




普通高等教育“十五”国家级规划教材配套参考书

WUJI HUAXUE XITI JIEDA

无机化学习题解答

宋天佑 徐家宁 史苏华 编

 高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材配套参考书

无机化学习题解答

宋天佑 徐家宁 史苏华 编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十五”国家级规划教材《无机化学》(由吉林大学、武汉大学、南开大学编写)的配套参考书。全书共 24 章,详细解答了《无机化学》教材第 2~25 章的全部习题,可以作为使用该教材教学的参考用书。由于采用逐一写出题目后一一解答的编写体例,故本书在使用上具有独立性,可以作为各类高校无机化学教师和学生的习题集,也适于高年级学生考研复习之用。

本书可作为高等学校化学类各专业的无机化学和普通化学课程的辅助教材,也可作为其他高等学校相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学习题解答 / 宋天佑, 徐家宁, 史苏华编.

—北京:高等教育出版社, 2006.5

ISBN 7-04-019582-8

I. 无... II. ①宋...②徐...③史... III. 无机化学—高等学校—解题 IV. O61-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 052590 号

策划编辑 岳廷陆 责任编辑 董淑静 封面设计 刘晓翔 责任绘图 尹文军
版式设计 王莹 责任校对 张颖 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000
经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京印刷集团有限责任公司印刷二厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×960 1/16
印 张 22
字 数 410 000

版 次 2006 年 5 月第 1 版
印 次 2006 年 5 月第 1 次印刷
定 价 23.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19582-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118



前 言

做习题是学好一门课程的重要环节。教材应附有一定数量的习题,用以巩固学过的知识,检验对知识掌握的程度。《无机化学习题解答》是普通高等教育“十五”国家级规划教材《无机化学》(吉林大学宋天佑主编)的配套参考书。本书详细解答了教材第2~25章全部习题。为使章节的序号与《无机化学》教材相对应以方便读者使用,本书不设第1章,从第2章起各章的序号及内容均与《无机化学》教材完全一致。

本书将《无机化学》教材的习题完整列出,然后给以解答。这种做法提高了本书的独立性和适用性,使之不仅仅是配套参考书,而且还是一本知识内容较全面、习题难度适中的习题课教材。

编写《无机化学》时,我们曾注意提高教材的可读性和可讲授性。在编写本习题解答的过程中,我们也尽量给出解题的完整思路和详细步骤,以求在更大程度上有助于读者理解无机化学的基本内容。

至于习题解答对于学生的学习会起到怎样的作用,则因人而异。我们希望学生在认真学习和复习课堂讲授的知识内容以后,再由浅入深地完成习题,以检验和巩固学过的知识。每做一道习题,就要有一定的收获,就要对问题的理解得到进一步的加深。从这个意义上说,完成习题是对课堂学习的一种补充。无机化学习题解答版本很多,每一种水平较高的习题解答都可以起到上述作用。初学者能够正确地选用一两本进行学习就可以了,千万不要陷入“题海”。从习题解答上抄写来应付作业,当然是最不可取的做法,相信我们的学生不会这样做。

本书由宋天佑主编。参加编写工作的人员有宋天佑(第2、3、4、5、8、9、10、13和14章),史苏华(第6、7、16、17、19、20、22和23章),徐家宁(第11、12、15、18、21、24和25章)。最后由宋天佑进行补充、修改、整理和定稿。无机化学教学组的教师张萍、于杰辉、张丽荣、井淑波,进修教师马奎蓉,研究生王莉、任红、石晶、赵杰、田振芬等为本书的编写做了许多有益的工作。武汉大学程功臻老师一直关心本书的编写,曾在百忙之中对第20和22章部分习题的解答给以指导。高等教育出版社岳延陆编审等对于本书的出版给予了大力支持和帮助。对此我们谨表示由衷的感谢。

《无机化学》教材出版以后,许多读者通过不同渠道向我们表示了对于配套习题解答的关心和需求之意。这在很大程度上坚定了我们编写《无机化学习题解答》一书的意愿,使本习题解答能在《无机化学》教材出版一年后与读者见面。

