdot}7$$ उत्तर

प्रश्न ५. नाइट्रोजन के एक निश्चित भार का आयतन 20°C और 760 mm. दबाव पर 45 c. c. है। नाइट्रोजन के उसी भार का आयतन सामान्य तापक्रम और दबाव (N. T. P.) पर मालूम करो।

सामान्य तापक्रम = 0°C = 273° Abs

सामान्य दबाव = 760 mm.

इस प्रकार दबाव नहीं बदलता है। इसलिए चार्ल्स समीकरण के अनुसार

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

यहाँ $V_1 = 45$ c. c.; $T_1 = (273 + 20)°$ Abs. $= 293°$ Abs., $T_2 = 273°$ Abs., V_2 ?

$$\therefore \frac{45}{293} = \frac{V_2}{273}$$

$$\therefore V_2 = \frac{45 \times 273}{293} = 41{\cdot}93$$

$\therefore$ आयतन = 41·93 c.c. उत्तर

प्रश्न ६. एक लिटर हवा का भार प्रमाण तापक्रम और दबाव (S. T. P.) पर 1·293 ग्राम है। 500 c. c. हवा का भार 37°C और 760 mm. दबाव पर निकालो।

प्रमाण तापक्रम=0°C=273° Abs., प्रमाण दबाव=760 mm. इस प्रकार इस उदाहरण में दबाव स्थिर रहता है। परम- मानपर ताप-क्रम और घनत्व में सम्बन्ध के अनुसार

$$d_1T_1 = d_2T_2$$

यहाँ $d_1 = 1{\cdot}293$ ग्राम प्रति लिटर, $T_1 = 273°$ Abs. $T_2 = (273 + 37)°$ Abs $= 310°$ Abs, d_2 ?

$$\therefore 1{\cdot}293 \times 273 = d_2 \times 310$$

$$\therefore d_2 = \frac{1{\cdot}293 \times 273}{310} = 1{\cdot}1386$$

1000 c. c. हवा का भार 1·1386 ग्राम है।

$\therefore$ 500 c. c. „ $\dfrac{1{\cdot}1386 \times 500}{1000}$ ग्राम होगा।

$= {\cdot}5693$ ग्राम

प्रश्न ७. हाइड्रोजन का एक निश्चित भार 27°C और 3 वायुमण्डल दबाव पर एक पात्र में बन्द है। पात्र को 300°C पर गर्म किया जाता है। गैस का दबाव मालूम करो।

हाइड्रोजन के आयतन में विशेष परिवर्तन नहीं होता, क्योंकि वह बर्तन में बन्द है और बर्तन का आयतन बहुत कम बढ़ता है। स्थिर आयतन पर दबाव के नियम के अनुसार

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

यहाँ $P_1 = 3$ वायुमण्डल, $T_1 = (273 + 27)°$ Abs. = 300° Abs. $T_2 = (273+300)°$ Abs. = 573° Abs, P_2 ?

$$\therefore \frac{3}{300} = \frac{P_2}{573}$$

$$\therefore P_2 = \frac{3 \times 573}{300} = 5{\cdot}73$$

∴ दबाव = 5·73 वायुमण्डल उत्तर

प्रश्न ८. 500 c.c. कार्बन डाइ-ऑक्साइड 17°C और 740 mm. दबाव पर एकत्र की जाती है। यदि N.T.P. पर 22·4 लिटर गैस का भार 44 ग्राम हो तो प्राप्त गैस का भार ज्ञात करो।

मान लो कार्बन डाइ-ऑक्साइड का आयतन N.T.P. पर V_0c.c. है। गैस समीकरण के अनुसार

$$\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$$

यहाँ V = 500c.c., P = 740mm., T = (273+17)° = 290°Abs., P_0=760 mm. और T_0=273° Abs.

$$\therefore \frac{V_0 \times 760}{273} = \frac{740 \times 500}{290}$$

$$\therefore V_0 = \frac{740 \times 500 \times 273}{290 \times 760} = 458{\cdot}3$$

22·4 लिटर = 22·4 × 1000 c.c. = 22400 c.c.

22400 c.c. CO_2 का भार N.T.P. पर = 44 ग्राम

$\therefore$ 458·3 c.c. „ „ „ „ $= \frac{44 \times 458{\cdot}3}{22400}$ ग्राम

= ·90023 ग्राम

प्रश्न ६. हाइड्रोजन गैस की एक बानगी (Sample) का आयतन 27°C और 596·5 mm. दबाव पर पानी के ऊपर 600 c.c. है। सूखी गैस का आयतन N.T.P. पर मालूम करो। (27°C पर जल-वाष्प दबाव = 26·5mm.) [बम्बई १९४६]

मान लो H_2 का आयतन N.T.P. पर = V_0 c.c.

गैस समीकरण के अनुसार $\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$

यहाँ V = 600 c.c , P = (596·5 − 26·5) = 570 mm., T = (273 + 27)° = 300° Abs., P_0 = 760 mm., T_0 = 273° Abs.

$$\therefore \frac{760 \times V_0}{273} = \frac{570 \times 600}{300}$$

$$\therefore V_0 = \frac{570 \times 600 \times 273}{300 \times 760} = 409{\cdot}5$$

$\therefore$ आयतन = 409·5 c.c. उत्तर

प्रश्न १०. एक यूडियोमीटर (Eudiometer) ट्यूब में 20°C और 745 mm. दबाव पर पानी के ऊपर एकत्र की गई ऑक्सिजन 57·5 c. c है। यदि ट्यूब में पानी की ऊँचाई 176.8 mm. हो तो सूखी O_2 का आयतन N.T.P. पर निकालो। (20°C पर जल वाष्प दबाव=17·4 mm., मरकरी का घनत्व=13·6)।

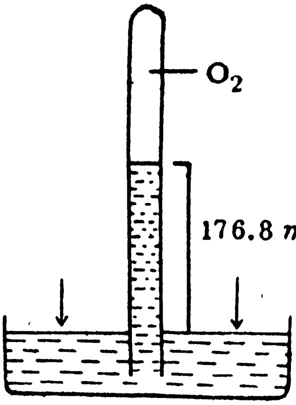
मान लो N.T.P. पर आयतन $= V_0$ c.c.

गैस समीकरण के अनुसार $\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$

यहाँ $P_0 = 760$ mm., $T_0 = 273°$Abs ,

$V = 57 \cdot 5$c. c., $T_1 = (273 + 20) = 293°$Abs.

P का मान निम्नलिखित तरीके से मालूम किया जाता है :—



176·8 mm. पानी के स्तम्भ (Column) का दबाव $= \frac{176 \cdot 8}{13 \cdot 6} =$

13 mm मरकरी के स्तंभ का दबाव

ऑक्सिजन का दबाव + जल वाष्प दबाव + 176·8 mm. पानी के स्तंभ का दबाव = 745 mm.

$\therefore O_2$ का दबाव $+ 17 \cdot 4 + 13 = 745$

$\therefore O_2$ का दबाव $= (745 - 13 - 17 \cdot 4)$mm. $= 714 \cdot 6$ mm.

$$\therefore \frac{760 \times V_0}{273} = \frac{714 \cdot 6 \times 57 \cdot 5}{293}$$

$$\therefore V_0 = \frac{714 \cdot 6 \times 57 \cdot 5 \times 273}{293 \times 760} = 50 \cdot 37$$

$\therefore$ आयतन=50·37 c. c. उत्तर

प्रश्न ११. एक पात्र में जिसका कि आयतन 94 c. c. है 20 c. c. ऑक्सिजन 10°C और 350 mm. दबाव पर और 19 c. c. कार्बन डाइ ऑक्साइड 20°C और 560 mm. दबाव पर प्रविष्ट की जाती है। यदि पात्र का तापक्रम 18°C हो तो मिश्रण का दबाव मालूम करो।

कार्बन डाइ-ऑक्साइड और ऑक्सिजन आपस में प्रतिक्रिया नहीं करती हैं इसलिए मिश्रण का दबाव डाल्टन के आंशिक दबावों के नियम (Law of Partial Pressures) द्वारा मालूम कर सकते हैं।

मान लो ऑक्सिजन के कारण पात्र में दबाव=p_1 mm.

$\therefore$ गैस समीकरण से

$$\frac{350 \times 20}{273 + 10} = \frac{p_1 \times 94}{273 + 18}$$

$$\therefore p_1 = \frac{350 \times 20 \times 291}{283 \times 94} = 76.57$$

मान लो कार्बन डाइ-ऑक्साइड के कारण दबाव p_2 mm. है

$$\therefore \frac{560 \times 19}{273 + 20} = \frac{p_2 \times 94}{273 + 18}$$

$$\therefore p_2 = \frac{560 \times 19 \times 291}{293 \times 94} = 112{\cdot}42 \text{ mm.}$$

$\therefore$ मिश्रण का दबाव = (76·57+112·42) = 188·99 उत्तर

प्रश्नावली १

(१) नाइट्रोजन के किसी भार का आयतन, 30°C और 15 वायुमण्डल दबाव पर 20 लिटर है। यदि गैस का दबाव 80 वायुमण्डल कर दिया जाए परन्तु तापक्रम 30°C रहे तो उसका आयतन मालूम करो। [उत्तर, 3·75 लिटर]

(२) ऑक्सिजन के एक लिटर का भार 760 mm. दबाव और

0°C पर 1·428 ग्राम है। 500 c. c. ऑक्सिजन का भार 0°C और 152 mm. दबाव पर ज्ञात करो। [उत्तर, ·1428 ग्राम]

(३) 300 c. c. हवा को जिसका दबाव 720 mm. और तापक्रम 15°C है –73°C तक ठंढा किया जाता है। यदि दबाव 720 mm. रहे तो हवा का आयतन निकालो। [उत्तर, 208·33 c. c.]

(४) ऑक्सिजन और क्लोरीन के वाष्प घनत्व 0°C और एक वायु-मण्डल दबाव पर क्रमशः 16 और 35·5 हैं। यदि दबाव स्थिर रहे तो बताओ किस तापक्रम पर ऑक्सिजन का वाष्प घनत्व वही होगा जो क्लोरीन का 0°C पर है? [उत्तर, 150°C]

(५) एक पात्र में कुछ हवा 35°C और 76 cm. दबाव पर भरी है। यदि पात्र को 651°C तक गर्म किया जाए तो बताओ हवा का दबाव कितना हो जाएगा? [उत्तर, 228 cm.]

(६) एक लिटर ऑक्सिजन का भार S.T.P. पर 1·428 ग्राम है। 500 c.c. ऑक्सिजन का भार 37°C और 760 mm. दबाव पर मालूम करो। [उत्तर, ·6288 ग्राम]

(७) किसी धातु के क्लोराइड की वाष्पका आयतन 100°C और 720 mm. दबाव पर 250 c.c. है। वाष्प का आयतन 0°C और 760 mm. दबाव पर निकालो। [उत्तर, 173·375 c.c.]

(८) 171 c.c. हाइड्रोजन पानी के ऊपर 12°C और 760·5 mm. दबाव पर एकत्र की जाती है। यदि 12°C पर जल का वाष्प दबाव 10·4 mm. हो तो हाइड्रोजन का आयतन सामान्य तापक्रम और दबाव (N.T.P.) पर निकालो। [उत्तर 161·7 c.c.]

(९) 630 c.c. कार्बन डाइ-ऑक्साइड का भार 22°C और 730 mm. दबाव पर निकालो यदि 22·4 लिटर कार्बन डाइ ऑक्साइड का भार N.T.P. पर 44 ग्राम है। [उत्तर 1·1 ग्राम]

(१०) किसी वाष्प का आयतन 100°C और 26 cm. दबाव पर 25·7 c.c. है। वाष्प का आयतन प्रमाण तापक्रम और दबाव

(S.T.P.) पर मालूम करो। [उत्तर 6.43 c.c.]

(११) 228 c.c. ऑक्सिजन पानी के ऊपर एकत्र की जाती है। यदि स्थूब में पानी की ऊँचाई 6·8 cm. हो और तापक्रम तथा दबाव क्रमश: 15°C और 734 mm. हों तो ऑक्सिजन का आयतन N.T.P. पर मालूम करो। (मरकरी का घनत्व=13·6, 15°C पर पानी का वाष्प दबाव=13 mm.) [उत्तर, 203·61 c.c]

(१२) 72 c.c. ऑक्सिजन 15°C और 20 c.c. हाइड्रोजन 10°C और 350 mm. दबाव पर क्रमश: एक पात्र में जिसका आयतन 94 c.c. और तापक्रम 18°C है भर दी जाती हैं। मिश्रण का दबाव ज्ञात करो। [उत्तर, 618·28 mm.]

(१३) ऑक्सिजन और नाइट्रोजन के वाष्प घनत्व 0°C और 76 cm. दबाव पर क्रमश: 16 और 14 हैं। किस तापक्रम पर ऑक्सिजन का वाष्प घनत्व वही होगा जो नाइट्रोजन का 0°C पर है यदि दबाव स्थिर हो? (पंजाब 1938) [उत्तर, 39°C]

(१४) S.T.P. पर 500 c.c. नाइट्रोजन का भार ·625 ग्राम है। इस गैस के 500 c.c. का भार 227°C तापक्रम और एक वायु-मण्डल दबाव पर कितना होगा? [उत्तर, ·34125 ग्राम]

(१५) 20 ग्राम सलफर डाइ-ऑक्साइड (SO_2) का आयतन 100°C और 74 cm. दबाव पर ज्ञात करो। (N.T.P. पर 64 ग्राम SO_2 का आयतन=22·4 लिटर) [उत्तर, 9·82 लिटर]

संकेत:—20 ग्राम SO_2 का आयतन N.T.P. पर निकालो और गैस समीकरण के प्रयोग से इस आयतन को प्रश्न में दिए हुए तापक्रम और दबाव पर बदलो।

(१६) 5 ग्राम क्लोरीन 6 लिटर आयतन के एक बर्तन में 20°C पर रक्खी जाती है। गैस का दबाव मालूम करो। 71 ग्राम क्लोरीन का N.T.P. पर आयतन 22·4 लिटर है। [उत्तर, 21·44 cm.]

अध्याय २

अणु-सूत्र से प्रतिशत् संगठन

(Percentage Composition from Chemical Formula)

अणु सूत्र (Chemical or Molecular Formula):—'किसी पदार्थ का अणुसूत्र हमको यह बताता है कि उसके अणु में सम्बन्धित तत्त्वों के कितने कितने परमाणु हैं।' सोडियम सलफेट का अणुसूत्र $Na_2SO_4.10H_2O$ है। यह सूत्र बतलाता है कि रवेदार सोडियम सलफेट के एक अणु में सोडियम के दो परमाणु, सलफर का एक परमाणु, ऑक्सिजन के 4 परमाणु और रवे के जल के 10 अणु हैं।

परमाणुभार (Atomic Weight).—'किसी तत्त्व का परमाणुभार यह बतलाता है कि उस तत्त्व का एक परमाणु ऑक्सिजन के एक परमाणु के $\frac{1}{16}$ भाग से कितने गुना भारी है।'

अणुभार (Molecular Weight):—किसी पदार्थ का अणुभार यह बतलाता है कि उस पदार्थ का एक अणु ऑक्सिजन के एक परमाणु के $\frac{1}{16}$ भाग से कितना गुना भारी है।

अणु-सूत्र से अणुभार निकालना:—किसी पदार्थ के अणु-सूत्र से उसका अणुभार सम्बन्धित तत्त्वों के परमाणुओं के भारों को जोड़कर मालूम कर सकते हैं।

प्रतिशत् संगठन (Percentage Composition):—किसी पदार्थ के प्रतिशत् संगठन से हम यह समझते हैं कि उस पदार्थ के 100 भागों में सम्बन्धित तत्त्वों के कितने-कितने भाग हैं।

हल किए हुए उदाहरण

प्रश्न १. निम्नलिखित के अणुभार निकालो:—

(1) N_2O, (2) H_2SO_4, (3) $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, (4) Mg-

CO_3, (5) $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$, (6) C_3H_9O, (7) $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3.24H_2O$

(1) N_2O

नाइट्रोजन के दो परमाणुओं का भार = $2 \times 14 = 28$

ऑक्सिजन के एक परमाणु का भार = $1 \times 16 = 16$

N_2O के एक अणु का भार = $28 + 16 = 44$

(2) H_2SO_4

हाइड्रोजन के 2 परमाणुओं का भार = $2 \times 1 = 2$

सलफर के 1 परमाणु का भार = $1 \times 32 = 32$

ऑक्सिजन के 4 परमाणुओं का भार = $4 \times 16 = 64$

98

H_2SO_4 का अणुभार = 98

(3) $FeSO_4.7H_2O$

आयरन के 1 परमाणु का भार = $1 \times 56 = 56$

सलफर के 1 परमाणु का भार = $1 \times 32 = 32$

ऑक्सिजन के 4 परमाणुओं का भार = $4 \times 16 = 64$

पानी के 7 अणुओं का भार = $7(2+16) = 126$

278

$FeSO_4.7H_2O$ का अणुभार = 278

(4) $MgCO_3$.

मेगनीशियम के 1 परमाणु का भार = $1 \times 24 = 24$

कार्बन के 1 परमाणु का भार = $1 \times 12 = 12$

ऑक्सिजन के 3 परमाणुओं का भार = $3 \times 16 = 48$

84

$MgCO_3$ का अणुभार = 84

(5) $H_2C_2O_4.2H_2O$

हाइड्रोजन के 2 परमाणुओं का भार = $1 \times 2 = 2$

कार्बन के 2 परमाणुओं का भार = $2 \times 12 = 24$

ऑक्सिजन के 4 परमाणुओं का भार $= 4 \times 16 = 64$

पानी के 2 अणुओं का भार $= 2\ (16+2) = 2 \times 18 = 36$

126

$\therefore$ $H_2C_2O_4.\ 2H_2O$ का अणुभार $= 126$

(6) C_3H_9O

कार्बन के 3 परमाणुओं का भार $= 3 \times 12 = 36$

हाइड्रोजन के 9 परमाणुओं का भार $= 9 \times 1 = 9$

ऑक्सिजन के 1 परमाणु का भार $= 1 \times 16 = 16$

61

$\therefore$ C_3H_9O का अणुभार $= 61$

(7) $K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.24H_2O$

K_2SO_4 का अणुभार $= 2 \times 39 + 32 + 4 \times 16 = 174$

$Al_2(SO_4)_3$ का अणुभार $= 2 \times 27 + 3\ (32+64) = 342$

पानी के 24 अणुओं का भार $= 24\ (2+16) = 432$

948

$\therefore$ $K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.24H_2O$ का अणुभार $= 948$

प्रश्न २. निम्नलिखित यौगिकों का प्रतिशत् संगठन निकालो।

(1) $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (2) $K_2Cr_2O_7$ (3) C_2H_5OH

(1) $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ का अणुभार $= 2 \times 23 + 32 + 4 \times 16 + 10 \times 18$

$= 46 + 32 + 64 + 180 = 322$

322 ग्राम $Na_2SO_4.10H_2O$ में 46 ग्राम Na है।

$\therefore$ 100 ,, ,, $\frac{46 \times 100}{322}$,, होगा।

$= 14 \cdot 285$ ग्राम

322 ग्राम $Na_2SO_4.10H_2O$ में 32 ग्राम S है।

$\therefore$ 100 ग्राम $Na_2SO_4.10H_2O$ में $\frac{32 \times 100}{322}$ ग्राम होगा।

$= 9{\cdot}937$ ग्राम

322 ग्राम $Na_2SO_4.10H_2O$ में 64 ग्राम O_2 है।

$\therefore$ 100 ,, ,, ,, 19·874 ,, ,, होगी।

$= 19{\cdot}874$ ग्राम

पानी का भार=(100 – 14·285 – 9·937 – 19·874) ग्राम

$= 55{\cdot}904$ ग्राम

$\therefore$ लवण में : Na = 14·285%, S=9·937%,

O_2=19·874%, H_2O=55·904%

(2) $K_2Cr_2O_7$ का अणुभार $= 2 \times 39 + 2 \times 52 + 7 \times 16$

$= 78 + 104 + 112 = 294$

294 ग्राम लवण में 78 ग्राम K है।

$\therefore$ 100 ,, ,, $\frac{78 \times 100}{294}$,, होगा।

$= 26{\cdot}53$ ग्राम

294 ग्राम लवण में 104 ग्राम Cr है।

$\therefore$ 100 ,, ,, $\frac{104 \times 100}{294}$,, होगा।

$= 35{\cdot}37$ ग्राम

$\therefore$ आक्सिजन का भार=(100 – 26·53 – 35·37)=38·1 ग्राम

$\therefore$ लवण में K=26·53%, Cr=35·37%, O_2=38·1%

उत्तर

(3) C_2H_5OH का अणुभार $= 2 \times 12 + 5 + 16 + 1 = 46$

46 ग्राम C_2H_5OH में 24 ग्राम कार्बन है।

$\therefore$ 100 ,, ,, $\frac{24 \times 100}{46}$,, होगा।

$=52{\cdot}17$ ग्राम

46 ग्राम C_2H_5OH में 6 ग्राम हाइड्रोजन है।

$\therefore$ 100 „ „ $\frac{6\times100}{46}$ „ होगी।

$=13{\cdot}04$ ग्राम

ऑक्सिजन का भार$=(100-52{\cdot}17-13.04)=34{\cdot}79$

$\therefore$ C_2H_5OH में $C=52{\cdot}17\%, H=13{\cdot}04\%, O_2=34{\cdot}79\%$

उत्तर

प्रश्न ३. आयरन के 10 टन खनिज से कितना आयरन प्राप्त होगा यदि खनिज में 25% Fe_2O_3 हो ? (उ० प्र० १९०३)

100 टन खनिज में 25 टन Fe_2O_3 है।

$\therefore$ 10 „ „ $\frac{25\times10}{100}$ „ होगी।

$=2{\cdot}5$ टन

Fe_2O_3 का अणुभार$=2\times56+3\times16=160$

160 टन Fe_2O_3 में 112 टन Fe है।

$\therefore$ $2{\cdot}5$ „ „ $\frac{112\times2{\cdot}5}{160}$ „ होगा।

$=1{\cdot}75$ टन

प्रश्न ४. सलफ्यूरिक एसिड के घोल का घनत्व $1{\cdot}28$ है और उस घोल में 35% शुद्ध H_2SO_4 है। 250 c. c. घोल में शुद्ध H_2SO_4 की मात्रा मालूम करो।

घनत्व$=1{\cdot}28$ ग्राम प्रति c. c.

$\therefore$ 250 c. c. एसिड के घोल का भार$=1{\cdot}28\times250=320$ ग्राम

100 ग्राम घोल में 35 ग्राम शुद्ध एसिड है।

$\therefore$ 320 „ „ $\frac{35\times320}{100}$ „ होगा।

$=112$ ग्राम

उत्तर

प्रश्न ५. HCl के एक घोल का घनत्व 1·12 है और उसमें 23·5% शुद्ध एसिड है। घोल का आयतन मालूम करो जिसमें 36·5 ग्राम शुद्ध एसिड हो।

1c.c. घोल का भार = 1·12 ग्राम

100 ग्राम घोल में 23·5 ग्राम शुद्ध एसिड है।

$\therefore$ 1·12 " $\dfrac{23 \cdot 5 \times 1 \cdot 12}{100}$ " होगा।

$\dfrac{23 \cdot 5 \times 1 \cdot 12}{100}$ ग्राम शुद्ध एसिड 1c.c. घोल में है।

$\therefore$ 36·5 " " $\dfrac{36 \cdot 5 \times 100}{23 \cdot 5 \times 1.12}$ " है।

= 138·678 c.c. उत्तर

प्रश्नावली २

(१) निम्नलिखित यौगिकों के अणुभार निकालो :—

(i) $MgSO_4$, (ii) $ZnCl_2.6H_2o$, (iii) $KClO_3$, (iv) $C_{12}H_{22}O_{11}$,

[उत्तर, (i) 120, (ii) 244, (iii) 122·5, (iv) 342]

(२) निम्नलिखित लवणों में रवे के पानी का प्रतिशत् मालूम करो :-

(i) $CuSO_4.5\ H_2O$, (ii) $Na_2CO_3.10\ H_2O$

[उत्तर, (i) 36·07%, (ii) 62·94%]

(३) निम्नलिखित यौगिकों में सम्बन्धित तत्वों के प्रतिशत् संगठन ज्ञात करो।

(i) C_3H_8, (ii) H_2SO_4, (iii) $ZnSO_4.7H_2O$, (iv) $K_2Cr_2O_7$

[उत्तर]

(i) C = 81·818% (ii) H=2·041% O=65·306%
H = 18·181% S=32·653%

(iii) $Zn = 22{\cdot}648\%$ $O=22{\cdot}3\%$ $S=11{\cdot}15\%$ $H_2O= 43{\cdot}902\%$]

(iv) $K=26{\cdot}59\%$, $Cr= 35{\cdot}35\%$, $O_2=38{\cdot}1\%$

(४) ज़िंक कार्बोनेट गर्म करने पर निम्नलिखित समीकरण के अनुसार विच्छेदित होता है। (C=12; O=16; Zn=65)

$$ZnCO_3 \longrightarrow ZnO + CO_2$$

लवण में कार्बन डाइऑक्साइड का प्रतिशत् मालूम करो।

[उत्तर, 35·2%]

(५) मैंगनीज़ क खनिज में $70\% MnO_2$ है। बताओ खनिज के 50 टन से कितना मैंगनीज मिल सकता है ? (Mn.=55; O=16)

[उत्तर, 22·126 टन

(६) सलफ्यूरिक एसिड की एक बानगी का घनत्व 1·75 है। और उसमें 84% शुद्ध H_2SO_4 है। इस बानगी के कितने आयतन में 49 ग्राम शुद्ध H_2SO_4 होगा ?

[उत्तर, 33·333 c.c.]

अध्याय ३

गैसों का प्रसरण या व्यापन

(Diffusion of Gases)

घनत्व—किसी पदार्थ के 1 c.c. के भार को उसका घनत्व कहते हैं।

वाष्प घनत्व (Vapour Density). एक ही तापक्रम तथा दबाव पर किसी गैस के 1 लिटर के भार और हाइड्रोजन के 1 लिटर के भार में जो अनुपात होता है वह उस गैस का वाष्प घनत्व कहलाता है।

$$\text{वाष्प घनत्व (V. D.)} = \frac{\text{वाष्प 1 के लिटर का भार}}{\text{उसी तापक्रम तथा दबाव पर } H_2 \text{ के 1 लिटर का भार}}$$

प्रसरण (Diffusion). 'गैसों का वह गुण जिसके द्वारा वे एक दूसरे में प्रवेश कर सकती हैं प्रसरण या व्यापन कहलाता है।' कार्बन डाइऑक्साइड हवा से भारी है, इसलिए इसको ज़मीन की सतह के नज़दीक रहना चाहिये परन्तु ऐसा नहीं होता और CO_2 वायुमण्डल के ऊपरी भाग प्रसरण के गुण के कारण फैल जाती है।

ग्रैहम का प्रसरण का नियम (Graham's Law of Diffusion). इस नियम के अनुसार 'गैसों के प्रसरण की आपेक्षिक गतियों (Relative Rates of Diffusion) और उनके घनत्वों के वर्गमूलों में व्युत्क्रम अनुपात (Inverse Proportion) होता है यदि तापक्रम और दबाव एक ही हों।' यदि दो गैसों के प्रसरण की गतियाँ r_1, r_2 हों और उनके घनत्व d_1, d_2 हों तो इस नियम के अनुसार

$$r_1 \propto \frac{1}{\sqrt{d_1}} \text{ और } r_2 \propto \frac{1}{\sqrt{d_2}}$$

$$\therefore \frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}} \quad \ldots \quad \ldots \text{(i)}$$

$$\text{या } r_1\sqrt{d_1} = r_2\sqrt{d_2} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \text{(ii)}$$

नोट १. गैस का आयतन जो एक सेकन्ड या एक मिनट या एक ही समय में प्रसृत होता है उसके प्रसरण की गति कहलाता है।

२. घनत्व के स्थान पर गैस का वाष्प घनत्व (Vapour Density) या उसके 1 c. c. या 1 लिटर का भार प्रयोग कर सकते हैं। परन्तु दोनों गैसों के लिए घनत्व का रूप एक ही होना चाहिए।

३. ऊपर के समीकरण में r_1, r_2, d_1 और d_2 चार मात्राएँ (Quantities) हैं। यदि इनमें से तीन ज्ञात हों तो चौथी निकाली जा सकती हैं।

४. यदि गतियों या घनत्वों का अनुपात (Ratio) दिया हो तो समीकरण (i) का प्रयोग करना चाहिए।

अभिस्यन्दन (Effusion). 'यह वह क्रिया है जिसमें कोई गैस बन्द स्थान से हवा में एक पतले छेद द्वारा प्रसरण करती है।' ग्रैहम का नियम इस क्रिया के लिये भी सत्य है। यदि r_1, r_2 अभिस्यन्दन की गतियाँ हों और d_1, d_2 गैसों के घनत्व हों तो इस नियम के अनुसार

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

हल किए हुए उदाहरण

प्रश्न १. यदि 16 c. c. हाइड्रोजन 100 सेकन्ड में प्रसृत होती है तो बताओ उसी समय में सलफर डाइऑक्साइड का कितना आयतन प्रसृत होगा? (S=32, O=16) (राजपूताना 1911)

सलफर डाइ ऑक्साइड (SO_2) का अणुभार $=32+32=64$

" " " वाष्प घनत्व $=64/2=32$

ग्रैहम के प्रसरण के नियम के अनुसार

$$\begin{array}{ccc} SO_2 & & H_2 \\ r_1\sqrt{d_1} & = & r_2\sqrt{d_2} \end{array}$$

यहाँ $r_2=16$ c. c. प्रति 100 सेकन्ड, $d_2=1$ और $d_1=32$, r_1

$$\therefore\ r_1\sqrt{32}=16\sqrt{1}$$

$$\therefore r_1 = \frac{16}{\sqrt{32}} = \frac{16}{4\times\sqrt{2}} = 2{\cdot}828$$

∴ 2·828 c. c. SO_2 100 सेकन्ड में प्रसृत होगी। उत्तर

प्रश्न २. कार्बन डाइ ऑक्साइड (CO_2) और ओज़ोन (O_3) के प्रसरण की गतियाँ 0·29 : 0·271 के अनुपात में मिलीं। यदि कार्बन डाइऑक्साइड का वाष्प घनत्व 22 हो जब कि $H_2 = 1$, तो ओज़ोन का घनत्व ज्ञात करो।

ग्रैहम के प्रसरण के नियम के अनुसार

$$O_3 \qquad CO_2$$

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

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

$$\text{यहाँ } \frac{r_2}{r_1} = \frac{\cdot 29}{\cdot 271};\ d_2 = 22,\ d_1\ ?$$

$$\therefore \sqrt{d_1} = \frac{\cdot 29}{\cdot 271}\sqrt{22}$$

$$\therefore d_1 = \frac{\cdot 29\times\cdot 29}{\cdot 271\times\cdot 271}\times 22 = 25{\cdot}19$$ उत्तर

प्रश्न ३. 30 c. c. ओज़ोन उतने ही समय में प्रसृत होती है, जितने समय में 25 c. c. क्लोरीन। यदि क्लोरीन का वाष्प घनत्व 35·4 हो तो ओज़ोन का घनत्व मालूम करो। (दिल्ली 1947)

ग्रैहम के नियम के अनुसार

$$O_3 \qquad Cl_2$$

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

$$\text{यहाँ } r_1 = 30 \text{ c. c},\ r_2 = 25 \text{ c. c.},\ d_2 = 35{\cdot}4,\ d_1?$$

$$\therefore 30\sqrt{d_1} = 25\sqrt{35{\cdot}4}$$

$$\therefore \sqrt{d_1} = \frac{25}{30}\sqrt{35{\cdot}4} = \frac{5}{6}\sqrt{35{\cdot}4}$$

$$\therefore d_1 = \frac{5 \times 5 \times 35 \cdot 4}{6 \times 6} = 24\ 58$$ उत्तर

प्रश्न ४. ऑक्सिजन मिली हुई ओज़ोन की एक बानगी की प्रसरण की गति एक ही तापक्रम और दबाव पर शुद्ध ऑक्सिजन की अपेक्षा ·91 गुनी है। यदि शुद्ध ऑक्सिजन के एक लिटर का भार 1·428 ग्राम हो तो ओज़ोन की बानगी के एक लिटर का भार ज्ञात करो और यह भी बताओ कि बानगी में शुद्ध O_3 का आयतन के अनुसार कितना प्रतिशत् होगा। शुद्ध ओज़ोन के एक लिटर का भार=2·142 ग्राम

ग्रैहम के प्रसरण के नियम के अनुसार

$$O_3+O_2 \qquad O_2$$

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

यदि शुद्ध ऑक्सिजन के x c.c. 1 सेकन्ड में प्रसृत होते हैं तो ओज़ोन की बानगी (Sample) के ·91× x c.c. 1 सेकन्ड में प्रसृत होंगे।

∴ यहाँ r_1=·91× x c.c, r_2=xc.c., d_2=1·428 ग्राम प्रति लिटर

$$\therefore \cdot 91 \times x\sqrt{d_1} = x\sqrt{1 \cdot 428}$$

$$\therefore d_1 = \frac{1 \cdot 428}{\cdot 91 \times \cdot 91} = 1 \cdot 7244$$ उत्तर I

मान लो बानगी के 100 लिटर में ऑक्सिजन y लिटर है। इस लिए ओज़ोन का आयतन=(100 − y) लिटर।

$$\text{मिश्रण का घनत्व} = \frac{y \times 1 \cdot 428 + (100 - y) \times 2 \cdot 142}{100}$$

$$\therefore \frac{y \times 1 \cdot 428 + (100 - y) \times 2 \cdot 142}{100} = 1 \cdot 7244$$

$$\text{या } 1 \cdot 428\, y + 214 \cdot 2 - 2 \cdot 142 y = 172 \cdot 44$$

$$\text{या } \cdot 714 y = 41 \cdot 76$$

$$\therefore y = 58 \cdot 487$$

∴ ओज़ोन का प्रतिशत्=(100 − 58·487) = 41·513 उत्तर II

प्रश्न ५. किसी रन्ध्रयुक्त (Porous) पात्र से 50 c.c. हाइड्रोजन प्रसृत होने के लिए 1C मिनट लगते हैं। उन्हीं अवस्थाओं में 20 c.c. नाइट्रोजन के प्रसृत होने में कितना समय लगेगा ?

मान लो 1 मिनट में नाइट्रोजन के x c. c. प्रसृत होते हैं।

1 मिनट में H_2 के 50/10=5c. c. प्रसृत होते हैं।

ग्रैहम के नियम के अनुसार

$$\begin{matrix} N_2 & & H_2 \\ r_1\sqrt{d_1} & = & r_2\sqrt{d_2} \end{matrix}$$

यहाँ $r_1 = x,\ r_2 = 5,\ d_1 = 28/2 = 14,\ d_2 = 1$

$$\therefore\ x\sqrt{14} = 5\sqrt{1}$$

$$\therefore\ x = \frac{5}{\sqrt{\ }} = \frac{5}{3{\cdot}741}$$

$\frac{5}{3{\cdot}741}$ c. c. नाइट्रोजन 1 मिनट में प्रसरित होती है।

$\therefore$ 20 ,, $\frac{3{\cdot}741 \times 20}{5}$,, ,, होगी

$= 14{\cdot}964$ मिनट **उत्तर**

प्रश्न ६. 20 c. c. हवा के प्रसृत होने में जितना समय लगता है उतने ही समय में कितनी क्लोरीन प्रसृत होगी ? हवा का घनत्व =14·4

मान लो जितने समय में 20 c. c. हवा का प्रसरण होता है, उतने ही समय में x c. c. क्लोरीन प्रसृत होती है।

ग्रैहम के नियम के अनुसार

$$\begin{matrix} Cl_2 & & \text{हवा} \\ r_1\sqrt{d_1} & = & r_2\sqrt{d_2} \end{matrix}$$

यहाँ $r_1 = x,\ r_2 = 20,\ d_1 = \frac{35{\cdot}5 \times 2}{2} = 35{\cdot}5,\ d_2 = 14{\cdot}4$

$$x\sqrt{35.5} = 20\sqrt{14.4}$$

$$x = \frac{20\sqrt{14.4}}{\sqrt{35.5}} = 12.74$$ उत्तर

प्रश्न ७. दो पात्रों A और B के जिनमें क्रमशः क्लोरीन और ऑक्सिजन का किसी दूसरी गैस के साथ मिश्रण है एक केश नली (Capillary tube) से जोड़ा जाता है। मिश्रण में 10% ऑक्सिजन है। कुछ समय तक प्रसरण होने के बाद A में बची क्लोरीन को कास्टिक पोटाश से शोषित कर लिया जाता है। बची हुई गैस में 11·05% ऑक्सिजन है। दूसरी गैस का घनत्व मालूम करो।

प्रसरण के पहले मिश्रण में 10% O_2 है।

∴ प्रसरण के पहले मिश्रण में (100 − 10) = 90% गैस है।

प्रसरण के बाद A में O_2 = 11·05%

∴ ,, ,, ,, ,, ,, गैस = (100 − 11·05)=88·95%

ग्रैहम के नियम के अनुसार

गैस O_2

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

यहाँ $r_1 \propto \frac{88.95}{90}$ और $r_2 \propto \frac{11.05}{10}$, $d_2 = 32/2 = 16$

$$\therefore \frac{88.95}{90} \times K\sqrt{d_1} = \frac{11.05}{10} \times K\sqrt{16}$$

$$\therefore \sqrt{d_1} = \frac{11.05 \times 90 \times 4}{10 \times 88.95} = \frac{11.05 \times 36}{88.95}$$

$$\therefore \sqrt{d_1} = \frac{11.05 \times 11.05 \times 36 \times 36}{88.95 \times 88.95}$$

$$= 20$$ उत्तर

प्रश्नावली ३

(१) दो गैसों A और B के प्रसरण की गतियाँ 1·052:1 के अनुपात में हैं। A के घनत्व को इकाई मानकर B का घनत्व मालूम करो। [उत्तर, 1·1067]

(२) ओज़ोन और क्लोरीन के प्रसरण की गतियाँ 6:5 के अनुपात में हैं। यदि क्लोरीन का घनत्व 36 हो तो ओज़ोन का घनत्व निकालो। (नागपुर 1931) [उत्तर, 25]

(३) किसी गैस और कार्बन डाइ-ऑक्साइड के प्रसरण की गतियों में 266 : 213 का अनुपात है। गैस का वाष्प घनत्व निकालो। (उ० प्र० 1940) [उत्तर, 14·106]

(४) नाइट्रोजन और एक अज्ञात गैस के प्रसरण की गतियाँ 1·26:1 के अनुपात में हैं। यदि नाइट्रोजन के 1 लिटर का भार 1·25 ग्राम हो तो 1 c. c. गैस का भार मालूम करो। [उत्तर, ·0019844 ग्राम

(५) हाइड्रोजन और मेथन (CH_4) के बराबर आयतन एक रन्ध्र-युक्त पात्र में रक्खे जाते हैं। इस पात्र में से हाइड्रोजन 1 लिटर प्रति घन्टे की दर से प्रसृत होती है। एक घन्टे के बाद पात्र में हाइड्रोजन और मेथन का अनुपात मालूम करो। (उ० प्र० १९४३)

[उत्तर, $H : CH_4 = (x - 1) : (x - \cdot 3535)$]

यहाँ x प्रत्येक गैस का प्रारम्भ में आयतन है।

(६) किसी हाइड्रोकार्बन के 180 c. c. 15 मिनट में प्रसृत होते हैं। उन्हीं अवस्थाओं में सलफर डाइ-ऑक्साइड (SO_2) के 120 c. c. 20 मिनट में प्रसृत होते हैं। यदि SO_2 का अणु भार 64 हो तो हाइड्रोकार्बन का घनत्व तथा अणुभार मालूम करो। (नागपुर १९३३, उ० प्र० १९५४) [उत्तर, 8, 16]

(७) किसी पात्र से हाइड्रोजन के 50 आयतन 85 सेकन्ड में प्रसृत होते हैं। उन्हीं अवस्थाओं में नाइट्रस ऑक्साइड (N_2O) के 35 आयतन कितनी देर में प्रसृत होंगे? (उ० प्र० 1936)

[उत्तर, 279·1 सेकन्ड]

(८) सलफर डाइ ऑक्साइड ऑक्सिजन की अपेक्षा 2·048 गुना भारी है। जितने समय में 50 c. c. सलफर डाइ आक्साइड प्रसृत होती उतने ही समय में कितनी ऑक्सिजन प्रसृत होगी? (बम्बई)
[उत्तर, 71··5 c. c.]

(६) एक रन्ध्रयुक्त प्लेट के द्वारा 180 c. c. ऑक्सिजन 30 सेकन्ड में प्रसृत होती है। 400 c. c. कार्बन डाइ ऑक्साइड उसी प्लेट से कितनी देर में प्रसृत होगी? (ऑक्सिजन का अणु-भार=32, CO_2 का अणुभार=44)
[उत्तर, 78·18 सेकेंड]

(१०) किसी गैस के 1 लिटर का भार 1·44 ग्राम है। जितने समय में इस गैस के 20 c. c. प्रसृत होते हैं उतने ही समय में हाइड्रोजन का कितना आयतन उन्हीं अवस्थाओं में प्रसृत होगा? H_2 के 1 लिटर का भार = ·09 ग्राम
[उत्तर, 80 c. c.]

(११) 25 c. c. मार्श गैस (CH_4) 4 सेकन्ड में प्रसृत होता है तो बताओ 10 सेकन्ड में कितनी नाइट्रिक ऑक्साइड (NO) प्रसृत होगी?
[उत्तर, 45·64 c. c.]

(१२) ओज़ोन और क्लोरीन के प्रसरण की दर 6 : 5 के अनुपात में है। यदि क्लोरीन का वाष्प घनत्व 36 हो और 1 लिटर H_2 का भार ·09 ग्राम हो तो ओज़ोन के एक लिटर का भार बताओ।
[उत्तर, 2·25 ग्राम]

(१३) ओज़ोन मिली हुई ऑक्सिजन की एक बानगी में 20% ओज़ोन आयतन के अनुसार है। इस बानगी का एक निश्चित आयतन 175 सेकन्ड प्रसृत होता है जबकि शुद्ध ऑक्सिजन का उतना ही आयतन 168 सेकन्ड में उन्हीं अवस्थाओं में प्रसरण करता है। शुद्ध ओज़ोन का घनत्व निकालो।
[उत्तर, 22·8]

(१४) HCl गैस के 100 c. c. ऑक्सिजन से मिलाये जाते हैं और इस मिश्रण में से 18 c. c. HCl आधे घन्टे में प्रसृत। होतीहै दूसरी एसिड गैस के 12 c. c. उन्हीं अवस्थाओं में उतने ही समय में प्रसृत होते हैं। दूसरी गैस का अणुभार निकालो। [उत्तर, 82·125]

अध्याय ४

रासायनिक संयोग के नियम

(Laws of Chemical Combination)

प्रकृति में प्रत्येक क्रिया नियम के अनुसार होती है। रासायनिक प्रतिक्रिया भी कुछ नियमों के अनुसार होती है, जिनको रासायनिक संयोग के **मौलिक** (Fundamental) नियम कहते हैं । ये नियम निम्नलिखित हैं :—

१. **पदार्थ के स्थायित्व का नियम** (Law of Conservation of Mass or Law of Indestructibility of Matter). इस नियम के अनुसार रासायनिक प्रतिक्रिया में पदार्थ न नष्ट होता है और न बनता है, केवल रूप बदल सकता है । प्रतिक्रिया में भाग लेने वाले पदार्थों के भारों के योग (Sum) में कोई परिवर्त्तन नहीं होता । यदि कुछ पदार्थ A, B, C आदि आपस में प्रतिक्रिया करके M, N, P....आदि पदार्थ बनाते हैं और यदि क्रिया में भाग लेनेवाले पदार्थों के भार a, b, c आदि हों और बननेवाले पदार्थों के भार m, n, p आदि हों तो इस नियम के अनुसार

$$a+b+c+\ldots\ldots\ldots\ldots = m+n+p+\ldots\ldots\ldots\ldots$$

२. **स्थिर अनुपात का नियम** (Law of Constant, Definite or Fixed Proportions). इस नियम के अनुसार यदि कोई यौगिक किसी प्रकार और कहीं पर बनाया जाए या उसका विश्लेषण किया जाए तो उसमें सर्वदा वही तत्त्व एक ही अर्थात् स्थिर अनुपात में होंगे। इस प्रकार अमोनिया गैस में सर्वदा दो ही तत्त्व N_2 और H_2 होंगे और इन तत्त्वों का अनुपात भी हमेशा भार के अनुसार **14:3** होगा।

३. अपवर्त्य या गुणित अनुपात का नियम (Law of Multiple Proportions). इस नियम के अनुसार यदि कोई दो तत्त्व A और B आपस में भिन्न-भिन्न अनुपातों में रासायनिक संयोग करके पृथक पृथक् यौगिक बनाते हैं तो A के भिन्न-भिन्न भार जो B के एक ही भार से अलग - अलग यौगिकों में संयोग करते हैं हमेशा सरल अनुपात (Simple Ratio) में होते हैं।

मान लो एक यौगिक में A के a ग्राम B के b ग्राम से संयोग करते हैं और दूसरे यौगिक में A के c ग्राम B के d ग्राम से संयोग करते हैं।

पहले यौगिक में A के a ग्राम B के b ग्राम से संयोग करते हैं।

$\therefore$,, ,, ,, A का 1 ,, ,, ,, $\frac{b}{a}$,, ,, ,, करेगा।

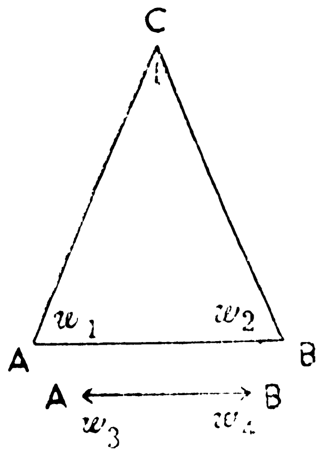
दूसरे यौगिक में A के c ग्राम B के d ग्राम से संयोग करते हैं।

$\therefore$,, ,, ,, A का 1 ,, ,, ,, $\frac{d}{c}$,, ,, ,, करेगा।

इस प्रकार इस नियम के अनुसार $\frac{b}{a} : \frac{d}{c}$ को सरल अनुपात में होना चाहिए अर्थात् इस अनुपात में पूरी-पूरी छोटी संख्याएँ होनी चाहिए।

४. व्युत्क्रम या परस्पर अनुपात का नियम (Law of Reciprocal Proportions). इस नियम के अनुसार यदि दो तत्त्व A और B अलग-अलग तीसरे तत्त्व C से संयोग करके यौगिक बनाते हैं तो A और B के भिन्न भारों का अनुपात जो कि C के एक निश्चित भार से संयोग करते हैं या तो वही होता है जिसमें A और B संयोग करते हैं या इसका कोई सरल गुणित (Multiple) होता है।

इस नियम की परिभाषा नीचे के चित्र द्वारा स्पष्ट हो जाती है।



AC यौगिक में A के W_1 ग्राम C के 1 ग्राम से संयोग करते हैं। BC यौगिक में B के W_2 ग्राम C के 1 ग्राम से संयोग करते हैं। इस प्रकार A और B के भिन्न-भिन्न भारों का अनुपात जो C के 1 ग्राम से संयोग करते हैं $W_1 : W_2$ है। A और B आपस में $W_3 : W_4$ के अनुपात में संयोग करते हैं। इस नियम के अनुसार $W_1 : W_2$ या $W_3 : W_4$ के बराबर होगा या इसका कोई सरल गुणित होगा, दूसरे शब्दों में W_1/W_2 और W_3/W_4 का अनुपात सरल होगा अर्थात् इस अनुपात में पूरी-पूरी छोटी संख्याएँ होंगी।

नोट १. किसी तत्त्व को हम त्रिभुज के शीर्ष (Vertex) पर रख सकते हैं।

२. एक तत्व दूसरे तत्त्व से संयोग कर सकता है या उसे हटा सकता है।

रासायनिक संयोग के नियमों से सम्बन्धित प्रश्नों को हल करने के लिए विद्यार्थी को निम्नलिखित बातें याद रखनी चाहिए :—

१. यदि कुछ पदार्थ आपस में प्रतिक्रिया करके दूसरे पदार्थ बनाते हैं तो प्रश्न में दिए अंकों से **'स्थायित्व का नियम'** समझाया जा सकता है।

२. यदि एक ही यौगिक कई प्रकार से बनाया जाता है या उसका विश्लेषण किया जाता है तो प्रश्न में दिए अंकों से **स्थिर अनुपात का नियम** समझाया जा सकता है।

३. यदि दो तत्त्व आपस में संयोग करके दो या दो से अधिक यौगिक बनाते हैं तो प्रश्न में दिए हुए अंकों से **गुणित अनुपात का नियम समझाया जा सकता है।**

४. यदि प्रश्न में तीन तत्त्व हैं और दो-दो तत्त्व आपस में संयोग करके तीन पृथक-पृथक यौगिक बनाते हैं तो **व्युत्क्रम अनुपात का नियम** समझाया जा सकता है।

हल किए हुए उदाहरण

प्रश्न १. 2·1 ग्राम मेगनीशियम कार्बोनेट ($MgCO_3$) को गर्म करने पर 27° C और 700 mm. दबाव पर 668·14 c. c. कार्बन डाइऑक्साइड प्राप्त होती है और 1 ग्राम MgO बच रहता है। यदि N.T.P. पर 22·4 लिटर CO_2 का भार 44 ग्राम हो तो बताओ इन अंकों से रासायनिक संयोग का कौनसा नियम समझाया जा सकता है ?

मान लो प्राप्त CO_2 का N. T. P. पर आयतन = V_0 c. c.

गैस समीकरण के अनुसार $\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$

$$\therefore \frac{760 \times V_0}{273} = \frac{700 \times 668{\cdot}14}{273+27}$$

$$\therefore V_0 = \frac{700 \times 668{\cdot}14 \times 273}{300 \times 760}$$

$$= 560{\cdot}02$$

N.T.P. पर 22400 c.c. CO_2 का भार=44 ग्राम

$\therefore$ „ „ 560·2 „ „ $= \frac{44 \times 560{\cdot}02}{22400}$ ग्राम

=1·1 ग्राम करीब-करीब।

$\therefore$ MgO का भार + CO_2 का भार = (1+1·1) ग्राम = 2 1 ग्राम

इस प्रकार इस क्रिया में पदार्थ नष्ट नहीं होता। इसलिए प्रश्न में दिए हुए अकों से **स्थायित्व का नियम** सिद्ध होता है।

प्रश्न २. 1·375 ग्राम क्यूप्रिक ऑक्साइड को हाइड्रोजन की उपस्थिति में गर्म करने पर 1·098 ग्राम कॉपर मिला। दूसरे प्रयोग में 1·179

ग्राम कॉपर HNO_3 में घोला गया और इस प्रकार प्राप्त कॉपर नाइट्रेट को गर्म करने से 1·476 ग्राम क्यूप्रिक ऑक्साइड मिला। इन अंकों से रासायनिक संयोग के किस नियम की सत्यता दिखाई जा सकती है?

