

电视大学 职工大学 高等教育自学考试

王振山 编著
赵廷富

普通化学 解题思路

科学出版社

内 容 简 介

本书是根据工科大专《普通化学教学大纲》并结合电视大学教学实际编写的。按教学进度分为九章,每章由主要内容、例题分析、练习题、自我检查题及答案五部分组成。首先扼要讲述与本章内容有关的概念,然后结合典型例题,详述解题思路和计算方法,随后列出供学员自己练习的作业题,因而特别适用于学员自学及阶段复习。

本书既可供电视大学、职工大学、高等教育自学考试的学员使用,亦可供函授大学、夜大学等在校学员和教师参考。

电视大学 职工大学 高等教育自学考试

普通化学解题思路

王振山 赵廷宣 编著

责任编辑 徐一帆 林娜

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1988年5月第 一 版 开本:787×1092 1/32

1988年5月第一次印刷 印张:10

印数:0001—12,020 字数:229,000

ISBN 7-03-000257-1/O · 70

定价:2.60 元

前 言

作者在多年教学实践中感到,电视大学的多数学员,在学习“普通化学”这门课程时,经常是讲课能够听懂,教材能够看懂,可就是遇到习题发生了困难。为了帮助学员们提高解题能力,我们根据工科三年制大专“普通化学教学大纲”的要求,参考了国内外常见的教材,在总结自己教学经验的基础上,编写了“普通化学解题思路”。

本书的主要内容包括化学反应速率与化学平衡,电离平衡,沉淀溶解平衡,氧化还原反应与电化学,原子结构,分子结构与晶体结构,单质与无机化合物,配位化合物,有机化合物等。重点放在对典型例题的解题思路,此外,还包括有主要内容、练习题和自我检查题等。

本书的前四章由北京广播电视大学赵廷富同志编写,北京教育学院东城分院王振山同志编写了后五章。全书初稿写成后承蒙北京教育学院史凤昆副教授和刘尧老师审阅,并提出了许多宝贵意见。作者对他们热情支持和帮助表示深切的谢意。

编写这样的教学参考书,对于我们来说还是第一次,由于水平所限,书中不全面、不妥当之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编著者

1987年4月

目 录

第一章 物质的聚集状态与气体定律	1
一 主要内容	1
二 例题分析	3
三 练习题	14
四 自我检查题	15
第二章 化学反应速率与化学平衡	18
一 主要内容	18
二 例题分析	32
三 练习题	56
四 自我检查题	59
第三章 电解质溶液	64
一 主要内容	64
二 例题分析	76
三 练习题	100
四 自我检查题	101
第四章 氧化还原反应与电化学	106
一 主要内容	106
二 例题分析	122
三 练习题	137
四 自我检查题	139
第五章 原子结构与周期系	143
一 主要内容	143
二 例题分析	157
三 练习题	166
四 自我检查题	169
第六章 化学键与晶体结构	172

一 主要内容	172
二 例题分析	180
三 练习题	190
四 自我检查题	194
第七章 单质与无机化合物	197
一 主要内容	197
二 例题分析	211
三 练习题	221
四 自我检查题	225
第八章 配位化合物	230
一 主要内容	230
二 例题分析	238
三 练习题	252
四 自我检查题	256
第九章 有机化合物	261
一 主要内容	261
二 例题分析	279
三 练习题	289
四 自我检查题	296
附录	301
1. 一些基本常数	301
2. 酸碱电离常数	302
3. 溶度积常数	303
4. 标准电极电位	304
5. 配离子稳定常数	309
6. 热力学常数	310
7. 国际原子量表	312

第一章 物质的聚集状态与气体定律

一 主要内容

(一) 物质的聚集状态与相

1. 物质的聚集状态: 构成物质的微观粒子(分子, 原子, 离子)在一定条件下聚集时所呈现的形态, 称为物质的聚集状态(也称为物质状态或物态).

在一般条件下, 物质的聚集状态主要有气态、液态和固态三种. 通常把处于气态的物质称为气体, 把处于液态的物质称为液体, 把处于固态的物质称为固体.