在这里对关心和支持我们工作的广大读者致以谢意。

由于水平所限,错讹之处难免,敬请同行和读者斧正。

宋天佑

2006年1月17日

于吉林大学

目 录

第 2 章	化学基础知识	1
第 3 章	化学热力学基础	15
第 4 章	化学反应速率	30
第 5 章	化学平衡	47
第 6 章	原子结构与元素周期律	64
第 7 章	化学键理论概述	83
第 8 章	酸碱解离平衡	104
第 9 章	沉淀溶解平衡	122
第 10 章	氧化还原反应	133
第 11 章	配位化合物	155
第 12 章	碱金属和碱土金属	181
第 13 章	硼族元素	193
第 14 章	碳族元素	215
第 15 章	氮族元素	233
第 16 章	氧族元素	248
第 17 章	卤素	264
第 18 章	氢和稀有气体	279
第 19 章	铜副族和锌副族	288
第 20 章	铬副族和锰副族	298
第 21 章	铁系元素和铂系元素	307
第 22 章	钛副族和钒副族	319
第 23 章	无机物性质规律讨论	324
第 24 章	镧系元素和锕系元素	331
第 25 章	无机化学新兴领域简介	335

第2章 化学基础知识

2-1 正确理解“理想气体”概念。理想气体状态方程的应用条件是什么？实际气体的 van der Waals 方程是怎样推导出来的？

解：理想气体是人们以实际气体为根据抽象而成的气体模型。在抽象的过程中忽略气体分子的自身体积，将分子看成是有质量的几何点；并假设分子间没有相互吸引，分子之间及分子与器壁之间发生的碰撞是完全弹性的，不造成动能损失。这种气体称为理想气体。

在高温低压下，实际气体接近理想气体，故理想气体状态方程

$$pV = nRT$$

的应用条件应是高温且低压。

荷兰科学家 van der Waals 考虑到实际气体分子自身体积和分子间作用力，将理想气体还原回实际气体，从而使其状态方程得以修正，得到实际气体的状态方程，即 van der Waals 方程。

实际气体分子相互间的引力不容忽视，所以实际气体分子碰撞器壁时所产生的压力要比理想气体所产生的压力小。若用 $p_{\text{内}}$ 表示理想气体的压强 p 与实际气体的压强 $p_{\text{实}}$ 的差，则有

$$p = p_{\text{实}} + p_{\text{内}} \quad (2-1-1)$$

$p_{\text{内}}$ 是内层分子对碰撞器壁分子的吸引力造成的，它和内部分子的密度成正比，也和碰撞器壁的外层分子的密度成正比，即

$$p_{\text{内}} \propto \left(\frac{n_{\text{外}}}{V}\right) \left(\frac{n_{\text{内}}}{V}\right)$$

而这两部分分子共处于同一容器中密度一致，故有

$$p_{\text{内}} \propto \left(\frac{n}{V}\right)^2$$

令比例系数为 a ，上式可以写成

$$p_{\text{内}} = a \left(\frac{n}{V}\right)^2 \quad (2-1-2)$$

将式(2-1-2)代入式(2-1-1)中，理想气体的压强 p 与实际气体的压强 $p_{\text{实}}$ 的

关系可以表示成

$$p = p_{\text{实}} + a \left(\frac{n}{V} \right)^2 \quad (2-1-3)$$

实际气体分子自身的体积不容忽视,只有从实际气体的体积 $V_{\text{实}}$ 中减去其分子自身的体积,才能得到相当于理想气体的体积的自由空间——既可以任凭气体分子运动,又可以无限压缩的体积。设气体分子的体积为 $b \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$,对于 $n \text{ mol}$ 实际气体则有

$$V = V_{\text{实}} - nb \quad (2-1-4)$$

将式(2-1-3)和式(2-1-4)代入理想气体状态方程 $pV = nRT$ 中,得

$$\left[p_{\text{实}} + a \left(\frac{n}{V} \right)^2 \right] (V_{\text{实}} - nb) = nRT$$

这就是 van der Waals 方程。对 1 mol 实际气体,即 $n=1$ 时, van der Waals 方程可以写成

$$\left(p_{\text{实}} + \frac{a}{V_{m,\text{实}}^2} \right) (V_{m,\text{实}} - b) = RT$$