प्रश्न में दिए हुए अंकों से स्थिर अनुपात के नियम की सत्यता दिखाई जा सकती है, क्योंकि एक ही पदार्थ CuO दो प्रकार से बनाया जाता है।

CuO की पहली बानगी में 1·098 ग्राम Cu ऑक्सिजन के (1·375 − 1·098) ग्राम = ·277 ग्राम से संयोग करता है। इसलिए इस बानगी में Cu और O_2 का अनुपात 1·098 : ·277 या 3·96:1 है।

CuO की दूसरी बानगी में 1·179 ग्राम Cu ऑक्सिजन के (1·476 − 1·179) ग्राम=·297 ग्राम से संयोग करता है। इसलिए इस बानगी में Cu और O_2 का अनुपात 1·179:·297 या 3·96:1 है।

इस प्रकार CuO की दोनों बानगियों में Cu और O_2 का एक ही अनुपात है। इसलिए इससे **स्थिर अनुपात का नियम** सत्य प्रकट होता है।

प्रश्न ३. एक धातु दो क्लोराइड बनाती है। एक क्लोराइड में 35·86% क्लोरीन है और दूसरे में 52·79% क्लोरीन है। साबित करो कि ये अंक गुणित अनुपात के नियम की पुष्टि करते हैं।

पहले क्लोराइड में 35·86% Cl_2 है।

∴ पहले क्लोराइड में (100 − 35·86) = 64·14% धातु है।

पहले क्लोराइड में 35·86 ग्राम Cl_2, 64·14 ग्राम धातु से संयोग करती है।

$$\therefore \quad " \quad " \quad 1 \quad " \quad \frac{64{\cdot}14}{35{\cdot}86} \quad " \quad " \quad " \quad " \quad "$$

$$=1{\cdot}79$$

दूसरे क्लोराइड में Cl_2 = 52·79%

∴ " " " धातु = (100 − 52·79)=47·21%

∴ इस क्लोराइड में 52·79 ग्राम Cl_2, 47·21 ग्राम धातु से संयोग करती है।

$$\therefore \quad " \quad " \quad " \quad 1 \quad \frac{47{\cdot}21}{52{\cdot}79} \quad " \quad " \quad " \quad " \quad "$$

$$= {\cdot}894$$

इस प्रकार धातु के भिन्न भिन्न भारों का अनुपात जो Cl_2 के एक ही भार यानी 1 ग्राम से दो क्लोराइडों में संयोग करते हैं 1·79 : ·89 यानी 2 : 1 है। चूँकि यह अनुपात सरल है इसलिए इससे **गुणित अनुपात के नियम** की पुष्टि होती है।

प्रश्न ४. स्टास के एक प्रयोग में 1·0 ग्राम कार्बन ने 3·7 ग्राम कार्बन डाइऑक्साइड दी। दूसरे प्रयोग में जब कार्बन के निम्नकोटिक ऑक्साइड (Lower oxide) को गर्म क्यूप्रिक ऑक्साइड पर प्रवाहित किया गया तो 61·9 ग्राम कार्बन डाइऑक्साइड मिली और क्यूप्रिक ऑक्साइड का भार 22·5 ग्राम कम हो गया। निम्नकोटिक ऑक्साइड (Lower oxide) का प्रतिशत् संगठन मालूम करो और साबित करो कि इन अंकों से गुणित अनुपात के नियम की पुष्टि होती है।

1 ग्राम कार्बन 3·7 ग्राम CO_2 देता है।

$\therefore$ CO_2 में 1 ग्राम कार्बन, (3·7 – 1) ग्राम=2·7 ग्राम O_2 से संयुक्त है।

जब कार्बन के निम्न कोटिक (lower) ऑक्साइड को CuO के ऊपर प्रवाहित किया गया तब उसने CuO से ऑक्सिजन लेकर CO_2 बनाई।

3·7 ग्राम CO_2 में 1 ग्राम कार्बन होता है।

$\therefore$ 61·9 ,, $\frac{1 \times 61.9}{3 \cdot 7}$,, होगा।

=16·73 ग्राम

CuO के भार में कमी ऑक्सिजन देने की वजह से हुई।

$\therefore$ CuO ने 22·5 ग्राम O_2 दी।

$\therefore$ कार्बन की निम्नकोटिक (Lower) ऑक्साइड का भार

=(61·9–22·5) ग्राम=39·4 ग्राम

$\therefore$ कार्बन के निम्नकोटिक ऑक्साइड में O_2 का भार=

(39·4–16·73) ग्राम=22·67 ग्राम

$\because$ कार्बन के निम्नकोटिक ऑक्साइड में C का प्रतिशत्

$$= \frac{16 \cdot 73 \times 100}{39 \cdot 4} = 42 \cdot 41$$

$\therefore$,, ,, O_2 ,, = 100—42·4 =57·59

निम्नकोटिक ऑक्साइड में 16·73 ग्राम कार्बन 22·67 ग्राम O_2 से संयुक्त है।

$\therefore$,, ,, 1 ,, ,, $\frac{22{\cdot}67}{16{\cdot}73}$,, ,,

=1·35 ग्राम।

ऑक्सिजन के भिन्न-भिन्न भारों का अनुपात जो C के एक ही भार यानी 1 ग्राम से दो ऑक्साइडों में संयोग करते हैं 2·7 : 1·35 यानी 2:1 है। चूंकि यह अनुपात सरल है इसलिए इससे **गुणित अनुपात** के नियम की पुष्टि होती है।

प्रश्न ५. किसी धातु के दो ऑक्साइडों A और B को H_2 से गर्म करने पर निम्नलिखित अंक प्राप्त हुए:—

A के 1·975 ग्राम ने 0·45 ग्राम पानी दिया।

B के 1·42 ग्राम ने 0·18 ग्राम पानी दिया।

इन अंकों से रासायनिक संयोग का कोई नियम समझाओ! प्रश्न में दिए गए अंकों से गुणित अनुपात का नियम समझाया जा सकता है क्योंकि धातु और ऑक्सिजन दो तत्वों ने भिन्न-भिन्न अनुपातों में संयोग करके दो ऑक्साइड दिए।

$$H_2 + O_2 = H_2O$$
$$2 + 16 \quad 18$$

18 ग्राम पानी में 16 ग्राम O_2 है।

$\therefore$ ·45 ,, में $\frac{16 \times {\cdot}45}{18}$,, होगी।

=·4 ग्राम

इसी प्रकार 0·18 ग्राम पानी में O_2 का भार=$\frac{16 \times {\cdot}18}{18}$ ग्राम

=·16 ग्राम

A के 1·975 ग्राम ऑक्साइड में ·4 ग्राम O_2 थी।

∴ A ,, ,, ,, धातु का भार=(1·975 – ·4) ग्राम
= 1·575 ग्राम

A में ·4 ग्राम O_2 ने 1·575 ग्राम धातु से संयोग किया।

∴ 1 ,, ,, 3·9375 ,, ,, करेगी।

B के 1·42 ग्राम में ·16 ग्राम O_2 थी।

∴ ,, ,, ,, (1·42 – ·16)=1·26 ग्राम धातु थी।

B में ·16 ग्राम O_2 ने 1·26 ग्राम धातु से संयोग किया।

∴ 1 ,, ,, 7·875 ,, ,, ,, करेगी।

इस प्रकार धातु के भारों का अनुपात जो O_2 के 1 ग्राम से संयोग करते हैं 3·9 : 7·875 यानी 1 : 2 है जोकि सरल है। इसलिए यह **गुणित अनुपात** के नियम को समझाता है।

प्रश्न ६. किसी प्रयोग में 1·413 ग्राम मरक्यूरिक ऑक्साइड (HgO) को गर्म करने पर 73·2 c. c. ऑक्सिजन N. T. P. पर प्राप्त हुई। दूसरे प्रयोग में 1·90 ग्राम मरक्यूरस ऑक्साइड (Hg_2O) ने 0°C और 750 mm. दबाव पर 51·8 c. c. ऑक्सिजन दी। इन अंकों द्वारा रासायनिक संयोग का कौन सा नियम समझाया जा सकता है?

N. T. P. पर 22400 c.c. O_2 का भार= 32 ग्राम

∴ ,, ,, 73·2 ,, ,, $= \frac{32 \times 73.2}{22400}$,,

= ·1046 ग्राम

HgO के 1·413 ग्राम में ·1046 ग्राम O_2 है।

∴ ,, ,, (1·413 – ·1046)=1·3084 ग्राम Hg है।

HgO में ·1046 ग्राम, O_2 1·3084 ग्राम Hg से संयुक्त है।

∴ ,, 1 ,, $\frac{1.3084}{\cdot 1046}$,, ,, होगी।

= 12·5 ग्राम

मान लो Hg_2O से प्राप्त O_2 का आयतन N.T.P. पर=V_0c.c.

∴ गैस समीकरण के अनुसार

$$V_0 = \frac{P \times V \times T_0}{T \times P_0} = \frac{750 \times 51{\cdot}8 \times 273}{273 \times 760} = 51{\cdot}12$$

N. T. P. पर 51·12 c. c. O_2 का भार $= \frac{32 \times 51{\cdot}12}{22400}$

$= {\cdot}0730$ ग्राम

Hg_2O के 1·9 ग्राम में ·073 ग्राम O_2 है।

∴ „ „ (1·9 – ·073) =1·827 ग्राम Hg है।

Hg_2O में ·073 ग्राम O_2, 14827 ग्राम Hg से संयुक्त है।

∴ „ „ 1 „ $\frac{1{\cdot}827}{{\cdot}073}$ „ „ होगी।

=25

इस प्रकार Hg के उन भारों का अनुपात जोकि O_2 के 1 ग्राम से HgO और Hg_2O में क्रमश: संयोग करते हैं 12·5 : 25 यानी 1 : 2 है। चूँकि यह अनुपात सरल है इसलिए प्रश्न में दिए गए अंकों से **गुणित अनुपात का नियम** समझाया जा सकता है।

प्रश्न ७. दो हाइड्रोकार्बनों की बानगियाँ O_2 में जलाई जाती हैं। पहली बानगी के 0·016 ग्राम ने 23·9 c.c. CO_2 और दूसरी बानगी के 0·052 ग्राम ने 95·8 c. c. CO_2 15°C और 755mm. दबाव पर दी। समझाओ कि इन अंकों से गुणित अनुपात के किस नियम की पुष्टि होती है। (उत्तर प्रदेश १९४४)

माना कि 95·8 c.c. CO_2 का आयतन N.T.P. पर V_0 c.c. है।

गैस समीकरण के अनुसार

$$\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$$

$$\therefore \frac{760 \times V_0}{273} = \frac{755 \times 95{\cdot}8}{273 + 15}$$

$$\text{या } V_0 = \frac{755 \times 95{\cdot}8 \times 273}{288 \times 760} = 90{\cdot}21$$

$$\underset{12}{C} + O_2 = \underset{22400 \text{ c.c. N.T.P. पर}}{CO_2}$$

N.T.P. पर 22400 c.c. CO_2 में 12 ग्राम C होता है।

$\therefore$ " 90·21 " " " $\frac{12 \times 90{\cdot}21}{22400}$ होगा।

= ·04832 ग्राम

15°C और 755mm.दबाव पर 95.8 c.c. CO_2 में ·04832 ग्राम C है।

$\therefore$ " " " 23·9 c. c. " $\frac{{\cdot}04832 \times 23{\cdot}9}{95{\cdot}8}$ " है।

= ·01208ग्राम

पहले हाइड्रोकार्बन में H_2 का भार = (·016 – ·01208)

= ·00392 ग्राम

·00392 ग्राम H_2 ·01208 ग्राम C से संयोग करती है।

$\therefore$ 1 " $\frac{{\cdot}01208}{{\cdot}00392}$ ग्राम C से संयोग करेगी।

= 3·08 ग्राम

दूसरे हाइड्रोकार्बन में H_2 का भार = (·052 – ·04832)

= ·00368 ग्राम

·00368 ग्राम H_2, ·04832 ग्राम C से संयोग करती है।

$\therefore$ 1 " " $\frac{{\cdot}04832}{{\cdot}00368}$ " " " " " "

= 13·1 ग्राम

कार्बन के विभिन्न भारों का अनुपात जो H_2 के एक ही भार यानी 1 ग्राम से संयोग करते हैं 3·08 : 13·1 यानी 1:4 है। यह एक सरल अनुपात है अतः यह गुणित अनुपात के निमम की पुष्टि करता है।

प्रश्न ८. नाइट्रिक ऑक्साइड (NO) में 46·66% N_2 है। पानी में 11·21% H_2 है और अमोनिया (NH_3) में 17·78% N_2 है। समझाओ कि इन यौगिकों के बनने में व्युत्क्रम अनुपात का नियम (Law of Reciprocal Proportions) लागू होता है।

नाइट्रिक ऑक्साइड में 46·66% N_2 है।

∴ " " " (100 − 46·66) = 53·34% O_2 है।

∴ NO में 53·34 ग्राम O_2 46·66 ग्राम N_2 संयोग करती है।

∴ " " 1 " $\frac{46·66}{53·34}$ " " " करेगी।

= ·874 ग्राम

पानी में 11·21% H_2 है।

∴ पानी में (100 − 11·2)= 88·8% O_2 है।

H_2O में 88·8 ग्राम O_2 11·2 ग्राम H_2 से संयोग करती है।

∴ " " " " $\frac{11·2}{88·8}$ " " " " करेगी।

=·126 ग्राम

इस प्रकार H_2 और N_2 के विभिन्न भारों का अनुपात जोकि O_2 के एक ही भार अर्थात् 1 ग्राम से संयोग करते हैं में ·126: ·874 यानी 1:7 है। .... (i)

NH_3 में 17·78% H_2 है।

∴ " (100 − 17·78)=82·22% N_2 है

∴ NH_3 में H_2 और N_2 के भारों का अनुपात 17·78:82·22 यानी 1:4·62 है। .... (ii)

इस प्रकार H_2 और N_2 के विभिन्न भारों के अनुपात (i) और अनुपात (ii) जिसमें ये NH_3 में संयोग करते हैं निम्नलिखित अनुपात हैं!

$$\frac{1}{7} : \frac{1}{4·62}$$

या 4·62:7

या 1 : 1·5

या 2 : 3

चूँकि यह अनुपात सरल है इसलिए यौगिकों के बनने में **व्युत्क्रम अनुपात का नियम** लागू होता है।

प्रश्न ६. समझाओ कि नीचे दिए हुए प्रयोगफल एक साथ लेने पर किस नियम की पुष्टि करते हैं :—

(a) 0·46 ग्राम Mg, 0·77 ग्राम MgO देता है।

(b) 0·82 ग्राम Mg किसी अम्ल में N.T.P. पर 760 c.c. H_2 देता है।

(c) 1·11 ग्राम O_2 हाइड्रोजन से संयोग करके 1·25 ग्राम पानी देती है।

(N.T.P. पर 1c.c. H_2 का भार = ·00009 ग्राम) [उ० प्र० १९३२]

·46 ग्राम Mg ·77 ग्राम MgO देता है।

∴ ·46 ग्राम Mg(·77 − ·46) = ·31 ग्राम O_2 से संयोग करता है।

∴ 1 " " $\frac{\cdot 31}{\cdot 46}$ ग्राम O_2 से संयोग करता है।

= ·673 ग्राम

N.T.P. पर 1c.c. H_2 का भार = ·00009 ग्राम

∴ " " 760 c.c. " " = ·00009 × 760 = ·0684 ग्राम

·82 ग्राम Mg 0·0684 ग्राम H_2 हटाता है।

∴ 1 " " $\frac{\cdot 0684}{\cdot 82}$ "

= ·0834 ग्राम

इस प्रकार H_2 और O_2 के भारों का अनुपात जो Mg को एक ही भार यानी 1 ग्राम से क्रमश: मुक्त होते हैं तथा संयोग करते हैं ·0834 : ·673 यानी 1 : 8 है।

1·25 ग्राम पानी में 1·11 ग्राम ऑक्सिजन है।

∴ ,, ,, ,, ,, (1·25 − 1·11) ग्राम=·14 ग्राम H_2 है।

∴ H_2 और O_2 ·14 : 1·11 यानी 1 : 8 के अनुपात में संयोग करते हैं।

इस प्रकार दोनों अनुपात एक ही हैं। इसलिए प्रश्न में दिए हुए अंकों से व्यत्क्रम अनुपात के नियम की पुष्टि होती है।

प्रश्नावली ४

(१) 50 ग्राम कैलसियम कार्बोनेट ($CaCO_3$) को गर्म करने पर 28 ग्राम कैलसियम ऑक्साइड (CaO) और 11·4 लिटर कार्बन डाइ-ऑक्साइड (CO_2) N.T.P. पर प्राप्त होती है। इस प्रतिक्रिया द्वारा रासायनिक संयोग का कौन सा नियम साबित होता है ?

(22·4 लिटर CO_2 का N.T.P. पर भार=44 ग्राम)

[उत्तर, 'पदार्थ के स्थायित्व का नियम;]

(२) 3·20 ग्राम कॉपर को नाइट्रिक एसिड में घोलने पर जो कॉपर नाइट्रेट मिलता है वह गर्म करने पर 4·0 ग्राम कॉपर ऑक्साइड देता है। दूसरे प्रयोग में 0·80 ग्राम कॉपर ऑक्साइड हाइड्रोजन से अपचित (Reduce) होकर 0·64 ग्राम कॉपर देता है। इन प्रयोगों में प्राप्त अंकों से रासायनिक संयोग का कौन सा नियम साबित होता है ?

[उत्तर, 'स्थिर अनुपात का नियम']

(३) प्रयोगशाला में बनाएगए सोडियम क्लोराइड की एक वानगी में 60·37% क्लोरीन है। समुद्र के पानी से बनाए गए 1000 ग्राम सोडियम क्लोराइड में 543·3 ग्राम क्लोरीन मिलती है। यदि समुद्र के पानी में 10% अशुद्धि हो तो बताओ इन अंकों से रासायनिक संयोग का कौन सा नियम साबित होता है ? [उत्तर, 'स्थिर अनुपात का नियम']

(४) 24·5 ग्राम पोटैसियम क्लोरेट ($KClO_3$) को गर्म करने पर 6·72 लिटर ऑक्सिजन N.T.P. पर देता है और 14·9 ग्राम

पोटैसियम क्लोराइड (KCl) बच रहता है। इन अंकों से रासायनिक संयोग का कौन सा नियम समझाया जा सकता है? नियम की परिभाषा लिखो। (22·4 लिटर O_2 का N. T. P. पर भार = 32 ग्राम)

[उत्तर, 'पदार्थ के स्थायित्व का नियम']

(५) फॉसफोरस के दो क्लोराइडों में क्रमश: 74·45% और 85·13% क्लोरीन है। साबित करो कि इन यौगिकों से अपवर्त्य या गुणित अनुपात का नियम समझाया जा सकता है।

(६) दो तत्त्व A और B आपस में संयोग करके तीन विभिन्न यौगिक बनाते हैं जिनमें तत्त्व B क्रमश: 25%, 14·28% और 7·69% है। इन अंकों से गुणित अनुपात का नियम समझाओ।

(७) किसी धातु के एक ऑक्साइड के ·429 ग्राम को H_2 से अपचित करने पर ·381 ग्राम धातु मिलती है। दूसरे ऑक्साइड के ·750 ग्राम को अपचित (Reduce) करने पर ·3595 ग्राम धातु मिलती है। इन अंकों से रासायनिक संयोग का कौन सा नियम समझाया जा सकता है?

[उत्तर, 'गुणित अनुपात का नियम']

(८) किसी तत्त्व के तीन क्लोराइडों ने निम्नलिखित अंक दिए:—

(i) 0·3643 ग्राम तत्त्व 0·5060 ग्राम क्लोरीन से संयोग करता है।
(ii) 1·6149 ग्राम „ 3·3638 ग्राम „ „
(iii) 0.6580 ग्राम „ 1·8279 ग्राम „ „

इन अंकों से रासायनिक संयोग का कोई नियम समझाओ और उसकी परिभाषा लिखो। [उत्तर, 'गुणित अनुपात का नियम']

(९) फेरस सलफेट में 36·76% और फेरिक सलफेट में 27·93% Fe है। इन अंकों से रासायनिक संयोग का कौन सा नियम साबित होता है?

[उत्तर 'गुणित अनुपात का नियम']

(१०) नाइट्रोजन के एक ऑक्साइड के 11 ग्राम से 5·6 लिटर नाइट्रोजन N. T. P. पर मिलती है। दूसरे ऑक्साइड के 15 ग्राम 37°C और 720 mm. दबाव पर 6·79 लिटर N_2 देते हैं। इन अंकों से

रासायनिक संयोग का कौन सा नियम साबित हो सकता है ?

[उत्तर 'गुणित अनुपात का नियम']

(११) एक धातु दो ऑक्साइड देती है। इन ऑक्साइडों के 1 ग्राम को अपचित करने पर क्रमशः ·881 ग्राम और ·788 ग्राम धातु मिलती है। इन अंकों से गुणित अनुपात का नियम समझाओ।

(१२) एक तत्त्व दो ऑक्साइड बनाता है। पहले ऑक्साइड के 4 ग्राम N. T. P. पर 1·6 लिटर O_2 देते हैं। दूसरे ऑक्साइड के 11 ग्राम 5·6 लिटर O_2 N. T. P. पर देते हैं। इन अंकों से रासायनिक संयोग का कौन सा नियम समझाया जा सकता है ? [उत्तर, गुणित अनुपात का नियम]

(१३) स्टैनस नाइट्रेट में 48·98% टिन है और स्टैनिक नाइट्रेट में 32·43% टिन है। इन अंकों से गुणित अनुपात का नियम समझाओ।

(१४) लेड (Pb) के ऑक्साइडों में लेड की मात्रा क्रमशः 92·85%, 90·63% है। इन अंकों द्वारा गुणित अनुपात का नियम समझाओ।

(१५) 1 ग्राम हाइड्रोजन को जलाने से 9 ग्राम पानी मिलता है। 2 ग्राम हाइड्रोजन सलफर से संयोग करके 34 ग्राम सलफ्यूरेटेड हाइड्रोजन देती है। 2 ग्राम सलफर से 5 ग्राम सलफर डाइऑक्साइड प्राप्त होती है। इन अंकों द्वारा व्युत्क्रम अनुपात का नियम (Law of Reciprocal Proportions) समझाओ।

(१६) प्रयोगों से प्राप्त निम्न अंकों द्वारा रासायनिक संयोग का कौनसा नियम समझाया जा सकता है ? इस नियम की परिभाषा लिखो।

(i) 1·09 ग्राम ज़िंक से 1·357 ग्राम ज़िंक ऑक्साइड मिला।

(ii) ·327 ग्राम ज़िंक ने हलके H_2SO_4 से क्रिया करके 112-c. c. H_2 दी।

(iii) हाइड्रोज़न परौक्साइड में 5·87% हाइड्रोज़न है।

[उत्तर 'व्युत्क्रम अनुपात का नियम']

(१७) निम्न लिखित अंक रासायनिक संयोग के किस नियम के उदाहरण हैं ? उस नियम को बताओ।

(i) 1·2 ग्राम कार्बन 6·4 ग्राम गन्धक से संयोजित होता है।

(ii) 3·55 ग्राम क्लोरीन 0·3 ग्राम कार्बन से संयोजित होती है।

(iii) 3·2 ग्राम गन्धक (सलफर) 7·1 ग्राम क्लोरीन से संयोजित होता है।

[उत्तर, 'व्युत्क्रम अनुपात का नियम']

(१८) हाइड्रोज़न सलफाइड में 5·88% हाइड्रोज़न है और पानी में 11·11% हाइड्रोज़न है। सलफर ट्राइऑक्साइड में 40% सलफर और शेष ऑक्सिज़न है। इन अंकों से व्युत्क्रम अनुपात का नियम समझाओ।

(१९) फॉसफीन में 91·1% फॉसफोरस और 8·9% हाइड्रोज़न है। पानी में 11·2% हाइड्रोज़न है। यदि फॉसफोरस के किसी ऑक्साइड में 56·4% फॉसफोरस और बाकी ऑक्सिजन हो तो इन अंकों से व्युत्क्रम अनुपात का नियम समझाओ।

(२०) 5 ग्राम स्टैनस सलफाइड में 3·94 ग्राम टिन है और 4 ग्राम स्टैनिक सलफाइड में 2·6 ग्राम टिन है। इन अंकों द्वारा गुणित अनुपात का नियम समझाओ।

अध्याय ५

गैसों तथा उड़नशील पदार्थों के अणुभार

(Molecular Weights of Gases & Volatile substances)

अणुभार (Molecular Weight). 'किसी पदार्थ का **अणुभार** वह संख्या है जो यह बतलाती है कि उस पदार्थ का एक अणु ऑक्सिजन के परमाणु के भार के 1/16 भाग से कितने गुना भारी है।'

ग्राम अणु (Gram Molecule or Mole). यदि किसी पदार्थ के अणुभार को ग्राम में लिखें तो वह भार उस पदार्थ के एक **ग्राम अणु (Gram Mole)** के बराबर होता है।

वाष्प घनत्व और अणु भार : एवोगेड्रो के सिद्धान्त के आधार पर यह साबित किया गया है कि किसी गैस या वाष्प का अणुभार उसके वाष्प घनत्व का दुगुना होता है।

अणुभार (M. W.) = 2 × वाष्प घनत्व (V. D.)

नोट. आधुनिक समय में ऑक्सिजन के परमाणु के भार के 1/16 भाग को अणुभार के लिए प्रमाण (Standard) माना गया है इसलिए अणुभार और वाष्प घनत्व में ठीक-ठीक निम्न लिखित सम्बन्ध है:—

अणुभार = 2·016 × वाष्प घनत्व

गैसों के ग्राम अणु का आयतन : प्रत्येक गैस या वाष्प के ग्राम अणु का आयतन सामान्य तापक्रम और दबाव (N. T. P.) पर 22·4 लिटर या 22400 c.c. होता है। इस प्रकार यदि किसी गैस के 22400 c.c. का भार N. T. P. पर मालूम हो तो उसका अणुभार ज्ञात हो जाता है।

गैसों के प्रसरण की गतियाँ और अणुभार : ग्रेहम के प्रसरण के नियम के अनुसार

$$r_1\sqrt{d_1} \quad r_2\sqrt{d_2}$$

यदि M_1 और M_2 गैसों के अणुभार हों तो $d_1 = M_1/2$ और $d_2 = M_2/2$

$$\therefore r_1 \sqrt{\frac{M_1}{2}} = r_2 \sqrt{\frac{M_2}{2}}$$

$$\text{या} \quad r_1\sqrt{M_1} = r_2\sqrt{M_2}$$

इस समीकरण में यदि r_1, r_2 और M_1 ज्ञात हों तो M_2 निकाला जा सकता है।

वाष्प घनत्व निकालने की विधियाँ—

१. गैसों का वाष्प घनत्व रैनो की विधि (Regnault's Method) से निकाला जा सकता है।

२. अपने क्वथनांक (B. P.) पर विच्छेदित न होनेवाले उड़नशील पदार्थों का वाष्प घनत्व ड्यूमा या विक्टर मेयर की विधि से निकाला जाता है।

३. साधारण दबाव पर अपने क्वथनांक पर विच्छेदित हो जानेवाले उड़नशील पदार्थों का वाष्पघनत्व हॉफमैन की विधि (Hofmann,s Method) से मालूम किया जाता है।

हल किये हुए उदाहरण

प्रश्न १. ओज़ोन ऑक्सिजन से 1·49 गुना भारी है। ओज़ोन का अणु भार निकालो।

ऑक्सिजन (O_2) का अणुभार = 2 × 16 = 32

∴ ऑक्सिजन का वाष्प घनत्व = 32/2 = 16

∴ ओज़ोन का वाष्प घनत्व = 1·49×16 = 23·84

ओज़ोन का अणुभार = 2×वाष्प घनत्व = 2 × 23·84

= 47·68 उत्तर

प्रश्न २. यदि किसी अज्ञात वाष्प और हवा की प्रसरण गतियों में 1 : 1·5 का अनुपात हो तो वाष्प का अणुभार मालूम करो।

हवा का घनत्व=14·4

ग्रैहम के नियम के अनुसार

वाष्प हवा

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

यहाँ $r_1 : r_2 = 1 : 1·5$, $d_2 = 14·4$

$$\sqrt{d_1} = \frac{r_2}{r_1}\sqrt{d_2} = \frac{1·5}{1}\sqrt{14·4}$$

$$\therefore d_1 = 1·5 \times 1·5 \times 14·4 = 32·4$$

अणुभार = $2 \times d_1 = 2 \times 32·4 = 64·8$ उत्तर

प्रश्न ३. कोई गैस प्रसरण के लिए ऑक्सिजन की अपेक्षा 1·117 गुना समय लेती है, यदि प्रसरण एक ही अवस्थाओं में हो। गैस का अणु-भार निकालो।

मान लो 1 सेकण्ड में x c. c. O_2 प्रसृत होती है।

$\therefore$ 1·117 सेकण्ड में x c. c. गैस प्रसृत होगी।

$\therefore$ गैस के प्रसरण की गति= $\frac{x}{1·117}$

ग्रैहम के नियम के अनुसार

गैस : O_2

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

यहाँ $r_2 = x$, $r_1 = x/1·117$, $d_2 = 16$

$$\therefore \frac{x}{1·117}\sqrt{d_1} = x\sqrt{16}$$

$$\therefore \sqrt{d_1} = 4 \times 1·117 = 4·468$$

$$\therefore d_1 = 4·468 \times 4.468$$

अणुभार $= 2 \times d_1 = 2 \times 4·468 \times 4·468$

$= 39·93$ उत्तर

प्रश्न ४. किसी धातु के क्लोराइड की एक लिटर वाष्प का भार 100°C और 720mm. दबाव पर 6 ग्राम है। क्लोराइड का अणुभार ज्ञात करो।

मान लो 100° C और 720 mm. दबाव पर दी हुई एक लिटर (1000 cc.) वाष्प का आयतन N. T. P. पर V_0 c.c. हो जाता है

गैस समीकरण के अनुसार $\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$

$$\therefore V_0 = \frac{P \times V \times T_0}{T \times P_0} = \frac{720 \times 1000 \times 273}{(273+100) \times 760} = 693{\cdot}5$$

N. T. P. पर 693·5 c. c. वाष्प का भार = 6 ग्राम

$$\therefore \text{,, ,, ,, } 22400 \text{ ,, ,, } = \frac{6 \times 22400}{693{\cdot}5}$$

$$= 193{\cdot}8 \text{ ग्राम}$$ **उत्तर**

प्रश्न ५. किसी घोल के ऊपर 12·5 c.c. नाइट्रोजन 19° C और 743 mm. दबाव पर एकत्र की गई। यदि इस तापक्रम पर घोल का वाष्प दबाव 7 mm. के बराबर हो तो नाइट्रोजन का भार निकालो। (उत्तर प्रदेश १६३५)

मान लो N. T. P. पर दी हुई 12·5 c.c. N_2 का आयतन V_0 c.c. है।

गैस समीकरण के अनुसार $\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P\,V}{T}$

$$\therefore V_0 = \frac{P \times V \times T_0}{T \times P_0} = \frac{(743 - 7) \times 12{\cdot}5 \times 273}{(273 + 19) \times 760}$$

$$= \frac{736 \times 12{\cdot}5 \times 273}{292 \times 760} = 11{\cdot}32$$

N_2 का अणुभार = 28

N.T.P. पर 22400 c.c. N_2 का भार = 28 ग्राम

$\therefore$,, ,, 11·32 ,, ,, ,, ,, $= \frac{28 \times 11 \cdot 32}{22400}$

$= \cdot 01415$ ग्राम उत्तर

प्रश्न ६. 2·1 ग्राम $MgCO_3$ को गर्म करने पर 22°C और 730 mm. दवाव पर 630 c.c. कार्बन डाइ-ऑक्साइड और 1 ग्राम मेगनीशियम ऑक्साइड प्राप्त होते हैं। कार्बन डाइऑक्साइड का अणुभार निकालो।

मान लो प्रयोग में प्राप्त CO_2 का आयतन N.T.P. पर V_0 c.c. है।

गैस समीकरण के अनुसार

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P V}{T}$$

$$\therefore V_0 = \frac{P \times V \times T_0}{T \times P_0} = \frac{730 \times 630 \times 273}{(273+22) \times 760} = 560$$

$MgCO_3$ गर्म करने पर निम्नलिखित समीकरण के अनुसार विच्छेदित होता है।

$$MgCO_3 \longrightarrow MgO + CO_2$$

2·1 ग्राम   1 ग्राम

$\therefore$ CO_2 का भार $= (2 \cdot 1 - 1) = 1 \cdot 1$ ग्राम

560 c. c. CO_2 का N. T. P. पर भार $= 1 \cdot 1$ ग्राम

$\therefore$ 22400 c. c. ,, ,, ,, ,, ,, $= \frac{1 \cdot 1 \times 22400}{560}$ ग्राम

$= 44$ ग्राम

$\therefore$ CO_2 का अणुभार $= 44$ उत्तर

प्रश्न ७. विक्टर मेयर की रीति में 0·162 ग्राम उड़न शील तरल (Liquid) की वाष्प ने 35 घन शतांशमीटर (c. c.) वायु को 23°C और 745 मि० मी० निपीड (दबाव) पर विस्थापित किया। तरल का

अणुभार निकालो। 23^{0} सेन्टीग्रेड पर पानी का वाष्प निपीड 25 मि० मी० है और 1 घन शतांश मीटर हाइड्रोजन का भार 0° सेन्टीग्रेड और 760 मि० मी० निपीड पर 0·00009 ग्राम है। (उत्तर प्रदेश १९५३)

मान लो प्रयोग में हटाई गई हवा का N. T. P. पर आयतन V_0 c.c. है।

गैस समीकरण के अनुसार

$$\frac{P_o V_o}{T_0} = \frac{P\,V}{T}$$

$$\therefore V_o = \frac{P \times V \times T_o}{T \times P_o} = \frac{(745-25) \times 35 \times 273}{296 \times 760}$$

$$= 30{\cdot}58$$

$$\text{वाष्प घनत्व} = \frac{\text{वाष्प का भार}}{\text{बराबर आयतन के } H_2 \text{ का भार}}$$

$$= \frac{1{\cdot}62}{30{\cdot}58 \times {\cdot}00009} = \frac{{\cdot}162}{{\cdot}0027522} = 58{\cdot}866$$

अणु भार = 2 × वाष्प घनत्व = 2 × 58·866 = 117·732 उत्तर

नोट—ठीक ठीक अणुभार = 2·016×58·866 = 11867

प्रश्न ८. ड्यूमा की विधि से वाष्प घनत्व निकालने में निम्नलिखित अंक प्राप्त हुए:—

बल्ब का भार = 44·7832 ग्राम, बल्ब + वाष्प का भार=45·1848 ग्राम, बल्ब + पानी का भार = 234·0 ग्राम, हवा का दबाव = 751 mm,. हवा का तापक्रम=12·8°C और वाष्प का तापक्रम=115·C

बल्ब में पानी का भार = (234 − 44·7832) ग्राम

= 189·2168 ग्राम

∴ बल्ब का आयतन = 189·2168 c. c.

मान लो बल्ब में भरी हवा का N. T. P. पर आयतन = V_0 c.c.

गैस समीकरण के अनुसार

$$\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$$

$$\therefore V_0 = \frac{P \times V \times T_0}{T \times P_0} = \frac{751 \times 189{\cdot}2168 \times 273}{(273 + 12{\cdot}8) \times 760}$$

$$= 178{\cdot}6 \text{ c. c.}$$

N. T. P पर 1 c. c. हवा का भार = ·001293 ग्राम

∴ „ „ 178·6 „ „ „ „ = ·001293 × 178·6ग्राम

= ·2309 ग्राम

खाली बल्ब का भार = (44·7832 − ·2309) = 44·5523 ग्राम

वाष्प का भार =(45·1848 − 44·5523) = ·6325 ग्राम

मान लो वाष्प का N. T. P. पर आयतन = V_0 c. c.

$$\therefore V_0 = \frac{P \times V \times T_0}{T \times P_3} = \frac{751 \times 189{\cdot}2168 \times 273}{(173 + 115) \times 760} = 131{\cdot}6 \text{ c.c.}$$

$$\text{वाष्प का घनत्व} = \frac{\text{वाष्प का भार}}{\text{बराबर आयतन के } H_2 \text{ का भार}}$$

$$= \frac{{\cdot}6325}{131{\cdot}6 \times {\cdot}00009} = 53{\cdot}4$$ उत्तर

प्रश्न ६. हॉफमैन की विधि से वाष्प घनत्व निकालने में ·052 ग्राम पदार्थ ने 25·7 c. c. वाष्प 100°C तापक्रम पर दी। यदि हवा का दबाव 750 mm. और नली में पारे की ऊँचाई 484 mm. हो तो पदार्थ का अणुभार ज्ञात करो।

नली में पारे की ऊँचाई = 484 mm.

∴ वाष्प का दबाव = (750 − 484) mm. = 266 mm.

वाष्प का आयतन 100°C पर = 25·7 c. c.

मान लो N. T. P. पर वाष्प का आयतन = V_0 c. c.

गैस समीकरण के अनुसार

$$\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{VP}{T}$$

यहाँ $P = 266$ mm., $T = (273 + 100) = 373$, $V = 25{\cdot}7$

$$\therefore \frac{760 \times V_0}{273} = \frac{266 \times 25{\cdot}7}{373}$$

$$\therefore V_0 = \frac{266 \times 25{\cdot}7 \times 273}{760 \times 373} = 6{\cdot}585$$

6·585 c. c. का भार = ·052 ग्राम

$$\therefore 22400 \text{ ,, ,, ,,} = \frac{{\cdot}052 \times 22400}{6{\cdot}585} \text{ ग्राम}$$

$= 176{\cdot}9$ ग्राम

∴ अणुभार = 176·9 उत्तर

प्रश्नावली ५

नोट:—जिन प्रश्नों में H_2 का घनत्व दिया है अणुभार = 2 × वाष्प-घनत्व लिया गया है और जिन प्रश्नों में H_2 का घनत्व नहीं दिया गया है N. T. P. पर 22400 c. c. वाष्प का भार मालूम करके अणुभार निकाले गये हैं।

(१) नाइट्रस ऑक्साइड हवा से 1·51 गुना भारी है। यदि हवा का वाष्प घनत्व 14·4 हो तो नाइट्रस ऑक्साइड का अणुभार निकालो।

[उत्तर, 43·488]

(२) कार्बन डाइ ऑक्साइड और ओज़ोन के प्रसरण की गतियाँ ·58 : ·542 के अनुपात में थीं। यदि कार्बन डाइ ऑक्साइड का अणुभार 44 हो तो ओज़ोन का अणुभार निकालो। [उत्तर, 50·39]

(३) 20 c. c. हवा 15 सेकन्ड में एक पतले छेद से प्रसृत होती है। दूसरी अज्ञात गैस के 84 c. c. उसी छेद से 78 सेकन्ड में प्रसृत होते हैं। यदि हवा का वाष्प घनत्व 14·48 हो तो अज्ञात गैस का अणुभार निकालो। (बम्बई १९४३) [उत्तर, 44·4]

(४) एक गैस प्रसरण के लिये ऑक्सिजन की अपेक्षा 14·9 गुना समय लेती है जबकि सब अवस्थाएँ एक सी रहती हैं। गैस का अणुभार निकालो। [उत्तर, 71·04]

(५) किसी गैस के 200 c. c. का भार सामान्य दबाव और तापक्रम (N. T. P.) पर 0·34 ग्राम है। यदि H_2 के 1 लिटर का N. T. P. पर भार 0·0892 ग्राम हो तो गैस का अणुभार ज्ञात करो।

[उत्तर, 38·12]

(६) 20·2 ग्राम पोटैसियम नाइट्रेट (KNO_3) को गर्म करने पर 2·527 लिटर ऑक्सिजन 27°C और 740 mm. दबाव पर प्राप्त होती है। यदि 17 ग्राम पोटैसियम नाइट्राइट (KNO_2) बच रहता है तो ऑक्सिजन का अणुभार मालूम करो। [उत्तर, 32]

(७) 6·43 ग्राम कैलसियम कार्बोनेट को गर्म करने पर 4·21 ग्राम कैलसियम ऑक्साइड शेष रहा और 27°C तथा 740 mm. दबाव पर 1270 c. c. शुष्क CO_2 मिली। CO_2 का अणुभार निकालो। (बम्बई १९२३) [उत्तर, 44·19]

(८) हवा से भरी ड्यूमा की बल्ब का भार 12°C और 740 mm. दबाव पर 27·26 ग्राम है। द्रव की वाष्प से भरी बल्ब का भार 99°C और उसी दबाव पर 27·69 ग्राम है। पानी से भरी हुई बल्ब का भार 239·86 ग्राम है। पदार्थ का अणुभार निकालो। N. T. P. पर एक लिटर हाइड्रोजन का भार = ·08928 ग्राम और एक लिटर हवा का भार = 1·2931 ग्राम। [उत्तर, 111·24]

(९) विक्टर मेयर के उपकरण में एक पदार्थ के ·1680 ग्राम ने 49·4 c. c. हवा 20°C और 740 mm. दबाव पर हटाई। पदार्थ का अणुभार ज्ञात करो यदि जलवाष्प का दबाव 20°C पर = 18mm. और H_2 के 1 c. c. का N. T. P. पर भार = ·00009 ग्राम। (उ० प्र० 1945) [उत्तर, 85·39]

(१०) विक्टर मेयर के उपकरण में ·1008 ग्राम पदार्थ ने 22 c. c. नम हवा 16·5°C और 707·5mm. दबाव पर दी। यदि 16·5°C पर पानी का दबाव=13·5mm. हो तो पदार्थ का अणुभार निकालो।

[उत्तर, 119·2]

(११) किसी उड़नशील पदार्थ के ·6 ग्राम ने 123 c. c. नम हवा

16°C और 757·4 mm. दबाव पर दी। पदार्थ का ठीक ठीक अणु-भार ज्ञात करो। (16°C पर जलवाष्प का दबाव=13· 5mm.)

[उत्तर, 118·2]

(१२) किसी पदार्थ के ·1347 ग्राम ने 13°C और 761·2 mm. दबाव पर 28·6 c. c. हवा हटाई। पदार्थ का अणुभार निकालो।

(13°C पर जल वाष्प का दबाव=11·2 mm. और 1 c. c. H_2 का N. T. P. पर भार=·00009 ग्राम)। [नागपुर १९४८.]

[उत्तर, 111·13]

(१३) किसी पदार्थ के ·160 ग्राम को हाफमैन की नली में प्रविष्ट करने पर 65 c. c. वाष्प 30°C पर मिलती है। यदि नली में मरकरी के तल की ऊँचाई 430mm. हो और वायुमण्डल का दबाव 758mm. हो तो पदार्थ का अणुभार मालूम करो। [उत्तर, 141·769]

(१४) 1·02 ग्राम अमोनिया गैस को गर्म कॉपर ऑक्साइड पर प्रवाहित करने पर 768·5 c. c. नाइट्रोजन 17°C और 720 mm. दबाव पर प्राप्त हुई और कॉपर ऑक्साइड के भार में 1·44 ग्राम की कमी हुई। इन अंकों से नाइट्रोजन का अणुभार मालूम करो।

(पानी की वाष्प का दबाव 17°C पर=14 mm.)

[उत्तर, 28]

संकेत—N. T. P पर N_2 का आयतन गैस समीकरण से मालूम करो। CuO के भार में 1·44 ग्राम की कमी होती है यानी CuO से 1·44 ग्राम O_2 अमोनिया में उपस्थित H_2 लेती है। अमोनिया में H_2 का भार मालूम करो।

(१५) विक्टर मेयर के उपकरण में 0·0874 ग्राम आयोडीन ने 13·7 c. c. हवा 21·5°C और 723 mm. दबाव पर हटाई। आयो-डीन का अणुभार मालूम करो और यह बताओ कि इस प्रकार मालूम किया हुआ अणुभार ठीक अणुभार से जोकि 254 है क्यों भिन्न है। (25°C पर जल वाष्प का दबाव=19·2mm.) [उत्तर, 166·48]

अध्याय ६

तुल्यांक भार या रासायनिक तुल्यांक

(Equivalent Weights or Chemical Equivalents)

तत्त्व का तुल्यांक भार. 'किसी तत्त्व का तुल्यांक भार वह संख्या है जो यह बतलाती है कि भार के अनुसार उस तत्त्व के कितने भाग हाइड्रोजन के 1·008 भागों या ऑक्सिजन के 8 भागों या क्लोरीन के 35·5 भागों या ब्रोमीन के 80 भागों या आयोडीन के 127 भागों से संयोग करते हैं या हटाते हैं। इस प्रकार किसी तत्त्व का तुल्यांक भार जानने के लिये हमको यह निकालना चाहिए कि उस तत्त्व के कितने ग्राम H_2 के 1·008 ग्राम या O_2 के 8 ग्राम या Cl_2 के 35·5 ग्राम या ब्रोमीन के 80 ग्राम से या आयोडीन के 127 ग्राम से संयोग करेंगे या हटाएँगे।

ग्राम समतुल्यांक (Gram Equivalent). यदि किसी पदार्थ के तुल्यांक भार को ग्राम में प्रकट करें तो उसे पदार्थ का **ग्राम समतुल्यांक** या **ग्राम तुल्यांक भार** कहते हैं। यदि किसी पदार्थ का तुल्यांक भार E है तो उस पदार्थ का एक ग्राम समतुल्यांक E ग्राम हुआ।

नोट १. किसी तत्त्व के कई तुल्यांक भार हो सकते हैं क्योंकि H_2, O_2, Cl_2, Br_2, आदि से तत्त्व एक से अधिक अनुपातों में संयोग कर सकते हैं।

२. 1·008 ग्राम H_2 का आयतन N. T. P. पर 11200 c.c. होता है इस लिए तत्त्व का वह भार जो N. T. P. पर 11200 c.c. H_2 को मुक्त करता है उसका ग्राम तुल्यांक भार होगा।

मूल (Radical) का तुल्यांक भार. किसी मूल का तुल्यांक भार उससे सम्बन्धित यौगिक पर निर्भर होता है। सलफेट (SO_4) मूल सलफ्यूरिक एसिड से सम्बन्धित है। इस प्रकार SO_4 मूल H_2 के दो

परमाणुओं से संयोजित है। इसलिए SO_4 का तुल्यांक भार $\frac{32+64}{2}$ =48 हुआ। NH_4 मूल का तुल्यांक भार 14 + 4 = 18 है क्योंकि यह NH_4Cl में सम्बन्धित है। इसी प्रकार CO_3, NO_3, NO_2, आदि के तुल्यांक भार क्रमश: 30, 62 और 46 हैं।

तुल्यांक भारों का नियम (Law of Equivalent Weights). इस नियम के अनुसार 'दो पदार्थ (तत्त्व या यौगिक) या दो मूल (Radicals) अपने तुल्यांक भारों के अनुपात में प्रतिक्रिया करते हैं।' इस प्रकार किसी तत्त्व का ग्राम तुल्यांक भार दूसरे तत्त्व के ग्राम तुल्यांक भार से संयोग करेगा या विस्थापित करेगा।

यौगिकों का तुल्यांक भार. किसी यौगिक का तुल्यांक भार उस प्रतिक्रिया पर निर्भर है जिसमें वह भाग लेता है। कुछ यौगिकों के तुल्यांक भार निम्नलिखित हैं:—

क्लोराइड का तुल्यांक भार=तत्त्व का तुल्यांक भार + Cl_2 का तुल्यांक भार
= E + 35·5

सलफेट का तुल्यांक भार = तत्त्व का तुल्यांक भार + SO_4 का तुल्यांक भार
= E + 48

नाइट्रेट का तुल्यांक भार = तत्त्व का तुल्यांक भार + NO_3 का तुल्यांक भार
= E + 62

कार्बोनेट का तुल्तांक भार=तत्त्व का तुल्यांक भार + CO_3 का तुल्यांक भार
= E + 30

तुल्यांक भार निकालने की विधियाँ

१. H_2 विस्थापित करके (By Displacement of H_2)
मान लो a ग्राम तत्त्व ने V c.c. H_2 t°C और P mm. दबाव पर विस्थापित की। गैस समीकरण के प्रयोग से V. c c. H_2 का N. T. P. पर आयतन मालूम किया जा सकता है। मान लो यह आयतन V_0 c.c. है।

∵ V_0 c.c. H_2 N.T.P. पर a ग्राम तत्व से विस्थापित होती है।

$\therefore$ 11200 " " " " $\frac{a \times 11200}{V}$ " होगी

$$\therefore \text{ तत्त्व का तुल्यांक भार} = \frac{a \times 11200}{V_0}$$

२. तत्त्व को ऑक्साइड में परिणत करके या ऑक्साइड का अपचयन (Reduction) करके.