2. 气体、液体、固体的特征:

(1) 气体: 组成气体的微观粒子相互之间距离较远, 相互间的作用力较小, 可自由运动. 因而, 气体没有一定形状, 具有扩散性和可压缩性.

(2) 液体: 组成液体的微观粒子, 相互之间的距离小于气体, 大于固体. 相互间的作用力也大于气体. 因此, 液体的微观粒子只能在一定范围内运动. 液体具有流动性和扩散性.

(3) 固体: 组成固体的微观粒子, 紧密地排列在一起, 相互之间距离小, 作用力较大. 固体的微观粒子, 只能在一定位置上作热运动. 因此, 固体有一定形状, 不具有流动性和可压缩性.

3. 相: 系统①中具有相同物理性质和化学性质的部分称为一相。

(1) 气体: 只有一相。

(2) 液体: 液体若能完全互溶时, 只有一相, 部分互溶时或完全不互溶时, 可以有两相或三相。

(3) 固体: 一种纯物质为一相。

(二) 气体定律

1. 理想气体与理想气体状态方程式:

(1) 理想气体: 当气体分子本身没有体积, 分子间没有作用力时, 这样的气体称为理想气体。真实气体只有在高温、低压下, 才能近似地看作为理想气体。

(2) 理想气体状态方程:

$$pV = nRT \quad (1-1)$$

p : 气体的压力, 单位为 Pa (帕斯卡)。

V : 气体的体积, 单位为 m^3 、 dm^3 或 l (升)

n : 气体的物质的量, 单位为 mol。

T : 气体的热力学温度, 单位为 K。

R : 通用气体常数, $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

$$\text{因为 } n = \frac{m}{M_G} \quad (1-2)$$

m : 气体的质量, 单位为 kg 或 g。

M_G : 气体的摩尔质量, 单位为 $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 或 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

将 (1-2) 式代入 (1-1) 式, 得

$$pV = \frac{m}{M_G} RT \quad (1-3)$$

① 系统一词是按国家标准使用的, 它在过去有许多同义词。例如“系”、“体系”和“物系”等。所谓系统, 就是指我们的研究对象。

因为

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-4)$$

ρ : 气体的密度, 单位为 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

将 (1-4) 式代入 (1-3) 式, 得

$$p = \rho \frac{RT}{M_G} \quad (1-5)$$

2. 分压定律:

(1) 分压(力): 混合气体中某组分的分压力, 等于该组分气体单独存在, 并与混合气体具有相同温度、相同体积时所具有的压力。

即
$$p_i = \frac{n_i RT}{V} \quad (1-6)$$

p_i : 混合气体中组分 i 的分压(力)。

n_i : 混合气体中组分 i 的物质的量。

(2) 分压定律: 混合气体的总压力 (P) 等于各组分气体的分压力之和。

即
$$P = p_1 + p_2 + p_3 + \dots \quad (1-7)$$

或
$$P = \sum p_i$$

(3) 分压力与总压力的关系: 混合气体中某组分的分压(力)等于物质的量分数与混合气体的总压力的乘积。

即
$$p_i = y_i P \quad (1-8)$$

物质的量分数: 混合气体中某组分气体的物质的量与混合气体的物质的量之比称为该组分气体的物质的量分数。

即
$$y_i = \frac{n_i}{n} \quad (1-9)$$

二 例题分析

(一) 关于聚集状态和相

例 1-1 下列各系统中, 属于单相系统的是——。

- (1) 系统中各部分和彼此间都是均匀的。
- (2) 系统中各部分的聚集状态都是相同的。
- (3) 系统中各部分和彼此间的物理性质和化学性质都相同。

(4) 系统中各部分的物质组成都是相同的。

解题思路 这是属于选择正确答案的题。题的内容是关于“相”的概念。可采用淘汰法，即把不正确的答案一个个淘汰，剩下来的就是应选择的答案。

所谓单相系统或均相系统，就是指系统中仅包括一相。而相是指系统中物理性质和化学性质相同的部分。由此来分析题中所给出的四个答案。

(1) 系统中各部分和彼此间都是均匀的。那么也就意味着系统中各部分和彼此间物理性质和化学性质相同，即系统中仅包括一相。因此，应是单相系统。

(2) 系统中各部分的聚集状态都是相同的。这样的系统不是单相系统。例如由水和四氯化碳组成的系统。水和四氯化碳都处于液态。但这是两相系统。又如由铜、铁、锡所组成的系统，铜、铁、锡都可处于固态。显然这是三相系统。