式中 $V_{m,\text{实}}$ 表示实际气体的摩尔体积。

2-2 结合图 2-2-1 到图 2-2-4,正确理解气体分子的速率分布和能量分布的规律。

解:处于同一体系为数众多的气体分子,相互碰撞,运动速率不同,而且在不断改变,尽管如此,速率分布有一定规律。英国物理学家 Maxwell 用概率论及统计力学的方法推出了计算气体分子运动速率分布公式,讨论了分子运动速率的分布。研究结果表明,速率极大和速率极小的分子都较少,而速率居中的分子较多。

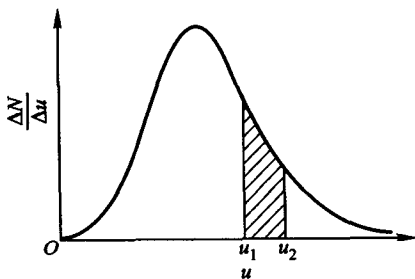


图 2-2-1 气体分子的速率分布

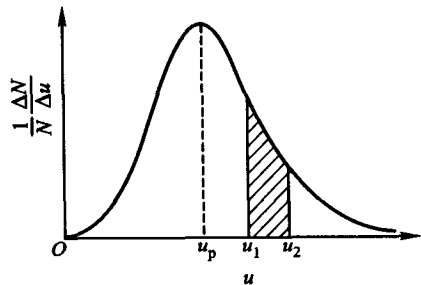


图 2-2-2 气体分子的速率分布最概然速率

图 2-2-1 表明了这一结果。纵坐标 $\frac{\Delta N}{\Delta u}$ 表示单位速率间隔内分子的数目；横坐标 u 代表分子的运动速率。曲线下覆盖的面积为分子的数目 N ，阴影部分的面积为速率在 u_1 和 u_2 之间的气体分子的数目。从图中可以看出，速率大的分子数目少，速率小的分子数目也少，速率居中的分子数目较多。

图 2-2-1 的不足之处在于，面积代表的是一个绝对的数量 N ，因而气体分子总数不同时，图形会有不同。若将纵坐标改为 $\frac{1}{N} \frac{\Delta N}{\Delta u}$ ，其中 N 为分子总数；对 u 作图，见图 2-2-2，则曲线下覆盖的面积，将是某速率区间内分子数占分子总数的分数 $\frac{\Delta N}{N}$ 。而曲线下 u_1 和 u_2 之间阴影部分的面积表示速率处于 u_1 和 u_2 之间的气体分子的数目占分子总数的分数。由此可知整个曲线下覆盖的总面积为单位 1。

这种分布曲线的优点在于，只要温度相同，无论气体分子的总数怎样变化，曲线形状保持一致。

图 2-2-2 中，曲线最高点所对应的速率用 u_p 表示，这表明气体分子中具有 u_p 这种速率的分子数目最多，在分子总数中占有的比例最大， u_p 称为最概然速率。意思是概率最大。

温度升高时，气体分子的运动速率普遍增大，具有较高速率的分子的分数必然提高，分布曲线右移。最概然速率 u_p 也随温度的升高而变大，但具有这种速率的分子的分数却变小了。由于曲线下覆盖的面积为定值，故高度降低的同时，曲线覆盖面加宽，整个曲线变得较为平坦。图 2-2-3 给出了两种不同温度下的气体分子运动速率的分布曲线。

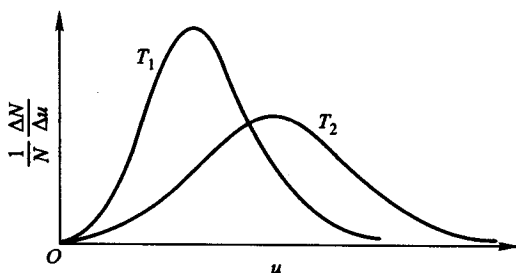


图 2-2-3 不同温度时的速率分布曲线 ($T_2 > T_1$)

气体分子的能量受其速率的影响，因此有着与速率分布相类似的分布，见图 2-2-4 曲线。与速率分布不同的是能量分布曲线上升阶段较陡，下降的后一阶段趋于平缓。此分布图是在三维空间的讨论结果。