मान लो x ग्राम तत्त्व ने y ग्राम ऑक्साइड दिया।

$\therefore$ ऑक्साइड में ऑक्सिजन का भार=(y-x) ग्राम

(y-x) ग्राम ऑक्सिजन x ग्राम तत्त्व से संयोग करती है।

$\therefore$ 8 " " $\frac{x \times 8}{(y-x)}$ " " " करेगी।

$$\therefore \text{ तत्त्व का तुल्यांक भार} = \frac{x \times 8}{y - x}$$

३. तत्त्व को क्लोराइड या ब्रोमाइड में परिणत करके—

मान लो a ग्राम तत्त्व b ग्राम क्लोरीन से संयोग करता है।

b ग्राम Cl_2 a ग्राम तत्त्व से संयोग करती है।

$\therefore$ 35·5 " " $\frac{a \times 35 \cdot 5}{b}$ ग्राम तत्त्व से संयोग करेगी।

$$\therefore \text{ तत्त्व का तुल्यांक भार} = \frac{a \times 35 \cdot 5}{b}$$

नोट. यदि y ग्राम ब्रोमीन x ग्राम तत्त्व से संयोग करती है

तो तुल्यांक भार = $\frac{x \times 80}{y}$

४. तत्त्व के एक यौगिक को दूसरे यौगिक में बदलकर

मान लो 2·0 ग्राम $BaCO_3$ हलके H_2SO_4 से प्रतिक्रिया करके 2·37 ग्राम $BaSO_4$ देता है।

मान लो Ba का तुल्यांक भार = E

$BaCO_3$ का तुल्यांक भार=E + CO_3 का तुल्यांक भार=E + 30

$BaSO_4$ का तुल्यांक भार=E + SO_4 का तुल्यांक भार=E+48

∴ तुल्यांक भार के नियम के अनुसार (E + 30) ग्राम $BaCO_3$ (E+48) ग्राम $BaSO_4$ देगा।

∴ 1 ग्राम $BaCO_3$ $\frac{E+48}{E+30}$ ग्राम $BaSO_4$ देगा।

परन्तु 2 ग्राम $BaCO_3$, 2·37 ग्राम $BaSO_4$ देता है।

∴ 1 „ „ $\frac{2.37}{2}$ „ „ देगा।

$$\therefore \frac{E+48}{E+30} = \frac{2{\cdot}37}{2}$$

$$\therefore 2E + 96 = 2{\cdot}37 \times E + 71{\cdot}1$$

$$\therefore {\cdot}37\,E = 24{\cdot}9$$

$$E = \frac{24{\cdot}6}{37} = 67{\cdot}3$$

५. विद्युत् विच्छेदन द्वारा (By Electrolysis) :—फैरेडे के विद्युत् विच्छेदन के दूसरे नियम के अनुसार दो पदार्थों के तुल्यांक भारों E_1 और E_2 और उनकी मात्राएँ m_1 और m_2 जोकि एक ही विद्युत्-धारा के एक ही समय तक प्रवाहित करने पर एलेक्ट्रोडों पर प्राप्त होती हैं निम्नलिखित समीकरण से सम्बन्धित हैं :—

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

इस प्रकार इस समीकरण में यदि m_1, m_2 और E_1 ज्ञात हों तो E_2 मालूम किया जा सकता है।

६. **एक तत्त्व को दूसरे तत्त्व से विस्थापित करके** :—एक तत्त्व दूसरे तत्त्व को तुल्यांक भारों के अनुपात में विस्थापित करता है। मान लो m_1 ग्राम आयरन m_2 ग्राम कॉपर को विस्थापित करता है। यदि E_1 और E_2 क्रमशः आयरन और कॉपर के तुल्यांक भार हों तो इस नियम के अनुसार

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

m_1, m_2, E_1 और E_2 में से यदि तीन मात्राएँ मालूम हों तो चौथी मालूम की जा सकती है।

हल किए हुए उदाहरण

प्रश्न १. किसी धातु के 1·342 ग्राम क्लोराइड को H_2 से अपचित (Reduce) करने पर ·753 ग्राम धातु मिलती है। धातु का तुल्यांक भार निकालो।

क्लोराइड में धातु का भार = ·753 ग्राम

∴ ,, ,, Cl_2 ,, ,, = (1·342–·753) = ·589 ग्राम

Cl_2 का तुल्यांक भार = 35·5

·589 ग्राम Cl_2 ·753 ग्राम धातु से संयोग करती है।

∴ 35·5 ,, ,, $\frac{\cdot753 \times 35\cdot5}{\cdot589}$,, ,, ,, करेगी।

= 45·38 ग्राम

∴ तुल्यांक भार = 45·38 **उत्तर**

प्रश्न २. 2·5537 टन कॉपर ऑक्साइड ने अपचित होने पर 2·0391 टन कॉपर दिया। कॉपर का तुल्यांक भार निकालो।

2·5537 टन कॉपर ऑक्साइड में कॉपर का भार = 2·0391 टन

∴ कॉपर आक्साइड में Cu का भार=(2·5537–2·0391)=·5146टन

ऑक्सिजन का तुल्यांक भार = 8

·5146 टन ऑक्सिजन 2·0391 टन कॉपर से संयोग करती है।

∴ 8 ,, ,, $\frac{2\cdot0391 \times 8}{\cdot5146}$,, ,, ,, ,, करेगी।

=31·699 टन

∴ कॉपर का तुल्यांक भार = 31·699 **उत्तर**

प्रश्न ३. जब ·4717 ग्राम ज़िंक सलफ्यूरिक एसिड में घोला जाता

है तो 171 c. c. H_2 पानी के ऊपर 12°C और 760·5 mm. दबाव पर मिलती है। ज़िंक का तुल्यांक भार निकालो यदि 12°C पर जलवाष्प का तनाव = 10·4 mm.

मान लो प्राप्त H_2 का N. T. P. पर आयतन = V_0 c.c. गैस समीकरण के अनुसार

$$\frac{P_0V_0}{T_0}=\frac{PV}{T}$$

$$\therefore \quad V_0=\frac{P\times V\times T_0}{T\times P_0}=\frac{(760\cdot5-10\cdot4)\times171\times273}{(273+12)\times760}$$

$$=\frac{750\cdot1\times171\times273}{285\times760}=161\cdot7$$

ज़िंक का ग्राम तुल्यांक भार N. T. P. पर, 11200 c. c. H_2 मुक्त करेगा।

161·7 c.c. H_2 N.T.P. पर ·4717 ग्राम ज़िंक से मुक्त होती है।

$\therefore$ 11200 „ „ „ $\frac{\cdot4717\times11200}{161\cdot7}$ „ होगी।

=32·67 ग्राम

$\therefore$ ज़िंक का तुल्यांक भार =32·67 उत्तर

प्रश्न ४. किसी धातु के क्लोराइड के 1 ग्राम को पानी में घोला गया और विलयन में $AgNO_3$ का घोल मिलाया गया। यदि सूखी AgCl का भार 2·110 ग्राम हो तो धातु का तुल्यांक भार मालूम करो। (Ag = 107·88, Cl = 35·5)

AgCl का अणुभार = 107·88+35·5 = 143·38

143·38 ग्राम AgCl में 35·5 ग्राम Cl_2 है।

$\therefore$ 2·11 „ „ „ $\frac{35\cdot5\times2\cdot11}{143\cdot38}$ „ होगी।

= ·5224 ग्राम

$\therefore$ 1 ग्राम क्लोराइड में धातु का भार = (1−·5224) = ·4776 ग्राम

क्लोरीन का तुल्यांक भार = 35·5

·5224 ग्राम Cl_2, ·4776 ग्राम धातु से संयोग करती है।

$\therefore$ 35·5 " " $\frac{·4776 \times 35·5}{·5224}$ " " " करेगी।

=32·46 ग्राम **उत्तर**

$\therefore$ धातु का तुल्यांक भार=32·46

प्रश्न ५. किसी धातु का एक टुकड़ा जिसका भार 1·944 ग्राम था हलके H_2SO_4 में घोला गया और क्रिया समाप्त होने पर घोल को उबाल कर द्रव को उड़ा दिया गया। इसमें 3·615 ग्राम सलफेट मिला। धातु का तुल्यांक भार निकालो।

1·944 ग्राम धातु के टुकड़े ने 3·615 ग्राम सलफेट दिया।

$\therefore$ 1·944 ग्राम धातु ने (3·615−1·944) = 1·671 ग्राम SO_4 से संयोग किया।

SO_4 मूल का तुल्यांक भार = $\frac{32+64}{2}$ =48

1·671 ग्राम SO_4 मूल 1·944 ग्राम धातु से संयोग करता है।

$\therefore$ 48 " " " $\frac{1·944 \times 48}{1·671}$ " " " " करेगा।

= 55·84 ग्राम

$\therefore$ धातु का तुल्यांक भार = 55·84 **उत्तर**

प्रश्न ६. किसी तत्त्व के 0·1827 ग्राम क्लोराइड ने 0·1057 ग्राम ऑक्साइड दिया। तत्त्व का तुल्यांक भार निकालो।

मान लो तत्त्व का तुल्यांक भार = E

ऑक्सिजन का तुल्यांक भार = 8

क्लोरीन का तुल्यांक भार = 35·5

$\therefore$E ग्राम तत्त्व 8 ग्राम O_2 से संयोग करके E + 8 ग्राम ऑक्साइड देगा और E ग्राम तत्त्व 35·5 ग्राम Cl_2 से संयोग करके E + 35·5 क्लोराइड देगा।

ऑक्साइड का तुल्यांक भार = E + 8

क्लोराइड का तुल्यांक भार = E + 35·5

E + 35·5 ग्राम क्लोराइड E + 8 ग्राम ऑक्साइड देगा।

$$\therefore \cdot 1827 \text{ '' '' } \frac{(E+8)\times \cdot 1827}{E+35\cdot 5} \text{ '' '' } ।$$

$$\therefore \frac{(E\times 8)\times \cdot 1827}{(E\times 35\cdot 5)} = \cdot 1057$$

या $E \times \cdot 1827 + 1\cdot 4616 = E \times \cdot 1057 + 35\cdot 5 \times \cdot 1057$

या $E \times (\cdot 1827 - \cdot 1057) = 3\cdot 7524 - 1\cdot 4616$

या $E \times \cdot 077 = 2\cdot 2908$

$$\therefore E = \frac{2\cdot 2908}{\cdot 077} = 29\cdot 75$$

उत्तर

प्रश्न ७. किसी धातु के 2·1 ग्राम कार्बोनेट को गर्म करने पर 668 c. c. कार्बन डाइऑक्साइड 27°C और 700 mm. दबाव पर मिली। कार्बोनेट और धातु के तुल्यांक भार निकालो।

मान लो प्राप्त CO_2 का आयतन N. T. P. पर V_0 c.c. है।

गैस समीकरण के अनुसार

$$\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$$

$$\therefore V_0 = \frac{P\times V\times T_0}{T\times P_0} = \frac{700\times 668\times 273}{(273+27)\times 760} = 559\cdot 9$$

कार्बोनेट को गर्म करने पर CO_2 और धातु का ऑक्साइड प्राप्त होता है जैसा कि नीचे दिखाया गया है:—

$$XCO_3 \longrightarrow XO + OO_2$$

CO_3 मूल की संयोजकता (Valency) 2 है इसलिये ऊपर के समीकरण से यह स्पष्ट है कि 11200 c. c. CO_2 कार्बोनेट के एक ग्राम तुल्यांक भार से प्राप्त होगी।

559·9 c. c. CO_2 2·1 ग्राम कार्बोनेट से प्राप्त होती है।

$\therefore$ 11200 ,, ,, $\frac{2{\cdot}1 \times 11200}{559{\cdot}9}$,, ,, ,, होगी।

$= 42{\cdot}01$ ग्राम

इस प्रकार कार्बोनेट का तुल्यांक भार = 42·01 उत्तर I

कार्बोनेट का तुल्यांक भार=धातु का तुल्यांक भार + CO_3 का तुल्यांक भार

$$= E + 30$$

$$\therefore 42{\cdot}01 = E + 30$$

$$\therefore E = 42{\cdot}01 - 30 = 12{\cdot}01$$

उत्तर II

प्रश्न ८. किसी धातु के 0·3660 ग्राम सलफाइड को हवा में दहन किया गया और जो SO_2 मिली उसे ब्रोमीन के पानी (Bromine Water) में प्रवाहित किया गया। इस घोल को उबालकर इसमें $BaCl_2$ का विलयन मिलाया गया। इस प्रकार 0·8754 ग्राम $BaSO_4$ मिला। धातु का तुल्यांक भार निकालो। (Ba=137·4)

SO_2 को Br_2 के पानी में प्रवाहित करने पर H_2SO_4 बनता है जोकि $BaCl_2$ से $BaSO_4$ का अवक्षेप (ppt.) देता है जैसा नीचे दिखाया गया है:—

$$SO_2 + 2H_2O + Br_2 \longrightarrow H_2SO_4 + 2HBr$$

$$H_2SO_4 + BaCl_2 \longrightarrow BaSO_4 + 2HCl$$

$BaSO_4$ का अणुभार = 137·4 + 32 + 64 = 233·4

233·4 ग्राम $BaSO_4$ में 32 ग्राम सलफर है।

$\therefore$ ·8754 ,, ,, ,, $\frac{32 \times {\cdot}8754}{233{\cdot}4}$,, होगा।

$= {\cdot}12$ ग्राम

·366 ग्राम सलफाइड में ·12 ग्राम S है।

$\therefore$,, ,, ,, (·366 − ·12) = ·246 ग्राम धातु है।

सलफर का तुल्यांक भार = 16

·12 ग्राम सलफर ·246 ग्राम धातु से संयोग करता है।

$\therefore$ 16 ग्राम सलफर $\frac{\cdot 246 \times 16}{\cdot 12}$ ग्राम धातु से संयोग करेगी।

$= 32{\cdot}8$ ग्राम

$\therefore$ धातु का तुल्यांक भार $= 32{\cdot}8$ उत्तर

प्रश्न ९. यदि किसी धातु का तुल्यांक भार 12 है तो बताओ उस धातु का कितना भार ·475 ग्राम क्लोराइड देगा ? (बम्बई)

क्लोरीन का तुल्यांक भार $= 35{\cdot}5$, धातु का तुल्यांक भार $= 12$

$\therefore$ तुल्यांक भारों के नियम के अनुसार 12 ग्राम धातु 35·5 ग्राम क्लोरीन से संयोग करके $(35{\cdot}5 + 12) = 47{\cdot}5$ ग्राम क्लोराइड देगी।

47·5 ग्राम क्लोराइड में 12 ग्राम धातु है।

$\therefore$ ·475 ,, ,, $\frac{12 \times \cdot 475}{47{\cdot}5}$,, होगी।

$= \cdot 12$ ग्राम उत्तर

प्रश्न १०. किसी धातु का तुल्यांक भार 20 है। उस धातु के 1·11 ग्राम क्लोराइड को Na_2CO_3 के घोल मे अवक्षिप्त करने पर कितना कार्बोनेट प्राप्त होगा ?

धातु का तुल्यांक भार $= 20$

क्लोरीन का तुल्यांक भार $= 35{\cdot}5$, CO_3 मूल का तुल्यांक भार $= 60/2 = 30$.

$\therefore$ क्लोराइड का तुल्यांक भार $= 20 + 35{\cdot}5 = 55{\cdot}5$ और

कार्बोनेट का तुल्यांक भार $= 20 + 30 = 50$

$\therefore$ 55·5 ग्राम क्लोराइड 50 ग्राम कार्बोनेट देगा।

$\therefore$ 1·11 ,, ,, $\frac{50 \times 1{\cdot}11}{55{\cdot}5}$,, ,,

$= 1$ ग्राम उत्तर

प्रश्न ११. 1·081 ग्राम कॉपर $AgNO_3$ के घोल से 3·67 ग्राम

सिलवर विस्थापित करता है। यदि सिलवर का तुल्यांक भार 107·88 हो तो कॉपर का तुल्यांक भार मालूम करो।

तत्त्व एक दूसरे को अपने तुल्यांक भारों के अनुपात में विस्थापित करते हैं।

$$\therefore \frac{\text{कॉपर का भार}}{\text{सिलवर का भार}} = \frac{\text{कॉपर का तुल्यांक भार}}{\text{सिलवर का तुल्यांक भार}}$$

$$\therefore \frac{1{\cdot}081}{3{\cdot}67} = \frac{E}{107{\cdot}88}$$

$$\therefore E = \frac{107{\cdot}88 \times 1{\cdot}081}{3{\cdot}67} = 31{\cdot}776 \text{ उत्तर}$$

प्रश्न १२. एसिड मिले हुए पानी और स्टैनस क्लोराइड के घोल में एक ही विद्युत् धारा प्रवाहित की जाती है। यदि पहले सेल में 282 c.c. विस्फोटक गैस और दूसरे सेल में एक ग्राम टिन (Sn) प्राप्त होते हैं तो टिन का तुल्यांक भार मालूम करो।

पहले सेल में H_2 और O_2 का मिश्रण आयतन के अनुसार 2 : 1 के अनुपात में मिलता है।

$\therefore$ 3 c. c. मिश्रण में 2 c.c. H_2 है।

$\therefore$ 282 c. c. ,, ,, $\frac{2 \times 282}{3}$,,

= 188 c. c.

N. T. P पर 1 c. c. H_2 का भार = ·00009 ग्राम

$\therefore$,, ,, 188 ,, ,, = ·00009 × 188 ,,

= ·01692 ग्राम

चूंकि दोनों सेलों में एक ही विद्युत् धारा प्रवाहित की जाती है इसलिए H_2 और Sn अपने तुल्यांक भारों के अनुपात में मुक्त होंगे।

$$\therefore \frac{\text{टिन का भार जो मुक्त हुआ}}{H_2 \text{ का भार जो मुक्त हुआ}} = \frac{\text{टिन का तुल्यांक भार}}{H_2 \text{ का तुल्यांक भार}}$$

$$\therefore \frac{1}{{\cdot}01692} = \frac{E}{1{\cdot}008}$$

$$\therefore \ E = \frac{1 \cdot 008}{\cdot 01692} = 59 \cdot 57$$ उत्तर

प्रश्न १३. H_2S को टिन से गर्म करने पर H_2S के आयतन के बराबर H_2 प्राप्त होती है। यदि H_2S का वाष्प घनत्व 17 हो तो सलफर का तुल्यांक भार निकालो।

22400 c. c. H_2, 22400 c. c. H_2S से मुक्त होती है।

$\therefore$ 11200 „ 11200 c. c. „ „ होगी।

$$\text{वाष्प घनत्व} = \frac{\text{N. T. P. पर 1 लिटर } {}_2\text{S का भार}}{\text{N. T. P. पर 1 लिटर } H_2 \text{ का भार}}$$

$\therefore$ 1 लिटर H_2S का भार $= 17 \times \cdot 09$ ग्राम

$$\therefore 11200 \text{ c.c. } H_2S \text{ „} = \frac{17 \times \cdot 09 \times 11200}{1000}$$

$= 17 \cdot 136$ ग्राम

लेकिन 11200 c.c. H_2 का भार N.T.P. पर $= 1 \cdot 008$ ग्राम

$\therefore$ 11200 c. c. H_2S में सलफर का भार $= (17 \cdot 136 - 1 \cdot 008) = 16 \cdot 128$ ग्राम

इस प्रकार $16 \cdot 128$ ग्राम सलफर 11200 c. c. H_2 से संयोजित है।

$\therefore$ S का तुल्यांक भार $= 16 \cdot 128$ उत्तर

प्रश्नावली ६

(१) $0 \cdot 648$ ग्राम कॉपर को HNO_3 की प्रतिक्रिया से कॉपर नाइट्रेट में परिणत किया गया। इस प्रकार प्राप्त कॉपर नाइट्रेट को गर्म करने पर $0 \cdot 812$ ग्राम कॉपर ऑक्साइड मिला। कॉपर का तुल्यांक भार मालूम करो। [उत्तर, $31 \cdot 61$]

(२) किसी धातु के $8 \cdot 14$ टन ऑक्साइड को कार्बन से अपचित (Reduce) करने पर $6 \cdot 54$ टन धातु मिली। धातु का तुल्यांक भार निकालो। [उत्तर, $32 \cdot 7$]

(३) $0 \cdot 436$ ग्राम Mg को HCl में घोलने पर $436 \cdot 4$ c.c.

हाइड्रोजन पानी के ऊपर एकत्र हुई। यदि वायुमण्डल का दबाव 754·5 mm. और तापक्रम 17°C हो तो Mg का तुल्यांक भार निकालो। (17°C पर जल वाष्प का दबाव = 14·4 mm.)

[उत्तर, 12·208]

(४) 1·5082 ग्राम Al को कास्टिक सोडा के घोल से गर्म करने पर 1·8728 लिटर H_2 N. T. P. पर प्राप्त हुई। Al का तुल्यांक भार मालूम करो। [उत्तर, 9·019]

(५) किसी धातु के क्लोराइड में 79·8 % क्लोरीन है। धातु का तुल्यांक भार मालूम करो। (Cl = 35·5) [उत्तर, 8·986]

(६) किसी धातु के 1·3334 ग्राम ब्रोमाइड को H_2 से अपचित करने पर ·2670 ग्राम धातु मिली। धातु का तुल्यांक भार मालूम करो। (Br = 80)

[उत्तर, 20·03

(७) किसी धातु के एक ग्राम को हलके H_2SO_4 में घोलने पर 922 c. c. H_2 N. T. P. पर निकली। धातु का तुल्यांक भार मालूम करो। (राजपूताना) [उत्तर, 12·147]

(८) किसी धातु के ·682 ग्राम सलफेट को गर्म करने पर ·344 ग्राम ऑक्साइड मिला। धातु का तुल्यांक भार निकालो।

[उत्तर, 32·71]

(९) किसी तत्त्व के 2·5 ग्राम ब्रोमाइड ने 3·625 ग्राम आयोडाइड दी। यदि ब्रोमीन और आयोडीन के तुल्यांक भार क्रमश: 80 और 127 हों तो तत्त्व का तुल्यांक भार निकालो। [उत्तर, 24.44]

(१०) ·868 ग्राम के किसी धातु को HNO_3 में घोला गया। इस प्रकार प्राप्त नाइट्रेट ने गर्म करने पर 1·89 ग्राम नाइट्राइट दी। धातु का तुल्याक भार निकालो। (NO_2 मूल का तुल्यांक भार = 46)

[उत्तर, 39·068]

(११) किसी धातु के ·553 ग्राम कार्बोनेट को गर्म करने पर

147·6 c. c. कार्बन डाइ-ऑक्साइड 27°C और 700 mm. दबाव पर प्राप्त हुई। धातु का तुल्यांक भार निकालो। (मद्रास 1940)

[उत्तर, 20·069]

(१२) किसी धातु का तुल्यांक भार 44 है। उस धातु के 2 ग्राम नाइट्रेट को Na_2CO_3 के घोल से अवक्षिप्त करने पर कितना कार्बोनेट मिलेगा ?

[उत्तर, 1·3962 ग्राम

(१३) यदि किसी धातु का तुल्यांक भार 32 हो तो उस धातु का कितना भार 2·5 ग्राम सलफेट देगा ?

[उत्तर, 1 ग्राम

(१४) किसी धातु के 1·5 ग्राम कार्बोनेट को गर्म करने पर ·855 ग्राम ऑक्साइड मिला। धातु का तुल्यांक भार निकालो।

[उत्तर, 21·163

(१५) 1·0 ग्राम KCl का घोल 1·925 ग्राम AgCl देता है। यदि सिलवर का तुल्यांक भार 108 हो तो पोटैसियम का तुल्यांक भार मालूम करो।

[उत्तर, 39·05

(१६) मेगनीशियम और रेत के ·2980 ग्राम मिश्रण ने अम्ल की प्रतिक्रिया से 180 c. c. H_2 10°C और 750 mm. दबाव पर दी। यदि मेगनीशियम का तुल्यांक भार 12 हो तो मिश्रण में रेत का प्रतिशत निकालो।

[उत्तर, 38·39%

(१७) किसी धातु के 0·139 ग्राम ने हलके H_2SO_4 से क्रिया करके 29·5 c. c. हाइड्रोजन पानी के ऊपर 13°C और 741 mm. दबाव पर दी। उस धातु के 100 ग्राम ऑक्साइड में कितनी ऑक्सिजन होगी ? (13°C पर जल वाष्प का दबाव = 11·2 mm.)

[उत्तर, 12·20 ग्राम

(१८) किसी धातु के ·220 ग्राम टुकड़े ने ·46 ग्राम सलफेट दिया। धातु का तुल्लांक भार निकालो।

[उत्तर, 44

(१९) ·13 ग्राम कॉपर ·433 ग्राम सिलवर, $AgNO_3$ के घोल विस्थापित करता है। ·13 ग्राम Al कॉपर सलफेट के घोल से ·47 ग्राम कॉपर विस्थापित करता है। ·13 ग्राम हाइड्रोजन 1·17 ग्राम Al से

विस्थापित होती है। सिलवर का तुल्यांक भार निकालो।

[उत्तर, 109·23

(२०) कॉपर सलफेट और एसिड मिले हुये पानी में एक ही विद्युत् धारा प्रवाहित करने पर ·571 ग्राम कॉपर और 203 c. c. H_2 N. T. P. पर मिलती है। कॉपर का तुल्यांक भार निकालो। (पंजाब 1934) [उत्तर, 31·44

(२१) एक ही विद्युत् धारा ऐसिड मिले हुए पानी और किसी धातु M के क्लोराइड में प्रवाहित की जाती है। कुछ समय में 14·8 लिटर H_2 N. T. P. पर और 42 ग्राम धातु मुक्त होती है। धातु का तुल्यांक भार निकालो। · [उत्तर, 31·783

अध्याय ७

परमाणु भार की गणना

(Determination of Atomic Weights)

परमाणु भार (Atomic weight):– किसी तत्त्व का परमाणु भार वह अनुपात है, जो उस तत्त्व के एक परमाणु के भार में और ऑक्सिजन के एक परमाणु के भार के 1/16 भाग में होता है।

नोट. आरम्भ में हाइड्रोजन के परमाणु को इकाई मानकर तत्त्वों के परमाणु भारों की गणना की गई थी परन्तु आधुनिक समय में परमाणु-भार की अन्तर्राष्ट्रीय कमेटी ने ऑक्सिजन के परमाणु भार के 1/16 भाग को इकाई माना है। ऑक्सिजन का परमाणु भार 16 है और हाइड्रोजन का परमाणु भार नई इकाई के अनुसार 1·008 है। इस प्रकार नई इकाई पुरानी इकाई से कुछ छोटी है।

तुल्यांक भार, संयोजकता और परमाणु भार में सम्बन्ध (Relation between Equivalent weight, valency and atomic weight)

मान लो

तत्त्व का परमाणु भार = A

तत्त्व का तुल्यांक भार = E

तत्त्व की संयोजकता = V

तत्त्व की संयोजकता की परिभाषा के अनुसार

H_2 के V परमाणु तत्त्व के एक परमाणु से संयोग करते हैं।

∴ ,, के 1·008 × V ग्राम ,, A ग्राम ,, ,, करेंगे

∴ ,, ,, 1·008 ,, ,, $\frac{A}{V}$,, ,, ,, ,,

परन्तु तुल्यांक भार की परिभाषा के अनुसार A/V तत्त्व का तुल्यांक भार है।

$$\therefore\ E = \frac{A}{V}$$

या $A = E \times V$

$\therefore$ परमाणु भार = तुल्यांक भार × संयोजकता

परमाणु भार निकालने की कुछ विधियाँ:—

१. कैनीज़रो की विधि (Cannizzaro's Method). इस विधि में तत्त्व के बहुत से यौगिक लेते हैं जो कि या तो गैस के रूप में होते हैं या उड़नशील होते हैं। हर एक यौगिक का वाष्प घनत्व मालूम करते हैं और फिर वाष्प घनत्व को दुगना करके अणुभार निकाल लेते हैं। इसके पश्चात् हर एक यौगिक का सावधानी के साथ विश्लेषण करके उसके एक एक ग्राम अणु में तत्त्व का भार जान लेते हैं। बहुत संभव है कि इन यौगिकों में तत्त्व का सबसे कम भार उसका परमाणु भार हो क्योंकि बहुत से यौगिक लिए गये हैं जिनमें से कुछ ऐसे अवश्य होंगे जिनमें तत्त्व का केवल एक अणु हो।

२. ड्यूलोंग और पेटिट के नियम से (By Dulong's and Petit's Law). इस नियम के अनुसार 'यदि किसी ठोस तत्व के एक ग्राम परमाणु (Gram atom) का तापक्रम 1°C बढ़ाया तो लगभग 6·4 कैलोरी ताप लगता है।' इस प्रकार इस नियम से निम्नलिखित परिणाम निकालते हैं:—

उपनिष्ट (approximate) परमाणु भार × आपेक्षिक ताप (Sp. heat) = 6·4

$$\therefore \text{उपनिष्ट परमाणु भार} = \frac{6{\cdot}4}{\text{आपेक्षिक ताप}}$$

इस नियम के अनुसार हम किसी तत्त्व का उपनिष्ट परमाणु भार 6·4 को उसके आपेक्षिक ताप से भाग देकर मालूम सकते हैं। उपनिष्ट परमाणु भार को उसके तुल्यांक भार से भाग देते हैं। भजनफल के पास की पूरी पूरी संख्या तत्त्व की संयोजकता होगी। अब तत्त्व का ठीक ठीक परमाणु भार उसके तुल्यांक भार को संयोजकता से गुणा करके मालूम कर लेते हैं।

$$\text{उपनिष्ट परमाणु भार} = \frac{6 \cdot 4}{\text{आपेक्षिक ताप}}$$

$$\text{संयोजकता} = \frac{\text{उपनिष्ट परमाणु भार}}{\text{तुल्यांक भार}}$$ (इस भजनफल के पास की पूरी पूरी संख्या संयोजकता होगी ।

∴ परमाणु भार = संयोजकता × तुल्यांक भार

३. उड़नशील क्लोराइड या ब्रोमाइड के वाष्प घनत्व से (From vapour density of Volatite Chloride or Bromide):—

मान लो

तत्त्व का तुल्यांक भार = E

क्लोराइड का वाष्प घनत्व = d

तत्त्व की संयोजकता = x

∴ तत्त्वका परमाणु भार = E × x

क्लोराइड का अणु भार = 2 × d

क्लोराइड का सूत्र = MCl_x

∴ क्लोराइड का अणु भार = E × x + 35.5 x

$$\therefore\ 2d = E \times x + 35 \cdot 5 \times x$$

चूंकि d और E प्रयोगों द्वारा मालूम हैं इसलिए इस समीकरणको हल कर के x मालूम कर सकते हैं।

अब परमाणु भार = E × x

४. गैसोंके दो आपेक्षिक तापों द्वारा (From the knowledge of two specific heats of a gas): जिन गैसों के दो आपेक्षिक तापों C_p और C_v का अनुपात 1·4 के लगभग होता है उसके एक अणु में दो परमाणु होते हैं और उनका परमाणु भार अणुभार का आधा होता है। इसी प्रकार यदि किसी तत्त्व के दो आपेक्षिक तापों C_p और C_v का अनुपात 1·66 के लगभग होता है उसके एक अणु में एक परमाणु होता है यानी अणुभार ही परमाणु हुआ।

५. समाकृतित्व के नियम द्वारा (From Law of Isomorph-

ism): इस नियम के अनुसार उन यौगिकों के अणुओं की बनावट एक सी होती है जिनके रवे आकार में एक ही प्रकार के होते हैं। इस नियम को मिचरलिक का नियम (Mitscherlich's Law) कहते हैं। वे यौगिक जिनके रवे एक से होते हैं समाकृत (isomorphous) कहलाते हैं। सइ भियम के आधार पर हम निम्नलिखित परिमाण निकालते हैं जिनसे परमाणु भार की गणना की जा सकती है।

(i) यदि दो यौगिक समाकृत हैं तो उनके अणुसूत्र एक से होंगे। पोटैशियम परमैंगनेट और पोटैशियम परक्लोरेट समाकृत हैं। यदि परक्लोरेट का सूत्र $KClO_4$ है तो पर मैंगनेट का सूत्र $KMnO_4$ होगा।

(ii) यदि दो तत्वों के लवण समाकृत हैं और यदि एक तत्व की संयोजकता मालूम है तो दूसरे तत्त्व की भी संयोजकता वही होगी।

(iii) यदि कोई तत्त्व दूसरे तत्त्व को उसके यौगिक में से बिना रवे का आकार बदले हटाता हैं तो वह उस तत्त्व के एक परमाणु के स्थान पर अपना एक परमाणु देगा। इस प्रकार तत्वों की विस्थापक (replacing) मात्रा उनके परमाणुभारों के अनुपात में होती है और यदि एक तत्त्व का परमाणुभार मालूम हो तो दूसरे तत्त्व का परमाणुभार मालूम किया जा सकता है।

नोट—इन परिणामों के आधार पर तत्वों के परमाणुभार निकाले गए हैं जो कि नीचे हल किये हुए उदाहरणों में दिखाया गया है।

हल किए हुए उदाहरण

प्रश्न १. किसी धातु M के 4·323 ग्राम क्लोराइड में 1·956 ग्राम धातु है। यदि धातु का आपेक्षिक ताप 0·1092 हो तो उसका परमाणुभार और संयोजकता मालूम करो।

M के 4·323 ग्राम क्लोराइड में 1·956 ग्राम धातु है।

∴ क्लोराइड में Cl_2 की मात्रा=(4·323 − 1·956)=2·367 ग्राम

2·367 ग्राम Cl_2 1·956 ग्राम धातु से संयोग करती है।

$$\therefore 35{\cdot}5 \;,,\; ,, \; \frac{1{\cdot}956 \times 35{\cdot}5}{2{\cdot}367} \;,,\; ,, \; ,, \text{ करेगी।}$$

$$= 29{\cdot}34$$

∴ धातु का तुल्यांक भार=29·34

ड्यूलोन और पेटिट के नियम के अनुसार

धातु का उपनिष्ट (approximate) परमाणु भार $= \frac{6 \cdot 4}{\text{आपेक्षिक ताप}}$

$= \frac{6 \cdot 4}{\cdot 1092}$

$= 58 \cdot 7$

$\frac{\text{उपनिष्ट परमाणु भार}}{\text{तुल्यांक भार}} = \frac{58 \cdot 7}{29 \cdot 34} = 2$ (लगभग)

∴ संयोजकता = 2 उत्तर I

परमाणु भार = संयोजकता × तुल्यांक भार

= 2 × 29·34 = 58·68 उत्तर II

प्रश्न २. किसी अज्ञात धातु ने निम्नलिखित अंक दिए: –

(a) 0·5 ग्राम धातु ने 1·396 ग्राम ऑक्साइड दी ; (b) उसके क्लोराइड में 11·2 % धातु थी। (c) क्लोराइड का वाष्प घनत्व 40 निकला। (d) साधारण तापक्रम पर आपेक्षिक ताप 8·46 था लेकिन तापक्रम के साथ बढ़ता था। तुम्हारी राय में धातु का परमाणु भार क्या होना चाहिये ! (उत्तर प्रदेश १६१५)

1·396 ग्राम आक्साइड में ·5 ग्राम धातु है।

∴ " " " " (1·396 – ·5) ग्राम = ·896 ग्राम O_2 है।

·896 ग्राम ऑक्सिजन ·5 ग्राम धातु से संयोग करती है।

∴ 8 " " $\frac{\cdot 5 \times 8}{\cdot 896}$ " " " करेगी।

= 4·464 ग्राम

क्लोराइड में 11·2% धातु है।

∴ क्लोरीन की मात्रा=(100—11·2)=88·8%

88·8 ग्राम क्लोरीन 11·2 ग्राम धातु से संयोग करती है।

$\therefore$ 35·5 ग्राम क्लोरिन $\frac{11 \cdot 2 \times 35 \cdot 5}{88 \cdot 8}$ ग्राम धातु से संयोग करेगी।

$= 4 \cdot 477$ ग्राम

इस प्रकार ऑक्साइड और क्लोराइड दोनों से तुल्यांक भार लगभग एक ही आता है।

$\therefore$ तुल्यांक भार $= \frac{4 \cdot 464 + 4 \cdot 477}{2} = 4 \cdot 4705$

मान लो धातु की संयोजकता = x

$\therefore$ धातु का परमाणु भार $= 4 \cdot 4705 \times x$

क्लोराइड का सूत्र $= MClx$

क्लोराइड का अणु भार $= 4 \cdot 4705x + 35 \cdot 5x$

वाष्प घनत्व से क्लोराइड का अणु भार $= 2 \times 40 = 80$

$\therefore 4 \cdot 4705x + 35 \cdot 5x = 80$

$\therefore 39 \cdot 9705x = 80$

$\therefore x = 2$

परमाणु भार $= 4 \cdot 4705 \times 2 = 8 \cdot 9410$

उपनिष्ट परमाणु भार $= \frac{6 \cdot 4}{\cdot 46} = 13 \cdot 9$

चूँकि आपेक्षिक ताप स्थिर नहीं है और तापक्रम बढ़ने के साथ बढ़ता है इसलिए तत्त्व का परमाणु भार 13·9 के लगभग नहीं होगा।

$\therefore$ परमाणु भार $= 8 \cdot 9410$ **उत्तर**

प्रश्न ३. किसी धातु के ·2213 ग्राम क्लोराइड में उपस्थित क्लोरीन को अवक्षिप्त (ppt) करने के लिए 0·51 ग्राम $Ag\ NO_3$ की आवश्यकता होती है। यदि धातु का आपेक्षिक ताप 0·057 हो तो उसका तुल्यांक भार, संयोजकता और परमाणु भार मालूम करो। (उत्तर प्रदेश १६३६, ४३)

ड्यूलोन और पेटिट के नियम के अनुसार

उपनिष्ट परमाणु भार $= \frac{6 \cdot 4}{\text{आपेक्षिक ताप}} = \frac{6 \cdot 4}{\cdot 857} = 112 \cdot 2$

धातु का क्लोराइड + $AgNO_3 \rightarrow AgCl$ + धातु का नाइट्रेट

$(108 + 14 + 48) = 170$

170 ग्राम $AgNO_3$ 35·5 ग्राम Cl_2 लेता है।

$\therefore$ ·51 ,, ,, $\frac{35 \cdot 5 \times \cdot 51}{170}$,, लेगा।

= ·1065 ग्राम

क्लोराइड में धातु का भार = (·2213 − ·1065) = ·1148 ग्राम

·1065 ग्राम Cl_2, ·1148 ग्राम धातु से संयोजित है।

$\therefore$ 35·5 ,, ,, $\frac{\cdot 1148 \times 35 \cdot 5}{\cdot 1065}$,, ,, होगी

= 38·266 ग्राम

$\therefore$ धातु का तुल्यांक भार = 38·266 उत्तर I

$\frac{\text{उपनिष्ट परमाणु भार}}{\text{तुल्यांक भार}} = \frac{112 \cdot 2}{38 \cdot 266} = 2 \cdot 93$

2·93 के समीप की पूर्ण संख्या = 3

$\therefore$ संयोजकता = 3 उत्तर II

परमाणु भार = तुल्यांक भार × संयोजकता

= 38·266 × 3 = 114·798 उत्तर III

प्रश्न ४. किसी तत्त्व के क्लोराइड का वाष्प घनत्व 66 है। यदि तत्त्व के ऑक्साइड में 47% ऑक्सिजन हो तो उसकी संयोजकता और परमाणु भार निकालो।

आक्साइड में 47% O_2 है

$\therefore$ तत्त्व की मात्रा = 100 − 47 = 53%

आक्सिजन का तुल्यांक भार = 8

47 ग्राम O_2 53 ग्राम धातु से संयोग करती है।

$\therefore$ 8 ,, ,, $\frac{53 \times 8}{47}$,, ,, ,, करेगी।

$= 9{\cdot}02$ ग्राम

$\therefore$ तत्त्व का तुल्यांक भार $= 9{\cdot}02$

मान लो तत्व की संयोजता $= x$

$\therefore$ तत्त्व का परमाणुभार $= 9{\cdot}02 \times x$

क्लोराइड का सूत्र $= MCl_x$

क्लोराइड का अणुभार $= 9{\cdot}02 \times x + 35{\cdot}5 \times x$

क्लोराइड का अणुभार $= 2 \times$ वाष्प घनत्व

$= 2 \times 66 = 132$

$\therefore 9{\cdot}02x + 35{\cdot}5x = 132$

$\therefore 44{\cdot}52\,x = 132$

$\therefore x = 2{\cdot}96$

चूँकि संयोजकता पूरी पूरी संख्या होती है।

$\therefore$ संयोजकता $=3$ उत्तर I

परमाणु भार $= 9{\cdot}02 \times 3 = 27{\cdot}06$ उत्तर II

प्रश्न ५—तत्त्व X का परमाणु भार निकालने के लिए उसके पाँच यौगिकों के विषय निम्नलिखित अंक प्राप्त हुए :—

यौगिक	N. T. P पर एक लिटर गैसीय यौगिक का भार	X का यौगिक में प्रतिशत
I	1·340	46·7
II	0·760	82·4
III	2·323	53·9
IV	1·921	97·7
V	3·171	19·7

यदि X की वाष्प के दो आपेक्षिक तापों C_p और C_v का अनुपात 1·4 हो तो तत्त्व का परमाणु भार मालूम करो।

प्रश्न में दिये अंकों की सहाया से हर एक यौगिक के एक ग्राम अणु में तत्त्व X की मात्रा, जैसा नीचे दिखाया गया है निकाली जाती है:—

यौगिक	यौगिक का अणु भार	ग्राम अणु में x की मात्रा
I	$1 \cdot 34 \times 22 \cdot 4 = 30 \cdot 016$	$\frac{46 \cdot 7 \times 30 \cdot 016}{100} = 14 \cdot 02$
II	$0 \cdot 76 \times 22 \cdot 4 = 17 \cdot 024$	$\frac{82 \cdot 4 \times 17 \cdot 324}{100} = 14 \cdot 03$
III	$2 \cdot 323 \times 22 \cdot 4 = 52 \cdot 035$	$\frac{53 \cdot 9 \times 52 \cdot 035}{100} = 28 \cdot 05$
IV	$1 \cdot 921 \times 22 \cdot 4 = 43 \cdot 03$	$\frac{97 \cdot 7 \times 43 \cdot 03}{100} = 42 \cdot 05$
V	$3 \cdot 171 \times 22 \cdot 4 = 71 \cdot 03$	$\frac{19 \cdot 7 \times 71 \cdot 03}{100} = 14 \cdot 00$

एक ग्राम अणु में x की मात्रा कम से कम 14 के लगभग है। इसलिए बहुत सम्भव है कि x का परमाणु भार 14 के लगभग हो। चूँकि *Cp* और C*v* का अनुपात 1·4 है इसलिए x के एक अणु में दो परमाणु होंगे।

$\therefore$ x का उपनिष्ट अणुभार = $14 \times 2 = 28$ उत्तर

प्रश्न ६. धातु का परमाणु भार और क्लोराइड का सूत्र निम्नलिखित अंकों से ज्ञात करो।

(i) ·45 ग्राम धातु ने 560 c. c. H_2 N. T. P. पर अम्ल से मुक्त की।

(ii) धातु का आपेक्षिक ताप = ·214

(iii) धातु के 0·50 ग्राम क्लोराइड ने N. T. P. पर 42·3 c. c. हवा हटाई।

N. T. P. पर 560 c. c. H_2 ·45 ग्राम धातु से मुक्त होती है।

$\therefore$,, ,, 11200 ,, ,, $\frac{\cdot 45 \times 11200}{560}$,, ,, ,, होगी।

$= 9$ ग्राम

धातु का तुल्यांक भार = 9

धातु का उपनिष्ट परमाणु भार $= \frac{6{\cdot}4}{{\cdot}214} = 29{\cdot}9$

$\frac{\text{उपनिष्ट परमाणु भार}}{\text{तुल्यांक भार}} = \frac{29{\cdot}9}{9} = 3{\cdot}3$

∴ संयोजकता = 3

∴ परमाणु भार = 9×3=27

धातु के ·5 ग्राम क्लोराइड ने 42·3 c. c. हवा N. T. P. पर (अपने आयतन के बराबर) हटाई।

∴ धातु के ·5 ग्राम क्लोराइड का N. T. P. पर आयतन = 42·3 c. c.

N. T. P. पर 42.3 c. c. का भार = ·5 ग्राम

∴ „ „ 22400 „ „ „ = $\frac{.5 \times 22400}{42.3}$ ग्राम

= 264.77

चूँकि धातु की संयोजकता 3 है इसलिए क्लोराइड का आनुषंगिक या सरलतम सूत्र (Empirical Formula) MCl_3 होगा।

सरलतम सूत्र MCl_3 से अणुभार $= 27 + 35.3 \times 3 = 133{\cdot}5$

वास्तविक अणुभार = 264·77

$\therefore \frac{264{\cdot}77}{133{\cdot}5} = 2$ (लगभग)

∴ अणुसूत्र = M_2Cl_6 उत्तर

प्रश्न ७. किसी धातु के 5 ग्राम ब्रोमाइड ने 7·2552 ग्राम आयोडाइड दी। यदि धातु का आपेक्षिक ताप ·130 हो तो धातु का परमाणुभार मालूम करो और आयोडाइड का सूत्र लिखो। ($Br_2=80$, $I_2=127$)

मान लो धातु का तुल्यांक भार = E

Br_2 का तुल्यांक भार = 80, I_2 का तुल्यांक भार = 127

तुल्यांक भार के नियम के अनुसार E ग्राम धातु 80 ग्राम Br_2 से संयोग करके (E + 80) ग्राम ब्रोमाइड देगी। इसी प्रकार E ग्राम धातु (E+127) ग्राम आयोडाइड देगी।

$\because$ (E + 80) ग्राम ब्रोमाइड से (E + 127) ग्राम आयोडाइड मिलेगी।

$\therefore$ 5 " " $\frac{(E + 127)}{E + 80} \times 5$ " " ।

$$\therefore \frac{(E + 127) \times 5}{E + 80} = 7.2552$$

$$\therefore \quad 5E + 635 = 7.2552E + 580.416$$

या $2.2552E = 54.584$

$$\therefore E = 24.2$$

उपनिष्ट परमाणुभार = $\frac{6.4}{.13} = 49.23$

$\frac{\text{उपनिष्ट परमाणुभार}}{\text{तुल्यांक भार}} = \frac{49.15}{24.2} = 2$ लगभग

$\therefore$ संयोजकता = 2

$\therefore$ परमाणुभार = $E \times 2 = 24.2 \times 2 = 48.4$ उत्तर

प्रश्न ८. किसी धातु के ब्रोमाइड का वाष्प घनत्व 268 है। 10·15 ग्राम धातु 89·85 ग्राम ब्रोमीन से संयोग करती है। यदि धातु का आपेक्षिक ताप 0.225 हो तो धातु का परमाणुभार बिना ब्रोमीन का तुल्यांक भार माने ज्ञात करो।

उपनिष्ट परमाणु भार = $\frac{6.4}{.225} = 28.4$

मान लो धातु के ब्रोमाइड के एक अणु में धातु का एक परमाणु है

10·15 ग्राम धातु 89·85 ग्राम Br_2 से संयोग करती है।

$\therefore$ 10·15 " " (89·85 + 10·15) = 100 ग्राम ब्रोमाइड देगी।

$\therefore$ 28·4 " " $\frac{100 \times 28.4}{10.15}$ ग्राम ब्रोमाइड देगी।

$= 279.8$ ग्राम

ब्रोमाइड का वाष्प घनत्व = 268

$\therefore$ ब्रोमाइड का अणुभार = $268 \times 2 = 536$

इस प्रकार ब्रोमाइड का अणुभार उस अणुभार का जोकि यह मानने पर कि उसके अणु में धातु का केवल एक परमाणु है, दुगुना है।

इसलिए यह स्पष्ट है कि ब्रोमाइड के एक अणु में धातु के दो परमाणु होने चाहिए।

मान लो वास्तविक परमाणु भार $= x$

10·15 ग्राम धातु 100 ग्राम ब्रोमाइड देती है।

$\therefore 2x$ " " $\frac{100 \times 2x}{10 \cdot 15}$ ग्राम ब्रोमाइड देगी।

$\therefore \frac{100 \times 2x}{10 \cdot 15} = 536 \quad \therefore x = \frac{536 \times 10 \cdot 15}{200} = 27 \cdot 0$ उत्तर

प्रश्न ६. किसी यौगिक $MSO_4.x\,H_2O$ के 3·565 ग्राम को 100°C पर गर्म करने पर $MSO_4.3H_2O$ के 2·522 ग्राम मिलते हैं। इस प्रकार प्राप्त $MSO_4 3.H_2O$ को 150°C पर गर्म करने पर $MSO_4.H_2O$ के 2·0 ग्राम प्राप्त होते हैं। M का परमाणुभार निकालो और x का मान मालूम करो।

$MSO_4.3H_2O$, 150°C पर गर्म करने पर $MSO_4.H_2O$ देता है। इस प्रकार $MSO_4.3H_2O$ पानी के दो अणु देता है।

$MSO_4.3H_2O$ को 150°C पर गर्म करने पर भार में कमी $=$ (2·522–2) ग्राम $=$ ·522 ग्राम

$MSO_4.xH_2O$ को 100°C पर गर्म करने पर भार में कमी $=$ (3·565–2·522) ग्राम $=$ 1·043 ग्राम

·522 ग्राम भार में कमी रवे के पानी के 2 अणु निकलने से होती है

$\therefore 1 \cdot 043$ " " " " " $\frac{2 \times 1 \cdot 043}{\cdot 522}$ " " होगी।

$= 4$ अणु

इस प्रकार $MSO_4.xH_2O$ 100°C पर गर्म करने पर पानी के 4 अणु देकर $MSO_4.3\,H_2O$ में परिणत हो जाता है।

$$\therefore x = 4 + 3 = 7$$

$MSO_4.H_2O$ में से बाकी पानी निकलने पर भार में कमी $= \frac{\cdot 522}{2}$

$= \cdot 261$ ग्राम

निर्जल (Anhydrous) MSO_4 का भार$=(2-\cdot 261) = 1\cdot 739$ ग्राम

∴ लवण में रवे के पानी का भार $= (3\cdot 565 - 1\cdot 739) = 1\cdot 826$

$1\cdot 826$ ग्राम पानी $3\cdot 565$ ग्राम $MSO_4 \cdot 7H_2O$ से मिलता है।

$\therefore 7 \times 18$ " " $\frac{3\cdot 565 \times 7 \times 18}{1\cdot 826}$ " " से मिलेगा।

$= 245\cdot 996$ ग्राम

∴ $MSO_4.7H_2O$ का अणुभार $= 245\cdot 996$

∴ M का परमाणुभार $= 245\cdot 996 - 7 \times 18 - 96$

$= 23\cdot 996$ उत्तर

प्रश्न १०. किसी धातु के सलफेट में $20\cdot 9\%$ धातु है। यदि यह सलफेट $ZnSO_4.7H_2O$ के समाकृत (isomorphous) हो तो धातु का परमाणुभार निकालो। (कलकत्ता, 1929)

धातु का सलफेट $ZnSO_4.7H_2O$ के समाकृत है

∴ धातु के सलफेट का सूत्र $= MSO_4.7H_2O$

मान लो धातु का परमाणुभार$=x$

∴ सलफेट का अणुभार $= x + 32 + 64 + 7 \times 18$

$= x + 222$

$(x + 222)$ ग्राम सलफेट में x ग्राम धातु है।

∴ 100 " " " $\frac{x \times 100}{x + 222}$ ग्राम धातु है।

$$\therefore \frac{x \times 100}{x + 222} = 20\cdot 9$$

या $100x = 20\cdot 9x + 222 \times 20\cdot 9$

या $(100 - 20\cdot 9)\, x = 222 \times 20\cdot 9$

$\therefore x = \frac{222 \times 20\cdot 9}{79\cdot 1} = 58\cdot 65$ उत्तर

प्रश्न ११. दो धातुओं A और B के ऑक्साइड समाकृत हैं। A धातु का परमाणुभार 52 है और उसके क्लोराइड का वाष्प घनत्व 79 है। यदि B धातु के ऑक्साइड में 47·1% ऑक्सिजन हो तो उसका परमाणुभार निकालो।

B धातु के ऑक्साइड में 47·1% ऑक्सिजन है।

∴ „ „ „ „ (100 − 47·1)=52·9% धातु है।

47·1 ग्राम ऑक्सिजन 52·9 ग्राम धातु से संयोग करती है।

$\therefore 8$ „ „ $\frac{52 \cdot 9 \times 8}{47 \cdot 1}$ „ „ „ करेगी।

∴ धातु का तुल्यांक भार = 8·985

A के क्लोराइड का वाष्प घनत्व = 79

∴ A के क्लोराइड का अणुभार = 79×2 = 158

मान लो A की संयोजकता x है।

∴ A के क्लोराइड का सूत्र = ACl_x

∴ A के क्लोराइड का अणुभार = 52+35·5x

∴ 52+35·5x = 158

या 35·5x = 106

∴ x = 3

चूँकि A और B के ऑक्साइड समाकृत हैं इसलिए B की संयोजकता भी 3 होगी।

∴ B का परमाणुभार = तुल्यांक भार × संयोजकता

= 8·985 × 3

=26·955 उत्तर

प्रश्न १२. मेगनीशियम सलफेट में 9·75% Mg है और 39·02% SO_4 है। ज़िंक सलफेट में 22·6% ज़िंक है और 33·5% SO_4 है। यदि दोनों लवण समाकृत हों और Zn का परमाणु-भार 65 हो तो Mg का परमाणुभार निकालो। (राजपूताना 1948)

मेगनीशियम सलफेट में 39·02 ग्राम SO_4, 9·75 ग्राम Mg से संयुक्त है।

ज़िंक सलफेट में 33·5 ग्राम SO_4 22·6 ग्राम Zn से संयुक्त है।

$\therefore$,, ,, ,, 39·02 ,, ,, $\frac{22\cdot6\times39\cdot02}{33\cdot5}$,, ,, ,, होगी।

$= 26\cdot32$ ग्राम

चूँकि दोनों सलफेट समाकृत हैं इसलिए Mg और Zn के विभिन्न भार जो सलफेट के एक ही भार से संयुक्त हैं परमाणुभारों के अनुपात में होने चाहिए।

$$\therefore \frac{\text{Mg का परमाणुभार}}{\text{Zn का परमाणुभार}} = \frac{\text{Mg का भार}}{\text{Zn का भार}}$$

$$\frac{\text{Mg का परमाणुभार}}{65} = \frac{9\cdot75}{26\cdot32}$$

$$\therefore \text{Mg का परमाणुभार} = \frac{9\cdot75}{26\cdot32} \times 65 = 24\cdot07 \text{ उत्तर}$$

प्रश्नावली ७

(१) किसी धातु का आपेक्षिक ताप 0·102 है। यदि उसका तुल्यांक भार 31·52 हो तो उसकी संयोजकता और परमाणुभार निकालो

[उत्तर, 2, 63·04]

(२) 2·1615 ग्राम निकेल क्लोराइड में 0·978 ग्राम निकेल है। यदि निकेल का आपेक्षिक ताप 0·1092 हो तो निकेल का परमाणु-भार और क्लोराइड का सूत्र ज्ञात करो।

[उत्तर, 58·68, $NiCl_2$]

(३) किसी धातु के क्लोराइड में 65·61% क्लोरीन है। यदि धातु का आपेक्षिक ताप 0·11 हो तो धातु का तुल्यांक भार, परमाणु भार और संयोजकता निकालो। (उ० प्र० 1952)

[उत्तर, 18·607, 3, 55·82]

(४) किसी धातु M के 0·50 ग्राम की अम्ल से प्रतिक्रिया करने पर 465·0 c. c. सूखी हाइड्रोजन N. T. P. पर प्राप्त होती है ! यदि धातु का आपेक्षिक ताप 0·270 हो तो उसका अणुभार मालूम करो और उसके नाइट्रेट का सूत्र लिखो ।

[उत्तर, 24·086, $M(NO_3)_2$]

(५) किसी धातु के ऑक्साइड में 30% O_2 है । यदि धातु के सलफेट का सूत्र $M_2(SO_4)_3$ हो तो उसका परमाणुभार निकालो ।

[उत्तर, 56·0]

(६) किसी धातु के आयोडाइड में 55·86% आयोडीन है । यदि धातु का आपेक्षिक ताप 0·0320 हो तो उसका परमाणुभार निकालो । आयोडीन का तुल्यांक भार = 126·92

[उत्तर, 200·60]

(७) किसी धातु के 1 ग्राम को हलके HCl अम्ल में घोला जाता है । घोल में अमोनियम सलफाइड मिलाने पर 1·492 ग्राम धातु का सलफाइड प्राप्त होता है । यदि धातु का आपेक्षिक ताप 0·0985 हो तो उसका परमाणुभार मालूम करो । [उत्तर, 65·04]

(८) एक प्रयोग में 0·281 ग्राम धातु ने 190 c. c. नम H_2 मुक्त की और उसके 0·664 ग्राम क्लोराइड ने विक्टर मेयर के उपकरण में 76 c. c. नम हवा विस्थापित की । यदि दोनों प्रयोगों के समय ताप क्रम 21°C और दबाव 758·5 mm. हो तो धातु का परमाणुभार मालूम करो । (21°C पर जलवाष्प का तनाव = 18·5 mm ; 1c.c. H_2 का N.T.P. पर भार = ·00009 ग्राम) [उत्तर, 73·28]

(९) किसी तत्त्व के 1 ग्राम क्लोराइड में 0·835 ग्राम क्लोरीन थी और क्लोराइड का वाष्प घनत्व 85 था । धातु का परमाणुभार निकालो और क्लोराइड का सूत्र लिखो । [उत्तर 28.0596, MCl_4]

(१०) किसी धातु के 2·4338 ग्राम क्लोराइड को सान्द्र (Concentrated) H_2SO_4 में गर्म करने पर 2·654 ग्राम सलफेट प्राप्त हुआ । यदि धातु का आपेक्षिक ताप 0·0313 होतो उसका परमाणु-भार मालूम करो । [उत्तर, 205·32]

(११) किसी धातु के 0·256 ग्राम सलफेट ने $BaCl_2$ के घोल से प्रतिक्रिया करने पर 0·525 ग्राम $BaSO_4$ दिया। यदि धातु के क्लोराइड का वाष्प घनत्व 67 हो तो तत्त्व का परमाणुभार मालूम करो और सलफेट का सूत्र लिखो। Ba का तुल्यांक भार= 68·5

[उत्तर 66·67, $M_2(SO_4)_3$]

(१२) एक धातु तीन क्लोराइड बनाती है जिनमें क्रमशः 23·6%, 38·2% और 48·3% क्लोरीन है। इन क्लोराइडों के वाष्प घनत्व क्रमशः 74·6, 92·9 और 110·6 हैं। यदि धातु का आपेक्षिक ताप 0·055 हो तो उसका परमाणुभार निकालो और क्लोराइडों के सूत्र लिखो।

[उत्तर, 114·9, MCl, MCl_2, MCl_3.