(3) 系统中各部分和彼此间的物理性质和化学性质都相同。显然这是单相系统。

(4) 系统中各部分的物质组成都是相同的。这不一定是单相系统。因为，同一种物质在一定条件下（相平衡时）可以同时存在两相或三相。例如在 101325Pa 和 273.15K 时，水（液态）与冰（固态）同时共存。

由以上分析可见，正确的题解应选择 (1) 和 (3) 两个答案。

例 1-2 在 101325Pa 和 298.15K 时，于一密闭容器中放有 NaCl 和 AgNO_3 ，此时系统中包括——种聚集状态，

即____, 包括____相, 即____. 在上述系统中, 加入一定量的水, 使得 NaCl 和 AgNO_3 全部溶解, 此时系统中包括____种聚集状态, 即____, 包括____相, 即____.

解题思路 此题是关于聚集状态和相这两个概念的填空题. 聚集状态是指在一定条件下组成物质的微观粒子聚集时所呈现的形态. 通常可分为气态、液态和固态三种. 而相是指系统中物理性质和化学性质均相同的部分. 气体只有一相, 液体视其相溶、部分互溶和完全不互溶可以是一相、两相或三相, 固体一种物质为一相. 因此, 此题的正确解应是: 两种, 即气态(空气)、固态(NaCl , AgNO_3), 三相, 即气相(空气)、固相(NaCl)、固相(AgNO_3). 三种, 即气态(空气)、液态(NaNO_3 溶液)、固态(AgCl), 三相, 即气相(空气)、液相(NaNO_3 溶液, 指 NaCl 与 AgNO_3 的物质的量相等)、固相(AgCl).

(二) 关于理想气体状态方程的计算

例 1-3 某气体样品在 87°C 、占有 $4.52 \times 10^{-4} \text{m}^3$ 体积时, 其压力为 62.82kPa , 试计算该气体在 0°C 、占有 $2.13 \times 10^{-4} \text{m}^3$ 体积时的压力.

解题思路 由题中所给的条件可知, 该气体发生的变化只是单纯的 p 、 V 、 T 变化, 而气体的物质的量没有变化. 此外, 气体的压力不高, 所以可近似看作理想气体. 因此, 根据理想气体状态方程

$$pV = nRT$$

可得出如下关系式:

$$\text{即} \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

题目要求计算 p_2 , 而 p_1 、 V_1 、 T_1 、 T_2 、 V_2 均为已知, 所以

可求出 p_2

$$[\text{解}] \quad \text{由} \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\text{可得} \quad p_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 V_2}$$

$$\begin{aligned} \text{即} \quad p_2 &= \frac{62.82 \text{ kPa} \times 4.52 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \times 273.15 \text{ K}}{(87 + 273.15) \text{ K} \times 2.13 \times 10^{-4} \text{ m}^3} \\ &= 101.1 \text{ kPa} \end{aligned}$$

例 1-4 将某种理想气体在 86.660 kPa 压力下充满一未知体积的球形容器。若从中取出一定量的气体（其体积在 101.325 kPa 压力下为 1.52 ml）后，球内压力降为 79.993 kPa（所有测定都是在相同温度下进行的）。试计算球形容器的体积。