在无机化学中,常用近似公式来计算和讨论能量的分布:

$$f_{E_0} = \frac{N_i}{N} = e^{-\frac{E_0}{RT}}$$

式中 E_0 是某个特定的能量数值, $\frac{N_i}{N}$ 表示能量大于 E_0 的分子占所有分子的分数的,从式中可以看出, E_0 越大, f_{E_0} 越小。

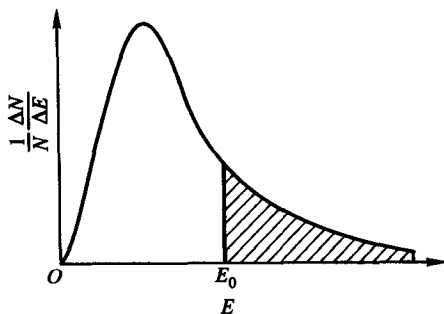


图 2-2-4 气体分子的能量分布

2-3 溶液的浓度有哪些常用的表示方法? 试比较各种浓度表示方法在实际使用中的优缺点。对于稀的水溶液,试推导其质量摩尔浓度和溶质的摩尔分数的关系式。

解: 经常用到的溶液浓度表示方法有如下 4 种。

(1) 物质的量浓度 溶液中所含溶质 B 的物质的量,除以溶液的体积,称为 B 的物质的量浓度,可简称为浓度,用符号 c 表示。其单位为 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$,有时也用 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 质量摩尔浓度 溶液中所含溶质 B 的物质的量 n_B ,除以溶剂的质量 m_A ,称为 B 的质量摩尔浓度,用符号 b_B 或 m_B 表示。其单位为 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$,

$$b_B = \frac{n_B}{m_A}$$

(3) 质量分数 物质 B 的质量 m_B 与混合物的质量 m 之比称为物质 B 的质量分数。质量分数用符号 w 表示,即

$$w_B = \frac{m_B}{m}$$

对于溶液而言, m_B 代表溶质 B 的质量, m 代表溶液的质量。

(4) 摩尔分数 溶液中溶质的物质的量 $n_{\text{质}}$ 与溶液的总物质的量 $n_{\text{液}}$ 之比叫做溶质的摩尔分数,用符号 $x_{\text{质}}$ 表示,即

$$x_{\text{质}} = \frac{n_{\text{质}}}{n_{\text{液}}} \quad \text{或} \quad x_{\text{质}} = \frac{n_{\text{质}}}{n_{\text{质}} + n_{\text{剂}}}$$

同样,可以定义溶剂的摩尔分数为

$$x_{\text{剂}} = \frac{n_{\text{剂}}}{n_{\text{液}}} \quad \text{或} \quad x_{\text{剂}} = \frac{n_{\text{剂}}}{n_{\text{质}} + n_{\text{剂}}}$$

溶液中溶质和溶剂的摩尔分数之和等于 1,即

$$x_{\text{质}} + x_{\text{剂}} = 1$$

物质的量浓度是化学实验和计算中极其重要的一种浓度表示方法。在温度不变的情况下,配制溶液或按要求转移溶液时,使用物质的量浓度十分方便,因为实验室中容量瓶、移液管、滴定管等玻璃仪器都是常用的。但是物质的量浓度会受到温度变化的影响。

质量摩尔浓度最大的优点是会受到温度变化的影响。但使用移液管和滴定管时,必须知道溶液的密度才能计算出所转移溶液中溶质的物质的量。

当人们更注重溶液中溶质的质量而不是其物质的量时,质量分数这种溶液浓度表示方法就显得十分有意义;但是当人们注重的是溶质的物质的量时,质量分数应用起来就不十分方便。

摩尔分数既不体现溶液的质量,又不体现溶液的体积,不是实验中常用的浓度表示方法。这种浓度的意义在于可以很好地从溶质和溶剂的物质的量的关系方面表示溶液的组成。

对于稀溶液有 $x_{\text{剂}} \gg x_{\text{质}}$, 所以近似有 $x_{\text{剂}} + x_{\text{质}} = x_{\text{剂}}$, 所以下式

$$x_{\text{质}} = \frac{n_{\text{质}}}{n_{\text{质}} + n_{\text{剂}}}$$

可以变化为

$$x_{\text{质}} \approx \frac{n_{\text{质}}}{n_{\text{剂}}}$$

对于水溶液,当 $n_{\text{剂}} = \frac{1\,000\text{ g}}{18\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 55.56\text{ mol}$ 时,其所对应的 $n_{\text{质}}$ 正是 1 000 g 溶剂中所含的溶质的物质的量。所以 $n_{\text{质}}$ 在数值上等于溶质的质量摩尔浓度 $b_{\text{质}}$, 于是有关系式

$$x_{\text{质}} = \frac{b_{\text{质}} / (\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1})}{55.56}$$

2-4 正确理解“饱和蒸气压”概念。为什么饱和蒸气压与温度有关而与液体上方空间的大小无关?