(१३) किसी धातु के 2·0 ग्राम कार्बोनेट ने हलके H_2SO_4 से क्रिया करके 2·37 ग्राम सलफेट दिया। यदि धातु का आपेक्षिक ताप ·0478 हो तो उसका परमाणुभार मालूम करो।

[उत्तर, 134·6]

(१४) फॉसफोरस के चार यौगिकों का विश्लेषण करने पर निम्नलिखित अंक प्राप्त हुए:—

यौगिक	वाष्प घनत्व	फॉसफोरस का प्रतिशत
1	150	43·7%
2	110	56·4%
3	70	22·5%
4	77	20·2%

फॉसफोरस का परमाणुभार निकालो। [उत्तर, 31]

(१५) पोटैसियम परमैंगनेट और पोटैसियम परक्लोरेट ($KClO_4$) समाकृत हैं। यदि पोटैसियम परमैंगनेट में 34·81% Mn है तो Mn का परमाणुभार निकालो।

[उत्तर, 55]

(१६) क्यूप्रस सलफाइड और सिलवर सलफाइड समाकृत हैं। क्यूप्रस सलफाइड और सिलवर सलफाइड में क्रमशः 20·14% और 12·94%

सलफर है। यदि कॉपर का परमाणुभार 63·57 हो तो सिलवर का परमाणुभार निकालो। [उत्तर, 107·85]

(१७) पोटैसियम सलफेट (K_2SO_4) और पोटैसियम सेलीनेट समाकृत हैं। यदि पोटैसियम सेलीनेट में 45·42% सेलीनियम हो तो सेलीनियम का परमाणुभार निकालो। [उत्तर, 118·2]

(१८) मेगनीशियम सलफेट और ज़िंक सलफेट समाकृत हैं। मेगनीशियम सलफेट में 51·2% पानी और 9·8% Mg है और ज़िंक सलफेट में 44% पानी और 22·6% Zn है। यदि Mg का परमाणुभार 24 हो तो ज़िंक का परमाणुभार निकालो। [उत्तर, 64·40]

अध्याय ८

रासायनिक समीकरणों पर निर्धारित गणनाएँ

(Problems based on Chemical Equations)

रासायनिक समीकरणों द्वारा हमें केवल यही नहीं मालूम होता कि प्रतिक्रिया में कौन-कौन से पदार्थ भाग ले रहे हैं और कौन-कौन से पदार्थ उसके फलस्वरूप बन रहे हैं बल्कि यदि हमें तत्त्वों के परमाणुभार मालूम हों तो हम उनकी सहायता से उपयोगी रासायनिक गणनाएँ भी कर सकते हैं। निम्नलिखित हल किए हुए उदाहरणों में समीकरण का प्रयोग बतलाया गया है।

हल किए हुए उदाहरण

प्रश्न १. पोटैसियम क्लोरेट का वह भार ज्ञात करो जो गर्म करने पर 20°C और 778 mm. दबाव पर 2 लिटर O_2 देगा जबकि गैस पानी के ऊपर एकत्र की जाती है। (20°C पर जल वाष्प का तनाव = 18 mm., K = 39·1, Cl = 35·45, O = 16)

मान लो शुद्ध O_2 का आयतन N.T.P. पर = V_0 लिटर

गैस समीकरण के अनुसार

$$\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$$

यहाँ V = 2 लिटर, P = (778 − 18) = 760 mm., T = 273 + 20 = 293,

$$\therefore \frac{760 \times V_0}{273} = \frac{760 \times 2}{293}$$

$$\therefore V_0 = \frac{760 \times 2 \times 273}{293 \times 760} = \frac{273 \times 2}{293}$$

$KClO_3$ गर्म करने पर निम्नलिखित समीकरण के अनुसार विच्छेदित होता है: –

$$2KClO_3 \longrightarrow 2KCl + 3O_2$$

$2(39{\cdot}1 + 35{\cdot}45 + 48)$ $3 \times 22{\cdot}4$ लिटर N.T.P. पर

$= 245{\cdot}1$ $= 67{\cdot}2$ लिटर

$67{\cdot}2$ लिटर O_2 N.T.P. पर $245{\cdot}1$ ग्राम $KClO_3$ से मिलेगी।

$\therefore \frac{273 \times 2}{293}$,, ,, ,, $\frac{245{\cdot}1 \times 273 \times 2}{293 \times 67{\cdot}2}$,, ,, ,, ।

$= 6{\cdot}7970$ ग्राम उत्तर।

प्रश्न २. H_2O_2 के 10 c. c. घोल ने KI के घोल से $0{\cdot}5$ ग्राम आयोडीन (I_2) मुक्त की। घोल में H_2O_2 की मात्रा प्रतिशत में निकालो।

H_2O_2 ऑक्सिकारक पदार्थ (Oxidising Agent) होने के कारण KI के घोल से I_2 मुक्त करता है। प्रतिक्रिया निम्नलिखित समीकरण के अनुसार होती है :—

$$2KI + H_2O_2 = 2KOH + I_2$$

$2+32=34$ $2 \times 127 = 254$

254 ग्राम I_2 34 ग्राम H_2O_2 से मुक्त होती है।

$\therefore 0{\cdot}5$,, I_2 $\frac{34 \times 0{\cdot}5}{254}$,, ,, ,, होगी।

$= {\cdot}0669$ ग्राम

H_2O_2 के 10 c. c. घोल में ${\cdot}0669$ ग्राम शुद्ध H_2O_2 है।

$\therefore$,, ,, 100 ,, ,, ,, ${\cdot}669$,, ,, होगी।

$= {\cdot}669\%$ उत्तर

प्रश्न ३. सोडियम फॉरमेट का वह भार मालूम करो जो 27°C और $766{\cdot}5$ mm. दबाव पर 500 c. c. हाइड्रोजन देगा। (27°C पर जल वाष्प दबाव = $26{\cdot}5$ mm.)

मान लो H_2 का आयतन N. T. P. पर = V_0 c. c.

गैस समीकरण के अनुसार

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$$

$$\text{या } V_0 = \frac{P \times V \times T_0}{T \times P_0}$$

यहाँ $P = (766{\cdot}5 - 26{\cdot}5)$ mm. = 740 mm., V = 500 c. c.,
$T = 273 + 27 = 300$, $P_0 = 760$, $T_0 = 273$

$$\therefore V_0 = \frac{740 \times 500 \times 273}{300 \times 760} = 443{\cdot}1$$

सोडियम फॉरमेट गर्म करने पर निम्नलिखित समीकरण के अनुसार विच्छेदित होता है :—

$$2\,HCOONa \rightarrow Na_2C_2O_4 + H_2$$

$2\,(1 + 12 + 32 + 23)$ 22·4 लिटर N. T. P. पर
= 136   = 22400 c. c. ,, ,,

22400 c. c. H_2 136 ग्राम HCOONa से मिलती है।

$\therefore$ 443·1 c. c. ,, $\frac{136 \times 443{\cdot}1}{22400}$,, ,, ,, मिलेगी।

= 2·69 ग्राम   उत्तर

प्रश्न ४. अमोनियम क्लोराइड के उस भार को मालूम करो जो N. T. P. पर 3 लिटर नाइट्रोजन देगा यदि तुमको $K_2Cr_2O_7$ का चूर्ण (Powder) दे दिया गया हो।

जब $K_2Cr_2O_7$ और NH_4Cl का मिश्रण शुष्क अवस्था में गर्म किया जाता है तो N_2 प्राप्त होती है। प्रतिक्रिया निम्नलिखित समीकरणों द्वारा दिखाई जा सकती है—

$$2\,NH_4Cl + K_2Cr_2O_7 \rightarrow (NH_4)_2\,Cr_2O_7 + 2KCl$$

$$(NH_4)_2\,Cr_2O_7 \rightarrow Cr_2O_3 + N_2 + 4H_2O$$

$$2\,NH_4Cl + K_2Cr_2O_7 \rightarrow Cr_2O_3 + 2\,KCl + 4\,H_2O + N_2$$

$2\,(14 + 4 + 35{\cdot}5) = 107$ 22·4 लिटर

22·4 लिटर N_2 N.T.P. पर 107 ग्राम NH_4Cl से प्राप्त होती है।

$\therefore 3$,, ,, ,, ,, $\frac{107\times3}{22\cdot4}$,, ,, ,, होगी।

$= 14\cdot33$ ग्राम उत्तर

प्रश्न ५. 1 ग्राम आयरन फेरिक क्लोराइड में परिणत किया जाता है और लवण पानी में घोला जाता है। फेरिक क्लोराइड को फेरस क्लोराइड में अपचित (Reduce) करने के लिए N. T. P. पर H_2S का कितना आयतन चाहिए ? (पटना)

$$2\,Fe + 3\,Cl_2 \rightarrow 2\,FeCl_3$$
$$2\times56 \qquad 2(56+3\times35\cdot5)$$
$$=112 \qquad\qquad =325$$

112 ग्राम आयरन 325 ग्राम $FeCl_3$ देता है।

$\therefore 1$,, ,, $\frac{325}{112}$,, ,, देगा।

H_2S गैस $FeCl_3$ को निम्नलिखित समीकरण के अनुसार अपचित करती है:—

$$2FeCl_3 + H_2S \rightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + S$$
325 $\qquad$ 22·4 लिटर N.T.P. पर

325 ग्राम $FeCl_3$ को अपचित करने के लिए 22·4 लिटर H_2S चाहिये।

$\therefore \frac{325}{112}$,, ,, ,, ,, $\frac{22\cdot4\times325}{325\times112}$,, ।

$=0\cdot2$ लिटर उत्तर

प्रश्न ६. एक ग्राम कॉपर सलफेट ($CuSO_4.5H_2O$) को कॉपर सलफाइड में परिणत करने के लिए 20°C और 720 mm. दबाव पर कितनी सलफ्यूरेटेड हाइड्रोजन (H_2S) की आवश्यकता होगी ? H_2S का यह आयतन कितने फेरस सलफाइड से प्राप्त होगा ? (उ० प्र० १६१०).

H_2S कॉपर सलफेट से CuS निम्नलिखित समीकरण के अनुसार अवक्षिप्त करती है।

$$CuSO_4 \cdot 5\,H_2O + H_2S \rightarrow CuSO_4 + H_2SO_4.5\,H_2O$$

249·6 ग्राम 22·4 लिटर

249·6 ग्राम कॉपर सलफेट के लिए 22·4 लिटर H_2S N.T.P. पर चाहिये।

$\therefore$ 1 ,, ,, ,, ,, $\frac{22 \cdot 4}{249 \cdot 6}$,, ,, ,, ,, ।

मान लो H_2S का आयतन $(273 + 20) = 293°$Abs. और 720 mm. दबाव पर V लिटर है।

गैस समीकरण के अनुसार $\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$

यहाँ $P = 720,\ T = 293,\ V_0 = \frac{22 \cdot 4}{249 \cdot 6},\ V$?

$$\therefore \frac{760 \times 22 \cdot 4}{273 \times 249 \cdot 6} = \frac{720 \times V}{293}$$

$$\therefore V = \frac{760 \times 22 \cdot 4 \times 293}{720 \times 273 \times 249 \cdot 6} = \cdot 1016 \text{ लिटर}$$

उत्तर I

FeS अम्ल में प्रतिक्रिया करके निम्नलिखित समीकरण के अनुसार H_2S देता है।

$$FeS + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2S$$

56 + 32 = 88 22·4 लिटर N.T.P. पर

N.T.P. पर 22·4 लिटर H_2S, 88 ग्राम FeS से प्राप्त होती है।

$\therefore$,, ,, $\frac{22 \cdot 4}{249 \cdot 6}$,, ,, $\frac{88 \times 22 \cdot 4}{22 \cdot 4 \times 249 \cdot 6}$,, ,, होगी।

$= \cdot 3528$ ग्राम उत्तर II

$\therefore 3$,, ,, ,, ,, $\frac{107 \times 3}{22 \cdot 4}$,, ,, ,, होगी।

$= 14 \cdot 33$ ग्राम उत्तर

प्रश्न ५. 1 ग्राम आयरन फेरिक क्लोराइड में परिणत किया जाता है और लवण पानी में घोला जाता है। फेरिक क्लोराइड को फेरस क्लोराइड में अपचित (Reduce) करने के लिए N. T. P. पर H_2S का कितना आयतन चाहिए? (पटना)

$$2\,Fe + 3\,Cl_2 \rightarrow 2\,FeCl_3$$
$$2 \times 56 \qquad 2(56 + 3 \times 35 \cdot 5)$$
$$= 112 \qquad\qquad = 325$$

112 ग्राम आयरन 325 ग्राम $FeCl_3$ देता है।

$\therefore 1$,, ,, $\frac{325}{112}$,, ,, देगा।

H_2S गैस $FeCl_3$ को निम्नलिखित समीकरण के अनुसार अपचित करती है:—

$$2FeCl_3 + H_2S \rightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + S$$

325 $\qquad$ 22·4 लिटर N.T.P. पर

325 ग्राम $FeCl_3$ को अपचित करने के लिए 22·4 लिटर H_2S चाहिये।

$\therefore \frac{325}{112}$,, ,, ,, ,, $\frac{22 \cdot 4 \times 325}{325 \times 112}$,, ।

$= 0 \cdot 2$ लिटर उत्तर

प्रश्न ६. एक ग्राम कॉपर सलफेट ($CuSO_4.5H_2O$) को कॉपर सलफाइड में परिणत करने के लिए 20°C और 720 mm. दबाव पर कितनी सलफ्यूरेटेड हाइड्रोजन (H_2S) की आवश्यकता होगी? H_2S का यह आयतन कितने फेरस सलफाइड से प्राप्त होगा? (उ० प्र० १६१०).

H_2S कॉपर सलफेट से CuS निम्नलिखित समीकरण के अनुसार अवक्षिप्त करती है।

$CuSO_4 \cdot 5\,H_2O + H_2S \rightarrow CuS + H_2SO_4 \cdot 5\,H_2O$

249·6 ग्राम 22·4 लिटर

249·6 ग्राम कॉपर सलफेट के लिए 22·4 लिटर H_2S N.T.P. पर चाहिये।

$\therefore$ 1 " " " " $\frac{22 \cdot 4}{249 \cdot 6}$ " " " "।

मान लो H_2S का आयतन $(273 + 20) = 293°$Abs. और 720 mm. दबाव पर V लिटर है।

गैस समीकरण के अनुसार $\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$

यहाँ $P = 720$, $T = 293$, $V_0 = \frac{22 \cdot 4}{249 \cdot 6}$, V ?

$$\therefore \frac{760 \times 22 \cdot 4}{273 \times 249 \cdot 6} = \frac{720 \times V}{293}$$

$$\therefore V = \frac{760 \times 22 \cdot 4 \times 293}{720 \times 273 \times 249 \cdot 6} = \cdot 1016 \text{ लिटर}$$

उत्तर I

FeS अम्ल से प्रतिक्रिया करके निम्नलिखित समीकरण के अनुसार H_2S देता है।

$FeS + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2S$

56 + 32 = 88 22·4 लिटर N.T.P. पर

N.T.P. पर 22·4 लिटर H_2S, 88 ग्राम FeS से प्राप्त होती है।

$\therefore$ " " $\frac{22 \cdot 4}{249 \cdot 6}$ " " $\frac{88 \times 22 \cdot 4}{22 \cdot 4 \times 249 \cdot 6}$ " " होगी।

$= \cdot 3528$ ग्राम उत्तर II

प्रश्न ७. H_2O_2 के 5c.c. घोल ने KI के घोल से 0·508 ग्राम आयोडीन मुक्त की। H_2O_2 के घोल की शक्ति (a) ग्राम प्रति लिटर (b) आयतन के रूप में, ज्ञात करो।

(a) $2KI + H_2O_2 \rightarrow 2KOH + I_2$

34   254

254 ग्राम आयोडीन 34 ग्राम H_2O_2 से मुक्त होती है।

$\therefore$ ·508 ,, ,, $\frac{34 \times \cdot 508}{254}$,, ,, ,, होगी।

$= \cdot 068$ ग्राम

5 c.c. H_2O_2 के घोल में ·068 ग्राम शुद्ध H_2O_2 है।

$\therefore$ 1000 ,, ,, ,, ,, $\frac{\cdot 068 \times 1000}{5}$,, होगी।

$= 13 \cdot 6$ ग्राम   उत्तर I

(b) $2H_2O_2 \leftarrow 2H_2O + O_2$

68   22400 c.c. N.T.P. पर

68 ग्राम H_2O_2, 22400 c.c. O_2 N.T.P. पर देती है।

$\therefore$ ·068 ,, ,, $\frac{22400 \times \cdot 068}{68}$,, ,, ,, देगी।

$= 22 \cdot 4$ c.c.

5 c.c. H_2O_2, 22·4 c.c. O_2 देती है।

$\therefore$ 1 c.c. ,, $\frac{22 \cdot 4}{5}$,, ,, देगी।

$= 4 \cdot 48$ c.c.

$\therefore$ H_2O_2 की आयतन के रूप में शक्ति = 4·48 आयतन उत्तर II

प्रश्न ८. ऑक्सिजन मिली हुई ओज़ीन की एक बानगी में 15% ओज़ीन है। इस बानगी की N. T. P. पर 2 लिटर गैस KI के घोल से कितनी आयोडीन मुक्त करेगी?

O_3 और KI निम्नलिखित समीकरण के अनुसार प्रतिक्रिया करते है।

$$2KI + H_2O + O_3 \longrightarrow 2\,KOH + O_2 + I_2$$

22·4 लिटर 254 ग्राम

2 लिटर बानगी में शुद्ध $O_3 = \frac{15 \times 2}{100} = \cdot 3$ लिटर

N. T. P. पर 22·4 लिटर O_3, 254 ग्राम I_2 मुक्त करती है।

$\therefore$,, ,, ·3 ,, ,, $\frac{254 \times \cdot 3}{22 \cdot 4}$,, ,, करेगी।

$= 3 \cdot 402$ ग्राम **उत्तर**

प्रश्न ९. 2·9 ग्राम कास्टिक सोडा के हलके और ठंडे घोल में क्लोरीन गैस प्रवाहित की जाती है। उन मुख्य पदार्थों की मात्रा निकालो जो इस प्रतिक्रिया के फलस्वरूप मिलते हैं। (उ० प्र० 1920)

NaOH के हलके और ठंडे घोल में Cl_2 की प्रतिक्रिया निम्नलिखित समीकरण के अनुसार होती है।

$$2\,NaOH + Cl_2 \longrightarrow NaCl + NaOCl + H_2O$$

$2\,(23 + 16 + 1) = 80$ $\quad$ $(23 + 35 \cdot 5) = 58 \cdot 5$ $\quad$ $(23 + 16 + 35 \cdot 5) = 74 \cdot 5$

मुख्य पदार्थ NaCl और NaOCl हैं।

80 ग्राम NaOH, 58·5 ग्राम NaCl देता है।

$\therefore$ 2·9 ,, ,, $\frac{58 \cdot 5 \times 2 \cdot 9}{80}$,, देगा।

$= 2 \cdot 12$ ग्राम **उत्तर I**

80 ग्राम NaOH 74·5 ग्राम NaOCl देता है।

2·9 ,, ,, $\frac{74 \cdot 5 \times 2 \cdot 9}{80}$,, ,, देगा।

$= 2 \cdot 7$ ग्राम **उत्तर II**

प्रश्न १०. 8 ग्राम शुद्ध मैंगनीज डाइऑक्साइड (MnO_2) सान्द्र

HCl के साथ गर्म किया जाता है और इस प्रकार प्राप्त गैस KI के घोल में प्रवाहित की जाती है। इस प्रतिक्रिया के फलस्वरूप कितनी आयोडीन मिलेगी ? (नागपुर 1933)

∵ MnO_2 सान्द्र HCl से क्रिया करके Cl_2 देता है।

$$MnO_2 + 4\,HCl \longrightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2\,H_2O \quad (1)$$

55 + 32 = 87 22·4 लिटर

Cl_2 गैस KI के घोल से I_2 मुक्त करती है।

$$2\,KI + Cl_2 \longrightarrow 2\,KCl + I_2 \quad (2)$$

22·4 लिटर 254

समीकरण (1) के अनुसार

87 ग्राम MnO_2 N. T. P. पर 22·4 लिटर Cl_2 देती है।

∴ 8 ,, ,, ,, ,, $\frac{22{\cdot}4 \times 8}{87}$,, ,, देगी।

समीकरण (2) के अनुसार

N. T. P. पर 22·4 लिटर Cl_2 गैस 254 ग्राम I_2 मुक्त करती है।

∴ ,, ,, $\frac{22{\cdot}4 \times 8}{87}$ $\frac{254 \times 22{\cdot}4 \times 8}{22{\cdot}4 \times 87}$,, करेगी।

=23·356 ग्राम उत्तर

प्रश्न ११. रवेदार पोटैसियम फेरोसायनइड [$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$] पर सान्द्र H_2SO_4 की प्रतिक्रिया से CO बनाई जाती है। यदि H_2SO_4 का घनत्व 1·84 हो और उसमें 99·2% शुद्ध एसिड हो तो 100 ग्राम CO को प्राप्त करने के लिए कितने लवण और एसिड की आवश्यकता होगी ?

$$K_4Fe(CN)_6 + 6H_2SO_4 + 6H_2O = K_2SO_4 + FeSO_4 + 3(NH_4)_2SO_4 + 6CO$$

ऊपर कै समीकरण के अनुसार

$K_4Fe(CN)_6.3H_2O$ का भार = (156 + 56 + 156+54) ग्राम

$= 422$ ग्राम

H_2SO_4 का भार $= 6(2 + 32 + 64)$

$= 588$ ग्राम

बनी हुई CO का भार $= 6 \times 28$ ग्राम $= 168$ ग्राम

168 ग्राम CO, 422 ग्राम लवण से प्राप्त होती है।

$\therefore$ 100 ,, ,, $\frac{422 \times 100}{168}$,, ,, होगी।

$= 251 \cdot 2$ ग्राम **उत्तर I**

168 ग्राम CO, 588 ग्राम शुद्ध H_2SO_4 से मिलती है।

$\therefore$ 100 ,, ,, $\frac{588 \times 100}{168}$,, ,, ,, मिलेगी।

99·2 ग्राम शुद्ध एसिड 100 ग्राम बानगी में है।

$\therefore \frac{588 \times 100}{168}$,, ,, $\frac{100 \times 588 \times 100}{99 \cdot 2 \times 168}$ होगी।

$= 352 \cdot 82$ ग्राम **उत्तर II**

प्रश्न १२. किसी प्रयोग में 27°C और 765 mm. दबाव पर 10 लिटर कार्बन डाइऑक्साइड की आवश्यकता है। प्रयोग में दी हुई अवस्थाओं में आवश्यक CO_2 को प्राप्त करने के लिए 96·5% शुद्धता का कितना संगमरमर (marble) चाहिए ? (उ० प्र० १९४४)

मान लो CO_2 का आयतन N.T.P. पर V_0 लिटर है।

गैस समीकरण के अनुसार

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$$

जहाँ P=765 mm., V=10 लिटर, T = 273 + 27 = 300,

$$\therefore \frac{760 \times V_0}{273} = \frac{765 \times 10}{300}$$

$$\therefore V_0 = \frac{765 \times 10 \times 273}{300 \times 760}$$

संगमरमर $CaCO_3$ की एक किस्म है जो गर्म करने पर निम्नलिखित समीकरण के अनुसार विच्छेदित होता है।

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

100 ग्राम 22·4 लिटर

N.T.P. पर 22·4 लिटर CO_2 100 ग्राम संगमरमर प्राप्त होता है।

$\therefore \frac{765 \times 10 \times 273}{300 \times 760}$ " $\frac{100 \times 765 \times 10 \times 273}{22{\cdot}4 \times 300 \times 760}$,, होगा।

$= \frac{765 \times 91}{76 \times 22{\cdot}4}$ ग्राम

96·5 ग्राम शुद्ध संगमरमर 100 ग्राम बानगी में है।

$\therefore \frac{765 \times 91}{76 \times 22{\cdot}4}$ " " $\frac{100 \times 765 \times 91}{96{\cdot}5 \times 76 \times 22{\cdot}4}$ " ,, होगा

= 42·375 ग्राम उत्तर

प्रश्न १३. N.T.P. पर एक लिटर सलफर डाइऑक्साइड एक लिटर हाइड्रोजन सलफाइड से मिलाई जाती है। प्रतिक्रिया समाप्त होने पर पदार्थों के भार मालूम करो।

H_2S और SO_2 निम्न समीकरण के अनुसार प्रतिक्रिया करते हैं।

$$2H_2S + SO_2 = 3S + 2H_2O$$

2 × 22·4 लिटर   22·4 लिटर   3 × 32 ग्राम   2 × 18 ग्राम

2 × 22·4 लिटर H_2S 22·4 लिटर SO_2 से क्रिया करती है।

$\therefore$ 1 ,, ,, $\frac{22{\cdot}4}{2 \times 22{\cdot}4}$ " " ,, ,, करेगी।

$= \frac{1}{2}$ लिटर

इस प्रकार $\frac{1}{2}$ लिटर SO_2 प्रतिक्रिया के बाद बच रहेगी।

2 × 22·4 लिटर H_2S 3 × 32 ग्राम S देती है।

$\therefore$ 1 ,, ,, $\frac{3 \times 32}{2 \times 22{\cdot}4}$ " ,, देगी।

= 2·1428 ग्राम उत्तर I

2×22.4 लिटर H_2S 36 ग्राम पानी देती है।

$\therefore$ 1 " " $\frac{36}{2 \times 22.4}$ " देगी

$= \cdot 8035$ ग्राम उत्तर II

22.4 लिटर SO_2 का भार N.T.P. पर= 64 ग्राम

$\therefore \frac{1}{2}$ " " " " " $= \frac{64 \times 1}{22.4 \times 2}$ "

$= 1.4285$ ग्राम उत्तर

प्रश्न १४ ओज़ोन की एक बानगी के 150 c. c. की तारपीन के तेल से क्रिया करने पर आयतन 36 c. c. कम हो गया। यदि उसी बानगी के दूसरे 150 c.c. को गर्म किया जाए और फिर ठंढा किया जाए तो क्या परिवर्त्तन होगा ?

तारपीन का तेल ओज़ोन को सोख लेता है। चूँकि 150 c. c. बानगी को तारपीन के तेल में मिलाने पर आयतन 36 c. c. कम हो गया इसलिए 150 c. c. बानगी में 36 c. c. शुद्ध ओज़ोन है।

ओज़ोन गर्म करने पर निम्नलिखित समीकरण के अनुसार विच्छेदित होती है :—

$$2O_3 \longrightarrow 3O_2$$

2 आयतन 3 आयतन

इस प्रकार 2 c.c. O_3 3 c.c. O_2 देती है।

$\therefore$ 36 c.c. O_3 , $\frac{3 \times 36}{2}$ c.c. " देगी। उत्तर

$= 54$ c.c.

150 c.c. बानगी को गर्म करने पर आयतन (54 – 36)c.c.= 18 c.c. बढ़ जाएगा।

$\therefore$ आयतन (150+18)c.c.=168c.c. हो जाएगा। उत्तर

प्रश्न १५. कार्बन डाइसलफाइड (CS_2) के 10 c.c. को O_2 में जलाया जाता है। यदि CS_2 का घनत्व 2·63 ग्राम प्रति

c.c. हो तो बताओ N.T.P. पर कितनी O_2 की आवश्यकता होगी और प्रतिक्रिया के बाद मिश्रण का कितना आयतन होगा ?

1 c.c. CS_2 का भार = 2· 63 ग्राम

∴ 10 c.c. ,, ,, = 2·63×10 ग्राम = 26·3 ग्राम

CS_2 ऑक्सिजन में निम्नलिखित समीकरण के अनुसार जलता है।

$$CS_2 + 3O_2 = CO_2 + 2SO_2$$

12+64 3×22·4 लिटर 22·4 लिटर + 2 22·4 लिटर

= 76 = 67·2 लिटर = 67·2 लिटर

76 ग्राम CS_2 के लिए 67·2 लिटर O_2 N. T. P. पर चाहिये

∴ 26·3 ,, ,, $\frac{67 \cdot 2 \times 26 \cdot 3}{76}$,, ,, ,, ,, ।

=23·254 लिटर उत्तर

जलाने के बाद मिश्रण में CO_2 और SO_2 मिलती हैं। इस मिश्रण का आयतन भी 23·254 लिटर है क्योंकि 76 ग्राम CS_2, 67·2 लिटर CO_2 और SO_2 का मिश्रण देता है।

प्रश्न १६. डोलोमाइट के एक नमूने में 50% $CaCO_3$, 45% $MgCO_3$ और 5% क्ले (Clay) इस नमूने के 5 ग्राम की हलके HCl से प्रतिक्रिया करने पर कितनी CO_2 10°C और 750 mm. दवाब पर मिलेगी ?

100 ग्राम डोलोमाइट में 50 ग्राम $CaCO_3$ है।

∴ 5 ,, ,, ,, $\frac{50 \times 5}{100}$,, ,, है।

=2·5 ग्राम

इसी प्रकार 5 ग्राम डोलोमाइट में $\frac{45 \times 5}{100}$ =2·25 ग्राम $MgCO_3$ है। क्ले (Clay) HCl से प्रतिक्रिया नहीं करती परन्तु $CaCO_3$ और $MgCO_3$ निम्नलिखित समीकरणों के अनुसार प्रतिक्रिया करते हैं:—

$CaCO_3 + 2\,HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$
100 22·4 लिटर N.T.P. पर

$MgCO_3 + 2\,HCl \rightarrow MgO + H_2O + CO_2$
84 22·4 लिटर N.T.P. पर

100 ग्राम $CaCO_3$ N. T. P. पर 22·4 लिटर CO_2 देता है।

$\therefore$ 2·5 ग्राम ,, ,, ,, ,, $\frac{22 \cdot 4 \times 2 \cdot 5}{100}$,, ,, देगा।

= ·56 लिटर

84 ग्राम $MgCO_3$ N. T. P. पर 22·4 लिटर CO_2 देता है।

$\therefore$ 2·25 ,, ,, ,, ,, $\frac{22 \cdot 4 \times 2 \cdot 25}{84}$,, ,, देगा।

= ·6 लिटर

$\therefore$ N. T. P. पर प्राप्त CO_2 का कुल आयतन=(·56 + ·6)= 1·16 लिटर।

मान लो CO_2 का आयतन 10°C और 750 mm. दबाव पर V लिटर है।

गैस समीकरण के अनुसार $\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P V}{T}$

$$\therefore V = \frac{P_0 \times V_0 \times T}{T_0 \times P} = \frac{760 \times 1 \cdot 16 \times 283}{273 \times 750} = 1 \cdot 218 \text{ लिटर}$$

उत्तर

प्रश्न १७. सफेद फॉसफोरस के 3·1 ग्राम को KOH के घोल के साथ गर्म किया जाता है। प्रतिक्रिया के फलस्वरूप जो पदार्थ बनते हैं उनकी मात्रा ज्ञात करो।

सफेद P, KOH के घोल से निम्नलिखित समीकरण के अनुसार प्रतिक्रिया करता है।

$4\,P + 3\,KOH + 3\,H_2O \rightarrow 3KH_2PO_2 + PH_3$
4×31 3×104 $31 + 3$
=124 =312 =34

124 ग्राम P, 34 ग्राम PH_3 (फॉसफीन) देता है।

$\therefore$ 3·1 ,, ,, $\frac{34 \times 3 \cdot 1}{124}$,, ,, देगा।

=·85 ग्राम उत्तर I

124 ग्राम P, 312 ग्राम पोटैसियम हाइपोफॉसफाइट (KH_2PO_2) देता है।

$\therefore$ 3·1 ,, ,, $\frac{312 \times 3 \cdot 1}{124}$,, ,, ,, देगा।

=7·8 ग्राम उत्तर II

प्रश्न १८. कैलसियम और मेगनीशियम कार्बोनेटों के 1·84 ग्राम मिश्रण को उस समय तक गर्म किया जाता है जब तक कि भार स्थिर नहीं हो जाता। यदि शेष (Residue) पदार्थ का भार 0·96 ग्राम हो तो मिश्रण का प्रतिशत् संगठन ज्ञात करो।

$CaCO_3$ और $MgCO_3$ गर्म करने पर निम्नलिखित समीकरण के अनुसार विच्छेदित होते हैं।

$$\underset{100}{CaCO_3} \longrightarrow \underset{56}{CaO} + CO_2 \uparrow$$

$$\underset{84}{MgCO_3} \longrightarrow \underset{40}{MgO} + CO_2 \uparrow$$

मान लो मिश्रण में x ग्राम $CaCO_3$ है।

$\therefore$ मिश्रण में $MgCO_3$ का भार=(1·84 – x) ग्राम

100 ग्राम $CaCO_3$ गर्म करने पर 56 ग्राम CaO देता है।

$\therefore$ x ,, ,, $\frac{56 \times x}{100}$,, ,, देगी।

84 ग्राम $MgCO_3$ गर्म करने पर 40 ग्राम MgO देता है

$\therefore$ (1·84 – x) ,, ,, $\frac{40 \times (1 \cdot 84 - x)}{84}$,, ,, देगा।

$$\therefore \frac{56x}{100} + \frac{40\,(1 \cdot 84 - x)}{84} = \cdot 96$$

या $\frac{14x}{25}-\frac{10x}{21} = \cdot96-\frac{40\times1\cdot84}{84} = \cdot96 - \cdot8762$

या $x\left(\frac{294-250}{25\times21}\right) = \cdot0838$

या $x = \frac{\cdot0838\times25\times21}{44}$

1·84 ग्राम मिश्रण में $\frac{\cdot0838\times25\times21}{44}$ ग्राम $CaCO_3$ है।

∴ 100 ,, ,, ,, $\frac{\cdot0838\times25\times21\times100}{1\cdot84\times44}$,, ,, होगा।

$= 54\cdot34$ ग्राम

$CaCO_3 = 54\cdot34\%$
$MgCO_3 = 45\cdot66\%$ } उत्तर

प्रश्न १६. NaCl और KCl के 3·6000 ग्राम मिश्रण ने $AgNO_3$ के साथ 7·740 ग्राम AgCl दी। मिश्रण में हर एक लवण का प्रतिशत् मालूम करो। (उ० प्र० 1944 तथा 1954)

मान लो NaCl की मात्रा = x ग्राम

∴ KCl की मात्रा = (3·6 – x) ग्राम

$AgNO_3 + NaCl \longrightarrow AgCl + NaNO_3$
58·5 143·5

$AgNO_3 + KCl \longrightarrow AgCl + KNO_3$

58·5 ग्राम NaCl, 143·5 ग्राम AgCl देगा।

∴ x ,, ,, $\frac{143\cdot5\times x}{58\cdot5}$,, ,, ,, ।

74·5 ग्राम KCl 143·5 ग्राम AgCl देगा।

∴ (3·6–x) ,, ,, $\frac{143\cdot5\,(3\cdot6-x)}{74\cdot5}$,, ।

$$\therefore \frac{143{\cdot}5 \times x}{58{\cdot}5} + \frac{143{\cdot}5\,(3{\cdot}6 - x)}{74{\cdot}5} = 7{\cdot}74$$

$$\text{या } \frac{28{\cdot}7 \times x}{11{\cdot}7} - \frac{28{\cdot}7 \times x}{14{\cdot}9} = 7{\cdot}74 - \frac{28{\cdot}7 \times 3\,6}{14{\cdot}9}$$

$$\text{या } 28{\cdot}7\, x \left(\frac{14.9 - 11{\cdot}7}{11{\cdot}7 \times 14{\cdot}9}\right) = 7{\cdot}74 - 6{\cdot}934 = {\cdot}806$$

$$\text{या } x = \frac{{\cdot}806 \times 14{\cdot}9 \times 11{\cdot}7}{28{\cdot}7 \times 3{\cdot}2} = \frac{140{\cdot}51}{91{\cdot}84}$$

$$= 1{\cdot}53$$

3·6 ग्राम मिश्रण में 1·53 ग्राम NaCl था।

$$\therefore 100 \text{ ,, ,, ,, } \frac{1{\cdot}53 \times 100}{36} \text{ ,, ,, ,, ।}$$

$$= 42{\cdot}5 \text{ ग्राम}$$

$$\left.\begin{array}{l} NaCl = 42{\cdot}5\% \\ KCl = 57{\cdot}5\% \end{array}\right\} \quad \text{उत्तर}$$

प्रश्नावली ८

(१) 3·5 ग्राम ज़िंक (Zn) को हलके सलफ्यूरिक एसिड में घोलने पर कितने लिटर नम हाइड्रोजन 26°C और 755 mm. दबाव पर प्राप्त होगी ? (26°C पर जलवाष्प का दबाव = 25 mm. Zn =65·5) [उत्तर, 1·365 लिटर]

(२) 15^0C और 770 mm. दबाव पर 52·5 c.c. हाइड्रोजन क्लोराइड गैस को सिलवर नाइट्रेट के घोल में प्रवाहित करने पर कितने ग्राम सिलवर क्लोराइड मिलेगा ? [उत्तर, ·323 ग्राम]

(३) बेरियम परौक्साइड गर्म करने पर ऑक्सिजन देता है। बेरियम परौक्साइड का बहु भार निकालो जो 15^0C और 740 mm. दबाव पर 10 लिटर ऑक्सिजन देगा। (Ba=137·4) [उत्तर, 139·6 ग्राम]

(४) 2·5ग्राम पोटैसियम क्लोरेट की एक बानगी को गर्म करने पर

580 c.c. ऑक्सिजन 17°C और 750 mm. दबाव पर मिली। यदि क्रिया पूर्ण हो गई हो तो बानगी में $KClO_3$ का प्रतिशत् ज्ञात करो।

[उत्तर, 78·5 6%]

(५) 100 ग्राम अमोनियम नाइट्रेट को गर्म करने पर कितनी नाइट्रस ऑक्साइड प्राप्त होगी यदि वायुमंडल का तापक्रम 15·0°C और दबाव 770 mm. हो ? प्राप्त नाइट्रस ऑक्साइड को नाइट्रोजन में बदलने के लिए वायु मंडल के तापक्रम और दबाव पर कितनी हाइड्रोजन की आवश्यकता होगी ? [उत्तर(1)29·15लिटर,(2) 29·15 लिटर]

(६) एक प्रयोग में क्लोरीन की प्रतिक्रिया से 50 ग्राम कास्टिक सोडा को पूरा-पूरा सोडियम क्लोरेट और सोडियम क्लोराइड में परिणत किया गया। मेंगनीज़ डाइ ऑक्साइड का भार और हाइड्रोक्लोरिक ऐसिड का आयतन मालूम करो जिसके द्वारा क्लोरीन प्राप्त की गई, यदि 1 लिटर HCl के घोल में 300 ग्राम शुद्ध एसिड हो।

[उत्तर; 54·37 ग्राम MnO_2,304·17c.c. HCl]

(७) सलफ्यूरिक एसिड की एक बानगी की शक्ति मालूम करने के लिए उसके 10 ग्राम को पानी मिलाकर हलका किया गया और उसमें संगमरमर का 7 ग्राम का एक टुकड़ा रक्खा गया। प्रतिक्रिया समाप्त होने पर बचे हुए संगमरमर के टुकड़े को धोकर तथा सुखाकर तौल लिया गया। यदि बचे हुए संगमरमर के टुकड़े का भार 2·2 ग्राम हो तो एसिड की प्रतिशत् शक्ति मालूम करो ? [उत्तर, 47·04%]

(८) 3·24 ग्राम कॉपर को सान्द्र सलफ्यूरिक एसिड के साथ गर्म किया जाता है। इस प्रतिक्रिया के द्वारा कितनी सलफर डाइ ऑक्साइड प्राप्त होगी और वह कितनी H_2S का अपचित करने के लिए काफी होगी ? (Cu=63·6)

[उत्तर, 1·1411 लिटर SO_2,2·2822 लिटर H_2S]

(९) आयरन और मेगनीशियम की एक मिश्रधातु (alloy) के 0·2 ग्राम को हलके H_2SO_4 में घोलने पर 24·7 c.c. नम H_2 20°C

और 750 mm. दबाव पर प्राप्त हुई। मिश्रधातु का प्रतिशत् संगठन मालूम करो। (जलवाष्प दबाव 20°C पर = 17·4 m m., Mg = 24·32, Fe = 55·84)

[उत्तर, Fe = 69·45%, Mg = 30·55%]

(१०) $CaCO_3$ और $MgCo_3$ के 1·42 ग्राम मिश्रण को खूब गर्म करने पर भार में 0·66 ग्राम की कमी हुई। मिश्रण में Ca और Mg का प्रतिशत् निकालो। [उत्तर, Ca = 28·17%, Mg = 8·45%]

(११) 7·53 ग्राम रेड लेड (Pb_3O_4) की हलके HNO_3 की काफी मात्रा से प्रतिक्रिया की गई और प्रतिक्रिया समाप्त होने पर घोल छान लिया गया। छने हुए घोल (Filtrate) का वाष्पीकरण करने पर जो पदार्थ मिला उसे खूब गर्म किया गया। इन प्रतिक्रियाओं को समीकरणों द्वारा दिखाओ और जो ठोस पदार्थ प्राप्त होते हैं उनके भार निकालो। (Pb = 207, N=14, O =16)

[उत्तर, 2·627 ग्राम PbO_2, ग्राम 4·903 PbO]

(१२) KI के घोल में 3·30 ग्राम ब्रोमीन मिलाने पर कितनी आयोडीन प्राप्त होगी ?

[उत्तर, 5·239 ग्राम]

(१३) 10 ग्राम रवेदार सोडियम सलफाइट (Na_2SO_3 $7H_2O$) की सान्द्र H_2SO_4 से प्रतिक्रियां की जाती है। बताओ प्रतिक्रिया पूर्ण होने पर कितने ग्राम शुष्क (Anhydrous) सोडियम सलफेट प्राप्त होगा और कितने c c. SO_2 10°C और 750 mm. दबाव पर निकलेगी ?

[उत्तर, 5.63 ग्राम Na_2SO_4, 634 c.c.SO_2]

(१४) KCl और KI के किसी मिश्रण के 0·5 ग्राम को जल में घोल कर सिलवर नाइट्रेट से अवक्षिप्त (ppt.) करने पर 0·809 ग्राम सिलवर क्लोराइड और सिलवर आयोडाइड का मिश्रण मिला। प्रथम मिश्रण में KCl और KI के भार मालूम करो।

[उत्तर,KCl=·19817 ग्राम
KI=·30183 ग्राम

(१५) $CaCO_3$ और $MgCO_3$ के एक मिश्रण के 1 ग्राम को गर्म करने पर 240 c.c. CO_2 N.T.P. पर प्राप्त होती हैं। मिश्रण में अवयवों का प्रतिशत् निकालो। (नागपुर)

[उत्तर, $CaCO_3$=62·5%, $MgCO_3$=37·5

(१६) H_2O_2 के एक घोल में भार के अनुसार 3·3% शुद्ध H_2O_2 है। इस H_2O_2 की एक बानगी के 100 ग्राम से N.T.P. पर कितने c.c. ऑक्सिज प्राप्त होगी।

[उत्तर, 1087·06 c.c.]