解: 将纯溶剂置于密闭容器中,它将蒸发,液面上方的空间被溶剂分子占据,随着上方空间里溶剂分子个数的增加,蒸气密度增加。当蒸气分子与液面撞击时,则被捕获而进入液体中,这个过程叫凝聚。当凝聚速率和蒸发速率相等时,假设此时两种速率均为单位时间内 N_1 个分子,液面上方空间的蒸气密度不再改变,体系达到了一种动态平衡。此时蒸气压强不再改变,这时的蒸气为饱和蒸气,饱和蒸气所产生的压强叫做该温度下的饱和蒸气压,用 p^* 表示。

若温度升高,蒸发速率会加快。只有当凝聚速率和蒸发速率相等且均为单位时间内 N_2 个分子时,才能实现动态平衡。此时必有 $N_2 > N_1$, 故这时的饱和

蒸气压要高些。

所以说饱和蒸气压和温度有关,对同一液体来说,若温度高,蒸气压就大,温度低,则蒸气压就小。

这种平衡属于液相和气相之间的相平衡:



达到平衡后,若因为使液体上方空间变大而蒸气压小于 p^* ,则平衡右移,液体汽化,直到蒸气压等于 p^* 时,重新实现平衡;若液体上方空间变小而使蒸气压大于 p^* ,则平衡左移,气体液化再达到平衡。所以液体的饱和蒸气压与液体上方空间的大小无关。

2-5 晶体与非晶体的基本区别是什么?按晶体中有序分布的质点的不同,晶体可以分成哪几种类型,每种类型的晶体其物理性质的特点如何?

解:对固体的结构测定表明,有的固体其质点的排列是有规律的,这类固体叫做晶体;有的固体其质点的排列则毫无规律,称之为非晶体,也叫做无定形体。

非晶体往往是在温度突然下降时凝固而成的,这时物质的质点来不及进行有规则的排列,或者说来不及形成晶体,例如玻璃、石蜡等。所以非晶体属于不稳定的固体,有逐渐结晶化的趋势。如玻璃时间长了以后会变得浑浊不透明,这就是逐渐晶化的结果。自然界中的固体绝大多数是晶体,只有极少数是非晶体。

根据晶体中那些排列有序的质点的性质,可以将晶体分成四种基本类型:分子晶体、离子晶体、原子晶体和金属晶体。

分子晶体 分子晶体中有序排列的质点是分子。例如,在干冰中有序排列的质点就是 CO_2 分子。在分子晶体中,质点之间的结合力属于分子间力,这种力远小于离子键和共价键的结合作用,所以分子晶体一般来说熔点低,较低的温度下才形成分子晶体,而在室温下多以气体形式存在。这种晶体导电性能一般较差,因为电子从一个分子传导到另一个分子很不容易。

离子晶体 离子晶体中有序排列的质点是正离子和负离子。例如,在 CaCO_3 晶体中有序排列的质点就是 Ca^{2+} 和 CO_3^{2-} 。正、负离子间的静电引力,即离子键的作用是很强的,因此离子晶体的熔点通常要高出室温很多。在晶体中,离子不能自由移动,所以这些离子晶体导电性差。然而当融化时,它们成为很好的导体。

原子晶体 原子晶体中有序排列的质点是原子。例如,在金刚石中有序排列的质点就是碳原子。每个碳原子通过共享电子对分别与相邻的四个碳原子键联,许许多多的碳原子相互连接得到一个巨大的连锁结构。在任何一种原子晶体中,原子间都是以共价键相互连接的。由于共价键十分强,所以这类物质具有

很高的熔点,十分坚硬,通常导电性差。

金属晶体 金属晶体中有序排列的质点是金属原子或金属离子。金属离子和原子有序地排列与沉浸在由失去的外层电子所形成的电子的“海洋”中。例如,在金属钠晶体中,无数的钠原子失去其外层电子而形成钠离子,这些钠离子和部分钠原子形成有序的排列,并由“海洋”中的电子牢牢地吸引在一起。金属晶体的某些性质相差很大。例如,钠的熔点很低,质地很软,可用刀子切;而钨具有很高的熔点,而且非常硬。这些差异可以由金属键的强弱来加以说明。

2-6 制备 5.00 dm^3 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的氢溴酸,问需要 100 kPa , 300 K 情况下的 HBr 气体体积为多少?