(१७) ओज़ोन मिली हुई ऑक्सिजन की एक बानगी के 20 c.c. को गर्म करने और फिर ठंडा करने पर आयतन 21 c.c. हो गया। बानगी में ओज़ोन का प्रतिशत् मालूम करो। [उत्तर, 10%]

(१८) ओज़ोन मिली हुई ऑक्सिजन की एक बानगी के 80 c.c. को तारपीन के तेल से हिलाने पर आयतन 75 c.c. हो गया। बानगी में ओज़ोन का प्रतिशत् मालूम करो। [उत्तर, 6·25%]

(१९) H_2O_2 की एक बोतल पर 15 volumes. लिखा है। इस घोल के 100 c.c. से N.T.P. पर कितनी ऑक्सिजन प्राप्त होगी।

[उत्तर, 1·5 लिटर]

(२०) 27°C और 750 mm. दवाव पर 5 लिटर SO_2 बनाने के लिए कितना कॉपर H_2SO_4 में घोला जाए। घुले हुये कॉपर को अवक्षिप्त करने के लिए H_2S का कितना आयतन चाहिए? (कलकत्ता १९२१) [बत्तर, 12·75 ग्राम Cu, 4·49 लिटर H_2S]

(२१) एक ग्राम $CaCO_3$ पर हलके H_2SO_4 की एक बानगी के 25 c.c. डालने से 20°C और 700 mm. दवाव पर 100 c.c. सूखी CO_2 मिलती है। बताओ एक लिटर H_2SO_4 की बानगी में कितने ग्राम एसिड है? [उत्तर, 15·0185 ग्राम]

(२२) KCl की एक बानगी में कुछ NaCl मिला है। मिश्रण को पानी में घोला गया। घोल के 20 c. c. के वाष्पीकरण से 1·73 ग्राम ठोस पदार्थ मिला जिसने $AgNO_3$ की प्रतिक्रिया से 3·731 ग्राम

सिलवर क्लोराइड दिया। बताओ घोल के 10 c.c. में कितना NaCl है? (उ० प्र० १६३६) [उत्तर, 0·3783 ग्राम]

(२३) सोडियम बाइ कार्बोनेट का वह भार निकालो जो 15°C और 770 mm. दबाव पर 5 लिटर CO_2 देगा यदि

(1) CO_2 उसे गर्म करके बनाई जाती है।

(2) CO_2 उस पर H_2SO_4 की प्रतिक्रिया से बनाई जाती है।

[उत्तर, (1) 36·02 ग्राम, (2) 18·01 ग्राम]

(२४) बेरियम कार्बोनेट ($BaCO_3$) और स्ट्रौंशियम कार्बोनेट ($SrCO_3$) के 1·35 ग्राम मिश्रण को उस समय तक गर्म किया गया जब तक कि भार स्थिर नहीं हो गया। यदि बचे हुये पदार्थ का भार 0·95 ग्राम हो तो मिश्रण में $BaCO_3$ और $SrCO_3$ का प्रतिशत् ज्ञात करो। (Ba=137, Sr=87)

[उत्तर, $BaCO_3$=3·9 %
$SrCO_3$=96·1%]

(२५) रवेदार कॉपर सलफेट ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) में SO_4 मूल का प्रतिशत् निकालने के लिए इस लवण के 1·52 ग्राम को पानी में घोला गया और घोल में $BaCl_2$ का घोल अधिकता में डाला गया। अवक्षेप धोकर और सुखाकर तौलने पर 1·412 ग्राम निकला। लवण में SO_4 का प्रतिशत् निकालो।

[उत्तर, 38·2%]

संकेत:— $CuSO_4 \cdot 5H_2O + BaCl_2 = BaSO_4 + CuCl_2$
$233 + 5H_2O$
$SO_4 = 32 + 64 = 96$

इस प्रकार 233 ग्राम $BaSO_4$ में 96 ग्राम SO_4 मूल है जोकि 1·52 ग्राम कॉपर सलफेट से प्राप्त होता है।

अध्याय ६

आयतनात्मक विश्लेषण

(Volumetric Analysis)

आयतनात्मक विश्लेषण का मुख्य ध्येय घोल में दिए हुए पदार्थ की मात्रा की गणना करना है। इसमें दिए हुए घोल का एक निश्चित आयतन दूसरे घोल से प्रतिक्रिया करता है जिसकी शक्ति ज्ञात होती है। इस क्रिया को अनुमापन (Titration) कहते हैं।

अनुमापन की सफलता निम्नलिखित बातों पर निर्भर है:—

(१) दो घोलों में प्रतिक्रिया ठीक-ठीक उसी प्रकार होनी चाहिये जैसा समीकरण दिखाता है।

(२) घोलों में प्रतिक्रिया शीघ्र होनी चाहिये और 'पूर्ण होने की स्थिति' (End-point) आसानी से ठीक-ठीक ज्ञात होने चाहिए।

(३) आयतन मापने के उपकरण ठीक होने चाहिये।

कुछ परिभाषाएँ:—

(i) अम्ल का तुल्यांक भार (Equivalent Weight of an Acid). 'किसी अम्ल का तुल्यांक भार वह संख्या है जो यह बतलाती है कि अम्ल के कितने ग्राम में किसी धातु से मुक्त होने वाली 1 ग्राम हाइड्रोजन है।' एसिटिक एसिड (CH_3COOH) के एक अणु में H_2 के 4 परमाणु हैं परन्तु केवल एक ही परमाणु धातु से हटाया जा सकता है इसलिये एसिटिक एसिड का तुल्यांक भार वही हुआ जो उसका अणुभार है। धातु से मुक्त होने वाले हाइड्रोजन के परमाणुओं की संख्या 'अम्ल की भास्मिकता (Basicity of an Acid)' कहलाती है। इस प्रकार तुल्यांक भार और अणु भार में निम्नलिखित सम्बन्ध है:—

$$\text{अम्ल का तुल्यांक भार} = \frac{\text{अम्ल का अणुभार}}{\text{भास्मिकता (Basicity)}}$$

(ii) क्षार या भस्म का तुल्यांक भार (Equivalent Weight of an an Alkali or a Base): 'किसी क्षार या भस्म का तुल्यांक भार वह संख्या है जो यह बतलाती है कि भस्म के कितने ग्राम किसी अम्ल के एक ग्राम तुल्यांक भार से शिथिल (Neutralize) होंगे।' क्षारीय घोल OH^- आयन और अम्लीय घोल H^+ आयन देते हैं। जब किसी क्षार को अम्ल के घोल से मिलाते हैं तो H^+ आयन और OH^- आयन आपस में मिलकर H_2O बनाते हैं। इस प्रकार किसी क्षार का तुल्यांक भार जिसके एक अणु में एक OH^- मूल है वही होगा जो उसका अणु भार है और यदि दो OH मूल हैं तो अणु भार का आधा होगा।

$$\text{भस्म का तुल्यांक भार} = \frac{\text{अणु भार}}{\text{आम्लिकता (acidity)}}$$

(iii) ऑक्सिकारक पदार्थ का तुल्यांक भार (Equivalent Weight of an Oxidising Agent). 'किसी ऑक्सिकारक पदार्थ का तुल्यांक भार वह संख्या है जो यह बतलाती है कि उस पदार्थ के कितने ग्राम से एक ग्राम हाइड्रोजन के समतुल्य ऑक्सिजन या कोई दूसरा विद्युत्-ऋणात्मक (Electronegative) तत्त्व मिलता है।'

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5O$$
$$K_2Cr_2O_7 + 4\,H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3O$$

पहले समीकरण के अनुसार $KMnO_4$ के दो अणु ऑक्सिजन के 5 परमाणु देते हैं जोकि हाइड्रोजन के 10 परमाणुओं के समतुल्य हैं। इस प्रकार $KMnO_4$ का तुल्यांक भार उसके अणु भार का $\frac{2}{10}=\frac{1}{5}$ आ। दूसरे समीकरण के अनुसार $K_2Cr_2O_7$ का तुल्यांक भार उसके अणुभार का $\frac{1}{6}$ हुआ।

(iv) अपचायक पदार्थ का तुल्यांक भार(Equivalent Weight of a Reducing Agent). 'किसी अपचायक पदार्थ का

तुल्यांक भार वह संख्या है जो यह बतलाती है कि उस पदार्थ के कितने ग्राम एक ग्राम H_2 के समतुल्य O_2 या कोई दूसरा विद्युत्-ऋणात्मक (Electronegative) तत्त्व लेते हैं। ऑक्ज़ैलिक एसिड और फेरस सलफेट निम्नलिखित समीकरणों के अनुसार ऑक्सिकृत होते हैं:—

$$H_2C_2O_4.2H_2O + O \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$$

$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 3O \rightarrow 3Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

इस प्रकार ऑक्ज़ैलिक एसिड का एक अणु ऑक्सिकृत होने के लिये ऑक्सिजन का एक परमाणु लेता है जो कि हाइड्रोजन के दो परमाणुओं के समतुल्य है। इस प्रकार ऑक्ज़ैलिक एसिड का तुल्यांक भार उसके अणुभार का आधा हुआ। $FeSO_4$ के 6 अणुओं को ऑक्सिकृत करने के लिये ऑक्सिजन के 3 परमाणु चाहिए जोकि हाइड्रोजन 6 परमाणुओं के समतुल्य हैं। इस प्रकार $FeSO_4$ का तुल्यांक भार वही हुआ जो उसका अणुभार है।

(v) लवण (Salt) का तुल्यांक भार—(Equivalent weight of a Salt). किसी लवण के तुल्यांक भार की गणना उस प्रतिक्रिया के आधार पर की जाती है जिसमें वह भाग लेता है।

$$BaCO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow BaSO_4 + H_2O + CO_2 \cdots(1)$$

$$2\,CuSO_4 + 4\,KI \longrightarrow Cu_2\,I_2 + K_2SO_4 + I_2 \cdots\cdots(2)$$

$$2\,Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI \cdots\cdots(3)$$

पहले उदाहरण में $BaCO_3$ का एक अणु H_2SO_4 के एक अणु से प्रतिक्रिया करता है जो कि द्विभास्मिक (Dibasic) है इसलिए $BaCO_3$ का तुल्यांक भार उसके अणुभार का $\frac{1}{2}$ हुआ। दूसरे उदाहरण में I_2 के दो परमाणु $CuSO_4$ के 2 अणुओं से प्राप्त होते हैं इसलिए $CuSO_4$ का अणुभार ही उसका तुल्यांक भार हुआ। इसी प्रकार $Na_2S_2O_3$ (सोडियम थायो सलफेट का तुल्यांक भार उसके अणुभार के बराबर है। कुछ पदार्थों के तुल्यांक भार:—

1. रवेदार ऑक्ज़ैलिक एसिड $H_2C_2O_4 .2\,H_2O \longrightarrow 126/2=63$
2. निर्जल (Anhydrous),, $H_2\,C_2O_4 \longrightarrow 90/2 =45$

3. सोडियम हाइड्रोक्साइड $NaOH$ ——→ 40/1 = 40
4. पोटैशियम हाइड्रोक्साइड KOH ——→ 56/1 = 56
5. कैलशियम हाइड्रोक्साइड $Ca(OH)_2$ ——→ 74/2 = 37
6. सलफ्यूरिक एसिड H_2SO_4 ——→ 98/2 = 49
7. हाइड्रोक्लोरिक एसिड HCl ——→ 36·5/1 = 36·5
8. नाइट्रिक एसिड HNO_3 ——→ 63/1 = 63
9. सोडियम कार्बोनेट Na_2CO_3 ——→ 106/2 = 53
10. पोटैशियम परमैंगनेट $KMnO_4$ ——→ 158/5 = 31·6
11. कैलशियम कार्बोनेट $CaCO_3$ ——→ 100/2 = 50

(vi) **सामान्य विलयन** (Normal Solution): किसी पदार्थ का सामान्य विलयन वह घोल है जिसके एक लिटर में उस पदार्थ का एक ग्राम तुल्यांक भार घुला होता है।, सामान्य विलयन को N (Normal) विलयन या घोल लिखते हैं। यदि किसी पदार्थ का तुल्यांक भार E हो तो उसके एक लिटर N घोल में उसके E ग्राम घुले होंगे।

(vii) **प्रमित या प्रामाणिक विलयन** (Standard Solution) किसी पदार्थ का प्रमित विलयन वह घोल है जिसकी शक्ति ज्ञात होती है।

किसी घोल की शक्ति निम्नलिखित तीन प्रकार से दिखाई जाती है: —

(a) **ग्राम प्रति लिटर के रूप में**—किसी विलयन की शक्ति x ग्राम प्रति लिटर है इससे हम यह समझते हैं कि उसके एक लिटर घोल में पदार्थ के x ग्राम घुले हैं।

(b) **ग्रामअणु प्रति लिटर**—किसी पदार्थ का y अणुक (Molar) विलयन वह घोल है जिसके एक लिटर में उस पदार्थ के y ग्राम अणु घुले हैं।

(c) **सामान्यता के रूप में**—किसी पदार्थ का z N विलयन वह घोल है जिसके एक लिटर में उस पदार्थ के z × तुल्यांक भार घुले हैं। इस प्रकार N/10 या ·1N घोल से हम यह समझते हैं कि उसके एक लिटर में उस पदार्थ के तुल्यांक भार का दसवां भाग घुला है।

शक्तियों (Strengths) को एक दूसरे में बदलना:—मान लो किसी पदार्थ का तुल्यांक भार E है और उस पदार्थ के एक लिटर घोल में उसके a ग्राम घुले हैं।

पदार्थ के E ग्राम 1000 c. c. घोल में N घोल देते हैं।

$$\therefore \text{,, ,, a ,, 1000 ,, ,, ,,} \frac{N \times a}{E} \text{ ,, देंगे।}$$

$$\therefore \text{सामान्यता में शक्ति} = \frac{N \times 1 \text{ लिटर घोल में पदार्थ का भार}}{\text{पदार्थ का तुल्यांक भार}}$$

आयतनात्मक गणना के सम्बन्ध में निम्नलिखित बातें जानना आवश्यक हैं:—

(१) किसी पदार्थ का ग्राम तुल्यांक भार दूसरे पदार्थ के ग्राम तुल्यांक भार से प्रतिक्रिया करता है।

(२) यदि दो घोलों की शक्तियां सामान्यता (Normality) में बराबर हैं तो उनके बराबर आयतन आपस में प्रतिक्रिया करेंगे यानी एक घोल के 25c.c. दूसरे घोल के 25c.c.से प्रतिक्रिया करेंगे।

(३) किन्हीं दो घोलों की सामान्यता में शक्तियां और उनके आयतन निम्नलिखित समीकरण से संबन्धित हैं :—

$$S_1V_1 = S_2V_2$$

यहाँ S_1 और S_2 दो घोलों की सामान्यता में शक्तियां और V_1 और V_2 उनके आयतन हैं। यह बात स्मरण रखनी चाहिए कि इस समीकरण का प्रयोग हम किन्हीं दो घोलों के लिए, चाहे वे आपस में प्रतिक्रिया करते हों या न करते हों, कर सकते हैं।

मान लो N/10 NaOH के 25c.c.N/6 KOH के Vc.c. के समतुल्य हैं। इस समीकरण के अनुसार

$$\frac{N}{10} \times 25 = \frac{N}{6} \times V$$

अनुमापन के उपयोग:—अनुमापन की क्रिया बहुत उपयोगी है।

इसके द्वारा अम्लों और क्षारों के अणुभार मालूम किए जाते हैं। इसके अतिरिक्त धातुओं के तुल्यांक भार, लवणों में रवे का पानी, लवणों के मिश्रण में अवयवों का प्रतिशत्, पानी की कठोरता आदि गणनाएँ की जाती हैं जैसा कि उदाहरणों में दिखाया गया है।

हल किए हुए उदाहरण

प्रश्न—१. ऑक्ज़ैलिक ऐसिड के 250c.c. घोल में 1·4360 ग्राम शुद्ध रवेदार एसिड घुला है। इस घोल के 25c.c. को उदासीन (Neutralize) करने के लिए KOH के एक घोल के 20·6c.c. प्रयोग में आते हैं। KOH के घोल की शक्ति (1) सामान्यता (Normality) में, (2) ग्राम प्रति लिटर में और (3) ग्राम-अणु प्रति लिटर में मालूम करो।

250 c. c. घोल में शुद्ध एसिड का भार = 1·436 ग्राम

∴ 1000 ,, ,, ,, ,, = 1·436 × 4 ग्राम

= 5·744 ग्राम

रवेदार एसिड का तुल्यांक भार = 63

63 ग्राम एसिड 1000 c.c. में N घोल देता है।

∴ 5·744 ,, ,, ,, ,, $\frac{N \times 5{\cdot}744}{63}$,, देगा।

KOH ऑक्ज़ैलिक एसिड

$$S_1 V_1 = S_2 V_2$$

यहाँ $V_1 = 20{\cdot}6$ c. c. ; $V_2 = 25$ c. c., $S_2 = \frac{N \times 5{\cdot}744}{63}$, S_1?

$$\therefore S_1 \times 20{\cdot}6 = \frac{N \times 5{\cdot}744}{63} \times 25$$

$$\therefore S_1 = \frac{N \times 5{\cdot}744 \times 25}{63 \times 20{\cdot}6} = {\cdot}11065N$$ उत्तर I

KOH का तुल्यांक भार $= 39 + 16 + 1 = 56$

$\therefore$ KOH की शक्ति ग्राम प्रति लिटर में $= 56 \times \cdot 11065$

$= 6\cdot 1964$ ग्राम उत्तर II

KOH का अणुभार $= 56$

KOH के 56 ग्राम 1000 c. c. में 1 ग्राम अणुक घोल देते हैं।

$\therefore$ „ „ 6·1964 „ „ „ $\frac{1 \times 6\cdot 1964}{56}$ „ „ देगें।

$= \cdot 11065$ ग्राम अणुक उत्तर III

प्रश्न २. किसी द्विमास्मिक (Dibasic) अम्ल के 2·52 ग्राम 200 c. c. घोल में घुले हैं। इस अम्लीय घोल के 20 c. c. N/4·10 शक्ति के NaOH के 16·4 c. c. घोल को पूर्णत: शिथिल (Neutralize) करते हैं। अम्ल का तुल्यांक भार और अणु भार निकालो।

अम्ल NaOH

$$S_1V_1 = S_2V_2$$

यहाँ $V_1 = 20$ c. c., $V_2 = 16\cdot 4$ c. c. , $S_2 = \frac{N}{4\cdot 1}$, S_1 ?

$$\therefore S_1 \times 20 = \frac{N}{4\cdot 1} \times 16\cdot 4$$

$$\therefore S_1 = \frac{N \times 16\cdot 4}{4\cdot 1 \times 20} = \cdot 2\ N$$

200 c. c. अम्ल के घोल में 2·52 ग्राम शुद्ध अम्ल है

$\therefore$ 1000 „ „ $\frac{2\cdot 52 \times 1000}{200}$ „ „ „

$= 12\cdot 6$ ग्राम

मान लो अम्ल तुल्यांक भार $= E$

$E \times$ सामान्यता में शक्ति $=$ ग्राम प्रतिलिटर में शक्ति

$\therefore E \times \cdot 2 = 12\cdot 6 \therefore E = \frac{12\cdot 6}{\cdot 2} = 63$ उत्तर I

अणुभार=E × भास्मिकता = 63 × 2 = 126 उत्तर II

प्रश्न ३. N. HCl का कितना आयतन 0·125 $N.H_2SO_4$ के 28·8 c. c. के समतुल्य है।

समीकरण $S_1V_1 = S_2V_2$ किन्हीं दो घोलों के लिए प्रयोग कर सकते हैं।

$$\begin{array}{ccc} HCl & & H_2SO_4 \\ S_1V_1 & = & S_2V_2 \end{array}$$

यहाँ $S_1 = N$, $S_2 = \cdot 125\ N$, $V_2 = 28\cdot 8$, V_1 ?

$$\therefore \quad N \times V_1 = \cdot 125N \times 28\cdot 8$$

$$V_1 = \cdot 125 \times 28\cdot 8 = 3\cdot 6 \text{ c. c.}$$ उत्तर

प्रश्न ४. O.1 N. H_2SO_4 के 15 c. c. O.2 N ऑक्ज़ैलिक एसिड के 5 c. c. और 0·125 N.NaOH के 18 c. c. आपस में मिलाए जाते हैं इस मिश्रण की सामान्यता (Normality) में आम्लिकता (Acidity) या भास्मिकता (Basicity) ज्ञात करो।

मान लो 0·1N.H_2SO_4 के 15 c.c. N.H_2SO_4 के V_1 c.c. के समतुल्य (Equivalent) हैं।

$$\therefore V_1 \times N = 15 \times \cdot 1\ N$$

$$V_1 = 1\cdot 5$$

मान लो 0·2 N ऑक्ज़ैलिक एसिड के 5 c. c., N एसिड के V_2 c. c. के समतुल्य हैं।

$$\therefore V_2 \times N = 5 \times \cdot 2N$$

$$V_2 = 1$$

इस प्रकार ·1N.H_2SO_4 के 15c.c. और ·2N के ऑक्ज़ैलिक एसिड के 5c.c. समतुल्य हैं (1·5+1)=2·5c.c. N एसिड के।

मान लो 0·125 N.NaOH के 18c.c. N·NaOH के V_3 c.c. के समतुल्य हैं।

$$\therefore V_3 \times N = \cdot 125N \times 18$$

$$\therefore V_3 = 2\ 25$$

N. NaOH के 2·25c.c. N ऐसिड के 2·25 c.c. को शिथिल करेंगे।

∴ N एसिड का आयतन जो शिथिल होने के बाद बच रहता है= (2·5–2·2)=·25c.c. इस प्रकार मिश्रण अम्लीय होगा।

मिश्रण का आयतन =(15+5+18)=38c.c.

मान लो मिश्रण की शक्ति S है।

$$\therefore S \times 38 = N \times \cdot 25$$

$$\therefore S = \frac{\cdot 25 \times N}{38} = \frac{N}{152}$$ उत्तर

प्रश्न ५· H_2SO_4 के 50c.c. पानी में मिलाकर घोल 500 c.c. कर लिया जाता है। इस घोल के 10·2c c. दशांश प्रमित (deci-normal) Na_2CO_3 के घोल के 22·7 c.c. को पूर्णत: शिथिल करते हैं। H_2SO_4 के इस हलके घोल के 400c.c. में कितना पानी मिलाया जाए कि शक्ति ठीक ठीक दशांक–प्रमित (decinormal) हो जाए? (कलकत्ता 1922)

मान लो हलके H_2SO_4 के घोल की शक्ति S_1 है।

$$\therefore S_1 \times 10\cdot 2 = \frac{N}{10} \times 22\cdot 7$$

$$\therefore S_1 = \frac{N \times 22\cdot 7}{10\cdot 2 \times 10}$$

मान लो 400 c.c. H_2SO_4 के हलके घोल को पानी मिलाकर V c.c. करने पर उसकी शक्ति ठीक ठीक दशांक प्रमित (N/10) हो जाती है। समीकरण $S_1V_1=S_2V_2$ के अनुसार

$$\frac{N \times 22\cdot 7}{10 \times 10\cdot 2} \times 400 = \frac{N}{10} \times V$$

$$\therefore V = \frac{22\cdot 7 \times 400 \times 10}{10 \times 10\cdot 2} = 890\cdot 196$$

∴ पानी का आयतन जो मिलाया जाये =(890·196–400) c.c.
= 490·106 c.c. उत्तर

प्रश्न ६. (a) एक लिटर सामान्य (Normal) घोल प्राप्त करने के लिए 1·83 आपेक्षिक घनत्व और 91% शुद्धता H_2SO_4 के कितने आयतन की आवश्यकता होगी ? (b) सलफ्यूरिक एसिड के एक घोल के 24·5 c.c. को शिथिल करने के लिए सामान्य Na_2CO_3 के घोल के 25 c.c. की आवश्यकता होती है। H_2SO_4 के इस घोल के एक लिटर में सान्द्र H_2SO_4 के कितने c.c. हैं ? (उ० प्र० 1934)

(a) H_2SO_4 का तुल्यांकभार = 49

∴ 1 लिटर N. H_2SO_4 के घोल में 49 ग्राम शुद्ध H_2SO_4 होना चाहिए। मान लो सान्द्र H_2SO_4 के Vc.c. में शुद्ध एसिड 49 ग्राम है।

1c.c. सान्द्र H_2SO_4 का भार = 1·83 ग्राम

∴ V " " " " = 1·83×V ग्राम

100 ग्राम सान्द्र H_2SO_4 में शुद्ध एसिड 91 ग्राम है।

1·83×V " " " " $\frac{91 \times 1{\cdot}83 \times V}{100}$ ग्राम होगा।

$$\therefore \frac{91 \times 1{\cdot}83 \times V}{100} = 49 \quad \therefore V = \frac{100 \times 49}{91 \times 1{\cdot}83} = 29{\cdot}43$$

∴ सान्द्र H_2SO_4 का आयतन = 29·43 c.c. उत्तर

(b) मान लो H_2SO_4 के घोल की शक्ति S_1 है।

$$\begin{array}{ccc} H_2SO_4 & & Na_2CO_3 \\ S_1 \times V_1 & = & S_2 \times V_2 \end{array}$$

यहाँ V_1 = 24·5c.c., V_2=25c.c., S_2=N

$$\therefore S_1 \times 24{\cdot}5 = N \times 25$$

$$\therefore S_1 = \frac{N \times 25}{24{\cdot}5}$$

इस घोल के 1 लिटर में शुद्ध एसिड का भार = $\frac{25 \times 49}{24{\cdot}5}$ ग्राम

49 ग्राम शुद्ध एसिड सान्द्र एसिड के 29·43 c.c. में है।

$\therefore \frac{25 \times 49}{24 \cdot 5}$ " " " " $\frac{29 \cdot 43 \times 25 \times 49}{49 \times 24 \cdot 5}$ " होगा।

$= 30 \cdot 03$ c.c. उत्तर

प्रश्न ७. HCl की एक बानगी का घनत्व 1·17 है और उसके 100 ग्राम में 33·4 ग्राम शुद्ध एसिड है। इस एसिड के कितने लिटर 5 लिटर NaOH के घोल को शिथिल करने के लिए काफी होंगे यदि NaOH के 1 c.c. घोल में 0·042 ग्राम NaOH हों?

1c.c. NaOH के घोल में ·042 ग्राम NaOH है।

$\therefore 5 \times 1000$ " " " " ·042×51000 " होगा।

=210 ग्राम

NaOH और HCl निम्नलिखित समीकरण के अनुसार प्रतिक्रिया करते हैं।

$$NaOH + HCl \dashrightarrow NaCl + H_2O$$

40 36·5

40 ग्राम NaOH, 36·5 ग्राम HCl से शिथिल होता है।

$\therefore 210$ " " $\frac{36 \cdot 5 \times 210}{40}$ " " " होगा।

$= 191 \cdot 625$ ग्राम

100 ग्राम सान्द्र HCl का आयतन$=\frac{100}{1 \cdot 17}$ c.c.

इस प्रकार 33·4 ग्राम HCl, $\frac{100}{1 \cdot 17}$ c.c. सान्द्र एसिड में है।

$\therefore 191 \cdot 625$ " " $\frac{100 \times 191 \cdot 625}{1.17 \times 33 \cdot 4}$ " " होगा।

$= 490 \cdot 36$ c.c.

$= \cdot 49036$ लिटर उत्तर

प्रश्न ८. किसी धातु के 0·72 ग्राम को 30 c.c. N. H_2SO_4 में घोला गया। बचे हुए एसिड को शिथिल करने के लिए ·2 N KOH की 39 c. c. की आवश्यकता हुई। धातु का तुल्यांक भार निकालो।

मान लो बचे हुए N. H_2SO_4 का आयतन V c. c. था।

$\therefore$ N × V = ·2 × 39

$\therefore$ V = 7·8

$\therefore$ N.H_2SO_4 का आयतन जिसने धातु को घोला =(30-7·8) =22·2 c.c.

चूँकि एसिड का एक ग्राम तुल्यांक भार धातु के एक ग्राम तुल्यांक भार को घोलेगा, इसलिए धातु का वह भार जो N. H_2SO_4 के 1000 c. c. में घुलेगा उसका ग्राम तुल्यांक भार होगा।

22·2 c. c. N.H_2SO_4 ने ·72 ग्राम धातु घोला।

$\therefore$ 1000 ,, ,, $\frac{\cdot72\times1000}{22\cdot2}$,, घोलेगा।

= 32·43 ग्राम

$\therefore$ धातु का तुल्यांक भार =32·43 **उत्तर**

प्रश्न ९. किसी धातु के कार्बोनेट के 1 ग्राम को 100 c. c. N. HCl में घोला गया। प्रतिक्रिया समाप्त होने पर बचे हुए एसिड को शिथिल करने के लिए 0·8 N शक्ति के NaOH के घोल के 100 c. c. की आवश्यकता पड़ी। धातु का तुल्यांक भार निकालो।

मान लो N. HCl के V c. c. बच रहे थे जिनको शिथिल करने के लिए ·8 N शक्ति के NaOH के 100 c. c. लगे।

$\therefore$ N × V = ·8 N × 100

V = 80

N. HCl का आयतन जिसने 1 ग्राम कार्बोनेट से प्रतिक्रिया की =(100--80) c. c. = 20 c. c.

ग्राम तुल्यांक भार के नियम के अनुसार यह स्पष्ट है कि HCl का

एक ग्राम तुल्यांक भार कार्बोनेट के 1 ग्राम तुल्यांक भार को घोलेगा। N. HCl के 1000 c. c. में उसका एक ग्राम तुल्यांक भार घुला होता है।

20 c. c. N.HCl ने 1 ग्राम कार्बोनेट घोला

$\therefore$ 1000 ,, ,, $\frac{1 \times 1000}{20}$,, घोलेगा

= 50 ग्राम

$\therefore$ कार्बोनेट का तुल्यांक भार = 50 **उत्तर**

प्रश्न १०. किसी धातु के कार्बोनेट के एक लिटर घोल में 2·65 ग्राम लवण है। इस घोल के 10 c. c. को पूर्णत: शिथिल करने के लिए N/30 शक्ति के HCl के 15 c. c. की आवश्यकता होती है। लवण और धातु का तुल्यांक भार निकालो।

मान लो कार्बोनेट के घोल की शक्ति S_1 है।

$$\therefore S_1 \times 10 = \frac{N}{30} \times 15$$

$$\therefore S_1 = \frac{N \times 15}{30 \times 10} = \cdot 05\ N$$

मान लो कार्बोनेट का तुल्यांक भार = E

तुल्यांक भार × सामान्यता में शक्ति = ग्राम प्रति लिटर

$$\therefore E \times \cdot 05 = 2\cdot 65$$

$$E = \frac{2\cdot 65}{\cdot 05} = 53$$ **उत्तर I**

CO_3 मूल का तुल्यांक भार $= \frac{12+48}{2} = \frac{60}{2} = 30$

$\therefore$ धातु का तुल्यांक भार + 30 = 53

$\therefore$ धातु का तुल्यांक भार = 53-30 = 23 **उत्तर II**

प्रश्न ११. H_2SO_4 के एक घोल में 3·5 ग्राम प्रति लिटर एसिड है। इस घोल के 22·4 c. c. को पूर्णत: शिथिल करने के लिए N/12·5

शक्ति के KOH के 20 c. c. लगते हैं। SO_4 मूल का तुल्यांक भार निकालो।

मान लो H_2SO_4 के घोल की शक्ति S_1 है।

$$\therefore S_1 \times 22 \cdot 4 = 20 \times \frac{N}{12 \cdot 5}$$

$$\therefore S_1 = \frac{20 \times N}{22 \cdot 4 \times 12 \cdot 5} = \frac{N}{14}$$

मान लो H_2SO_4 का तुल्यांक भार E है।

E × सामान्यता में शक्ति=ग्राम प्रति लिटर

$$\therefore E \times \frac{1}{14} = 3 \cdot 5$$

$$\therefore \quad E = 3 \cdot 5 \times 14 = 49 \cdot 0$$

SO_4 मूल का तुल्यांक भार = 49 − 1=48 उत्तर

प्रश्न–१२· किसी एसिड के 1 लिटर घोल में 6·24 ग्राम शुद्ध एसिड है। NaOH के 1 लिटर घोल में 3·6 ग्राम शुद्ध NaOH घुला है। यदि एसिड के घोल के 20c.c.को उदासीन करने के लिए NaOH के घोल के 22c.c. लगते हैं तो एसिड का तुल्यांक भार निकालो। यदि एसिड की भास्मिकता 2 हो तो उसका अणुभार बताओ।

NaOHका तुल्यांक भार =40

$$\therefore \text{NaOHके घोल की सामान्यता में शक्ति} = \frac{N \times 3 \cdot 6}{40} = \cdot 09N$$

मान लो एसिड के घोल की शक्ति S_1 है

एसिड NaOH

$$S_1 \times V_1 = S_2 V_2$$

यहाँ V_1 = 20c.c. S_2 = ·09N और V_2 = 22c. c.

$$\therefore S_1 \times 20 = \cdot 09N \times 22$$

$$\therefore S_1 = \frac{\cdot 09N \times 22}{20} = \cdot 099N$$

मानलो एसिड का तुल्यांक भार E है।

E × सामान्यता में शक्ति = ग्राम प्रति लिटर

$$\therefore E \times \cdot 099 = 6\cdot 24$$

$$\therefore E = \frac{6\cdot 24}{\cdot 099} = 63\cdot 03$$ उत्तर I

अणुभार = तुल्यांक भार × भास्मिकता

$$\therefore \text{अणुभार} = 63\cdot 03 \times 2 = 126\cdot 06$$ उत्तर II

प्रश्न १३. H_2SO_4 के किसी घोल के 20 c.c. को Na_2CO_3 के 3% घोल के 21·2 c.c. शिथिल करते हैं। H_2SO_4 के घोल के 100 c.c. में कितना पानी मिलाया जाए कि उसकी शक्ति दशांश प्रमित (·1N) हो जाए ?

Na_2CO_3 के 3% घोल के 100 c.c. में 3 ग्राम Na_2CO_3 है।

∴ ,, ,, ,, ,, ,, 1000 ,, ,, $\frac{3 \times 1000}{100}$,, ,, होगा।

=30 ग्राम

Na_2CO_3 का तुल्यांक भार =53

$$\therefore Na_2CO_3 \text{ के घोल की शक्ति} = \frac{N \times 30}{53} = \cdot 5660\ N$$

मान लो H_2SO_4 के घोल की शक्ति S_1

$$\therefore S_1 \times 20 = \cdot 566N \times 21\cdot 2$$

$$\therefore S_1 = \frac{\cdot 566 \times 21\cdot 2 \times N}{20} = \cdot 59946N = \cdot 6N$$

मान लो ·6 N शक्ति के H_2SO_4 के 100 c.c. को पानी मिलाकर V c.c. कर देने पर उसकी शक्ति ·1N हो जाती है।

$$\therefore \cdot 1N \times V = \cdot 6\ N \times 100$$

$$\therefore V = \frac{\cdot 6 \times 100}{\cdot 1} = 600$$

∴ पानी का आयतन जो मिलाया जाना चाहिए = (600 − 100)
= 500c.c. उत्तर

प्रश्न १४. सोडियम बाइकार्बोनेट ($NaHCO_3$) के 8·4 ग्राम को उस समय तक गर्म किया जाता है जब तक कि बचे हुए पदार्थ का भार स्थिर नहीं हो जाता है। बचे हुए पदार्थ को आसुत पानी (Distilled water) में घोलकर घोल का आयतन 500 c.c. कर लिया जाता है। इस घोल के 25 c.c. को शिथिल करने के लिए दिए हुए HCl के घोल के 20 c.c. की आवश्यकता होती है। HCl के घोल की शक्ति ग्राम प्रति लिटर में मालूम करो।

$NaHCO_3$ गर्म करने पर निम्नलिखित समीकरण के अनुसार विच्छेदित होता है।

$$2\,NaHCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

$$2(23 + 1 + 12 + 48) \qquad 46 + 12 + 48$$

$$= 168 \qquad\qquad = 106$$

$NaHCO_3$ के 168 ग्राम 106 ग्राम Na_2CO_3 देते हैं।

∴ ,, ,, 8·4 ,, $\frac{106 \times 8·4}{168}$,, ,, देंगे।

= 5·3 ग्राम

500 c. c. घोल में Na_2CO_3 का भार = 5·3 ग्राम

∴ 1000 ,, ,, ,, ,, ,, = 5·3×2 ,,

= 10·6 ग्राम

Na_2CO_3 का तुल्यांक भार = 53

∴ Na_2CO_3 के घोल की शक्ति = $\frac{N \times 10·6}{53}$ = ·2N

मान लो HCl के घोल की शक्ति = S_1

$$\therefore S_1 \times 20 = ·2\,N \times 25$$

$$S_1 = \frac{·2\,N \times 25}{20} = ·25\,N$$

HCl का तुल्यांक भार = 36·5

∴ HCl के घोल की शक्ति ग्राम प्रति लिटर में = 36·5×·25

= 9·125 ग्राम उत्तर

प्रश्न १५. Na_2CO_3 की एक बानगी में कुछ Na_2SO_4 मिला हुआ था। इस बानगी के 1·25 ग्राम को पानी में घोलकर घोल का आयतन 250 c. c. कर लिया गया। इस घोल के 25 c. c. को शिथिल करने के लिए N/10 H_2SO_4 के 20 c. c. की आवश्यकता हुई। बानगी में Na_2SO_4 का प्रतिशत् मालूम करो। (उ० प्र० 1950)

Na_2SO_4 सलफ्यूरिक एसिड से प्रतिक्रिया नहीं करता है। घोल Na_2CO_3 के कारण क्षारीय था। और उसको H_2SO_4 ने शिथिल किया। मान लो Na_2CO_3 के कारण घोल की शक्ति S_1 थी। इस घोल के 25 c. c. को N/10 H_2SO_4 के 20 c. c. ने शिथिल किया।

$$\therefore S_1 \times 25 = \frac{N}{10} \times 20$$

$$\therefore S_1 = \frac{N \times 20}{10 \times 25}$$

Na_2CO_3 का तुल्यांक भार = 53

1000 c. c. घोल में Na_2CO_3 का भार $= \frac{20 \times 53}{10 \times 25}$ ग्राम

$\therefore$ 250 ,, ,, ,, ,, $= \frac{20 \times 53 \times 250}{1000 \times 10 \times 25}$ ग्राम।

= 1·06 ग्राम

∴ मिश्रण में Na_2SO_4 का भार = (1·25 − 1·06) ग्राम = ·19 ग्राम

1·25 ग्राम मिश्रण में ·19 ग्राम Na_2SO_4 था।

$\therefore$ 100 ,, ,, ,, $\frac{\cdot 19 \times 100}{1\cdot 25}$,, ,,।

= 15·2 ग्राम

∴ मिश्रण में Na_2SO_4 की मात्रा = 15·2 % उत्तर

प्रश्न १६. खड़िया की एक अशुद्ध बानगी के 20 ग्राम को कम से कम N.HCl में घोलना है। इस बानगी के 2·014 ग्राम को 50 c.c. N.HCl में घोला जाता है। बचे हुये एसिड को शिथिल करने के लिये सामान्य (Normal) कास्टिक सोडा के 10·7 c.c. प्रयोग में आते हैं। खड़िया की बानगी में शुद्ध कैलसियम कार्बोनेट का प्रतिशत निकालो और यह भी मालूम करो कि 20 ग्राम को घोलने के लिये कम से कम कितना N.HCl लगेगा। अशुद्धियाँ पानी में घुलनशील और उदासीन हैं। (उ० प्र० 1928)

बचे हुए एसिड को शिथिल करने के लिये N. NaOH के 10·7 c.c. प्रयोग में आते हैं।

∴ काम में आये N. HCl का आयतन = (50 − 10·7) = 39·3 c.c.

2·014 ग्राम खड़िया के लिये N. HCl के 39·3 c.c. चाहिये।

∴ 20 ,, ,, ,, ,, $\frac{39·3 \times 20}{2·014}$

= 390·27 c.c. उत्तर I

शुद्ध $CaCO_3$ का तुल्यांक भार = $\frac{40+12+48}{2}$ = 50

∴ 1000 c. c. N.HCl, 50 ग्राम $CaCO_3$ को घोलेगा।

∴ 39·3 c. c. ,, $\frac{50 \times 39·3}{1000}$,, ,, ,,

= 1·965 ग्राम

2·014 ग्राम बानगी में 1·965 ग्राम शुद्ध $CaCO_3$ है।

∴ 100 ,, ,, ,, $\frac{1·965 \times 100}{2·014}$,, ,, ,, होगा।

= 97·567 %

∴ बानगी शुद्ध कार्बोनेट की में मात्रा = 97·567 % उत्तर II

प्रश्न १७. अमोनियम सलफेट की एक बानगी के 1·216 ग्राम को NaOH के घोल से मिलाकर उबाला गया और इस प्रकार जो अमोनिया (NH_3) गैस प्राप्त हुई उसको N. HCl के 50 c. c. में प्रवाहित किया गया। बचे हुए एसिड को पूर्णत: शिथिल करने के लिए 0·8 N. KOH के 39·25c.c. प्रयोग में आए। अमोनियम सलफेट में अमोनिया का प्रतिशत मालूम करो।

मान लो N. HCl के Vc.c. बच रहे थे।

$$\therefore \quad N \times V = \cdot 8N \times 39 \cdot 25$$

$$\therefore V = 31 \cdot 4$$

∴ N. HCl का आयतन जिसे अमोनिया (NH_3) ने शिथिल किया = (50 − 31·4) c. c. = 18·6 c. c.

HCl का तुल्यांकभार = 36.5

∴ 18·6c.c.N. HCl में शुद्ध HCl का भार $= \dfrac{36 \cdot 5 \times 18 \cdot 6}{1000}$ ग्राम

NH_3 और HCl निम्नलिखित समीकरण के अनुसार प्रतिक्रिया करते हैं।

$$\underset{17}{NH_3} + \underset{36 \cdot 5}{HCl} \longrightarrow NH_4Cl$$

36·5 ग्राम HCl 17 ग्राम NH_3 को शिथिल करता है।

$\therefore \dfrac{36 \cdot 5 \times 18 \cdot 6}{1000}$,, $\dfrac{17 \times 36 \cdot 5 \times 18 \cdot 6}{36 \cdot 5 \times 1000}$,, करेगा

$= \dfrac{17 \times 18 \cdot 6}{1000}$ ग्राम

1·216 ग्राम $(NH_4)_2SO_4$ में $\dfrac{17 \times 18 \cdot 6}{1000}$ ग्राम NH_3 है।

∴ 100 ,, ,, ,, $\dfrac{17 \times 18 \cdot 6 \times 100}{1000 \times 1 \cdot 216}$,, होगा

= 26·0 ग्राम

$\therefore$ $(NH_4)_2SO_4$ में NH_3 की मात्रा = 26 % उत्तर

प्रश्न १८. एक अम्लीय घोल के 50 c.c. को शिथिल-करने के लिए 0·625N शक्ति के NaOH के घोल के 42 c.c. की आवश्यकता हुई। इस अम्लीय घोल के 50 c.c. को $AgNO_3$ से मिलाने पर 2·45 ग्राम AgCl मिला। यदि अम्लीय घोल में HNO_3 और HCl दोनों हों तो 1 लिटर घोल में HNO_3 और HCl का भार निकालो। (राजपूताना १९४६)

HCl सिलवर नाइट्रेट के घोल से निम्नलिखित समीकरण के अनुसार प्रतिक्रिया करता है।

$$AgNO_3 + \underset{36 \cdot 5}{HCl} \longrightarrow \underset{143 \cdot 5}{AgCl} + HNO_3$$

143·5 ग्राम AgCl 36·5 ग्राम HCl से मिलता है।

$\therefore$ 2·45 ,, ,, $\frac{36 \cdot 5 \times 2 \cdot 45}{143 \cdot 5}$,, ,, मिलेगा।

$= \cdot 62317$ ग्राम $= \cdot 6232$ ग्राम

50 c.c घोल में ·6232 ग्राम HCl था।

$\therefore$ 1000 ,, ,, ,, $\frac{\cdot 6232 \times 1000}{50}$,,

$= 12 \cdot 464$ ग्राम उत्तर I

HCl का तुल्यांक भार = 36·5

$\therefore$ HCl के घोल की शक्ति जिसके 1 लिटर में 12·464 ग्राम शुद्ध एसिड है $= \frac{N \times 12 \cdot 464}{36 \cdot 5} = \cdot 3414$ N

मान लो अम्लीय घोल की शक्ति जिसमें HCl और HNO_3 दोनों अम्ल थे $= S_1$

$$\therefore S_1 \times 50 = \cdot 625N \times 42$$

$$\therefore S_1 = \frac{\cdot 625 \times 42}{50} N = \cdot 525 N$$

$\because$ केवल HNO_3 के कारण घोल की शक्ति = (·525–·3414) N
= ·1836 N

HNO_3 का तुल्यांक भार = 63

$\therefore$ 1 लिटर घोल में HNO_3 का भार = ·1836×63 ग्राम
= 11·567 ग्राम उत्तर

प्रश्न १९. एक क्षारीय घोल में NaOH और Na_2CO_3 दोनों उपस्थित हैं। जब फिनोलथेलीन (Phenolphthalein) का प्रयोग किया जाता है तो इस घोल के 25c.c. को शिथिल करने के लिए 0·1 N HCl के 15 c.c. की आवश्यकता होती है। परंतु घोल मेथिल ऑरेंज (Methyl Orange) मिलाने पर अब भी क्षारीय है और पूर्णत: शिथिल करने के लिए उसी एसिड के 9 c.c. की और आवश्यकता पड़ती है। क्षारीय घोल के 1 लिटर में NaOH और Na_2CO_3 के भार मालूम करो।

जब फिनोलथेलीन का प्रयोग किया जाता है प्रयोग में आया हुआ एसिड कुल NaOH को शिथिल करता है और Na_2CO_3 को $NaHCO_3$ में परिणत करता है।

$$Na_2CO_3 + HCl \rightarrow NaCl + NaHCO_3$$

$NaHCO_3$ फिनोलथेलीन से क्षारीय प्रतिक्रिया नहीं देता परन्तु मेथिल ऑरेंज के प्रयोग से क्षारीय है। अब 9 c.c. HCl, $NaHCO_3$ को शिथिल करता है।

$\therefore$ एसिड का आयतन जो पूरे Na_2CO_3 को शिथिल करता है
= 9×2 c.c. = 18c.c.

NaOH को शिथिल करने के लिए (15 – 9) c.c. = 6c.c. HCl प्रयोग में आता है।

मान लो NaOH की शक्ति = S_1

$$S_1 \times 25 = \frac{N}{10} \times 6$$

$$S_1 = \frac{N \times 6}{25 \times 10} = \cdot 024N$$

$NaOH$ का तुल्यांक भार = 40

$\therefore$ $NaOH$ का भार प्रति लिटर = ·024 × 40 = ·96 ग्राम

उत्तर

मान लो Na_2CO_3 की शक्ति = S_2

$$S_2 \times 25 = \frac{N}{10} \times 18$$

$$S_2 = \frac{N \times 18}{10 \times 25} = \cdot 072N$$

Na_2CO_3 का तुल्यांक भार = 53

Na_2CO_3 का भार प्रति लिटर = ·072 × 53 = 3·816 ग्राम

उत्तर II

प्रश्न २०. रवेदार Na_2CO_3 की एक बानगी के 2·86 ग्राम पानी में घोले जाते हैं और घोल 250 c.c. कर लिया जाता है। इस घोल के 25 c.c. को शिथिल करने के लिए ·1NHCl के 20 c.c. की आवश्यकता होती है। Na_2CO_3 में रवे के पानी के अणुओं की संख्या मालूम करो।

मान लो Na_2CO_3 के घोल की शक्ति S है।

$$\therefore S \times 25 = \frac{N}{10} \times 20$$

$$\therefore S = \frac{N \times 20}{10 \times 25} = \cdot 08N$$

शुष्क (Anhydrous) Na_2CO_3 का तुल्यांक भार = 53

$\therefore$ एक लिटर घोल में शुष्क Na_2CO_3 का भार = ·08×53

= 4·24

रवेदार Na_2CO_3 का भार 1 लिटर में = 2·86 × 4 ग्राम

= 11·44 ग्राम

∴ रवे के पानी का भार = (11·44 − 4·24) = 7·2 ग्राम

शुष्क Na_2CO_3 का अणुभार = 106

4·24 ग्राम शुष्क (Anhydrous) Na_2CO_3 7·2 ग्राम पानी से संयोग करता है।

∴ 106 " " " $\frac{7·2 \times 106}{4·24}$ " करेगी।

= 180 ग्राम

पानी का अणुभार =18

∴ रवे के पानी के अणुओं की संख्या $= \frac{180}{18} = 10$ उत्तर

प्रश्न २१. शुष्क (Anhydrous) Na CO_3 और K_2CO_3 के मिश्रण के 7·5 ग्राम 250 c. c. घोल में घुले हैं। इस घोल के 25 c. c. को शिथिल करने के लिए N/2 HCl के 27·5 c. c. की आवश्यकता होती है। मिश्रण में Na_2CO_3 का भार मालूम करो।

25 c. c. घोल को शिथिल करने के लिए 27·5 c. c. N/2 HCl चाहिए।

∴ 250 " " " " 275 " " "

HCl का तुल्यांक भार = 36·5

∴ 275 c. c. N/2 HCl में शुद्ध HCl$= \frac{36·5 \times 275}{2 \times 1000}$ ग्राम

मान लो Na_2 CO_3 का भार = x ग्राम

∴ K_2 CO_3 का भार = (7·5 − x) ग्राम

$$Na_2CO_3 + 2\ HCl \longrightarrow 2\ NaCl + CO_2 + H_2O$$
106   73

$$K_2CO_3 + 2\ HCl \longrightarrow 2\ KCl + CO_2 + H_2O$$
138   73

106 ग्राम Na_2 CO_3 73 ग्राम HCl से प्रतिक्रिया करता है।

$\therefore$ x ,, ,, $\frac{73 \times x}{106}$,, ,, ,, करेगा।

138 ग्राम K_2CO_3, 73 ग्राम HCl से प्रतिक्रिया करता है।

$\therefore$ (7·5 − x) ,, ,, $\frac{73 \times (7 \cdot 5 - x)}{138}$,, ,, करेगा।

$$\therefore \frac{73 \times x}{106} + \frac{73(7 \cdot 5 - x)}{138} = \frac{36 \cdot 5 \times 275}{2 \times 1000}$$

$$\text{या } \frac{x}{53} + \frac{7 \cdot 5 - x}{69} = \frac{11}{80}$$

समीकरण के हल करने पर x = 6·584

$\therefore$ Na_2CO_3 का भार = 6·584 ग्राम उत्तर

प्रश्न २२. H_2SO_4 के किसी घोल के 10·5 c.c. को शिथिल करने के लिए N/15 KOH के घोल के 10 c.c. लगते हैं। दिए हुए $NaHCO_3$ के घोल के 10 c. c. को शिथिल करने के लिए उसी H_2SO_4 के घोल के 12·5 c.c. लगते हैं। $NaHCO_3$ के घोल की शक्ति ग्राम प्रति लिटर में मालूम करो। दूसरे अनुमापन (Titration) में कौन सा सूचक (Indicator) प्रयोग करोगे?

मान लो H_2SO_4 के घोल की शक्ति = S_1

$$\therefore S_1 \times 10 \cdot 5 = \frac{N}{15} \times 10$$

$$\therefore S_1 = \frac{N \times 10}{15 \times 10 \cdot 5}$$

मान लो Na HCO_3 के घोल की शक्ति = S_2

$$S_2 \times 10 = \frac{N \times 10}{15 \times 10 \cdot 5} \times 12 \cdot 5$$

$$\therefore S_2 = \frac{N \times 12 \cdot 5}{15 \times 10 \cdot 5} = \cdot 07937 \text{ N}$$

$NaHCO_3$ का अणुभार $= (23 + 1 + 12 + 48) = 84$

$NaHCO_3$ का तुल्यांक भार $= 84$

1 लिटर घोल में $NaHCO_3$ का भार $= \cdot 07937 \times 84$ ग्राम

$= 6 \cdot 6671$ ग्राम

दूसरे अनुमापन में मेथिल ऑरेंज (Methyl Orange) का प्रयोग किया जाएगा। उत्तर

प्रश्न २३. शुद्ध रवेदार ऑक्ज़ैलिक एसिड के 1·750 ग्राम को आसुत पानी (Distilled water) में घोलकर घोल 250 c. c. कर लिया गया। इस घोल के 25 c. c. को हलके H_2SO_4 से मिलाकर मिश्रण को 80°C के लगभग गर्म किया गया और $KMnO_4$ के विरुद्ध अनुमापन किया गया जिसमें $KMnO_4$ के 30 c. c. प्रयोग में आए। $KMnO_4$ के घोल की शक्ति (1) सामायन्ता में (2) ग्राम प्रति लिटर में और (3) ग्राम अणु प्रति लिटर में निकालो।

250 c. c. घोल में 1·75 ग्राम ऐसिड था।

∴ 1000 ,, ,, ,, 1·75×4 ,, ,, ,,

= 7 ग्राम

63 ग्राम ऑक्ज़ैलिक एसिड 1000 c. c. में N घोल देता है।

∴ 7 ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{N \times 7}{63}$,, देगा।

$$= \frac{N}{9}$$

$$\therefore S_1 \times 30\ (KMnO_4) = \frac{N \times 25}{9}\ \text{(ऑक्ज़ैलिक ऐसिड)}$$

$$\therefore S_1 = \frac{N \times 25}{9 \times 30}$$

$$= \cdot 09259\ N$$ उत्तर I

$KMnO_4$ का तुल्यांक भार $= 31 \cdot 6$

∴ ग्राम प्रति लिटर में शक्ति = $31.6 \times .09259 = 2.9258$ उत्तर II

$KMnO_4$ का अणुभार = 158

∴ ग्राम अणु प्रति लिटर में शक्ति = $\frac{31.6 \times .09259}{158}$

$= .01852$ उत्तर III

प्रश्न २४. $FeSO_4.xH_2O$ के 2·78 ग्राम रवों को हलके H_2SO_4 में घोला गया और घोल पानी मिलाकर 100 c. c. कर लिया गया। इस घोल के 10 c. c. को ऑक्सिकृत करने के लिए N/8 शक्ति के $KMnO_4$ के 8 c. c. प्रयोग में आए। x का मान मालूम करो।

मान लो $Fe\,SO_4.\,x\,H_2O$ के घोल की शक्ति S_1 है।

$Fe\,SO_4.\ x\,H_2O \qquad KMnO_4$

$$S_1 \times 10 = \frac{N}{8} \times 8$$

$$\therefore \qquad S_1 = \frac{N \times 8}{8 \times 10} = \cdot 1\,N$$

100 c. c. घोल में 2·78 ग्राम $Fe\,SO_4.x\,H_2O$ था।

∴ 1000 „ „ 27·8 „ „ „ „ ।

मान लो $Fe\,SO_4\,.x\,H_2O$ का तुल्यांक भार = E

∴ E × सामान्यता में शक्ति = ग्राम प्रति लिटर

$$\therefore E = \frac{27.8}{.1} = 278$$

परन्तु $FeSO_4.x\,H_2O$ का तुल्यांक भार = अणुभार = 56 + 32 + 64 + 18 x = 152 + 18 x

$$\therefore 152 + 18x = 278$$

$$\therefore 18\,x = 278 - 152 = 126$$

$$\therefore x = 7$$ उत्तर

प्रश्न २५. पायरोलुसाइट (MnO_2) की एक बानगी के 1·9

ग्राम को हलके H_2SO_4 में घोला जाता है और घोल में N/5 शक्ति के ऑक्ज़ैलिक एसिड के 50 c.c. मिलाए जाते हैं। बचे हुए ऑक्ज़ैलिक एसिड को ऑक्सिकृत करने के लिए N/10 शक्ति के $KMnO_4$ के 20 c.c. की आवश्यकता होती है। बानगी में MnO_2 का प्रतिशत् निकालो।

मान लो N/5 ऑक्ज़ैलिक एसिड के Vc.c. N/10 $KMnO_4$ के 20c.c. से ऑक्सिकृत होते हैं।

$$\therefore \frac{N}{5} \times V = \frac{N}{10} \times 20$$

$$\therefore V = 10$$

$\therefore$ ऑक्ज़ैलिक एसिड का प्रयोग में आया हुआ आयतन $= (50 - 10) = 40$c.c.

ऑक्ज़ैलिक एसिड का तुल्यांक भार $= 63$

40 c.c. N/5 ऑक्ज़ैलिक एसिड में एसिड का भार $= \frac{63 \times 40}{5 \times 1000}$ ग्राम

$= \cdot 504$ ग्राम

MnO_2 और ऑक्ज़ैलिक एसिड निम्नलिखित समीकरण के अनुसार क्रिया करते हैं

$$MnO_2 + H_2SO_4 + H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O \longrightarrow MnSO_4 + 4H_2O + 3CO_2$$

87 126

$\therefore$ 126 ग्राम एसिड 87 ग्राम MnO_2 से ऑक्सिकृत होता है।

$\therefore \cdot 504$,, ,, $\frac{87 \times \cdot 504}{126}$,, ,, ,, होगा।

$= \cdot 348$ ग्राम

1·9 ग्राम बानगी में ·348 ग्राम MnO_2 है।

$\therefore 100$,, ,, $\frac{100 \times \cdot 348}{1 \cdot 9}$,, ,, होगा।

$= 18 \cdot 32\%$ उत्तर

प्रश्न २६. पानी की कठोरता नापने में 500 c.c. कठोर पानी को पूर्णत: शिथिल करने के लिये 8·4 c.c. N/10 H_2SO_4 की आवश्यकता हुई। कठोर पानी के 250c.c. को 0·1N Na_2CO_3 के घोल के 50 c.c. से मिलाकर उबाला गया। छानने के बाद छने हुये घोल (filtrate) को 250c.c. कर लिया गया। इस द्रव के 50c.c. को शिथिल करने के लिये N/10 एसिड के 8·6 c.c. प्रयोग में आए। कठोर पानी की अस्थायी (Temporary) तथा स्थायी (Permanent) कठोरता प्रति 100,000 भाग में निकालो। (उ० प्र० १९३०)

अस्थायी कठोरता Ca और Mg के बाईकार्बोनेटों की वजह से होती है। पानी बाईकार्बोनेट के कारण क्षारीय होता है और एसिड से उसका अनुमापन हो सकता है।

500c.c. पानी को शिथिल करने के लिए ·1N ऐसिड 8·4c.c. चाहिये।

$$\therefore 100{,}000 \;,, \quad ,, \quad ,, \; \frac{8{\cdot}4\times100{,}000}{500} \quad ,, \quad ,,$$

$$=8{\cdot}4\times200 \text{ c.c.}$$

$CaCO_3$ का तुल्यांक भार=50

·1N. H_2SO_4 के 8·4×200c.c. ≡ ·1N $CaCO_3$ के 8·4×200c.c.

∴ ·1N $CaCO_3$ के 8·4×200 c.c. में $CaCO_3$ का भार

$$=\frac{50\times8{\cdot}4\times200}{10\times1000}=8{\cdot}4$$

∴ अस्थायी कठोरता $=CaCO_3$ के 8·4 भाग उत्तर, I

अस्थायी कठोरता Ca और Mg के सलफेट और क्लोराइड के कारण होती है। जब ऐसे पानी को Na_2CO_3 से उबालते हैं तो Ca^{++} और Mg^{++} मूलों के स्थान पर Na+मूल आ जाता है और कठोरता दूर हो जाती है।

$$CaSO_4+Na_2CO_3 \longrightarrow Na_2SO_4+CaCO_3$$

50c.c. फिलट्रेट के लिये $\cdot 1N\ H_2SO_4$ के 8·6c.c. चाहिये।
$\therefore$ 250c.c. „ „ „ „ 8·6×5c.c. „
= 43 c.c.

$\cdot 1N\ H_2SO_4$ के 43c.c. $\equiv \cdot 1N\ Na_2CO_4$ के 43c.c.
$\therefore Na_2CO_3$ का प्रयोग में आया हुआ आयतन=(50 − 43)=7c.c.
$CaCO_3$ का भार जो 7c.c. $\cdot 1N\ Na_2CO_3$ के समतुल्य है

$$= \frac{50 \times 7}{10 \times 1000}$$

$\therefore CaCO_3$ का भार 100,000 भाग पानी में $= \dfrac{50 \times 7 \times 100,000}{10 \times 1000 \times 250}$

=14 स्थायी कठोरता उत्तर II

प्रश्न 27. किसी धातु के 0·1166 ग्राम क्लोराइड को पानी में घोला जाता है। इस घोल में उपस्थित Cl^- आयनों के अवक्षिपम (pptate) करने के लिये N/10 $AgNO_3$ के घोल के 21·00 c. c. की आवश्यकता होती है। यदि धातु का आपेक्षिक ताप 0·15 हो तो उसका तुल्यांकभार, संयोजकता और परमाणुभार मालूम करो।

$AgNO_3$ का अणुभार=108+14+48=170

$AgNO_3$ का तुल्यांक भार=170

N/10 $AgNO_3$ के घोल के 21c.c. में $AgNO_3$ का भार=

$$\frac{170 \times 21}{10 \times 1000} \text{ ग्राम} = \frac{17 \times 21}{1000} \text{ ग्राम}$$

$AgNO_3$ का घोल Cl^- आयनों से निम्नलिखित समीकरण के अनुसार प्रतिक्रिया करता है।

$$AgNO_3 + Cl^- \longrightarrow AgCl \downarrow + NO_3$$
$$170 \qquad\qquad 35{\cdot}5$$

170 ग्राम $AgNO_3$, 35·5 ग्राम Cl^- से प्रतिक्रिया करता है।

$\therefore \frac{17{\times}21}{100}$ „ „ $\frac{35.5\times17\times21}{170\times1000}$ „ „ „ करेगा ।

$= \cdot07455$ ग्राम

क्लोराइड में धातु का भार $=(\cdot1166 - \cdot07445) = \cdot04205$ ग्राम $\cdot07455$ ग्राम Cl_2 $\cdot04205$ ग्राम धातु से संयोग करती है ।

$\therefore$ 35·5 „ „ $\frac{\cdot04205\times3505}{\cdot07455}$ „ „ करेगी ।

$=20\cdot023$ ग्राम

$\therefore$ धातु का तुल्यांक भार $=20\cdot023$ उत्तर I

उपनिष्टपरमाणुभार$=\frac{6\cdot4}{\cdot15}=42\cdot6$

$\frac{42\cdot6}{20\cdot023}=$ 2 लगभग

संयोजकता =2 उत्तर II

$\therefore$ परमाणुभार $=20\cdot023\times2=40\cdot046$ उत्तर III

प्रश्नावली ६

(१) ऑक्ज़ैलिक एसिड के 250 c. c. घोल में 1·6250 ग्राम शुद्ध रवेदार एसिड घुला है । इस एसिड घोल की शक्ति (1) सामान्यता (Normality) में और (2) ग्राम-अणु प्रतिलिटर में मालूम करो ।

[उत्तर, (1) 0· 10317 N (2) 0· 05158 ग्राम अणु]

(२) KOH की एक बानगी में 80% शुद्ध KOH है । इस बानगी के 1·4 ग्राम 200 c. c. घोल में घुले हैं । इस KOH के घोल के 12·5 c. c. दिए हुए H_2SO_4 के घोल के 10 c. c. को पूर्णता: शिथिल करते हैं । H_2SO_4 के घोल की शक्ति सामान्यता और ग्राम प्रतिलिटर में मालूम करो ।

[उत्तर, (1) 0·125 N (2) 6·125 ग्राम]

(३) ऑक्ज़ैलिक एसिड के 500 c. c. घोल में 6·3 ग्राम शुद्ध

रवेदार एसिड घुला है। इस एसिड घोल के 20 c. c. को पूर्णत: उदासीन (Neutralize) करने के लिए दिए हुए NaOH के 16·4 c. c. लगते हैं। NaOH के घोल की शक्ति (1) सामान्यता में, (2) ग्राम प्रतिलिटर में मालूम करो।

[उत्तर, (1) 0·2439 (2) 9·756 ग्राम]

(४) सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक एसिड का घनत्व 1·2 है और उसमें भार के अनुसार 39% शुद्ध HCl है। एक लिटर सामान्य (Normal) घोल बनाने के लिए इस सान्द्र एसिड के कितने आयतन की आवश्यकता होगी ? [उत्तर, 77·99 c. c.]

(५) सान्द्र H_2SO_4 का घनत्व 1·80 है और उसमें भार के अनुसार 90% शुद्ध H_2SO_4 है। 1 लिटर सामान्य (Normal) घोल प्राप्त करने के लिए इस सान्द्र एसिड का कितना आयतन चाहिए ?

[उत्तर, 30·25 c. c.]

(६) निम्नलिखित दिए अंकों से H_2SO_4 की प्रतिशत् शक्ति (Strength) की गणना करो:—

इस एसिड का घनत्व 1·75 है। इस एसिड के 3 c. c. को पानी में घोलकर और घोल को एक लिटर कर देने पर 24·5 c. c. इसके एसिड को ठीक-ठीक उदासीन करने के लिए 20 c. c. N/10 NaOH घोल की आवश्यकता पड़ती है। [उत्तर, 76·19%]

(७) आॅक्ज़ैलिक एसिड के 200 c. c. घोल में 2·52 ग्राम शुद्ध रवेदार एसिड है। इस घोल के 10 c. c. को पूरा-पूरा शिथिल करने के लिए दिए हुए KOH के घोल के 8·4 c. c. की आवश्यकता होती है। KOH के 840 c. c. घोल में कितना पानी मिलाया जाए कि उसकी शक्ति ठीक N/5 हो जाए। [उत्तर, 160 c. c.

(८) सोडियम कार्बोनेट के 250 c. c. घोल में 1·325 ग्राम शुद्ध शुष्क (Anhydrous) Na_2CO_3 घुला है। इस Na_2CO_3 के 25 c. c. घोल को पूर्णत: शिथिल करने के लिए H_2SO_4 के दिए

हुए घोल के 15 c. c. की आवश्वकता होती है। दिए हुए H_2SO_4 के घोल के 300 c. c. में कितना पानी मिलाया जाए कि शक्ति ठीक-ठीक ·1 N हो जाए। [उत्तर, 200 c. c.]

(९) किसी द्विभास्मिक (Dibasic) अम्ल के 0·9 ग्राम 100 c.c. घोल में घुले हैं। इस अम्लीय घोल के 10 c. c. को शिथिल करने के लिए N/10·5 शक्ति के NaOH के 15 c. c. की आवश्यकता होती है। एसिड का तुल्यांक भार और अणुभार निकालो।

[उत्तर; 63,126

(१०) एक द्विआम्लिक (Diacidic) क्षार के 2·65 ग्राम उसके 500 c. c. घोल में घुले हैं। घोल के 20 c. c. को पूर्णत: शिथिल करने के लिए12·0 c. c. N/6 HCl की आवश्यकता होती है। क्षार का तुल्यांक भार और अणुभार निकालो। [उत्तर; 53, 106.]

(११) सोडियम बाइकार्बोनेट ($NaHCO_3$) की एक बानगी के 10·12 ग्राम को खूब गर्म किया गया जब तक कि बचे हुए पदार्थ का भार स्थिर न हो गया। बचे हुए पदार्थ को पानी में घोल कर 500 c. c. घोल बनाया गया। इस घोल के 20 c. c. को शिथिल करने के लिए 0·2150 N HCl के 15 c. c. प्रयोग में आए। यदि बानगी में उदासीन (Neutral) अशुद्धियाँ हों तो उसमें शुद्ध $NaHCO_3$ का प्रतिशत निकालो। [उत्तर; 66·89%]

(१२) किसी धातु के 1 ग्राम चूर्ण (powder) को 2 N· HCl के 50 c. c. में घोला गया। प्रतिक्रिया समाप्त होने पर बचे हुए एसिड को शिथिल करने के लिए N/3 NaOH के 49·2 c. c. लगे। धातु का तुल्यांक भार निकालो। [उत्तर, 11·96]

(१३) एक बीकर में किसी धातु के 125·4 ग्राम कार्बोनेट की 50 c. c. N HCl से प्रतिक्रिया की गई। क्रिया समाप्त होने पर बीकर के द्रव को मापक फ्लास्क (Graduated flask) में पलट

लिया गया और पानी मिलाकर घोल 250 c. c. कर लिया गया। इस एसिड घोल के 25 c. c. को शिथिल करने के लिए N/5 NaOH के 15 c. c. लगे। कार्बोनेट और धातु का तुल्यांक भार निकालो। [उत्तर, 62·7, 32 7]

(१४) एक क्षारीय (Alkaline) घोल में Na_2Co_3 और NaOH दोनों उपस्थित हैं। इस घोल के 25 c. c. फीनोलथेलीन की कुछ बूँदें मिलाकर अनुमापन करने पर 0·995 N·HCl के 19·5 c. c. शिथिल करने के लिए लगे। मेथिल ऑरेंज का प्रयोग करने पर 25 c. c. घोल को शिथिल करने के लिए उसी अम्ल के 25·9 c. c. लगे। क्षारीय घोल में Na_2 CO_3 और NaOH के भार प्रति लिटर मालूम करो।

[उत्तर, $Na_2CO_3 = 27$ ग्राम]

NaOH = 20· 85 ग्राम

(१५) रवेदार Na_2CO_3 के 5·72 ग्राम को पानी में घोलकर 500 c. c. घोल तैयार किया जाता है। इस घोल के 20 c. c. को शिथिल करने के लिए ·20 N HCl के 8 c. c. प्रयोग में आते हैं। सोडियम कार्बोनेट में रवे के पानी के अणु मालूम करो। [उत्तर ; 10

(१६) शुष्क (Anhydrous) Na_2CO_3 और K_2CO_3 के मिश्रण के 15 ग्राम 500 c.c. में घुले हैं। इस घोल के 20 c.c. को शिथिल करने के लिए N·HCl के 11 c.c. लगते हैं। मिश्रण में K_2CO_3 का भार निकालो। [उत्तर, 1·84 ग्राम]

(१७) ऑक्ज़ैलिक एसिड के 250 c.c. घोल में 2·25 ग्राम शुद्ध रवेदार एसिड है। इस एसिड के 25 c.c. घोल को ऑक्सिकृत करने के लिए दिए हुए $KMnO_4$ के घोल के 24·2 c.c. लगते हैं। $KMnO_4$ की शक्ति ग्राम प्रति लिटर में निकालो। [उत्तर, 4·664 ग्राम]

(१८) H_2SO_4 के एक घोल में 0·25 ग्राम H_2SO_4 है। इस घोल को पूर्णतः शिथिल करने के लिए N.T.P. पर कितनी NH_3 गैस की आवश्यकता होगी ? [उत्तर, 114·285 c.c.]

(१६) किसी धातु के 0.72 ग्राम को 30 c.c.N.HCl में घोला गया। यदि बचे हुए एसिड को उदासीन करने के लिए 0·4N NaOH के 19·5 c.c. की आवश्यकता हुई तो धातु का तुल्यांक भार निकालो।

[उत्तर, 32·43]

(२०) खड़िया की एक बानगी के 2 ग्राम को 1·02N HCl के 50 c.c. में घोला गया। बचे हुए एसिड को पूर्णत: शिथिल करने के लिए 0·95N शक्ति के NaOH के घोल के 13·5 c.c. प्रयोग में आए। खड़िया की प्रतिशत शुद्धता निकालो। [उत्तर, 95·44%]

(२१) कैलसाइट ($CaCO_3$) के 2·5 ग्राम के एक टुकड़े को दिए हुए HCl के घोल के 50 c.c. में रक्खा गया। प्रतिक्रिया समाप्त होने पर 1·05 ग्राम कैलसाइट बच रहा। HCl के घोल की शक्ति समान्यता (Normality) में निकालो और यह भी ज्ञात करो कि प्रतिक्रिया में 17°C और 750 mm. दबाव पर कितनी CO_2 प्राप्त हुई।

[उत्तर, ·58N,349·6 c.c.]

(२२) किसी अमोनियम लवण के 2·871 ग्राम को NaOH के घोल के साथ गर्म किया गया और इस प्रकार प्राप्त गैस को N. H_2SO_4 के 75 c.c. में प्रवाहित किया गया। बचे हुए एसिड को शिथिल करने के लिए N. NaOH के 31·5 c.c. प्रयोग में आए। अमोनियम लवण में NH_3 का प्रतिशत और लवण के एसिड का तुल्यांक भार निकालो।

[उत्तर, 25·75%, 49]

संकेत:—अमोनियम लवण में NH_3 और एसिड का भार मालूम करो। NH_3 का तुल्यांक भार 17 है। अब एसिड का वह भार निकालो जो 17 ग्राम अमोनिया से प्रतिक्रिया करता है। यही एसिड का तुल्यांक भार हुआ।

(२३) किसी अम्ल के 3·9393 ग्राम अमोनियम लवण को NaOH के घोल से गर्म करने पर प्राप्त NH_3 गैस ने 40·2 ग्राम N HCl को शिथिल किया। अम्ल का तुल्यांक भार निकालो।

[उत्तर, 80·99]

(२४) 1·85 घनत्व के H_2SO_4 के 10 c.c. में आसुत (Distilled water) पानी मिलाकर घोल 1 लिटर कर लिया गया। इस एसिड घोल के 10 c.c. को शिथिल करने के लिए 0·1N NaOH के 34·65 c.c. की आवश्यकता हुई। सान्द्र H_2SO_4 में शुद्ध एसिड का प्रतिशत ज्ञात करो। [उत्तर, 91·77% भार के अनुसार]

(२५) पानी का एक आयतन 0°C और 760 mm. दबाव पर CO_2 के 0·9 आयतन को घोलता है। इस घोल की सामान्यता में शक्ति मालूम करो। NaOH के कितने ग्राम इस घोल के 1 लिटर को Na_2CO_3 में परिणित करने के लिए आवश्यक होंगे ?

[उत्तर, 0·0803N, 3·214 ग्राम]

संकेत: – 1000 c.c. पानी 900 c.c. CO_2 घोलता है। 22400 c.c. CO_2 का भार N.T.P. पर 44 ग्राम होता है। इसलिए 900c.c. का भार निकालो। CO_2 का तुल्यांक भार 44/2=22 क्योंकि $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$ (द्विभास्मिक)

(२६) किसी एसिड के 1 लिटर घोल में 39 ग्राम एसिड घुला है। इस घोल के 50 c.c. को शिथिल करने के लिए N. KOH के 47·5 c.c. की आवश्यकता होती है। यदि एसिड का अणुभार 82 हो तो उसकी भास्मिकता (Basicity) निकालो। [उत्तर, 2

(२७) 10 c.c. दशांश - प्रमित (Deci-normal) HCl से कितना AgCl प्राप्त होगा। (उ० प्र० १६५३) [उत्तर, 0·1435 ग्राम]

(२८) किसी घोल में KCl और HCl हैं। इस घोल के 20 c.c. को पूर्णत: शिथिल करने के लिए 0·105N NaOH के घोल के 14·8 c.c. की आवश्यकता होती है। इस प्रकार प्राप्त घोल में क्लोरीन आयनों (Cl) को अवक्षिप्त (pptate) करने के लिए $N/10$ $AgNO_3$ के घोल के 32·6 c.c. की आवश्यकता हुई। दिए हुए घोल के 1 लिटर में KCl और HCl के भार मालूम करो।

[उत्तर, HCl = 2·836 ग्राम/लिटर

KCl = 6·355 ग्राम/लिटर]

(२९) KCl के किसी घोल के 10 c.c. में उपस्थित Cl को अवक्षिप्त करने के लिए N/20 शक्ति के $AgNO_3$ के 12 c.c. की आवश्यकता होती है । KCl का भार उसके 1 लिटर घोल में निकालो। [उत्तर, 4·4676 ग्राम

(३०) ऑक्ज़ैलिक एसिड के घोल के 20 c.c. को पूर्णत: ऑक्सि-कृत करने के लिए N/25 शक्ति के $KMnO_4$ के 15 c.c. की आवश्य- कता होती है। (Anhydrous) ऑक्ज़ैलिक एसिड का भार उसके 1 लिटर घोल में निकालो। [उत्तर, 1·35 ग्राम]

(३१) सान्द्र H_2SO_4 के 12 ग्राम को पानी में 250 c.c. की मापक फ्लास्क में डाला गया और मिश्रण को ठंडा करके निशान तक पानी मिला लिया गया। इस घोल के 25 c.c. को शिथिल करने के लिये 23·2c c. N.NaOH प्रयोग हुआ। सान्द्र एसिड में H_2SO_4 की प्रतिशति निकालो। (Luck. P. M. T. 1954)

[उत्तर; 94· 733%]

(३२) H_2O_2 की एक बानगी के 25 c.c. को मापक फ्लास्क में लेकर और पानी मिलाकर घोल 250 c.c. किया जाता है। इस घोल की 25 c.c. N/10 शक्ति के $KMnO_4$ के घोल की 20 c.c. को रंग हीना करती है। H_2O_2 की बानगी की शक्ति प्रतिशति में मालूम करो।

उत्तर; 1·36 %]

अध्याय १०

अउड़नशील पदार्थों का अणुभार

(Molecular Weights of Non-volatile Substances)

उड़नशील पदार्थों के अणुभार उनके वाष्प घनत्व द्वारा मालूम किए जाते हैं। इस विधि से शक्कर, यूरिया आदि पदार्थों के अणुभार नहीं मालूम किए जा सकते क्योंकि ये वाष्प में परिणत नहीं होते। अउड़नशील पदार्थों के अणुभार निम्नलिखित विधियों से निकाले जाते हैं:—

१. हिमांक के अवनमन की विधि से (By depression in freezing point Method):—प्रत्येक द्रव किसी स्थिर तापक्रम पर जमता है। यदि द्रव में कोई पदार्थ घुला होता है तो हिमांक Freezing Point) कम हो जाता है। हिमांक का अवनमन Depession) घुले हुए पदार्थ की मात्रा, विलायक (घोलक) की मात्रा और उसकी प्रकृति (Nature) पर निर्भर होता है। प्रयोगों द्वारा यह ज्ञात होता है कि यदि किसी विद्युत्-अविच्छेद्य (Non-electrolyte) के एक ग्राम अणु को किसी द्रव की किसी निश्चित मात्रा (मान लो 100 ग्राम) में घोला जाए तो हिमांक में कमी एकसी होती है। इस हिमांक के अवनमन को हिमांक में अणु अवनमन (Molecular Depression in Freezing Point)' कहते हैं जोकि एक स्थिरांक (Constant) है। मान लो यह स्थिरांक K है। इस प्रकार K हिमांक के उस अवनमन के बराबर है जो उस द्रव के 100 ग्राम में किसी विद्युत अविच्छेद्य के एक ग्राम अणु घोलने से होता है।

मान लो किसी पदार्थ के a ग्राम को विलायक (Solvent) के b ग्राम में घोलने पर हिमांक में कमी △ होती है। पदार्थ का अणुभार निम्नलिखित सम्बन्ध से निकाला जा सकता है :—

$$M = \frac{K \times a \times 100}{b \times \triangle}$$

नोट—K विलायक की प्रकृति (Nature) पर निर्भर होता है अर्थात् भिन्न-भिन्न विलायकों के लिए K का मान भिन्न-भिन्न होता है। इसकी गणना निम्नलिखित समीकरण से 100 ग्राम विलायक के लिए की जा सकती है :—

$$K = \frac{1 \cdot 985 \times T^2}{L \times 100}$$

यहाँ T = विलायक का परम मान पर हिमांक और L = विलायक के द्रवीकरण का गुप्त ताप (Latent Heat of Fusion of Solvent)

२. क्वथनांक के उन्नयन की विधि से (By Elevation in Boiling Point Method). प्रत्येक द्रव किसी निश्चित ताप-क्रम पर उबलता है। अगर किसी द्रव में कोई पदार्थ घुला होता है तो उसका क्वथनांक विलायक (Solvent) के क्वथनांक से अधिक होता है। क्वथनांक का उन्नयन (Elevation) घुले हुए पदार्थ की मात्रा, विलायक की मात्रा और उसकी प्रकृति पर निर्भर होता है। प्रयोगों द्वारा यह ज्ञात होता है कि यदि किसी विद्युत्अविच्छेद्य (Non-electrolyte) के एक ग्राम अणु को विलायक के किसी निश्चित भार (100 ग्राम) में घोला जाए तो क्वथनांक का उन्नयन एक ही (स्थिर, Constant) होता है। इस उन्नयन को 'क्वथनांक में अणु उन्नयन (Molecular Elevation in Boiling Point)' कहते हैं जोकि एक स्थिरांक है। मान लो यह K के बराबर है। इस प्रकार K क्वथनांक के उस उन्नयन के बराबर होता है जो उस द्रव के 100 ग्राम में किसी विद्युत् अविच्छेद्य के एक ग्राम-अणु के घोलने से होता है।

मान लो किसी पदार्थ के a ग्राम को विलायक के b ग्राम में घोलने पर क्वथनांक में उन्नयन E के बराबर होता है। पदार्थ का अणु भार निम्नलिखित समीकरण से मालूम कर सकते हैं:—

$$M = \frac{K \times a \times 100}{b \times E}$$

नोट K की गणना निम्न समीकरण के अनुसार की जा सकती है।

$$K = \frac{1 \cdot 985 \times T^2}{L \times 100}$$

यहाँ T=विलायक का परम मान पर क्वथनांक और L=विलायक के वाष्पीकरण का गुप्त ताप (Latent Heat of Vapourisation of Solvent)

३. अम्लों का अणु भार (Molecular Weight of Acids) अकार्बनिक अम्लों का अणुभार अनुमापन (Titration) द्वारा मालूम किया जाता है जैसा कि अध्याय (६) में दिखाया गया है। कार्बनिक अम्ल बहुधा निर्बल होते हैं और उनका अनुमापन सफलतापूर्वक नहीं कर सकते हैं। इन अम्लों का अणुभार निकालने के लिए उसके सिलवर लवण के एक निश्चित भार को विच्छेदित करके उसमें सिलवर की मात्रा ज्ञात करते हैं। मान लो सिलवर लवण के a ग्राम विच्छेदित होकर b ग्राम सिलवर देते हैं।

b ग्राम सिलवर a ग्राम लवण से प्राप्त होता है।

$\therefore$ 108 ,, ,, $\frac{a \times 108}{b}$,, ,, ,, होगा।

$$\text{अम्ल का तुल्यांक भार} = \frac{a \times 108}{b} - 108 + 1$$

अम्ल का अणुभार = E × अम्ल की भास्मिकता (Basicity)

४. भस्मों का अणुभार (Molecular Weight of Bases). अकार्बनिक भस्मों के अणुभार अनुमापन (Titration) द्वारा निकाले जाते हैं जैसा अध्याय (६) में दिखाया गया है। कार्बनिक भस्मों का अणुभार उनके क्लोरोप्लैटिनेट (Chloroplatinate) को विच्छेदित करके ज्ञात किया जाता है। कार्बनिक भस्म H_2PtCl_6

के साथ NH_4OH की भाँति रवेदार लवण बनाता है। यदि भस्म B एकाम्लिक (Monoacid) है तो उसके लवण का सूत्र $B_2H_2PtCl_6$ होगा। इस भस्म के क्लोरोप्लैटिनेट के निश्चित भार को गर्म करते हैं और इस प्रकार जो प्लैटिनम प्राप्त होता है उसे सावधानी से तौल लेते हैं। अब लवण के उस भार को जिसमें प्लैटिनम का एक ग्राम परमाणु होता है गणना करके मालूम कर लेते हैं। मान लो लवण का भार A ग्राम है।

$$\text{भस्म का अणु भार} \quad \frac{A - H_2PtCl_6 \text{ का भार}}{2}$$

नोट यदि भस्म द्विआम्लिक होगी तो उसका अणुभार $A - H_2PtCl_6$ होगा।

५. घोल के अभिसारक दबाव द्वारा (From the Osmotic Pressure of a Solution) पदार्थ घोल में गैसों की भाँति दबाव डालते हैं जिसको अभिसारक दबाव (Osmotic pressure) कहते हैं। विद्युत्-अविच्छेद्य (Non-electrolyte) पदार्थ के अभिसारक दबाव के लिए गैस समीकरण $PV = RT$ सत्य है और उसके द्वारा पदार्थ का अणुभार निकाल सकते हैं।

मान लो

पदार्थ का अणुभार $= M$

घोल का आयतन $= V$ लिटर

V लिटर घोल में पदार्थ की मात्रा $= a$ ग्राम

तापक्रम $= T°$ Abs

अभिसारक दबाव $= P$ वायुमण्डल

a ग्राम पदार्थ V लिटर घोल में है।

$$M \quad ,, \quad \frac{V \times M}{a} \quad ,, \quad ,, \text{ होगा}$$

समीकरण $PV = RT$ के अनुसार

$$P = \frac{R \times T}{\frac{VM}{a}} = \frac{R \times T \times a}{V \times M}$$

$$\therefore M = \frac{R \times T \times a}{P \times V} \text{ यहाँ } R = \cdot0821$$

प्रश्न १. जब किसी पदार्थ के 5·08 ग्राम को 73·12 ग्राम पानी में घोला गया तो हिमांक में 0·725 डिग्री की कमी हुई। पदार्थ का अणु-भार निकालो यदि 100 ग्राम पानी के लिए K=18 8

अणुभार M निम्नलिखित सूत्र के अनुसार निकाला जाता है:—

$$M = \frac{K \times a \times 100}{\triangle \times b}$$

K=हिमांक में अणु-अवनमन=18·8

a =पदार्थ का भार जो घोला गया=5·08

b =विलायक का भार जिसमें पदार्थ घोला जाता है=73·12 ग्राम

△=हिमांक का अवनमन=·725°

सूत्र में इन अंकों को स्थानापन्न (Substitute) करने पर

$$M = \frac{18\cdot8 \times 5\cdot08 \times 100}{\cdot725 \times 73\cdot12} = 180\cdot15$$

उत्तर

प्रश्न २. शुद्ध एसिटिक एसिड का हिमांक 16·5°C है। 200 ग्राम एसिटिक एसिड में किसी यौगिक A के ·4 ग्राम घोलने पर हिमांक 16·4°C हो जाता है। यदि यौगिक का वाष्प घनत्व 37 हो तो एसिटिक एसिड के लिए K का मान निकालो। किसी दूसरे यौगिक B के 2·23 ग्राम 100 ग्राम एसिटिक एसिड में घुले हैं और घोल 15·6°C पर जमता (freeze) है। B का अणुभार निकालो।

A का वाष्प घनत्व=37

$\therefore$ A का अणुभार =37 × 2=74

अणुभार M निम्नलिखित सूत्र के अनुसार होता है:—

$$M = \frac{K \times a \times 100}{\triangle \times b}$$

यहाँ M=74, a=·4, b=200 ग्राम और $\Delta = (16·5 - 16·4) = ·1°C$

$$\therefore 74 = \frac{K \times ·4 \times 100}{·1 \times 200}$$

$$\therefore K = \frac{74 \times 200 \times ·1}{·4 \times 1000} = 37$$

मान लो B का अणुभार M_1 है।

हिमांक का अवनमन $= (16·5 - 15·6) = ·9°C$

$$\therefore M_1 = \frac{37 \times 2·23 \times 100}{·9 \times 100} = 91·677$$ उत्तर

प्रश्न ३. जब किसी पदार्थ के 1·155 ग्राम को 34·22 ग्रा० विलायक (Solvent) में घोला जाता है। क्वथनांक का उन्नयन 0·301°C है। यदि 100 ग्राम विलायक के लिए अणुक-उन्नयन (Molecular Elevation) 8·8° हो तो पदार्थ का अणुभार निकालो।

अणुभार M निम्नलिखित सूत्र के अनुसार होता है:—

$$M = \frac{K \times a \times 100}{E \times b}$$

यहाँ K = क्वथनांक में अणुक-उन्नयन = 8·8°

a = पदार्थ का भार जो घोला जाता है = 1·155 ग्राम

b = विलायक का भार जिसमें पदार्थ घोला गया = 34·22 ग्राम

E = क्वथनांक का उन्नयन = ·301°C

$$\therefore M = \frac{8·8 \times 1·155 \times 100}{·301 \times 34·22} = 98·67$$ उत्तर

प्रश्न ४. किसी पदार्थ के 1·35 ग्राम 15c.c. पानी में घुले हैं और घोल 100·26°C पर उबलता है। यदि 1000 ग्राम पानी के लिए अणुक उन्नयन 0·54° है तो पदार्थ का अणुभार निकालो।

1000 ग्राम पानी के लिए अणुक उन्नयन = ·54°

$\therefore$ 100 „ „ „ „ „ $= \frac{\cdot 54 \times 1000}{100} = 5\cdot 4^\circ$

अणुभार M निम्नलिखित समीकरण के अनुसार सम्बन्धित है: –

$$M = \frac{K \times a \times 100}{E \times b}$$

यहाँ $K = 5\cdot 4$, $a = 1\cdot 35$ ग्राम, $b = 15$ ग्राम, $E = (100\cdot 26 - 100) = \cdot 26^\circ C$

$$\therefore M = \frac{5\cdot 4 \times 1\cdot 35 \times 100}{\cdot 26 \times 15}$$

$= 186\cdot 923$ उत्तर

प्रश्न ५. किसी द्विभास्मिक अम्ल के ·456 ग्राम सामान्य (Normal) सिलवर लवण को खूब गर्म करने पर 0·324 ग्राम सिलवर मिला। अम्ल का अणुभार ज्ञात करो।

·324 ग्राम सिलवर ·456 ग्राम लवण से मिला।

$\therefore$ 108 „ „ $\frac{\cdot 456 \times 108}{\cdot 324}$ „ „ मिलेगा।

$= 152$ ग्राम

$\therefore$ सिलवर लवण का तुल्यांक भार $= 152$

$\therefore$ अम्ल का तुल्यांक भार $= 152 - 108 + 1$

$= 45$

अम्ल का अणुभार = तुल्यांक भार × भास्मिकता

$= 45 \times 2 = 90$ उत्तर

प्रश्न ६. किसी त्रिभास्मिक (Tribasic) एसिड के 0·607 ग्राम सामान्य सिलवर लवण को विच्छेदित करने पर 0·370 ग्राम सिलवर मिला। एसिड का अणुभार मालूम करो। (पंजाब १९४६)

·37 ग्राम सिलवर ·607 ग्राम लवण से मिला।

$\therefore$ 108 „ „ $\frac{\cdot 607 \times 108}{\cdot 37}$ „ „ मिलेगा

$= 177\cdot 18$

$\therefore$ सिलवर लवण का तुल्यांक भार $= 177\cdot 18$

$\therefore$ अम्ल का तुल्यांक भार$=177{\cdot}18-108+1$

$=70{\cdot}18$

अम्ल का अणुभार=तुल्यांक भार × भास्मिकता

$=70{\cdot}18\times3$

$=210{\cdot}54$ उत्तर

प्रश्न ७. एक आम्लिक (Mono-acid) कार्बनिक भस्म के 0·6656 ग्राम प्लैटिनिक्लोराइड (Platinichloride) को दहन करने पर 0·2145 ग्राम प्लेटिनम प्राप्त हुआ। भस्म का अणुभार मालूम करो। (Pt=195)

मान लो भस्म का अणु B से प्रकट किया जाता है।

$\therefore$ प्लैटिनिक्लोराइड का सूत्र$=B_2H_2PtCl_6$

इस प्रकार B के प्लैटिनिक्लोराइड के एक अणु में प्लैटिनम (Pt) का एक परमाणु होगा।

·2145 ग्राम Pt ·6656 ग्राम लवण से मिला।

$\therefore$ 195 „ „ $\frac{\cdot6656\times195}{\cdot2145}$ „ „ मिलेगा।

$=605{\cdot}09$ ग्राम

$\therefore$ $B_2H_2PtCl_6$ का अणुभार$=605{\cdot}09$

H_2PtCl_6 का अणुभार $=2+195+6\times35{\cdot}5=410$

$B_2H_2PtCl_6$ के अणुभार में से H_2PtCl_6 का अणुभार घटाने पर B_2 का भार मिलेगा।

$\therefore$ B का अणुभार$=\frac{605{\cdot}09-410}{2}=97{\cdot}545$ उत्तर

प्रश्न ८. किसी कार्बनिक द्रव के ·91 ग्राम 1 लिटर घोल में घुले हैं। यदि घोल का अभिसारक दबाव 10°C पर 25·9 c.m. हो तो द्रव का अणुभार निकालो।

मान लो द्रव का अणुभार=M

घोल का अभिसारक दबाव निम्नलिखित समीकरण के अनुसार निकलता है :—

$$PV = RT$$

P=अभिसारक दबाव (वायुमण्डल में) =25·9 Cm= $\frac{25}{76}$ वायुमण्डल

V=घोल का आयतन जिसमें 1 ग्राम अणु घुला हो = $\frac{1 \times M}{\cdot 91}$

R= एक स्थिरांक=·0821

T=घोल का तापक्रम (परमामान पर)=273+10=283°Abs.

$$\therefore \frac{25 \cdot 9}{76} \times \frac{1 \times M}{\cdot 91} = \cdot 0821 \times 283$$

$$M = \frac{\cdot 0821 \times 283 \times \cdot 91 \times 76}{25 \cdot 9}$$

$$= 62 \cdot 03$$ उत्तर

प्रश्नावली १०

(१) शुद्ध बेनज़ीन (Benzene) का हिमांक 5·40°C है। 100 ग्राम बेनज़ीन में 1·44 एसिटोन के घोल का हिमांक 4·13°C है। यदि एसिटोन का अणुभार 58 हो तो बेनज़ीन के लिए K का मान निकालो।

[उत्तर, 51·15]

(२) किसी पदार्थ के 0·304 ग्राम को 50c.c. पानी में घोलने पर पानी का हिमांक ·19°C कम हो जाता है। यदि 100 ग्राम पानी के लिए K=18·5° होतो पदार्थ का अणुभार निकालो।

[उत्तर, 59·2]

(३) शुद्ध एसिटोन का सामान्य दबाव पर क्वथनांक 56·38°C है। यदि किसी पदार्थ के 0·707 ग्राम को 10 ग्राम एसिटोन में घोला जाता है तो घोल 56·88°C पर उबलता है। पदार्थ का अणुभार निकालो यदि एसिटोन के लिए स्थिरांक K=16·7 [उत्तर, 236·138

(४) किसी एक-भास्मिक (monobasic) ऐसिड के 1·4608

ग्राम सिलवर लवण को खूब गर्म करने पर ·688 ग्राम सिलवर मिला। ऐसिड का अणुभार निकालो। [उत्तर, 122·3]

(५) किसी द्विभास्मिक अम्ल के 0·5 ग्राम सिलवर लवण ने गर्म करने पर 0·3550 ग्राम सिलवर दिया। अम्ल का अणुभार निकालो। [उत्तर. 90 (लगभग)]

(६) H_2O_2 के 0·5470 ग्राम को 39·72 ग्राम पानी में घोलने पर पानी का हिमांक 0·746° कम हो गया। H_2O_2 का अणुभार निकालो यदि 1 ग्राम पानी के लिए K = 1850 [उत्तर, 34·2]

(७) शुद्ध बेनज़ीन का हिमांक 5·4°C है। यदि 52·12 ग्राम बेनज़ीन में 0·321 ग्राम कोई कार्बनिक पदार्थ घोल दिया जाता है तो घोल का हिमांक 5·155°C हो जाता है। पदार्थ का अणुभार निकालो। 100 ग्राम बेनज़ीन के लिए K=51·2 [उत्तर, 128·7]

(८) सकरोज़ (Sucrose) के 1·17 ग्राम को 25 ग्राम पानी में घोलने पर घोल का क्वथनांक 100·071°C हो जाता है। यदि शुद्ध पानी का क्वथनांक 100°C हो और सकरोज़ का अणुभार 342 हो तो पानी के 100 ग्राम के लिए K का मान निकालो। [उत्तर, 5·188]

(९) किसी पदार्थ के 0·1050 ग्राम 7·92 ग्राम ईथर में घुले हैं। घोल का क्वथनांक शुद्ध ईथर के क्वथनांक से ·2°C अधिक है। पदार्थ का अणुभार निकालो यदि K=21·1 [उत्तर 139·8]

(१०) किसी एक-आम्लिक भस्म के प्लैटिनिक्लोराइड के 0·20 ग्राम को जलाने पर 0·0625 ग्राम Pt मिला। भस्म का अणुभार निकालो। [उत्तर, 107]

(११) किसी द्विआम्लिक (Di-acid) भस्म के प्लैटिनिक्लोराइड के 1·0644 ग्राम ने गर्म करने पर 0·39 ग्राम Pt दिया। भस्म का अणुभार निकालो। [उत्तर, 122]

(१२) ग्लूकोज़ के 100 c.c. घोल में 1·8 ग्राम ग्लूकोज़ है। यदि

इस घोल का 27°C पर अभिसारक दबाव 2·39 वायुमण्डल हो तो ग्लूकोज़ का अणुभार निकालो। [उत्तर, 185.5]

(१३) यूरिया के 5% घोल का 25°C पर अभिसारक दबाव 20·4 वायुमण्डल है। यूरिया का अणुभार निकालो। [उत्तर, 59·95]

संकेत:—5% घोल का मतलब है कि 100 c.c. घोल में 5 ग्राम यूरिया है।

(१४) एसिटोन के 2% घोल का 10°C पर अभिसारक दबाव 590 cm. है। एसिटोन का अणुभार निकालो। [उत्तर, 59·8]

अध्याय ११

सरलतम सूत्र, अणुसूत्र तथा रचनात्मक सूत्र

(Empirical Formula, Molecular Formula and Structural Formula)

सरलतम सूत्र या आनुषंगिक सूत्र (Empirical Formula):- किसी यौगिक का सरलतम सूत्र हमको यह बतलाता है कि इस यौगिक के एक अणु में भिन्न-भिन्न तत्त्वों के परमाणु जिनसे वह बना है किस अनुपात में हैं। इस अनुपात में पूरी-पूरी संख्याएँ होती हैं। एसिटिक एसिड का सरलतम सूत्र CH_2O है अर्थात् इस एसिड के अणु में C, H और O के परमाणु 1 : 2 : 1 के अनुपात में हैं।

सरलतम सूत्र ज्ञात करना—किसी यौगिक का सरलतम सूत्र निकालने के लिए हमको जानना चाहिए कि उस यौगिक के एक निश्चित भार में भिन्न-भिन्न तत्त्वों की कितनी-कितनी मात्रा हैं। यह सूचना हमें उसके विश्लेषण द्वारा मिलती है। अब उसका सरलतम सूत्र नीचे लिखी रीति से मालूम किया जाता है।

(१) प्रत्येक तत्त्व के भार को उसके परमाणु भार से भाग देते हैं। यौगिक के एक अणु में तत्त्वों के परमाणुओं की संख्याएँ इन भजनफलों के अनुपात में होंगी। ये भजनफल बहुधा भिन्न (Fraction) के रूप में होते हैं।

(२) इस अनुपात की प्रत्येक संख्या को इनमें से सबसे छोटी संख्या से भाग देते हैं।

(३) यदि अनुपात में अब भी सब पूरी-पूरी संख्याएँ नहीं हैं तो उन सबको किसी एक छोटी से छोटी संख्या से गुणा करके पूर्णांक में बदल लिया जाता है।

(४) अन्त में तत्त्वों के संकेत (Symbols) लिखकर उनके साथ अनुपात में दी हुई गिनतियाँ लिख देते हैं। यही यौगिक का सरलतम सूत्र है।

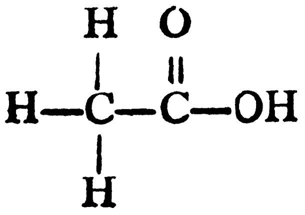
अणुसूत्र (Molecular Formula):—किसी यौगिक का अणुसूत्र यह बतलाता है कि उसके एक अणु में भिन्न-भिन्न सम्बन्धित तत्त्वों के वास्तव में कितने-कितने परमाणु हैं। यौगिक का अणुसूत्र ज्ञात करने के लिए हमें उसका सरलतम सूत्र और अणुभार मालूम होना चाहिए। इन सूचनाओं के आधार पर अणुसूत्र निम्नलिखित रीति से मालूम कर सकते हैं :—

(१) सरलतम सूत्र में तत्त्वों के परमाणुओं के भार जोड़कर सरलतम सूत्र-भार (Empirical formula weight) निकाल लेते हैं।

(२) यौगिक के अणुभार में इस सरलतम सूत्रभार का भाग दे देते हैं। इस प्रकार प्राप्त भजनफल x लगभग पूरी-पूरी संख्या होती है।

(३) अन्त में सरलतम सूत्र में हर एक तत्त्व के परमाणुओं की संख्या (2) में प्राप्त भजनफल x से गुणा करके अणुसूत्र मालूम कर लेते हैं।

रचनात्मक सूत्र (Structural Formula):—किसी यौगिक का रचनात्मक सूत्र हमको यह बतलाता है कि उसके अणु में तत्त्वों के परमाणु किस प्रकार एक दूसरे से जुड़े हैं। किसी पदार्थ का रचनात्मक सूत्र जानने के लिए यह आवश्यक है कि हम उसके गुण जानें, क्योंकि गुणों के आधार पर हम उसके मुख्य समूह (Group) जान सकते हैं। एसिटिक एसिड (CH_3COOH) का रचनात्मक सूत्र निम्नलिखित है :—



नोट—एक ही अणुसूत्र के कई भिन्न-भिन्न यौगिक हो सकते हैं जिनको आइसोमर (Isomers) कहते हैं।