解:先求出氢溴酸中 HBr 的物质的量。

由 $c = \frac{n}{V}$, 所以 $n = cV$ 。

将题设中 $c = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 和 $V = 5.00 \text{ dm}^3$ 代入后, 求出:

$$\begin{aligned} n &= 0.5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times 5.00 \text{ dm}^3 \\ &= 2.50 \text{ mol} \end{aligned}$$

由理想气体的状态方程

$$pV = nRT$$

得

$$V = \frac{nRT}{p}$$

将 $T = 300 \text{ K}$, $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $p = 100 \text{ kPa}$ 和 $n = 2.50 \text{ mol}$ 代入, 求出

$$\begin{aligned} V &= \frac{2.50 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 300 \text{ K}}{100\,000 \text{ Pa}} \\ &= 0.0624 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

或者说 $V = 62.4 \text{ dm}^3$ 。

2-7 已知 1 dm^3 某气体在标准状况下质量为 2.86 g , 试计算该气体的平均相对分子质量, 并计算其在 17°C 和 207 kPa 时的密度。

解:先计算气体的物质的量 n 。

由理想气体状态方程

$$pV = nRT$$

得

$$n = \frac{pV}{RT}$$

依题意 $V = 1 \text{ dm}^3 = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, $p = 101.3 \text{ kPa}$, $T = 273 \text{ K}$, 代入求出 n :

$$n = \frac{101.3 \text{ kPa} \times 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 273 \text{ K}}$$

$$= 0.04463 \text{ mol}$$

由题设知 0.04463 mol 气体的质量为 2.86 g, 故该气体的摩尔质量为

$$M = \frac{2.86 \text{ g}}{0.04463 \text{ mol}} = 64.1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

即平均相对分子质量为 64.1。

设 17 °C 和 207 kPa 时气体的体积为 V , 由理想气体的状态方程知:

$$V = \frac{nRT}{p}$$

代入题设条件

$$V = \frac{0.04463 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (273 + 17) \text{ K}}{207000 \text{ Pa}}$$

$$= 5.198 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

即气体的体积为 0.5198 dm³。

设气体的密度为 ρ , 则

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2.86 \text{ g}}{0.5198 \text{ dm}^3}$$

$$= 5.50 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$$

2-8 有一容积为 30 dm³ 的高压气瓶, 可以耐压 2.5×10^4 kPa。试求在 298 K 时可装多少千克 O₂ 而不致发生危险。

解: 先求出可以盛装的氧气的物质的量 n 。由理想气体的状态方程

$$pV = nRT$$

得

$$n = \frac{pV}{RT}$$

将题设条件代入, 即

$$p = 2.5 \times 10^7 \text{ Pa}, V = 30 \times 10^{-3} \text{ m}^3, T = 298 \text{ K}$$

故

$$n = \frac{2.5 \times 10^7 \text{ Pa} \times 30 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298 \text{ K}}$$

$$= 302.7 \text{ mol}$$

因为氧气的摩尔质量 M 为 32 g·mol⁻¹, 故氧气的质量

$$m = Mn$$

$$\begin{aligned}
 &= 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 302.7 \text{ mol} \\
 &= 9.69 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

即该气瓶可盛装 9.69 kg 氧气而不致发生危险。

2-9 在温度和压强相同时,充满烧瓶的气体 A 为 0.06 g,而充满相同容积的烧瓶的 O_2 为 0.48 g。试求 A 气体的相对分子质量。若 O_2 从瓶中扩散出一半需要 100 s 时间,求 A 气体从瓶中扩散出一半需要的时间。