हल किए हुए उदाहरण

प्रश्न १. किसी खनिज का संगठन निम्नलिखित है :—

$Mg=34{\cdot}3\%$, $Si=20\%$, $O_2=45{\cdot}7\%$

खनिज का सरलतम सूत्र मालूम करो। (Mg=24, Si=28, O=16)

खनिज के एक अणु में Mg, Si और O निम्नलिखित अनुपात में होंगे—

$$Mg : Si : O$$

$$\frac{34{\cdot}3}{24} : \frac{20}{28} : \frac{45{\cdot}7}{16}$$

या 1·429 : ·714 : 2·856 (परमाणुभारों से भाग देने पर)

या 2 : 1 : 4 (·714 से भाग देने पर)

∴ सरलतम सूत्र Mg_2SiO_4 उत्तर

प्रश्न २. किसी धातु M के दो ऑक्साइडों में क्रमशः 22·53% और 30·38% ऑक्सिजन है। यदि पहले ऑक्साइड का सूत्र MO हो तो धातु का परमाणुभार और दूसरे ऑक्साइड का सूत्र निकालो।

पहले ऑक्साइड में 22·53% O_2 है।

∴ „ „ „ (100 − 22·53) = 77·47%M है।

चूंकि पहले ऑक्साइड का अणुसूत्र MO है इसलिए इसमें 16 ग्राम O_2 धातु के एक ग्राम परमाणु से संयोजित है।

22·53 ग्राम O_2, 77·47 ग्राम धातु से संयोग करती है।

16 „ „ $\frac{77{\cdot}47 \times 16}{22{\cdot}53}$ „ „ करेगी।

=55·016 ग्राम

$\therefore$ M का परमाणुभार = 55·016 उत्तर I

दूसरे ऑक्साइड में 30·38% O_2 है।

$\therefore$ „ „ „ (100 − 30·38) = 69·62% M है।

दूसरे ऑक्साइड में M और O के परमाणु निम्नलिखित अनुपात में होंगे:—

	M	:	O
	$\frac{69 \cdot 62}{55}$	:	$\frac{30 \cdot 38}{16}$
या	1·265	:	1·899 (परमाणुभारों से भाग देने पर)
या	1	:	1·5 (1·265 से भाग देने पर)
या	2	:	3

$\therefore$ सूत्र M_2O_3 है। उत्तर II

प्रश्न ३. किसी धातु X के सलफाइड के O· 91 ग्राम को हवा में जलाने पर 239·8 c.c. सलफर डाइऑक्साइड (SO_2) 27°C और 710 m.m. दबाव पर प्राप्त हुई। यदि धातु का आपेक्षिक ताप O 0533 हो तो उसका परमाणुभार और सलफाइड का सूत्र ज्ञात करो।

मान लो प्राप्त SO_2 का आयतन N.T.P. पर = V_0c.c. गैस समीकरण के अनुसार $\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$

$$\therefore \frac{760 \times V_0}{273} = \frac{710 \times 239 \cdot 8}{273 + 27}$$

$$\therefore V_0 = \frac{710 \times 239 \cdot 8 \times 273}{300 \times 760} = 203 \cdot 9$$

चूँकि SO_2 के ग्राम अणु का आयतन N.T.P. पर = 224 0 c.c. और SO_2 के ग्राम अणु में 32 ग्राम सलफर है।

$\therefore$ N.T.P. पर 22400 c.c. SO_2 में 32 ग्राम सलफर है।

$\therefore$ „ „ 203·9 „ „ „ $\frac{32 \times 303.9}{22400}$ „ होगा।

$= \cdot 29128$ ग्राम

$\therefore$ $\cdot 91$ ग्राम सलफाइड में X का भार $= (\cdot 91 - \cdot 29128)$ ग्राम

$= \cdot 61872$ ग्राम

उपनिष्ट परमाणुभार $= \frac{6 \cdot 4}{\cdot 0533} = 120$

सलफाइड के एक अणु में X और S के परमाणु निम्नलिखित अनुपात में हैं:—

X : S

$\frac{\cdot 61872}{120} : \frac{\cdot 29128}{32}$ (परमाणुभारों से भाग देने पर)

या $\cdot 005156 : \cdot 009102$

या $1 : 1 \cdot 76$

या $4 : 7$ (4 से गुणा करने पर)

$\therefore$ सूत्र X_4S_7 है।

$\cdot 29128$ ग्राम सलफर $\cdot 61872$ ग्रा. X से संयोजित करता है।

$\therefore$ 7×32 „ „ $\frac{\cdot 61872 \times 7 \times 32}{\cdot 29128}$ „ [illegible] „ „

$= 476$ ग्राम

$\therefore$ X के 4 ग्राम परमाणुओं का भार $= 476$ ग्राम

$\therefore$ „ 1 „ परमाणु „ „ $= 119$ ग्राम

$\therefore$ परमाणुभार $= 119$ उत्तर II

प्रश्न ४. एक यौगिक ने जिसमें Na, S, O और H थे विश्लेषण करने पर निम्न अंक दिए:—Na$=14 \cdot 31\%$, S$=9 \cdot 97\%$, H$=6 \cdot 25\%$, O$=69 \cdot 47\%$। यदि यौगिक में उपस्थित सारी हाइड्रोजन O_2 से संयोजित होकर रवे के पानी के रूप में हो तो यौगिक का सूत्र निकालो। (कलकत्ता)

$$H_2 + O \longrightarrow H_2O$$
$$2 \quad 16 \quad 18$$

2 ग्राम H_2. 16 ग्राम O_2 से संयोग करके 18 ग्राम पानी देती है।

$\therefore$ 6·25 „ „ $\frac{16\times6{\cdot}25}{2}$ „ „ „ $\frac{18\times6\ 25}{2}$ „ „ „

= 50 ग्राम 56·25 ग्राम

O_2 की मात्रा जो निर्जल (Anhydrous) लवण के अणु में संयोजित है = (69·47 – 50) = 19·47 निर्जल (anhydrous) लवण के एक अणु में Na,S और O के परमाणु निम्नलिखित अनुपात में हैं।

$$Na : S : O$$
$$\frac{14\ 31}{23} : \frac{9\ 97}{32} : \frac{19\ 47}{16}$$

या ·622 : ·311 : 1 21 (परमाणु भारों से भाग देने पर)

या 2 : 1 : 4 (·311 से भाग देने पर)

$\therefore$ सरलतम सूत्र = $Na_2\ SO_4$

निर्जल लवण का अणुभार =2×23+32+64=142

100 ग्राम रवेदार लवण में 56·25 ग्राम पानी है।

$\therefore$ „ „ „ (100 – 56 25) „ निर्जल लवण है।

=43·75 ग्राम

43·25 ग्राम शुष्क Anhydrous) लवण 56·25 ग्राम पानी से संयोग करता है।

$\therefore$ 142 „ „ „ $\frac{56{\cdot}25\times142}{4375}$ ग्राम „ „ करेगा।

= 182·5 ग्राम

H_2O का अणुभार = 18

$\therefore$ पानी के अणुओं की संख्या = $\frac{182{\cdot}5}{18}$ = 10 (लगभग)

$\therefore$ रवेदार लवण का सूत्र = $Na_2SO_4.10H_2O$ उत्तर

प्रश्न—५. एक रवेदार लवण का भार गर्म करने पर 45·6% कम हो जाता है। निर्जल (Anhydrous) लवण का संगठन निम्नलिखित है:-
Al=10·5%, K=15·1%, S=24·8%, O=49·6% निर्जल और रवेदार लवणों के सूत्र निकालो।

निर्जल लवण के एक अणु में Al, K, S, और O के परमाणु निम्नलिखित अनुपात में है:—

	Al	:	K	:	S	:	O
	$\frac{10·5}{27}$	:	$\frac{15·1}{39}$	:	$\frac{24·8}{32}$	:	$\frac{49·6}{16}$
या	·389	:	·387	:	·775	:	3·1
या	1	:	1	:	2	:	8

निर्जल (Anhydrous) लवण का सूत्र $Al\,KS_2O_8$ है।

$AlKS_2O_8$ का अणुभार = 27+39+64+128=258

100 ग्राम रवेदार लवण में रवे के पानी का भार=45·6 ग्राम

∴ ,, ,, ,, में निर्जल लवण का भार=(100−45·6) ग्राम

54·4 ग्राम निर्जल लवण 45 6 ग्राम पानी =54·4 ग्राम से संयोग करता है।

∴ 258 ,, ,, $\frac{45·6\times258}{54·4}$,, ,, करेगा।

=216·2 ग्राम

H_2O का अणुभार=18

∴ H_2O के अणुओं की संख्या = $\frac{216·2}{18}$ = 12 (लगभग)

∴ रवेदार लवण का सूत्र $AlKS_2O_8.12H_2O$ है।

प्रश्न ६· फेरस अमोनियम सलफेट में 14·25% Fe, 9·2% NH_3 49·00% SO_4 और 27·57% H_2O है। यौगिक का सरलतम सूत्र ज्ञात करो। (Fe = 56·84, NH_4=18 06, SO_4 =96·06 और H_2O =18·02)

फेरस अमोनियम सलफेट के एक अणु में Fe, NH_4, SO_4 और H_2O निम्नलिखित अनुपात में हैं :—

$$Fe : NH_4 : SO_4 : H_2O$$

$$\frac{14.23}{55.81} : \frac{9.2}{18.05} : \frac{49}{96.06} : \frac{27.57}{18.02}$$

या $.254 : .5096 : .510 : 1.53$

या $1 : 2 : 2 : 6$

∴ सरलमसूत्र $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ है।

या „ $FeSO_4.(NH_4)_2SO_4.6H_2O$ है। उत्तर

प्रश्न ७ रवेदार ज़िंक सलफेट 100°C पर गर्म करने पर 37·64% पानी देता है और अधिक गर्म करने पर 6·27% भार और कम हो जाता है। रवेदार ज़िंक सलफेट का सूत्र ज्ञात करो और यह मालूम करो कि 100°C पर गर्म करने पर पानी के कितने अणु निकलते हैं।

कुल निकला हुआ पानी = 37·64%+6·27% = 43·91%

∴ निर्जल लवण की मात्रा = (100 − 43·91) = 56·09%

निर्जल $ZnSO_4$ का अणुभार =65+32+64 =161

56·91 ग्राम निर्जल लवण 43·91 ग्राम पानी से सयोग करता है।

∴ 161 „ „ „ $\frac{43.91 \times 161}{56.09}$ „ „ करेगा।

= 126 ग्राम

H_2O का अणुभार =18

पानी के अणुओं की संख्या $= \frac{126}{18} = 7$ उत्तर I

∴ रवेदार लवण का सूत्र $ZnSO_4\ 7H_2O$ है।

43·91% पानी 7 अणुओं के अनुरूप है।

∴ 37·64% „ $\frac{7 \times 37.64}{43.91}$ „ „ होगा।

=6 अणु उत्तर II

प्रश्न ८. किसी कार्बनिक यौगिक में 37·5% C, 12·5% H, और बाकी O है। यदि उसका वाष्प घनत्व 16 हो तो उसका सूत्र मालूम करो।

$C + H = 37{\cdot}5\% + 12{\cdot}5\% = 50\%$

$\therefore O = (100 - 50) = 50\%$

यौगिक के एक अणु में C, H, O के परमाणु निम्नलिखित अनुपात में हैं :—

$$C : H : O$$

$$\frac{37{\cdot}5}{12} : \frac{12{\cdot}5}{1} : \frac{50}{16}$$

या $3{\cdot}125 : 12{\cdot}5 : 3{\cdot}125$

या $1 : 4 : 1$

∴ सरलतम सूत्र CH_4O है।

∴ सरलतम सूत्र भार = 12 + 4 + 16 = 32

वाष्प घनत्व = 16

अणुभार = 16 × 2 = 32

इस प्रकार ठीक ठीक अणुभार और सरलतम सूत्र भार एक ही हैं इसलिए अणुसूत्र वही है जो सरलतम सूत्र है।

∴ अणु सूत्र $= CH_4O$ उत्तर

प्रश्न ९. किसी कार्बनिक यौगिक में C, H और Cl हैं। उसमें C = 10·04% है। उस यौगिक का ·1195 ग्राम केरियस (Carius) की क्रिया से ·4305 ग्राम AgCl देता है। यदि यौगिक का वाष्प घनत्व 59 हो तो उसका अणुसूत्र निकालो।

AgCl का अणुभार = 108 + 35·5 = 143·5

143·5 ग्राम AgCl में 35·5 ग्राम Cl_2 है।

$$\therefore \cdot 4305 \text{ ,, ,, ,, } \frac{35{\cdot}5 \times \cdot 4305}{143{\cdot}5} \text{ ,,}$$

$= \cdot 1065$ ग्राम

$\cdot1195$ ग्राम यौगिक में $\cdot1065$ ग्राम Cl_2 है।

$\therefore 100$,, ,, ,, $\frac{\cdot10\ 5 \times 100}{\cdot1195}$,, ,,

$= 89\cdot12\%$

$\therefore$ H_2 का प्रतिशत $= 100 - 10\cdot04 - 89\cdot12 = \cdot84\%$

यौगिक के एक अणु में C, H, Cl के परमाणु निम्नलिखित अनुपात में हैं।

C	:	H	:	Cl
$\frac{10\cdot04}{12}$	:	$\frac{\cdot84}{1}$	:	$\frac{89\cdot12}{35\cdot5}$
या $\cdot837$	:	$\cdot84$	:	$2\cdot51$
या 1	:	1	:	3

$\therefore$ सरलतम सूत्र $= CHCl_3$

सरलतम सूत्र भार $= 12 + 1 + 35\cdot5 \times 3 = 119\cdot5$

वाष्पघनत्व $= 59$

अणुभार $= 59 \times 2 = 118$

इस प्रकार अणुभार वही है जो सरलतम सूत्रभार है।

$\therefore$ अणु सूत्र $= CHCl_3$ उत्तर

प्रश्न १०. किसी कार्बनिक यौगिक ने जिसमें C, H और N थे विश्लेषण करने पर निम्नलिखित अंक दिये, $0\cdot46$ ग्राम पदार्थ ने दहन करने पर $1\cdot32$ ग्राम CO_2 और $0\cdot315$ ग्राम पानी दिया। उसी पदार्थ के $\cdot2325$ ग्राम ने $27\cdot8$ c. c. N_2 N. T. P. पर दी। यौगिक का सूत्र निकालो। (उ० प्र० 1934)

$$\underset{12}{C} + O_2 \longrightarrow \underset{44}{CO_2}$$

44 ग्राम CO_2 में 12 ग्राम C होता है।

$\therefore 1\cdot32$,, ,, ,, $\frac{12 \times 1\cdot32}{44}$,, होगा।

$= \cdot 36$ ग्राम

$$H_2 + O = H_2O$$
$$2 \qquad\qquad 18$$

18 ग्राम पानी में 2 ग्राम H_2 होती है।

$\therefore \cdot 315$ „ „ „ $\frac{2 \times \cdot 315}{18}$ „ „ होगी।

$= \cdot 035$ ग्राम

N_2 का अणुभार=28

$\therefore$ 22400 c c. N_2 का भार N.T.P. पर=28 ग्राम

$\therefore$ 27·8 c.c. „ „ „ „ $= \frac{28 \times 27 \cdot 8}{22400}$ ग्राम

$= \cdot 03475$ ग्राम

·2325 ग्राम पदार्थ में ·03475 ग्राम N_2 हैं।

$\therefore \cdot 4650$ „ „ $\frac{\cdot 03475 \times \cdot 465}{\cdot 2325}$ „

$= \cdot 0695$ ग्राम

यौगिक के एक अणु में C, H, N के परमाणु निम्नलिखित अनुपात में हैं:—

$$C : H : N$$
$$\frac{\cdot 36}{12} : \frac{\cdot 035}{1} : \frac{\cdot 0695}{14}$$
$$\text{या } \cdot 030 : \cdot 035 : \cdot 00496$$
$$\text{या } 6 : 7 : 1$$

$\therefore$ सरलतम सूत्र C_6H_7N होगा।

उत्तर

प्रश्न ११. निम्नलिखित अंकों से किसी कार्बनिक यौगिक का सूत्र ज्ञात करो। यदि यौगिक में C, H, S और O है:—

(i) 0·1668 ग्राम पदार्थ ने दहन करने पर 0·4540 ग्राम CO_2 और 0·0663 ग्राम पानी दिया।

(ii) 0·1254 ग्राम पदार्थ ने HNO_3 से गर्म करने और $BaCl_2$ से प्रतिक्रिया करने पर 0·1292 ग्राम $BaSO_4$ दिया। (उ० प्र०, १९४६)

44 ग्राम CO_2 में 12 ग्राम C होता है।

$$\therefore \cdot 454 \text{ ,, ,, ,, } \frac{12 \times \cdot 454}{44} \text{ ,, होगा।}$$

$$= \cdot 1238 \text{ ग्राम}$$

18 ग्राम पानी में 2 ग्राम H_2 होती है।

$$\therefore \cdot 0663 \text{ ,, ,, } \frac{2 \times \cdot 0663}{18} \text{ ,, ,, होगी।}$$

$$= \cdot 007366 \text{ ग्राम}$$

$BaSO_4$ का अणुभार = (137+32+64)=233

233 ग्राम $BaSO_4$ में 32 ग्राम S होता है।

$$\therefore \cdot 1292 \text{ ,, ,, } \frac{32 \times \cdot 1292}{233} \text{ ,, होगा।}$$

$$\therefore \cdot 1254 \text{ ग्राम पदार्थ में } \frac{32 \times \cdot 1292}{233} \text{ ग्राम S था।}$$

$$\therefore \cdot 1668 \text{ ,, ,, ,, } \frac{32 \times \cdot 1292 \times \cdot 1668}{233 \times \cdot 1254} \text{ था।}$$

$$= \cdot 0236 \text{ ग्राम}$$

$\therefore$ C, H और S का भार = (·1238 + ·00736 + ·0236) ग्राम

= ·15476 ग्राम

$\therefore O_2$ का भार = (·1668 − ·1548) = ·0120 ग्राम

यौगिक के एक अणु में C, H, S और O के परमाणु निम्नलिखित अनुपात में हैं:—

$$C : H : S : O$$

$$\frac{\cdot 1238}{12} : \frac{\cdot 00736}{1} : \frac{\cdot 0236}{32} : \frac{\cdot 0120}{16}$$

या ·01031 : ·00736 : ·000737: ·00075

या 14 : 10 : 1 : 1

∴ सहलतम सूत्र $C_{14} H_{10} SO$ है **उत्तर**

प्रश्न १२· किसी कार्बनिक पदार्थ ने जिसमें C, H. N और O थे विश्लेषण करने पर निम्नलिखित अंक दिए :—

(i) ·2205 ग्राम पदार्थ ने 0·528 ग्राम CO_2 और 0·0675 ग्राम पानी दिया।

(ii) 1·029 ग्राम पदार्थ का NaOH के घोल के साथ आसवन (Distillation) करने पर जो NH_3 प्राप्त हुई उसने 14c.c.N/2 H_2SO_4 को शिथिल किया।

पदार्थ का सूत्र ज्ञात करो। (उ० प्र० 1919)

44 ग्राम CO_2 में 12 ग्राम कार्बन होता है।

∴ „ „ „ $\frac{12\times 528}{44}$ „ „ होगा।

=·144 ग्राम

18 ग्राम पानी में 2 ग्राम H_2 होती है।

∴ ·0625 „ „ $\frac{2\times\cdot 0675}{18}$ „ „ होगी।

= ·0075 ग्राम

H_2SO_4 का तुल्यांक भार =49

N. H_2SO_4 के 1000 c.c. में 49 ग्राम शुद्ध एसिड होता है।

∴ $\frac{N}{2}$ H_2SO_4 „ 14 c.c. „ $\frac{49\times 14}{1000\times 2}$ „ होगा।

NH_3 और H_2SO_4 निम्नलिखित समीकरण के अनुसार क्रिया करते हैं:—

$$2\,NH_3 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2\,SO_4$$

2×17 98

98 ग्राम H_2SO_4 द्वारा सोखी गई NH_3 में 28 ग्राम N_2 है।

$\therefore \frac{49 \times 14}{1000 \times 2}$ " " " " $\frac{28 \times 49 \times 14}{1000 \times 2 \times 98}$ होगी।

$= \cdot 098$ ग्राम

1·029 ग्राम पदार्थ में ·098 ग्राम N_2 थी।

$\therefore \cdot 2205$ " " " $\frac{\cdot 098 \times \cdot 2205}{1 \cdot 029}$ "

$= \cdot 021$ ग्राम

$\therefore$ C, H और N_2 की मात्रा $= (\cdot 144 + \cdot 0075 + \cdot 021)$ ग्राम

$= \cdot 1725$ ग्राम

$\therefore$ ऑक्सिजन का भार $= (\cdot 2205 - 1 \cdot 725) = \cdot 048$ ग्राम

पदार्थ के एक अणु में C, H, N और O के परमाणु निम्नलिखित अनुपात में होंगे:—

$$C : H : N : O$$

$$\frac{\cdot 144}{2} : \frac{\cdot 0075}{1} : \frac{\cdot 021}{14} : \frac{\cdot 048}{16}$$

या $\cdot 012 : \cdot 0075 : \cdot 0015 : \cdot 003$

या $8 : 5 : 1 : 2$

$\therefore$ सरलतम सूत्र $C_8H_5NO_2$ है। उत्तर

प्रश्न १२. किसी कार्बनिक यौगिक के विश्लेषण से निम्नलिखित फल प्राप्त होते हैं:—

(i) 0·3 ग्राम पदार्थ ने ·4398 ग्राम CO_2 और ·1801 ग्राम पानी दिया। यौगिक का वाष्पघनत्व 15 था।

(ii) पदार्थ और उनका ऑक्सिकृत फल (Oxidation product) दोनों $AgNO_3$ को अपचित (Reduce) करते हैं।

वह कौन सा यौगिक है?

44 ग्राम CO_2 में 12 ग्राम C होता है।

$\therefore$ ·4398 „ „ „ $\frac{12 \times \cdot 4398}{44}$ „ C होगा।

$= \cdot 11995$ ग्राम

18 ग्राम पानी में 2 ग्राम H_2 होती है।

$\therefore$ ·1801 ग्राम „ $\frac{2 \times \cdot 1801}{18}$ „ होगी।

$= \cdot 02001$ ग्राम

$\therefore$ C और H की मात्रा $= (\cdot 11995 + \cdot 02001) = \cdot 13996$ ग्राम

$\therefore$ ऑक्सिजन का भार $= (\cdot 3 - \cdot 13996) = \cdot 16004$ ग्राम

पदार्थ के एक अणु में C, H और O के परमाणु निम्नलिखित अनुपात में होंगे:—

$$C : H : O$$

$$\frac{\cdot 11995}{12} : \frac{\cdot 02001}{1} : \frac{\cdot 16004}{16}$$

या $\cdot 00999 : \cdot 02001 : \cdot 01000$

या $1 : 2 : 1$

$\therefore$ सरलतम सूत्र CH_2O है।

सरलतम सूत्र भार $= 12 + 2 + 16 = 30$

वाष्प घनत्व $= 15$

$\therefore$ अणुभार $= 15 \times 2 = 30$

इस प्रकार अणुभार और सरलतम सूत्रभार एक ही है। इसलिए सरलतम, सूत्र ही अणु सूत्र होगा।

$\therefore$ अणुसूत्र $= CH_2O$

यौगिक फॉर्मेल्डिहाइड है क्योंकि यह $AgNO_3$ के घोल को अपचित करेगा और इसका ऑक्सिकृतफल (Oxidation Product) फॉरमिक एसिड (HCOOH) भी $AgNO_3$ को अपचित करता है।

प्रश्न १४. किसी कार्बनिक यौगिक ने विश्लेषण करने पर निम्नलिखित अंक दिए:—

(a) 0·118 ग्राम पदार्थ ने 0·176 ग्राम CO_2 , 0·09 ग्राम पानी और ·0028 ग्राम N_2 दी।

(b) 0·0708 ग्राम पदार्थ ने विक्टर मेयन के उपकरण में 26·89 c.c. हवा हटाई।

(c) पदार्थ ने P_2O_5 के साथ गर्म करने पर मेथिल सायनाइड और NaOH के साथ उबालने पर NH_3 दी।

यौगिक का उचित रचनात्मक सूत्र ज्ञात करो।

44 ग्राम CO_2 में 12 ग्राम कार्बन होता है।

$\therefore$ ·176 ,, ,, ,, $\frac{12 \times \cdot176}{44}$,, ,,

$= \cdot048$ ग्राम

18 ग्राम पानी में 2 ग्राम H_2 होती है।

$\therefore$ ·09 ,, ,, ,, $\frac{2 \times \cdot09}{18}$,, ,, थी।

$= \cdot01$ ग्राम

$\therefore$ C, H और N की मात्रा = (·048+·01+·028) = ·086 ग्राम

$\therefore$ O_2 का भार = (·118 − ·086) ग्राम = ·032 ग्राम।

यौगिक के एक अणु में C,H,N और O के परमाणु निम्नलिखित अनुपात में होंगे:—

$$C : H : N : O$$

$$\frac{\cdot048}{12} : \frac{\cdot01}{1} : \frac{\cdot028}{14} : \frac{\cdot032}{16}$$

या ·004 : ·01 : ·002 : ·002

या 2 : 5 : 1 : 1

$\therefore$ सरलतम सूत्र C_2H_5NO होगा।

$\therefore$ सरलतम सूत्र भार = 24 + 5 + 14 + 16 = 59

विक्टर मेयर के उपकरण में ·0708 ग्राम पदार्थ ने अपना वाष्प के आयतन के बराबर 26·89 c. c. हवा हटाई।

$\therefore$ 26·89 c. c. बाष्प का भार = ·0708 ग्राम

$\therefore$ 22400 „ „ $= \dfrac{\cdot 0708 \times 22400}{26\cdot 89}$ ग्राम

$\doteq$ 59·96 ग्राम

$\therefore$ पदार्थ का अणुभार = 59 96

इस प्रकार सरलतम सूत्र ही पदार्थ का अणुसूत्र होगा।

$\therefore$ पदार्थ का अणु सूत्र C_2H_5NO है।

P_2O_5 एक विजल कारक (dehydrating agent) है और पदार्थों से पानी लेता है। इस पदार्थ न P_2O_5 की क्रिया से CH_3CN दी इसलिये यह CH_3CONH_2 अर्थात् एसिटामाइड (Acetamide) होना चाहिये। प्रतिक्रिया निम्नलिखित समीकरण के अनुसार होती हैं:—

$$CH_3CONH_2 \xrightarrow{P_2O_5} CH_3CN + 2HPO_3$$

$$CH_3CONH_2 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + NH_3$$

उत्तर

प्रश्न १५. किसी कार्बनिक यौगिक में C=52·2%, H = 13% और O = 34 8% है। यौगिक का अणुभार 46 है और वह Na और PCl_3 से सुगमता से क्रिया करता है। यौगिक को पहचानो।

यौगिक के एक अणु में C, H और O के परमाणु निम्नलिखित अनुपात में हैं:—

$$C : H : O$$

$$\frac{52\cdot 2}{12} : \frac{13}{1} : \frac{34\cdot 8}{16}$$

या 4 35 : 13 : 2·18

या 2 : 6 : 1

$\therefore$ सरलतम सूत्र C_2H_6O है।

$\therefore$ सरलतम सूत्र भार = 24 + 6 + 16 = 46

यौगिक का अणुभार = 16

$\therefore$ यौगिक का सरलतम सूत्र ही अणुसूत्र होगा।

$\therefore$ अणुसूत्र = C_2H_6O

इस अणुसूत्र के दो यौगिक होते हैं, (१) एथिल एलकोहल (C_2H_5OH), (२) डाइ-मेथिल ईथर ($CH_3.OCH_3$) । यह यौगिक एथिल एलकोहल होगा क्योंकि यह Na और PCl_3 से सुगमता से प्रतिक्रिया करता है जबकि CH_3OCH_3 इन प्रतिकारकों (reagents) से सुगमता से क्रिया नहीं करता है।

$$2C_2H_5OH+2Na \rightarrow C_2H_5ONa+H_2$$

$$3C_2H_5OH+ \ Cl_3 \rightarrow 3C_2H_5Cl+H_3PO_3$$

प्रश्न १६. किसी कार्बनिक यौगिक A में C = 85·7% और H=14·3% उसका अणुभार = 28 है। A ब्रोमीन तथा KOH और $KMnO_4$ से अलग-अलग प्रतिक्रिया करके एक ही पदार्थ B देता है। A का रचनात्मक सूत्र ज्ञात करो और प्रतिक्रियाओं को समझाओ।

यौगिक के एक अणु में C और H के परमाणु निम्नलिखित अनुपात में होंगे :—

$$C \quad : \quad H$$

$$\frac{85 \cdot 7}{12} \quad : \quad \frac{14 \, 3}{1}$$

या $\quad 7 \cdot 14 \quad : \quad 14 \, 3$

या $\quad 1 \quad : \quad 2$

$\therefore$ सरलतम सूत्र CH_2 है।

सरलतम सूत्र भार = 12+2 = 14

अणुभार = 28

$$\therefore \frac{\text{अणुभार}}{\text{सरलतमसूत्रभार}} = \frac{28}{14} = 2$$

$\therefore$ अणु सूत्र (CH_2)$_2$ यानी C_2H_4 होगा।

अणु सूत्र से यह स्पष्ट है कि यौगिक एथिलीन (**Ethylene**) है जिसके अन्य प्रमाण उसकी प्रतिक्रियाएँ हैं।

$$\begin{matrix} CH_2 & & CH_2Br & & CH_2OH \\ \| + Br_2 \longrightarrow & & | & KOH & | \\ CH_2 & & CH_2Br & & CH_2OH \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} CH_2 & & CH_2OH \\ \| + H_2O + O(KMnO_4 \text{ से}) \rightarrow & & | \\ CH_2 & & CH_2OH \end{matrix}$$

प्रश्न १७. किसी एक आम्लिक (monoacid) प्राइमरी एमीन में C = 53·3%, H = 15·6% और N_2 = 31·1% है उस पदार्थ के ·1087 ग्राम प्लैटिनिक्लोराइड के गर्म करने पर O·0424 ग्राम Pt दिया। Amine का अणुसूत्र निकालो।

Amine के एक अणु में C, H, N के परमाणु निम्नलिखित अनुपात में होंगे :—

$$C : H : N$$
$$\frac{53\cdot3}{12} : \frac{15\cdot6}{1} : \frac{31\cdot1}{14}$$
$$\text{या } 4\cdot44 : 15\cdot6 : 2\cdot22$$
$$\text{या } 2 : 7 : 1$$

∴ सरलतम सूत्र C_2H_7N है।

सरलतम सूत्र भार = 24+7+14=45

एमीन एक आम्लिक भस्म (monoacid) है इसलिए इसके प्लैटिनिक्लोराइड का सूत्र $B_2H_2PCl_6$ होगा जिसमें B एमीन का अणुसूत्र है।

O·424 ग्राम Pt. ·1087 ग्राम $B_2H_2PtCl_6$ से मिला।

$$\therefore 195 \text{ ,, ,, } \frac{\cdot1087\times195}{\cdot0424} \text{ ,, ,, .. मिलेगा।}$$

$$=499 \text{ (लगभग)}$$

H_2PtCl_6 का अणुभार = 2+195 + 35·5 ×6 = 410

$B_2H_2PtCl_6$ के भार में से H_2PtCl_6 का भार घटाने पर B_2 का भार = (499−410) =89

∴ B का अणुभार $= 89/2 = 44{\cdot}5$

चूँकि सरलतम सूत्रभार और अणुभार करीब-करीब एक ही हैं इसलिए अणुसूत्र C_2H_7N या $C_2H_5NH_2$ होगा। उत्तर

प्रश्न १८. किसी द्विभास्मिक कार्बनिक एसिड में केवल C, H और O हैं। इस ऐसिड ने ·324 ग्राम ने दहन करने पर O·3168 ग्राम CO_2 और O·0648 ग्राम पानी दिया। उसके O·5 ग्राम सिलवर लवण ने गर्म करने पर ·355 ग्राम सिलवर दी। एसिड का अणुसूत्र ज्ञात करो। (पंजाब 1943)

44 ग्राम CO_2 में 12 ग्राम C है।

∴ ·3168 ,, ,, $\frac{12 \times {\cdot}3168}{44}$,, था।

$= {\cdot}0864$ ग्राम

18 ग्राम पानी में 2 ग्राम हाइड्रोजन होती है।

∴ ·0648 ,, ,, $\frac{2 \times {\cdot}0648}{18}$,, ,, थी।

$= {\cdot}0072$ ग्राम

∴ C + H का भार $= ({\cdot}0864 + {\cdot}0072) = {\cdot}0936$ ग्राम

∴ O का भार $= ({\cdot}324 - {\cdot}0936) = {\cdot}2304$ ग्राम

एसिड के एक अणु में C, H और O के परमाणु निम्न अनुपात में होंगे :—

	C	:	H	:	O
	$\frac{{\cdot}0864}{12}$	:	$\frac{{\cdot}0072}{1}$	:	$\frac{{\cdot}2304}{16}$
या	·0072	:	·0072	:	·0144
या	1	:	1	:	2

∴ सरलतम सूत्र CHO_2 है।

सरलतम सूत्र भार $= 12+1+32 = 45$

$\cdot355$ ग्राम Ag $\cdot5$ ग्राम सिलवर लवण से मिला।

$\therefore$ 108 „ „ $\frac{\cdot5\times216}{355}$ „ „ „ मिलेगा

152·1 ग्राम

$\therefore$ सिलवर लवण का तुल्यांक भार $=152\cdot1$

एसिड का तुल्यांक भार$=152\cdot1-108+1$

$=45\cdot1$

एसिड का अणुभार = तुल्यांक भार × भस्मिकता

$=45\cdot1\times2=90\cdot2$

$\therefore\ x=\frac{\text{अणुभार}}{\text{सरलतम सूत्रभार}}=\frac{90\cdot2}{45}=2$

$\therefore$ अणुसूत्र $(CH_2O)_2$ या $(COOH)_2$ है — उत्तर

प्रश्न १६. 0 2115 ग्राम पदार्थ ने दहन करने पर O·4655 ग्राम CO_2 और O·2533 ग्राम H_2O दिया। पदार्थ का वाष्पघनत्व 29·7 था। पोटैशियम डाइक्रोमेट और H_2SO_4 से प्रतिक्रिया करने पर एक पदार्थ मिला जिसने आयडोफार्म की परीक्षा दी। पदार्थ का रचनात्मक सूत्र ज्ञात करो।

44 ग्राम CO_2 में 12 ग्राम C होता है।

$\therefore$ ·4655 „ „ „ $\frac{12\times\cdot4655}{44}$ „ C था।

$=\cdot1270$ ग्राम

18 ग्राम पानी में 2 ग्राम H_2 होती है।

$\therefore$ 2533 „ „ $\frac{2\times\cdot2533}{10}$ „ थी।

$=\cdot02814$ ग्राम

$\therefore$ C+H का भार$=(\cdot1270\times\cdot02814)=\cdot15514$ ग्राम

O_2 का भार $=(\cdot2115-\cdot15514)=\cdot05636$ ग्राम

पदार्थ के एक अणु में C, H और O के परमाणु निम्नलिखित अनुपात में होंगे :—

C	:	H	:	O
$\frac{\cdot127}{12}$	:	$\frac{\cdot02814}{1}$	:	$\frac{0\cdot05636}{16}$
या ·0158	:	·02813	:	·00352
या 3	:	8	:	1

∴ सरलतम सूत्र C_3H_8O है।

∴ सरलतम सूत्रभार $= 36+8+16=60$

अणुभार $= 2 \times 29\cdot7 = 59\cdot4$

इस प्रकार सरलतम सूत्रभार और अणुभार एक ही है इसलिए अणुसूत्र भी C_3H_8O होगा।

आयडोफार्म परीक्षा एथिल एलकोहल, एसिटेल्डिहाइड और एसिटोन देते हैं। यौगिक $K_2Cr_2O_7+H_2SO_4$ से ऑक्सिकृत होकर एथिल एलकोहल या एसिटेल्डिहाइड नहीं दे सकता है, क्योंकि यौगिक का सूत्र C_3H_8O है परन्तु एसिटोन मिल सकता है। एसिटोन को अपचित करके वही पदार्थ फिर मिलना चाहिए।

$$CH_3COCH_3 + 2H \longrightarrow CH_3CHOHCH_3$$

∴ यौगिक आइसोप्रोपिल एलकोहल (Isopropyl alcohal) है। जिसका सूत्र $CH_3CHOHCH_3$ होगा।

प्रश्नावली ११

(१) किसी लवण का प्रतिशत संगठन निम्नलिखित:—

$O_2 = 38\cdot1\%$, $H_2 = 0\cdot8\%$, $P = 24\cdot6\%$ और $Na = 36\cdot5\%$

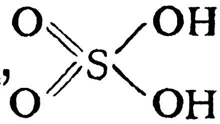
लवण का सरलतम सूत्र मालूम करो। (Na=23, P = 31, O = 16) [उत्तर, Na_2HPO_3]

(२) प्लैटिनम के एक यौगिक का संगठन निम्नलिखित हैं:—

$Pt=52\cdot56\%$, $N_2 = 7\cdot55\%$, $H_2=1\cdot62\%$, $Cl_2=$

38·27%. यौगिक का सरलतम सूत्र निकालो। (Pt = 195, N = 14, H = 1, Cl = 35·5) [उत्तर, $PtN_2H_6Cl_4$]

(३) किसी द्विभास्मिक अकार्बनिक अम्ल के 2·45 ग्राम में 0·05 ग्राम H_2, 0·80 ग्राम S और शेष O_2 है। यदि अम्ल का अणुभार 98 है तो उसका अणुभार सूत्र ज्ञात करो और रचनात्मक सूत्र लिखो।

[उत्तर, H_2SO_4, 

(४) किसी गैसीय हाइड्रोकार्बन के 0·80 ग्राम को जलाने पर 1·0282 ग्राम पानी मिलता है। यदि उसकी और H_2 की प्रसरण की गतियों में $1:\sqrt{14}$ का अनुपात हो तो उसका अणुसूत्र निकालो।

[उत्तर, C_2H_4]

(५) किसी धातु M के दो आक्सिसाइडों में O_2 क्रमशः 27·6% और 30·% है। यदि पहले आक्साइड का अणुसूत्र M_4O_4 हो तो दूसरे आक्साइड का सूत्र और धातु का परमाणु भार ज्ञात करो।

[उत्तर, M_2O_4, 55·96]

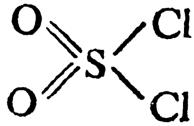
(६) किसी धातु M के दो आक्साइडों में O_3 क्रमशः 6·8% और 30·38% है। यदि धातु का आपेक्षिक ताप 0·117 हो तो आक्साइडों के सूत्र ज्ञात करो। [उत्तर, MO_2, M_2O_3]

(७) किसी कार्बनिक यौगिक में C = 12·76%. H = 2·13% और Br = 85·11% है। यदि यौगिक का वाष्प घनत्व 94 हो तो उसका अणुसूत्र निकालो। (C = 12, Br = 80)

[उत्तर, $C_2H_4Br_2$]

(८) एल्युमिनियम क्लोराइड में 79·77% Cl_2 है क्लोराइड का वाष्प घनत्व 33·5 है। यदि Al का आपेक्षिक ताप 0·225 हो तो क्लोराइड का अणुसूत्र मालूम करो। [उत्तर Al_2Cl_6)

(९) किसी यौगिक का वाष्प घनत्व 67·5 है और उसके प्रतिशत संगठन निम्न हैं:—S=23·7%, O=23·7%, Cl_2=52·6%. यौगिक का अणुसूत्र और रचनात्मक सूत्र ज्ञात करो।

उत्तर, SO_2Cl_2 

(१०) किसी यौगिक के विश्लेषण में निम्नलिखित अंक प्राप्त हुए:—

$C=44{\cdot}05\%$, $H=7{\cdot}38\%$, $N=10{\cdot}18\%$, $Cl_2=26{\cdot}19$

यौगिक का सरलतम सूत्र मालूम करो। [उत्तर, $C_5H_{10}NClO$]

संकेत:—$O=(100-44{\cdot}05-7{\cdot}38-10{\cdot}18-26{\cdot}19)$

$=12{\cdot}2\%$

(११) किसी कार्बनिक यौगिक के 0·3960 ग्राम के जलाने पर 0·7920 ग्राम CO_2 और 0·3240 ग्राम पानी प्राप्त हुआ। यौगिक का सरलतम सूत्र निकालो। [उत्तर, C_2H_4O]

(१२) किसी कार्बनिक यौगिक 0·2614 ग्राम के दहन करने पर 0·2324 ग्राम CO_2 और 0·0950 ग्राम पानी मिला। उसी पदार्थ के 0·1195 ग्राम ने 0·3470 AgCl दी। यदि यौगिक का वाष्प घनत्व 49·5 हो तो उसका अणुसूत्र निकालो। [उत्तर, $C_2H_4Cl_2$]

(१३) किसी कार्बनिक यौगिक ने जिसमें C, H, O और Br थे विश्लेषण करने पर निम्नलिखित अंक दिए:—0·3460 ग्राम पदार्थ ने 0·5280 ग्राम CO_2 और 0·0900 ग्राम पानी दिया। इसी पदार्थ के 0·6920 ग्राम ने 0·752 ग्राम सिलवर क्लोराइड दिया। यौगिक का अणुसूत्र ज्ञात करो। (Ag=108, Br=80) [उत्तर, C_6H_5BrO

(१४) किसी कार्बनिक यौगिक ने जिसमें C, H, N और O थे जलाने पर निम्नलिखित अंक दिए: 0·270 ग्राम पदार्थ ने 0·3960 ग्राम CO_2 और 0·216 ग्राम पानी दिया। उसी पदार्थ ने 0·540 ग्राम से 17^oC 754·5 mm. दबाव पर 73·32 c. c. नम N_2 प्राप्त हुई। यदि यौगिक का वाष्प घनत्व 45 हो तो उसका अणुसूत्र निकालो। (17^oC पर जलवाष्प दबाव=14·5 mm.) [उत्तर, $C_3H_8NO_2$]

(१५) किसी एक भास्मिक (Monobasic) एसिड के दहन करने पर निम्नलिखित अंक प्राप्त हुए:—

(a) 0·100 ग्राम एसिड ने 0·2525 ग्राम CO_2 और 0·0442 ग्राम पानी दिया।

(b) 0·122 ग्राम एसिड को पूर्णतः शिथिल करने के लिए N/10, KOH घोल के 10 c. c. प्रयोग में आए।

(c) एसिड के Na लवण ने सोडा लाइम मे आसवन (Distill) करने पर बैनजीन (C_6H_6) दी।

एसिड का अणुसूत्र ज्ञात करो और उसका नाम लिखो।

[उत्तर, C_6H_5 COOH]
(बेनज़ोइक एसिड)

(१६) किसी द्विभास्मिक अम्ल में C=26·7%, H=2·2% और शेष O है। अम्ल के Di-.methyl ester का वाष्प घनत्व 59 है। ज्ञात करो कौन सा अम्ल है।

[उत्तर, $(COOH)_2$ ऑक्जैलिक एसिड]

(१७) किसी एक भास्मिक एसिड का सरलतम सूत्र CH_2O है। उसके methyl ester का वाष्प घनत्व 37 है। एसिड के 0·4120 ग्राम सिलवर लवण ने 0·2665 ग्राम Ag दी। मालूम करो कौन सा एसिड है? (दिल्ली, 1932) [उत्तर, CH_3COOH
(एसिटिक एसिड)

(१८) किसी कार्बनिक यौगिक के 0·2695 ग्राम ने 0·6029 ग्राम CO_2 और 0·3699 ग्राम पानी दिया; उसी पदार्थ के 0·2212 ग्राम ने 44·3 C. C. नम N_2 14°C और 769 mm. दबाव पर दी। पदार्थ का वाष्पघनत्व 29·5 था। यौगिक का अणुसूत्र ज्ञात करो। यदि यौगिक HNO_2 के साथ N_2 देता है तो उसका रचनात्मक सूत्र ज्ञात करो। (14°C) पर जल वाष्प दबाव=11·9 mm.)।

[उत्तर; (i) C_3H_9N,

(ii) $C_3H_7N\langle^{H}_{H}$

(१६) किसी द्विभास्मिक एसिड में C=26·66°% है, H=2·22% और O=71·12% है। एसिड के सामान्य सिलवर लवण में 71·05% Ag है। एसिड का गर्म घोल H_2SO_4 की उपस्थिति में $KMnO_4$ को रंगहीन करता है। एसिड का रचनात्कक सूत्र ज्ञात करो और प्रतिक्रिया समझाओ। [उत्तर COOH
COOH

(२०) किसी कार्बनिक यौगिक में C=52·18%, H=13·1% है। यदि यौगिक का वाष्पघनत्व 23 है तो उसका अणुसूत्र निकालो। इस सूत्र के आइसोमरों (Isomers) के रचनात्मक सूत्र लिखो।

[उत्तर, (i) CH_3CH_2OH.
(ii) CH_3OCH_3

(२१) निम्न अंकों से द्विभास्मिक एसिड का अणुसूत्र ज्ञात करो:—

(i) 0·3192 ग्राम एसिड के दहन करने पर 0·4224 ग्राम CO_2 और 0·1512 ग्राम पानी दिया।

(ii) एसिड में 10·52%.N_2 थी।

(iii) एसिड के Di-meltyl ester का वाष्पघनत्व 80·5 था।

(पंजाब, 1950) [उत्तर, $C_2 H_5 N (COOH)_2$

(२२) किसी कार्बनिक यौगिक ने जिसमें C, H, N और O थे विश्लेषण करने पर निम्न अंक दिए:—

(i) उसमें C=20·0%, H=6·66% थ।

(ii) 0·788 ग्राम पदार्थ ने सान्द्र H_2SO_4 से प्रतिक्रिया के बाद NaOH के साथ गर्म करने पर NH_3 गैस दी जो 100 c. c. N H_2SO_4 में शोषित की गई। बचे हुए एसिड को शिथिल करने के लिए सामान्य (normal) NaOH के 73·7 c. c. की आवश्यकता हुई। यौगिक का सरलतम सूत्र निकालो। (उ० प्र० १६५१)

[उत्तर; $CH_4 N_2 O$

(२३) किसी कार्बनिक यौगिक ने जिसमें C, H, O और N थे विश्लेषण करने पर निम्नलिखित अंक दिए:—

(i) 0·42 ग्राम पदार्थ ने दहन करने पर 0·924 ग्राम CO_2 और 0·243 ग्राम पानी दिया।

(ii) 0·208 ग्राम पदार्थ ने NaOH के साथ गर्म करने पर NH_3 गैस दी जिसे शिथिल करने के लिए N/20 शक्ति के H_2SO_4 के 30 c. c. प्रयोग में आए। पदार्थ का सरलतम सूत्र ज्ञात करो।

(उ॰ प्र॰ १९५०)

[उत्तर; $C_7H_9NO_2$

(२४) किसी कार्बनिक यौगिक ने विश्लेषण करने पर निम्नलिखित अंक दिए:—

(a) O·197 ग्राम यौगिक ने 0·293 ग्राम CO_2 और 0·150 ग्राम पानी दिया।

(b) 0·118 ग्राम पदार्थ ने N. T. P. पर 22·4 c. c. N_2 दी यौगिक ने NaOH के घोल के साथ गर्म करने पर NH_3 गैस दी और सूखे बचे हुए पदार्थ को सोडा लाइम से गर्म करने पर मेथन (Methane) मिली। बताओ कौन सा यौगिक था? (बम्बई, १९४१)

[उत्तर, CH_3CONH_2]

(एसिटामाइड)

(२५) एक कार्बनिक यौगिक ने विश्लेषण से निम्नलिखित अंक दिए:—

(a) उसमें C=52·2%, H=13% और O=34·8% है।

(b) वह Na और PCl_5 के साथ प्रतिक्रिया नहीं करता है। यौगिक का सूत्र और नाम बताओ। (लखनऊ P. M. T. १९४९)

[उत्तर, CH_3 OCH_3]

(Dimethyl ether)

(२६) एक कार्बनिक तरल (Fluid) में C, H और O हैं और उसका अणु भार 58 है। उसके 1·0 ग्राम को दहन करने पर 2·279 ग्राम CO_2 और 0·931 ग्राम पानी मिला। यह यौगिक

'शिफ' के प्रतिकारक (Reagent) को लाल कर देता है। इसका रचनात्मक सूत्र ज्ञात करो। (उ० प्र०, १६५३)

[उत्तर CH_3CH_2CHO

(२७) किसी द्विभास्मिक (डाई बेसिक) कार्बनिक अम्ल के विश्लेषण से निम्नलिखित फल प्राप्त हुये।

(a) 0·2360 ग्राम अम्ल से 0·3520 ग्राम CO_2 तथा 0·1080 ग्राम H_2O मिले।

(b) उस अम्ल के रजत (सिलवर) लवण के 0·3320 ग्राम को गर्म करने पर 0·2160 ग्राम सिलवर बचा, उस अम्ल का अणु-सूत्र (मालीक्यूलर फ़ॉरम्यूला।) निकालो (उ० प्र० १६५४)

[उत्तर, $C_2H_4\,(COOH)_2$

(२८) किसी उदासीन (neutral) कार्बनिक यौगिक (x) में 34·14% नाइट्रोजन है। इस यौगिक को HCl के साथ गर्म करने पर एक एसिड (A) मिलती है जिसमें C=40% ;H=6·67% और शेष आक्सिजन है। एसिड के O·3 ग्राम को शिथिल करने के लिए 5c.c. N.NaOH की आवश्यकता होती है। यदि यह एसिड Monobasic हो तो x कौनसा यौगिक है।

[उत्तर, CH_3CN]

अध्याय १२

गैसों का विश्लेषण

(Gas Analysis)

ठोसों और द्रवों के विश्लेषण सम्बन्धी प्रश्नों का विवरण पिछले अध्यायों में किया जा चुका है। गैसों के विश्लेषण की विधियाँ ठोसों और द्रवों के विश्लेषण से भिन्न हैं। गैसों को सुगमता से तौला नहीं जा सकता, इसलिए गैसों के विश्लेषण में आयतनों का प्रयोग करते हैं। गैस विश्लेषण सम्बन्धी प्रश्नों को हल करने में एवोगेड्रो (Avogadro) का नियम बहुत उपयोगी है। इस नियम के अनुसार 'समान तापक्रम और दबाव पर गैसों के बराबर आयतनों में उनके अणुओं की संख्या बराबर होती है।' इस प्रकार हम आयतनों को अणुओं में और अणुओं को आयतनों में बदल सकते हैं जैसा कि निम्नलिखित उदाहरण में दिखाया गया है :—

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

1 आयतन	2 आयतन	1 आयतन	2 आयतन
x अणु	2 x अणु	x अणु	2 x अणु
1 अणु	2 अणु	1 अणु	2 अणु

गैसों के विश्लेषण सम्बन्धी प्रश्नों के हल करने में निम्नलिखित बातें स्मरण रखनी चाहिए :—

(1) प्रत्येक गैस के एक ग्राम अणु (Gram-molecule) का आयतन N.T.P पर=22·4 लिटर या 22400 c.c. ।

(2) गैस का अणुभार=2×गैस का वाष्प घनत्व

(3) गैसों के विश्लेषण में उनको O_2 के निश्चित आयतन से मिलाकर एक लम्बे अंशांकित ट्यूब (Graduated tube) जिसे यूडियो मीटर (Eudiometer) कहते हैं जलाते हैं और प्रतिक्रिया

समाप्त होने पर ठंढा करके बची हुई गैसों का आयतन मालूम कर लेते हैं।

(4) गैसों को शोषित (absorb) करने के लिए निम्नलिखित शोषकों (absorbants) का प्रयोग होता है :—

(a) CO_2 SO_2 को KOH या NaOH के घोल में शोषित किया जाता है।

$$CO_2 + 2KOH \longrightarrow K_2CO_3 + H_2O$$
$$SO_2 + 2KOH \rightarrow K_2SO_3 + H_2O$$

(b) पानी को $CaCl_2$ या सान्द्र H_2SO_4 से शोषित करते हैं।

(c) NH_3 गैस को H_2SO_4 से शोषित करते हैं।

$$2NH_3 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4$$

(d) ऑक्सिजन को क्षारीय पायरोगैलोल (Pyrogallol) के घोल से शोषित करते हैं।

हल किए हुए उदाहरण

प्रश्न 1. निम्नलिखित गैसों को पूरा-पूरा दहन करने के लिए कितनी ऑक्सिजन की आवश्यकता होगी और कितनी CO_2 प्राप्त होगी ?
(1) 10 c.c. एथिलीन (C_2H_4) (2 15 c.c. ईथेन (C_2H_6)
(3) 200 c.c. एसिटिलीन (C_2H_2)

(1) $C_2H_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + H_2O$

1 अणु	3 अणु	2 अणु
1 आयतन	3 आयतन	2 आयतन

इस प्रकार 1c.c C_2H_4, 3c.c. O_2 से प्रतिक्रिया करके 2c.c. CO_2 देगी।

∵ ,, 10c.c. ,, 3×10 ,, ,, ,, 2×10 ,,
=30c.c.O_2 =20 c.c. CO_2

उत्तर

(2) $2C_2H_6 + 7O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 6H_2O$

2 अणु 7 अणु 4 अणु

2 आयतन 7 आयतन 4 आयतन

इस प्रकार 2 c c. C_2H_6 7 c c. O_2 से प्रतिक्रिया करके 4 c.c. CO_2 देगी।

$\therefore$,, 15 c.c. ,, $\frac{7 \times 15}{2}$,, ,, ,, $\frac{4 \times 15}{2}$,, ,,

= 52·5 c. c. O_2 = 30 c. c. CO_2

उत्तर II

3. $2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$

2 अणु 5 अणु 4 अणु

2 आयतम 5 आयतन 4 आयतन

2 c.c. C_2H_2, 5 c.c. O_2 से प्रतिक्रिया करके 4 c.c. CO_2 देती है।

$\therefore$ 200 c.c. ,, $\frac{5 \times 200}{2}$,, ,, $\frac{4 \times 200}{2}$,,

= 500 c.c. O_2 = 400 c.c. CO_2

उत्तर III

प्रश्न २. 60 c. c. कार्बन मोनौक्साइड (CO), 35 c. c. O_2 से मिलाई जाती है और मिश्रण को विद्युत् चिनगारी (electric spark द्वारा जलाया जाता है। इसके फलस्वरूप प्राप्त गैस को KOH के घोल से हिलाया जाता है। कौनसी गैस अन्त में बच रहेगी और उसका कितना आयतन होगा ?

CO ऑक्सिजन से निम्नलिखित समीकरण के अनुसार संयोग करती है:—

$2\,CO + O_2 \longrightarrow 2\,CO_2$

2 अणु 1 अणु 2 अणु

2 आयतन 1 आयतन 2 आयतन

इस प्रकार 2 c. c. CO 1 c. c. O_2 से संयोग करती है।

$\therefore$ 60 c. c. ,, $\frac{60 \times 1}{2}$,, ,, ,, करेगी।

$= 30$ c. c. O_2

$\therefore$ ऑक्सिजन का आयतन जो बच रहता है $= (35-30)$ c. c.

$= 5$ c. c.

चूँकि इस प्रतिक्रिया के फलस्वरूप बनी हुई CO_2, KOH में शोषित हो जाती है इस लिए केवल O_2 बच रहती है और उसका आयतन 5 c. c. है।

उत्तर

प्रश्न ३. नाइट्रस ऑक्साइड (N_2O) और नाइट्रोजन परौक्साइड (NO_2) के 120 c. c. मिश्रण को 250 c. c. H_2 के साथ मिलाकर यूडियो मीटर (Eudiometer) में जलाया जाता है। प्रतिक्रिया समाप्त होने पर 85 c. c. N_2 बच रहती है। मिश्रण का संगठन मालूम करो।

हाइड्रोजन अपचायक पदार्थ Reducing agent) है इसलिए यह N_2O और NO_2 को N_2 में अपचित कर देगी।

मान लो N_2O का आयतन$=x$ c. c.

$\therefore$ NO_2 का आयतन $=120-x$ c. c.

$$N_2O + H_2 \longrightarrow N_2 + H_2O$$

1 आयतन 1 आयतन

इस प्रकार 1 c. c. N_2O 1 c. c. N_2 प्रतिक्रिया में देती है।

$\therefore$,, x c. c. ,, x c. c. ,, ,, देगी।

$$2NO_2 + 4H_2 \longrightarrow N_2 + 4H_2O$$

2 आयतन 4 आयतन 1 आयतन

$\therefore$ 2 c. c. NO_2 प्रतिक्रिया के बाद 1 c. c. N_2 देती है।

$\therefore$ $(120-x)$,, ,, $\frac{(120-x)}{2}$,, देगी।

$\therefore$ कुल N_2 जो प्रतिक्रिया के बाद प्राप्त होती है $= x + \frac{120 - x}{2}$

$$\therefore x + \frac{120 - x}{2} = 85$$

$$\text{या } 2x + 120 - x = 170$$

$$\therefore x = 50$$

$\therefore$ N_2O का आयतन $= 50$ c. c.

NO_2 का आयतन $= (120 - 50) = 70$ c. c. उत्तर

प्रश्न ४. एक जार में N_2 और O_2 के 100 c.c. मिश्रण को लिया जाता है और मिश्रण में नाइट्रिक ऑक्साइड (NO) उस समय तक मिलाई जाती है जब तक भूरी वाष्प बनना बन्द नहीं हो जाता है। इस प्रतिक्रिया में 33 c.c. NO की आवश्यकता होती है। मिश्रण में O_2 का प्रतिशत ज्ञात करो।

NO ऑक्सिजन से निम्नलिखित समीकरण के अनुसार संयोग करके NO_2 बनाती है जोकि भूरी होती है।

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

2 आयतन 1 आयतन

2 c.c. NO के लिए 1 c.c. O_2 की आवश्यकता होती है;

$\therefore$ 33 c.c. ,, ,, $\frac{33}{2}$,, ,, होगी।

$$= 16{\cdot}5 \text{ c.c.}$$

$\therefore$ 100 c.c. मिश्रण में 16·5 c.c. O_2 है

$\therefore$ O_2 की मात्रा $= 16{\cdot}5\%$ उत्तर

प्रश्न ५. कार्बन मोनोक्साइड (CO) और एसिटिलीन (C_2H_2) के 20 c.c. मिश्रण को ऑक्सिजन के आधिक्य (Excess) में जलाया गया है। प्रतिक्रिया के बाद बची हुई गैसों का आयतन 34c.c. था और KOH के घोल के साथ हिलाने पर 8 c.c. O_2 बच रही। मिश्रण का संगठन मालूम करो।

मान लो मिश्रण में C_2H_2 का आयतन x c.c. था

$\therefore$ मिश्रण में CO का आयतन $=(20-x)$c.c. था

CO और C_2H_2 निम्नलिखित समीकरण के अनुसार O_2 में जलती हैं:—

$$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$$

2 आयतन 1 आयतन 2 आयतन

$$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

2 आयतन 4 आयतन

इस प्रकार 2 c.c. CO 2 c.c. CO_2 देती है।

$\therefore (20-x)$,, $\frac{2 \times (20-x)}{2}$ c.c. दी।

$$=(20-x)\text{c.c. } CO_2$$

और 2 c.c. C_2H_2 ने 4 c.c. CO_2 देती है।

$\therefore$ x c.c. ,, ,, $\frac{4 \times x}{2}$,, ,, दी।

$$= 2x \text{ c.c. } CO_2$$

$\therefore$ CO_2 का कुल आयतन $= 20 - x + 2x = (20 + x)$c.c.

KOH ने केवल CO_2 को शोषित किया और शोषण के बाद 8 c.c. O_2 बच रही।

$\therefore$ CO_2 का आयतन जो बना $= (34 - 8)$c.c.$=26$ c.c.

$$\therefore \quad 20 + x = 26$$

$$x = 6$$

$\therefore$ मिश्रण में 6 c.c. C_2H_2 और 14 c.c. CO थी उत्तर

प्रश्न ९. निम्नलिखित अंकों से मिश्रण में मेथन, ईथेन और हाइड्रोजन का प्रतिशत ज्ञात करो—

(i) मिश्रण का आयतन जो लिया गया $=53{\cdot}5$ c.c.

(ii) O_2 का आयतन जो मिलाया गया $=250$ c.c.

(iii) विस्फोट के बाद बची हुई गैसों का आयतन $=194{\cdot}95$ c.c.

(iv) KOH के घोल से हिलाने के बाद आयतन =138·35 c.c.

(v) पैलेडियम (Palladium) के साथ 64·2 c c. दिए हुए मिश्रण की क्रिया करने पर आयतन 8 76 c.c. कम हो गया।

पैलेडियम H_2 को Occlude करता है इसलिए इसके साथ क्रिया करने पर आयतन में कमी H_2 के Occlusion से होती है।

64·2 c.c. मिश्रण में H_2 का आयतन = 8·76 c.c.

$\therefore$ 53·5 c.c. „ „ „ $= \frac{8 \cdot 76 \times 53 \cdot 5}{64 \cdot 2}$ c.c.

= 7·3 c.c.

मिश्रण में $CH_4 + C_2H_6$ का आयतन=(53·5—7·3)=46·2 c.c.

मान लो CH_4 का आयतन x c.c. है।

CH_4 और C_2H_6 का दहन (combustion) निम्न लिखित समीकरण के अनुसार होता है:—

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

1 आयतन   1 आयतन

$$2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$$

2 आयतन   4 आयतन

इस प्रकार 1 c. c. CH_4 1 c. c. CO_2 देती है।

$\therefore$ „ x c.c. „ ने x „ „ दी

2 c.c. C_2H_6 4 c.c. CO_2 देती है।

$\therefore$ (46·2 − x) c.c. „ 2 (46 2 − x) c.c. „ दी।

$\therefore$ CO_2 का कुल आयतन = x + 2 (46·2 − x) c.c.

= (92·4 − x) c.c.

कास्टिक पोटाश ने CO_2 को शोषित किया।

$\therefore$ CO_2 का कुल आयतन जो प्राप्त हुआ=(194·95 − 138·35)c c.

= 56·6 c.c.

$$\therefore \; 92{\cdot}4 - x = 56{\cdot}6$$
$$\therefore \qquad = 35{\cdot}8$$
$\therefore$ मेथेन का आयतन = 35·8 c.c,

$\therefore$ ईथेन का आयतन = (46·2 − 35·8) c.c.

= 10·4 c.c.

$$\therefore \; H_2 = \frac{7{\cdot}3 \times 100}{53{\cdot}5} = 13{\cdot}64\%$$
$$CH_4 = \frac{35{\cdot}8 \times 100}{53{\cdot}5} = 66{\cdot}92\%$$
$$C_2H_6 = \frac{10{\cdot}4 \times 100}{53{\cdot}5} = 19{\cdot}44\%$$
उत्तर

प्रश्न—७. हाइड्रोजन, मेथेन और नाइट्रोजन के 40 c.c. मिश्रण का 10 c.c. O_2 के साथ विस्फोट किया गया। ठंढा करने पर प्राप्त गैस का आयतन 36·5 c.c. था। कास्टिक पोटाश के साथ प्रतिक्रिया करने पर आयतन 33 5 c.c. रह गया और फिर क्षारीय पायरोगैलोल के साथ हिलाने पर बची हुई गैस का आयतन 32 c.c. था। मिश्रण में अवयवों का प्रतिशत् मालूम करो।

क्षारीय पायरोगैलोल O_2 को शोषित करता है इसलिए बची हुई O_2 का आयतन = (33·5 − 32) c c. = 1·5 c c.

$\therefore$ प्रयोग में आई कुल O_2 (10 − 1·5) c.c. = 8·5 c.c. CH_4 और H_2 का दहन निम्न लिखित समीकरणों के अनुसार होता है:—

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$
2 आयतन 1 आयतन

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$
1 आयतन 2 आयतन 1 आयतन

कास्टिक पोटाश CO_2 को शोषित करता है।

$\therefore$ CO_2 जो बनी = (36·5 − 33·5) c.c. = 3c.c.

CO_2 केवल CH_4 के दहन से बनी इसलिए समीकरण (2) के अनुसार

1 c.c. CO_2 1 c.c. CH_4 से मिली

∴ 3 c.c. „ 3 c.c. „ „ „

∴ मिश्रण में $CH_4 = 3$ c.c.

समीकरण (2) के अनुसार

1 c.c. मेथन को जलाने में 2 c.c. O_2 लगा

∴ 3 c.c. „ „ „ „ 6 c.c. „ „

∴ H_2 के जलाने में O_2 का आयतन $= (8\cdot5 - 6)$ c.c.

$= 2\cdot5$ c.c.

समीकरण (1) के अनुसार

1 c.c. O_2 ने 2 c.c. H_2 को जलाया।

∴ 2·5 c.c. „ „ 2×2·5 c.c. „ „

$= 5$ c.c.

∴ मिश्रण मे $H_2 = 5$ c.c.

∴ मिश्रण में $N_2 = (40 - 3 - 5)$ c.c. $= 32$ c.c.

$$H_2 = \frac{5 \times 100}{40} = 12\cdot5\%$$

$$CH_4 = \frac{3 \times 100}{40} = 7\cdot5\%$$

$$N_2 = \frac{32 \times 100}{40} = 80\%$$ उत्तर

प्रश्न ८, कोल गैस की एक बानगी में 50% H_2, 30% CH_4, 14%. CO और 6% C_2H_4 है। इस गैस के 100 c.c. को 150 c.c. O_2 से मिलाकर मिश्रण का विस्फोट किया जाता है। प्रतिक्रिया समाप्त होने पर और ठंडा करने पर प्राप्त गैस का कितना आयतन होगा? (उ० प्र० 1952)

100 c.c. कोलगैस में $H_2 = 50$ c.c., $CH_4 = 30$ c.c., $CO = 14$ c.c., $C_2H_4 = 6$ c.c.

H_2, CH_4, CO और C_2H_4 दहन करने पर O_2 से निम्न लिखित समीकरण के अनुसार क्रिया करते हैं।

$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$............(1)

2 आयतन 1 आयतन

$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$........(2)

1 आयतन 2 आयतन 1 आयतन

$2\,CO + O_2 \longrightarrow 2\,CO_2$ ....(3)

2 आयतन 1 आयतन 2 आयतन

$C_2H_4 + 3O_2 \longrightarrow 2\,CO_2 + 2H_2O$... (5)

1 आयतन 3 आयतन 2 आयतन

2 c.c. H_2 को दहन करने के लिये 1 c.c. O_2 चाहिए।

∴ 50 c.c. „ „ „ „ „ $\frac{1 \times 50}{2}$ „ „ „

$= 25$ c.c.

1 c.c. CH_4 को दहन करने के लिए 2 c.c. O_2 चाहिए

∴ 30 c.c. „ „ „ „ 30×2 „ „

$= 60$ c.c.

2 c.c. CO को दहन करने के लिए 1 c.c. O_2 चाहिए

∴ 14 c.c. „ „ „ $\frac{14 \times 1}{2}$ „ „ „

$= 7$ c.c.

1 c.c. C_2H_4 को दहन करने के लिए 3 c.c. O_2 चाहिए

∴ 6 c.c. „ „ „ „ 3×6 „ „ „

$= 18$ c.c.

प्रयोग में आनेवाली कुल O_2 का आयतन=(25+60+7+18)c.c.

$= 110$ c.c.

∴ बची हुई O_2 का आयतन=(150 − 110)c.c. = 40 c.c.

कोल गैस के विस्फोट द्वारा H_2O और CO_2 मिलते हैं। H_2O का द्रवीकरण हो जाता है और CO_2 गैस के रूप में बच रहती है।

1 c.c. CH_4 1 c.c. CO_2 देती है।

$\therefore$ 30 c.c. „ 30 c.c. CO_2 देगी।

2 c.c. CO 2 c.c. CO_2 देती है।

$\therefore$ 14 c.c. „ 14 c.c. CO_2 देगी।

1 c.c. C_2H_4 2 c.c. CO_2 देती है।

$\therefore$ 6 c.c. „ 12 c.c. CO_2 देगी।

$\therefore$ CO_2 का कुल आयतन जो प्राप्त हुआ = (30+14+12)

= 56 c.c.

$\therefore$ बची हुई गैस का आयतन = (40+56) = 96 c.c.

$\therefore$ O_2 का आयतन = 40 c.c.
और CO_2 का आयतन = 56 c.c. } उत्तर

प्रश्न ६. कोल गैस की एक बानगी में H_2, CH_4 और CO थे। इस बानगी की 20 c.c. को 80 c.c. O_2 से मिलाकर मिश्रण का विस्फोट किया गया। ठंडा करने पर प्राप्त गैस का आयतन 68 c.c. था। KOH के साथ प्रतिक्रिया करने पर आयतन 10 c.c कम हो गया। कोल गैस में अवयवों का प्रतिशत निकालो। (उ० प्र० 1949)

मान लो CO का आयतन = x c.c.

और „ CH_4 „ „ = y c.c.

$\therefore H_2$ का आयतन = (20–x–y) c.c.

CO, CH_4 और H_2 निम्नलिखित समीकरण के अनुसार O_2 से दहन करने पर प्रतिक्रिया करती है :

$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$ ....(i)

2 आयतन 1 आयतन 2 आयतन

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ ....(ii)

1 आयतन 2 आयतन 1 आयतन

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ .... (iii)

2 आयतन 1 आयतन

(i) के अनुसार 2c.c.CO के लिए 1c.c.O_2 की आवश्यकता होती है

$\therefore$ „ x c.c. „ „ $\frac{1 \times x}{2}$ „ „ होगी।

(ii) के अनुसार 1 c.c. CH_4 के लिए 2 c.c. O_2 चाहिए

$\therefore$ „ y c.c. „ „ $\frac{2 \times y}{1}$ „ „ „

(iii) के अनुसार 2 c.c. H_2 के लिए 1 c.c. O_2 चाहिए

$\therefore$ „ (20 − x − y) c.c. „ $\frac{20 - x - y}{2}$ „ „

$$\therefore \text{कुल } O_2 = \left(\frac{x}{2} + 2y + \frac{20 - x - y}{2}\right) \text{ c.c.}$$

$$= \left(10 + \frac{3y}{2}\right) \text{ c.c.}$$

प्रयोग में आई $O_2 = (80 - 58)$ c.c. = 22 c.c.

$$\therefore 10 + \frac{3y}{2} = 22$$

$$\text{या } \frac{3y}{2} = 22 - 10 = 12$$

$$\therefore y = \frac{2 \times 12}{3} = 8$$

(i) के अनुसार 1 c. c. CO 1 c. c. CO_2 देती है।

$\therefore$ „ „ x c. c. „ x „ „ देगी।

(ii) के अनुसार 1 c. c. CH_4 1 c. c. CO_2 देती है।

$\therefore$ „ „ y c. c. „ y c. c. „ देगी।

$\therefore$ CO_2 का आयतन = (x + y) c. c.

KOH के घोल में CO_2 शोषित हो जाती है। चूँकि KOH के घोल से हिलाने पर आयतन 10 c. c. कम हो गया था इसलिए 10 c. c. CO बनी।

$$\therefore x + y = 10$$

$$\therefore x = 10 - y = 10 - 8 = 2$$

∴ H_2 का आयतन = (20 − 8 − 2) = 10 c. c.

$$\left.\begin{array}{l} \therefore\ H_2 = \frac{10 \times 100}{20} = 50\% \\ CH_4 = \frac{8 \times 100}{20} = 40\% \\ CO = \frac{2 \times 100}{20} = 10\% \end{array}\right\}$$ उत्तर

प्रश्न १०. किसी गैस के 100 c. c. को N. T. P. पर टिन के साथ गर्म किया गया। टिन स्टैनस सलफाइड में परिणत हो गई और H_2 गैस बच रही। प्राप्त H_2 को गर्म CuO पर प्रवाहित करने पर 0·081 ग्राम पानी मिला। गैस का वाष्प घनत्व 17 था। गैस का सूत्र निकालो।

(पंजाब, 1925)

गैस में बहुत सम्भव है हाइड्रोजन और सलफर तत्व थे क्यों उसने Sn के साथ SnS और H_2 दी।

9 ग्राम पानी में 1 ग्राम H_2 होती है।

∴ ·081 ,, ,, ,, $\frac{\cdot 081}{9}$,, ,, होगी।

= ·009 ग्राम

N. T. P. पर H_2 का घनत्व = ·09 ग्राम प्रति लिटर

N. T. P. पर ·09 ग्राम H_2 का आयतन = 1000 c. c.

∴ ,, ,, ·009 ,, ,, ,, = $\frac{1000 \times \cdot 009}{\cdot 09}$

= 100 c. c.

इस प्रकार 100 c. c. गैस में 100 c. c. H_2 थी।

∴ गैस के x अणुओं में H_2 के x अणु होंगे।

∴ ,, I अणु ,, का 1 ,, होगा।

$\therefore$ गैस का सूत्र H_2S_y होगा।

सूत्र से अणुभार $= 2+32y$

अणुभार $= 2\times$ वाष्पघनत्व $= 2\times17=34$

$\therefore 2+32y=34$

$\therefore y=1$

$\therefore$ सूत्र H_2S है। उत्तर

प्रश्न ११. 20 c. c. अमोनिया गैस का यूडियोमीटर ट्यूब में विस्फोट किया गया। विस्फोट के बाद प्राप्त गैसों के मिश्रण का आयतन 40 c c. था। इस मिश्रण को 45 c.c. O_2 के साथ दहन किया गया। ठंडा करने पर प्राप्त गैस का आयतन 40 c. c. था। इन अंकों से अमोनिया का सूत्र ज्ञात करो।

अमोनिया गैस ने विस्फोट करने पर N_2 और H_2 दी।

मान लो N_2 का आयतन $=$ x c. c.

$\therefore$ H_2 का आयतन $= (40-x)$ c. c.

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

2 आयतन 1 आयतन

2 c. c. H_2 1 c. c. O_2 लेती है।

$\therefore$ $(40-x)$,, ,, $\frac{40-x}{2}$ c. c. ,, लेगी।

$\therefore$ प्रयोग में न आई हुई $O_2 = \left(45-\frac{40-x}{2}\right)$ c. c.

ठंडा करने पर प्राप्त गैसों का आयतन $=$ N_2 का आयतन + प्रयोग में न आई हुई O_2 का आयतन $= \left(x+45-\frac{40-x}{2}\right)$ c. c.

$$= \left(25+\frac{3x}{2}\right) \text{ c.c.}$$

$$\therefore 25+\frac{3x}{2}=40$$

$$\therefore x = \frac{15 \times 2}{3} = 10$$

$\therefore$ अमोनिया में H_2 का आयतन $= (40 - 10)$c.c. $=$ 30c.c.

$\therefore$ 20 c.c. अमोनिया में 10 c.c. N_2 और 30 c.c. H_2 है।

$\therefore$ 1 c.c ,, $\frac{1}{2}$,, ,, ,, $\frac{3}{2}$ c.c. ,, ,,

$\therefore$ अमोनिया के x अणुओं में N_2 का $\frac{x}{2}$ अणु और H_2 के $\frac{3}{2}$x अणु है।

$\therefore$,, ,, 1 ,, ,, $\frac{1}{2}$,, ,, ,, $\frac{3}{2}$,, ,,

$\therefore$,, ,, 1 ,, ,, 1 परमाणु ,, 3 परमाणु ,,

$\therefore$ अमोनिया का सूत्र $= NH_3$ उत्तर

प्रश्न १२. किसी गैसीय हाइड्रोकार्बन के 10 c.c. को 50 c.c. ऑक्सिजन के साथ दहन किया गया। ठंडा करने पर बची हुई गैस का आयतन 45 c.c. था। अब KOH के घोल से प्रतिक्रिया करने पर आयतन 25 c.c. रह गया। हाइड्रोकार्बन का अणुसूत्र मालूम करो। (नागपुर, १९४८)

मान लो हाइड्रोकार्बन का सूत्र $C_X H_Y$ है। हाइड्रोकार्बन को O_2 के साथ दहन करने पर C और H_2 क्रमश: CO_2 और पानी देते हैं जैसा नीचे दिखाया गया है।

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$
$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

कार्बन के 1 परमाणु के लिए ऑक्सिजन का 1 अणु चाहिए।

$\therefore$,, ,, x ,, ,, ,, ,, x ,, ।

हाइड्रोजन के 4 परमाणुओं के लिए ऑक्सिजन का 1 अणु चाहिए।

$\therefore$,, ,, y ,, ,, ,, ,, $\frac{y}{4}$,, ,,

$\therefore$ हाइड्रोकार्बन के 1 अणु को दहन करने के लिए ऑक्सिजन के $(x + \frac{y}{4})$ अणु चाहिए।

$$\therefore C_X H_Y + (x + \tfrac{y}{4})O_2 \rightarrow xCO_2 + H_2O$$

विस्फोट के बाद प्राप्त गैस में CO_2 और प्रयोग में न आई हुई O_2

थी। KOH का घोल CO_2 को निम्नलिखित समीकरण के अनुसार शोषित करता है:—

$$2KOH + CO_2 \rightarrow K_2CO_3 + H_2O$$

∴ प्राप्त CO_2 का आयतन $=(45-25)$ c.c. $=20$ c.c.

हाइड्रोकार्बन का 1 अणु CO_2 के x अणु देगा।

∴ „ „ 1 c.c. „ „ x c.c. देगा।

∴ „ के 10 c.c. „ „ 10x c.c. देंगे।

∴ $10x=20$ या $x=2$

यह स्पष्ट है कि KOH के साथ प्रतिक्रिया के बाद O_2 बच रही

∴ बची हुई $O_2=25$ c.c.

∴ प्रयोग में आई $O_2=(50-25)$ c.c. $=25$ c.c.

हाइड्रोकार्बन के एक अणु के लिए O_2 $(x+\frac{y}{4})$ अणु चाहिये

∴ „ „ 1 c.c. „ „ „ „ $(x+\frac{y}{4})$ c.c. „

∴ „ „ 10 c.c. „ „ „ $10(x+\frac{y}{4})$ c.c. „

$$\therefore 10(x+\frac{y}{4})=25$$

$$\text{या } \frac{5y}{2}=25-20=5$$

$$\therefore y=2$$

∴ सूत्र C_2H_2 है। उत्तर

प्रश्न १३. एक गैसीय हाइड्रोकार्बन के 12 c.c. का O_2 के आधिक्य में विस्फोट किया जाता है। प्रतिक्रिया के बाद आयतन में 24

c.c. की कमी मिलती है। प्राप्त गैस की KOH के घोल के साथ प्रतिक्रिया करने पर आयतन में 24 c c. की और कमी हो जाती हैं। हाइड्रोकार्बन का सूत्र निकालो यदि गैसों के आयतन 0^0C और 760 m.m. दबाव पर हों। (मद्रास, 1948)

मान लो हाइड्रोकार्बन का सूत्र C_xH_y है। हाइड्रोकार्बन, जैसा प्रश्न 12 में समझाया गया है O_2 के साथ निम्नलिखित समीकरण के अनुसार प्रतिक्रिया करता है:—

$$C_xH_y + (x + \frac{y}{4})\ O_2 \longrightarrow xCO_2 + H_2O$$

विस्फोट के बाद प्राप्त गैस में CO_2 और बची हुई O_2 है। KOH का घोल CO_2 को शोषित करता है।

$$2KOH + CO_2 \rightarrow K_2\ CO_3 + H_2O$$

$\therefore$ प्राप्त CO_2 का आयतन = 24c.c.

1c.c. हाइड्रोकार्बन xc.c. CO_2 देता है।

$\therefore$12c.c. „ $12 \times x$ „ „ देगा।

$\therefore 12x = 24 \quad \therefore \quad x = 2$

1c.c. हाइड्रोकार्बन के लिए $(x + \frac{y}{4})$ c.c. O_2 चाहिए

$\therefore$12c.c. „ „ „ $12(x + \frac{y}{4})$ c.c. „ „;

$\therefore$ हाइड्रोकार्बन का आयतन + आवश्यक O_2 का आयतन =

$12 + 12(x + \frac{y}{4})$ c c.

बनी हुई CO_2 का आयतन = 24c.c.

$\therefore$ आयतन में कमी = $12 + 12\ (x + \frac{y}{4}) - 24$ (CO_2 का आयतन

लेकिन प्रयोग द्वारा आयतन में कमी $=24$c.c.

$$\therefore 12+12\left(x+\frac{y}{4}\right)-24=24$$

$$\text{या } 12\left(x+\frac{y}{4}\right)=24+24-12=36$$

$$\text{या } x+\frac{y}{4}=3$$

$$\text{या } \frac{y}{4}=3-x=3-2=1$$

$$\therefore y=4$$

$\therefore$ सूत्र C_2H_4 है। उत्तर

प्रश्नावली १२

(१) निम्नलिखित गैसों को पूरा पूरा दहन करने के लिए कितनी O_2 की आवश्यकता होगी और कितनी CO_2 प्राप्त होगी?

(i) 15 c.c. कार्बन मोनोक्साइड, (ii) 12c.c. मेथन (CH_4) (iii) 10 c.c. एसिटिलीन C_2H_2. (iv) 25 c.c. बेनजीन (C_6H_6)

[उत्तर; (ii 7·5 c.c., 15 c.c., (ii) 24 c.c., 12 c.c., (iii) 25 c.c., 20 c.c., (iv) 187·5 c.c., 150 c.c.]

(२) हाइड्रोजन और एसिटिलीन (C_2H_2) के 15 c c. मिश्रण को पूरा पूरा जलाने के लिए 19·5 c.c. O_2 लगी। मिश्रण में H_2 और C_2H_2 के प्रतिशत निकालो।

[उत्तर; H_2=60%, C_2H_2=40%]

(३) 50 c.c. O_2 और 130 c.c. H_2 के मिश्रण का यूडियो मीटर ट्यूब में जिसमें चारों तरफ एक जैकेट (Jacket) में भाप प्रवाहित हो रही थी, विस्फोट किया गया। आयतन में कितनी कमी होगी? [उत्तर, 50 c c.]

(४) 80 c.c. कार्बन मोनोक्साइड को 50 c.c. O_2 के साथ

जलाया जाता है। बची हुई गैसों को KOH के साथ हिलाया जाता है। कौन सी गैस अन्त में बच रहेगी और उसका क्या आयतन होगा?

[उत्तर, 10 c.c. O_2]

(५) CO और CH_4 के 10·5 c.c. मिश्रण के पूर्ण दहन के लिए 9 c.c. O_2 की आवश्यकता पड़ती है। मिश्रण में CO और CH_4 का आयतन निकालो। (कलकत्ता 1934)

[उत्तर, CO=8 c.c.]
[CH_4=2·5 c.c.]

(६) 20 c.c. एथिलीन (C_2H_4) का 100 c.c. O_2 के साथ विस्फोट किया गया। प्राप्त मिश्रण की KOH के विलयन से प्रतिक्रिया की गई। इन दोनों क्रियाओं में से प्रत्येक के बाद कितना कितना गैस मिश्रण प्राप्त होगा? (राजपूताना, 1945)

[उत्तर, (i) 80 c.c., (ii) 40 c.c.]

(७) CO, CH_4 और N_2 के 10 c.c. मिश्रण का O_2 के साथ विस्फोट करने से आयतन में 6·5 c.c. की कमी हुई। शेष गैस को कास्टिक पोटाश में शोषित करने से 7 c.c. का फिर संकुचन हुआ। मिश्रण का संगठन मालूम करो। (उ० प्र० 1917)

[उत्तर, CO=5 c.c.
CH_4 =2 c.c.
N_2 =3 c.c,]

(८) C O, CH_4 और H_2 के एक मिश्रण के 100 c.c, में 300 c.c. O_2 मिलाकर विस्फोट किया गया। ठंडा किए जाने पर मिश्रण का आयतन 285 c.c. हो गया और KOH में शोषण के बाद 205 c.c. O_2 शेष रही। मिश्रण का संगठन निकालो। सभी गैसों के आयतन सामान्य दबाव और तापक्रम पर नापे गए हैं (कलकत्ता, 1941

[उत्तर, H_2=20c.c., CO=50 c.c.
CH_4=30 c.c.,]

(९) मेथन (CH_4) और एथिलीन के मिश्रण के 9 c.c. को 30 c.c. O_2 के साथ दहन किया गया। ठंडा करने पर आयतन 21 c.c. था। KOH के साथ प्रतिक्रिया करने पर गैस का आयतन केवल 7 c.c. रह गया। मिश्रण का संगठन मालूम करो।

(नागपुर 1949)

[उत्तर $CH_4=4$ c.c. $C_2H_4=5$ c.c.

(१०) H_2, CH_4, और N_2 के 60 c c मिश्रण का 80 c.c. O_2 के साथ विस्फोट किया गया। ठंडा करने पर बची हुई गैस का आयतन 51 c.c. था। KOH के साथ प्रतिक्रिया करने पर आयतन 23c c. रह गया। बची हुई O_2 का क्षारीय पायरोगैलोल से शोषण करने पर आयतन केवल 10 c.c. रह गया। मिश्रण का संगठन ज्ञात करो।

[उत्तर, $CH_4=28$ c c, $H_2=22$c c, $N_2=10$c.c.]

(११) कोल गैस की एक बानगी में $H_2=45\%$, $CH_4=30\%$, $CO=20\%$ और $C_2H_2 = 5\%$ है। इस बानगी के 100 c c. का 160 c c. O_2 के साथ विस्फोट किया गया। ठंडा करने के बाद प्राप्त गैस का संगठन मालूम करो। (पंजाब, 1913)

[उत्तर, $CO_2=60$ c.c. $O_2=$ 55 c c.]

(१२) N_2 O_2 CO, C_2H_2 के 150 c.c. मिश्रण को जलाने पर 0·027 ग्राम पानी मिला। यदि कुल एसिटिलीन जल गई हो तो मिश्रण में उसका प्रतिशत निकालो। (बम्बई, 1913)

[उत्तर, 22·4%]

(१३) किसी गैस के N.T.P. पर 150 c.c. को टिन के साथ गर्म करने पर टिन सलफाइड मिला। जो हाइड्रोजन प्राप्त हुई उसे CuO पर प्रवाहित करने पर CuO के भार में ·108 ग्राम की कमी हुई। यदि गैस का वाष्प घनत्व 17 हो तो सूत्र ज्ञात करो। [उत्तर, H_2S]

(१४) 30 c.c. अमोनिया गैस का विद्युत् चिनगारीके द्वारा विच्छेदन करने पर 60 c.c. गैसीय मिश्रण प्राप्त हुआ। इस मिश्रण को 45 c.c. O_2 के साथ जलाया गया। ठंडा करने पर प्राप्त गैस का आयतन 37·5 c.c. था। इन अंकों से अमोनिया का सूत्र मालूम करो।

[उत्तर, NH_3]

(१५) 30 c.c. नाइट्रिक ऑक्साइड का विच्छेदन करने पर 15 c.c. N_2 मिलती है। यदि गैस का वाष्प घनत्व 15 हो तो इसका सूत्र मालूम करो। यदि इस नाइट्रिक ऑक्साइड के 20 c.c. ,O_2 के 10 c.c. से संयोग करते हैं और प्राप्त नाइट्रोजन परौक्साइड का वाष्प-घनत्व 46 है तो नाइट्रोजन परौक्साइड का सूत्र मालूम करो।

[उत्तर, NO, N_2O_4]

(१६) निम्नलिखित अंकों से नाइट्रस ऑक्साइड का संगठन और सूत्र मालूम करो।

ली गई गैस का आयतन = 10 c.c.
हाइड्रोजन मिलाने पर आयतन = 28 c.c.
विस्फोट के बाद आयतद = 18 c.c.
ओक्सिजन मिलाने पर आयतन = 27 c.c.
द्वितीय विस्फोट के बाद आयतन = 15 c.c.

समस्त आयतन N.T.P. पर लिए गए हैं।

[उत्तर, N_2O]

(१७) किस गैसीय हाइड्रोकार्बन के 20 c.c. का 66 c.c. O_2 के साथ विस्फोट किया गया। ठंडा करने के बाद बची हुई गैसों का आयतन 56 c.c. था। KOH केघोल के साथ हिलाने पर आयतन 16 c.c. हो गया। हाइड्रोकार्बन का सूत्र ज्ञात करो।

[उत्तर, C_2H_2]

(१८) 10 c.c. हाइड्रोकार्बन को दहन करने के लिए 238 c.c.

हवा की आवश्यकता पड़ी। विस्फोट के बाद मिश्रण का आयतन 218 c.c. था। यदि हवा में 21% O_2 हो तो हाइड्रोकार्बन का सूत्र ज्ञात करो। [उत्तर, C_3H_8]

(१९) किसी गैसीय हाइड्रोकार्बन के 10 c.c. को O_2 के आधिक्य में जलाया गया। ठंडा करने पर आयतन में 25 c c. की कमी मिली। KOH के घोल से मिलाने पर 40 c c. की और कमी हो गई। हाइड्रोकार्बन का सूत्र निकालो। [उत्तर C_4H_6]

(२०) किसी हाइड्रोकार्बन के 25 c.c. का 85 c.c. O_2 के साथ विस्फोट किया। ठंडा करने पर आयतन में 37·5 c c की कमी देखी गई और KOH के घोल से हिलाने पर आयतन में 50 c c. की और कमी हो गई। हाइड्रोकार्बन का सूत्र निकालो। (पंजाब, १९४२)

[उत्तर, C_2H_2]

(२१) किसी गैसीय हाइड्रोकार्बन के 10 c.c. को 100 c c O_2 से मिलाकर विस्फोट किया गया। ठंडा करने पर बची हुई गैसों का आयतन 75 c.c. था और बाद में KOH के घोल से हिलाने पर आयतन 35 c.c. हो गया। गैस का अणुसूत्र ज्ञात करो। (दिल्ली, १९४६)

[उत्तर, C_4H_{10}]

(२२) किसी हाइड्रोकार्बन के 10 c c. को 40 c c. O_2 में मिलाकर मिश्रण को जलाया गया। विस्फोट के बाद ठंडा करने पर आयतन 30 c c मिला। KOH का घोल मिलाने पर आयतन 20 c.c. और कम हो गया। बाकी 10 c c. O_2 बच रही। हाइड्रोकार्बन का सूत्र मालूम करो। (राजपूताना, १९४१) [उत्तर, C_2H_4]

(२३) किसी हाइड्रोकार्बन के 20 c.c. का O_2 के आधिक्य में यूडियोमीटर में जिसके चारों तरफ जैकट में पानी की भाप प्रवाहित हो रही थी विस्फोट किया गया और आयतन नोट कर लिया गया। ठंडा

करने पर आयतन में 80 c c. की कमी मिली। KOH के घोल से हिलाने पर 80 c.c. आयतन और कम हो गया। हाइड्रोकार्बन का सूत्र मालूम करो। [उत्तर, C_4H_8]

संकेत:—ठंडा करने पर 80 c.c. आयतन में कमी पानी की भाप के द्रवित (Condense) होने के कारण होती है। इस प्रकार 80 c.c. पानी बनता है।

(२४) किसी गैसीय हाइड्रोकार्बन के 12 c. c. को 50 c. c. आक्सिज़न से मिलाया गया। विस्फोटन (Explosion) के बाद ठंडा करने पर मिश्रण का आयतन 32 c. c. मिला। अब इसको KOH के साथ हिलाने पर 24 c. c. गैस शोषित हो गई। हाइड्रोकार्बन का सूत्र मालूम करो। (Agra P. M. T. 1944)

[उत्तर; C_2H_6]

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 2 3	4 5 6	7 8 9
10	0000	0043	0086	0128	0170						5 9 13	17 21 26	30 34 38
						0212	0253	0294	0334	0374	4 8 12	16 20 24	28 32 36
11	0414	0453	0492	0531	0569						4 8 12	16 20 23	27 31 35
						0607	0645	0682	0719	0755	4 7 11	15 18 22	26 29 33
12	0792	0828	0864	0899	0934						3 7 11	14 18 21	25 28 32
						0969	1004	1038	1072	1106	3 7 10	14 17 20	24 27 31
13	1139	1173	1206	1239	1271						3 6 10	13 16 19	23 26 29
						1303	1335	1367	1399	1430	3 7 10	13 16 19	22 25 29
14	1461	1492	1523	1553	1584						3 6 9	12 15 19	22 25 28
						1614	1644	1673	1703	1732	3 6 9	12 14 17	20 23 26
15	1761	1790	1818	1847	1875						3 6 9	11 14 17	20 23 26
						1903	1931	1959	1987	2014	3 6 8	11 14 17	19 22 25
16	2041	2068	2095	2122	2148						3 6 8	11 14 16	19 22 24
						2175	2201	2227	2253	2279	3 5 8	10 13 16	18 21 23
17	2304	2330	2355	2380	2405						3 5 8	10 13 15	18 20 23
						2430	2455	2480	2504	2529	3 5 8	10 12 15	17 20 22
18	2553	2577	2601	2625	2648						2 5 7	9 12 14	17 19 21
						2672	2695	2718	2742	2765	2 4 7	9 11 14	16 18 21
19	2788	2810	2833	2856	2878						2 4 7	9 11 13	16 18 20
						2900	2923	2945	2967	2989	2 4 6	8 11 13	15 17 19
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2 4 6	8 11 13	15 17 19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2 4 6	8 10 12	14 16 18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2 4 6	8 10 12	14 15 17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2 4 6	7 9 11	13 15 17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2 4 5	7 9 11	12 14 16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2 3 5	7 9 10	12 14 15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2 3 5	7 8 10	11 13 15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2 3 5	6 8 9	11 13 14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2 3 5	6 8 9	11 12 14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1 3 4	6 7 9	10 12 13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1 3 4	6 7 9	10 11 13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1 3 4	6 7 8	10 11 12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1 3 4	5 7 8	9 11 12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1 3 4	5 6 8	9 10 12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1 3 4	5 6 8	9 10 11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1 2 4	5 6 7	9 10 11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1 2 4	5 6 7	8 10 11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1 2 3	5 6 7	8 9 10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1 2 3	5 6 7	8 9 10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1 2 3	4 5 7	8 9 10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1 2 3	4 5 6	8 9 10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1 2 3	4 5 6	7 8 9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1 2 3	4 5 6	7 8 9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1 2 3	4 5 6	7 8 9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1 2 3	4 5 6	7 8 9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1 2 3	4 5 6	7 8 9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1 2 3	4 5 6	7 7 8
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1 2 3	4 5 5	6 7 8
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1 2 3	4 4 5	6 7 8
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1 2 3	4 4 5	6 7 8

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	123	456	789
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1 2 3	3 4 5	6 7 8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1 2 3	3 4 5	6 7 8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1 2 2	3 4 5	6 7 7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1 2 2	3 4 5	6 6 7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1 2 2	3 4 5	6 6 7
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1 2 2	3 4 5	5 6 7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1 2 2	3 4 5	5 6 7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1 2 2	3 4 5	5 6 7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1 1 2	3 4 4	5 6 7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1 1 2	3 4 4	5 6 7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1 1 2	3 4 4	5 6 6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1 1 2	3 4 4	5 6 6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1 1 2	3 3 4	5 6 6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1 1 2	3 3 4	5 5 6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1 1 2	3 3 4	5 5 6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1 1 2	3 3 4	5 5 6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1 1 2	3 3 4	5 5 6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1 1 2	3 3 4	5 5 6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1 1 2	3 3 4	4 5 6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1 1 2	2 3 4	4 5 6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1 1 2	2 3 4	4 5 6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1 1 2	2 3 4	4 5 5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1 1 2	2 3 4	4 5 5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1 1 2	2 3 4	4 5 5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1 1 2	2 3 4	4 5 5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1 1 2	2 3 3	4 5 5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1 1 2	2 3 3	4 5 5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1 1 2	2 3 3	4 4 5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1 1 2	2 3 3	4 4 5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1 1 2	2 3 3	4 4 5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1 1 2	2 3 3	4 4 5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1 1 2	2 3 3	4 4 5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1 1 2	2 3 3	4 4 5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1 1 2	2 3 3	4 4 5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1 1 2	2 3 3	4 4 5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1 1 2	2 3 3	4 4 5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1 1 2	2 3 3	4 4 5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0 1 1	2 2 3	3 4 4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0 1 1	2 2 3	3 4 4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0 1 1	2 2 3	3 4 4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0 1 1	2 2 3	3 4 4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0 1 1	2 2 3	3 4 4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0 1 1	2 2 3	3 4 4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0 1 1	2 2 3	3 4 4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0 1 1	2 2 3	3 4 4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0 1 1	2 2 3	3 4 4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0 1 1	2 2 3	3 4 4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0 1 1	2 2 3	3 4 4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0 1 1	2 2 3	3 4 4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0 1 1	2 2 3	3 3 4

ANTILOGARITHMS

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	123	456	789
·00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0 0 1	1 1 1	2 2 2
01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045	0 0 1	1 1 1	2 2 2
·02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069	0 0 1	1 1 1	2 2 2
·03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094	0 0 1	1 1 1	2 2 2
·04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0 1 1	1 1 2	2 2 2
·05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0 1 1	1 1 2	2 2 2
·06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0 1 1	1 1 2	2 2 2
·07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0 1 1	1 1 2	2 2 2
·08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0 1 1	1 1 2	2 2 3
·09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256	0 1 1	1 1 2	2 2 3
·10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0 1 1	1 1 2	2 2 3
·11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0 1 1	1 2 2	2 2 3
·12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0 1 1	1 2 2	2 2 3
13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0 1 1	1 2 2	2 3 3
·14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0 1 1	1 2 2	2 3 3
·15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0 1 1	1 2 2	2 3 3
·16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0 1 1	1 2 2	2 3 3
·17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0 1 1	1 2 2	2 3 3
18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0 1 1	1 2 2	2 3 3
·19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0 1 1	1 2 2	3 3 3
·20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0 1 1	1 2 2	3 3 3
·21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0 1 1	2 2 2	3 3 3
·22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0 1 1	2 2 2	3 3 3
·23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0 1 1	2 2 2	3 3 4
·24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0 1 1	2 2 2	3 3 4
·25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0 1 1	2 2 2	3 3 4
·26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0 1 1	2 2 3	3 3 4
·27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0 1 1	2 2 3	3 3 4
·28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0 1 1	2 2 3	3 4 4
·29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0 1 1	2 2 3	3 4 4
·30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0 1 1	2 2 3	3 4 4
·31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0 1 1	2 2 3	3 4 4
·32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0 1 1	2 2 3	3 4 4
·33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0 1 1	2 2 3	3 4 4
·34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1 1 2	2 3 3	4 4 5
·35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1 1 2	2 3 3	4 4 5
·36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1 1 2	2 3 3	4 4 5
·37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1 1 2	2 3 3	4 4 5
·38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1 1 2	2 3 3	4 4 5
·39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1 1 2	2 3 3	4 5 5
·40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1 1 2	2 3 4	4 5 5
·41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1 1 2	2 3 4	4 5 5
·42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1 1 2	2 3 4	4 5 6
·43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1 1 2	3 3 4	4 5 6
·44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1 1 2	3 3 4	4 5 6
·45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1 1 2	3 3 4	5 5 6
·46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1 1 2	3 3 4	5 5 6
·47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1 1 2	3 3 4	5 5 6
·48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1 1 2	3 4 4	5 6 6
·49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1 1 2	3 4 4	5 6 6

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
·50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
·51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
·52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
·53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
·54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
·55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
·56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	3	3	4	[illegible]	6	7	8
·57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
·58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
·59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
·60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
·61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
·62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256	1	2	3	4	5	6	7	8	9
·63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
·64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
·65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
·66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1	2	3	4	5	6	7	9	10
·67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	3	4	5	7	8	9	10
·68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1	2	3	4	6	7	8	9	10
·69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	3	5	6	7	8	9	10
·70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	4	5	6	7	8	9	11
·71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
·72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
·73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
·74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
·75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741	1	3	4	5	7	8	9	10	12
·76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875	1	3	4	5	7	[illegible]	9	11	12
·77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012	1	3	4	5	7	8	10	11	12
·78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152	1	3	4	6	7	8	10	11	13
·79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295	1	3	4	6	7	9	10	11	13
·80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442	1	3	4	6	7	9	10	12	13
·81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592	2	3	5	6	8	9	11	12	14
·82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745	2	3	5	6	8	9	11	12	14
·83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902	2	3	5	6	8	9	11	13	14
·84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063	2	3	5	6	8	10	11	13	15
·85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228	2	3	5	7	8	10	12	13	15
·86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396	2	3	5	7	8	10	12	13	15
·87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568	2	3	5	7	9	10	12	14	16
·88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745	2	4	5	7	9	11	12	14	16
·89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925	2	4	5	7	9	11	13	14	16
·90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110	2	4	6	7	9	11	13	15	17
·91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299	2	4	6	8	9	11	13	15	17
·92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492	2	4	6	8	10	12	14	15	17
·93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690	2	4	6	8	10	12	14	16	18
·94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892	2	4	6	8	10	12	14	16	18
·95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099	2	4	6	8	10	12	15	17	19
·96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311	2	4	6	8	11	13	15	17	19
·97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528	2	4	7	9	11	13	15	17	20
·98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750	2	4	7	9	11	13	16	18	20
·99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977	2	5	7	9	11	14	16	18	20