解: 根据 Avogadro 定律,当 T 、 p 一定时,气体的体积与物质的量成正比,即 $V \propto n$,题设中容器的体积相同,即气体的体积相同,故知 A 气体的物质的量与氧气的物质的量相等,即 $n_{\text{O}_2} = n_A$,故

$$\frac{0.48 \text{ g}}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{0.06 \text{ g}}{M_A}$$

求得 $M_A = 4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。故 A 气体的相对分子质量为 4。

根据气体扩散定律,气体的扩散速度与其相对分子质量的平方根成反比,即

$$\frac{u_A}{u_{\text{O}_2}} = \sqrt{\frac{M_r(\text{O}_2)}{M_r(A)}}$$

故

$$\begin{aligned}
 \frac{u_A}{u_{\text{O}_2}} &= \sqrt{\frac{32}{4}} \\
 &= 2.83
 \end{aligned}$$

即 A 气体的扩散速度是氧气的 2.83 倍,依题设氧气的扩散用 100 s 时间,所以 A 气体扩散用的时间为

$$\frac{100 \text{ s}}{2.83} = 35 \text{ s}$$

2-10 410 K 时某容器内装有 0.30 mol N_2 , 0.10 mol O_2 和 0.10 mol He, 当混合气体的总压为 100 kPa 时 He 的分压是多少? N_2 的分体积是多少?

解: 先求出组分气体 He 的摩尔分数

$$\begin{aligned}
 n &= \sum_i n_i = 0.30 \text{ mol} + 0.10 \text{ mol} + 0.10 \text{ mol} \\
 &= 0.50 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_{\text{He}} &= \frac{n_{\text{He}}}{n} = \frac{0.10 \text{ mol}}{0.50 \text{ mol}} \\
 &= \frac{1}{5}
 \end{aligned}$$

$$p_i = p_{\text{总}} x_i$$

$$= 100 \text{ kPa} \times \frac{1}{5}$$

$$= 20 \text{ kPa}$$

即 He 的分压为 $p_{\text{He}} = 20 \text{ kPa}$ 。

由公式 $p_{\text{总}} V_i = n_i RT$ 得

$$V_i = \frac{n_i RT}{p_{\text{总}}}$$

将题设条件 $n_{\text{N}_2} = 0.30 \text{ mol}$, $T = 410 \text{ K}$ 和 $p_{\text{总}} = 100 \text{ kPa}$ 代入公式即可求出

$$V_{\text{N}_2} = \frac{0.30 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 410 \text{ K}}{100 \text{ 000 Pa}}$$

$$= 10 \text{ dm}^3$$

即 N_2 的分体积为 10 dm^3 。

2-11 在一定温度下,将 0.66 kPa 的氮气 3.0 dm^3 和 1.00 kPa 的氢气 1.0 dm^3 混合在 2.0 dm^3 的密闭容器中。假定混合前后温度不变,则混合气体的总压为多少?

解:先求混合气体中氮气组分的分压。

依题意,某温度下 $p_1 = 0.66 \text{ kPa}$, $V_1 = 3.0 \text{ dm}^3$,可以求出在该温度下氮气占有混合气体总体积 $V_2 = 2.0 \text{ dm}^3$ 时所具有的压强 p_2 。

根据 Boyle 定律, n, T 一定时

$$V \propto \frac{1}{p}$$

即

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

故

$$p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{0.66 \text{ kPa} \times 3.0 \text{ dm}^3}{2.0 \text{ dm}^3}$$

$$= 0.99 \text{ kPa}$$

按分压的定义,这就是混合气体中氮气的分压 p_{N_2} ,同理可以求出混合气体中氢气的分压, $p_{\text{H}_2} = 0.50 \text{ kPa}$ 。由分压定律公式 $p_{\text{总}} = \sum p_i$,故

$$p_{\text{总}} = p_{\text{N}_2} + p_{\text{H}_2} = 0.99 \text{ kPa} + 0.50 \text{ kPa}$$

$$= 1.49 \text{ kPa}$$

2-12 在 100 kPa 和 298 K 时,有含饱和水蒸气的空气 3.47 dm^3 ,如将其中的水除去,则干燥空气的体积为 3.36 dm^3 。试求在此温度下水的饱和蒸气压。

解:含饱和水蒸气的空气是一种混合气体,它遵循分压定律。