解题思路 由题中所给的条件可知以下几点：

(1) 所有测定都是在相同温度下进行的，即 T 不变。

(2) 球形容器的体积是一定的。

(3) 取出气体的物质的量 (n_1) + 剩余气体的物质的量 (n_2) = 起始时气体的物质的量 (n)。

$$\text{即} \quad n_1 + n_2 = n \quad (1)$$

根据理想气体状态方程可得：

$$n_1 = \frac{p_1 V_1}{RT}, \quad n_2 = \frac{p_2 V}{RT}, \quad n = \frac{pV}{RT}$$

$$\text{代入 (1) 式后得:} \quad \frac{p_1 V_1}{RT} + \frac{p_2 V}{RT} = \frac{pV}{RT} \quad (2)$$

$$\text{化简后得:} \quad p_1 V_1 + p_2 V = pV \quad (3)$$

$$(3) \text{ 式中} \quad p_1 = 101.325 \text{ kPa}, \quad V_1 = 1.52 \text{ ml},$$

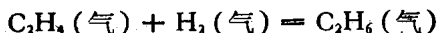
$$p_2 = 79.993 \text{ kPa}, \quad p = 86.660 \text{ kPa}$$

只有 V 为未知，解 (3) 式即可求得 V 。

[解] 由(3)式 $p_1V_1 + p_2V_2 = pV$

$$\begin{aligned} \text{得 } V &= \frac{p_1V_1}{p - p_2} = \frac{101.325\text{kPa} \times 1.52\text{ml}}{86.660\text{kPa} - 79.993\text{kPa}} \\ &= \frac{101.325\text{kPa} \times 1.52\text{ml}}{6.667\text{kPa}} = 23.10\text{ml} \end{aligned}$$

例 1-5 由 C_2H_4 和过量 H_2 组成的混合气体, 其总压力为 7.93kPa 。使该混合气体通过铂催化剂进行下列反应



待完全反应后, 在相同温度和体积下, 压力降为 4.53kPa 。试计算原混合气体中 C_2H_4 的物质的量分数。

解题思路 题目要求计算原混合气体中 C_2H_4 的物质的量分数。如设 C_2H_4 的物质的量分数为 $y_{\text{C}_2\text{H}_4}$, C_2H_4 的物质的量为 n_1 , H_2 的物质的量为 n_2 , 则根据物质的量分数定义,

$$y_{\text{C}_2\text{H}_4} = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$$

理想气体状态方程不仅适用于纯气体, 也适用于混合气体。由于反应前后温度相同、体积相同, 所以,

$$p_{\text{前}}V = n_{\text{前}}RT, \quad p_{\text{后}}V = n_{\text{后}}RT$$

由此, 不难看出, 反应前后的压力比应等于反应前后物质的量比。现反应前后的压力为已知, 反应前的物质的量 $n_{\text{前}} = n_1 + n_2$, 反应后的物质的量可由反应方程式求出。因为是完全反应, 其中 H_2 过量, 所以反应中用掉 $n_1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4$, 必然也同时消耗了 $n_1 \text{ mol } \text{H}_2$, 生成 $n_1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6$, 所以, 反应后物质的量 $n_{\text{后}} = (n_2 - n_1) + n_1 = n_2$

由以上的分析可得出下式:

$$\frac{p_{\text{后}}}{p_{\text{前}}} = \frac{n_{\text{后}}}{n_{\text{前}}} = \frac{n_2}{n_1 + n_2} = y_{\text{H}_2}$$

因此

$$y_{\text{C}_2\text{H}_4} = 1 - y_{\text{H}_2}$$

【解】 由于 $y_{H_2} = \frac{p_{H_2}}{p_{\text{总}}} = \frac{4.53 \text{ kPa}}{6.93 \text{ kPa}} = 0.65$

所以 $y_{C_2H_4} = 1 - 0.65 = 0.35$

例 1-6 在 27°C 、 101.325 kPa 时，用盐酸溶解 0.139 g Al-Zn 合金试样。由实验测得释放出的干燥 H_2 气的体积为 129 cm^3 ，试计算合金中 Al 的百分含量。

解题思路 试样的质量为 0.139 g ，若设其中 Al 的质量为 $x \text{ g}$ ，则 Zn 的质量为 $0.139 \text{ g} - x \text{ g}$ 。题目要求计算合金中 Al 的百分含量。

即求 $\frac{x \text{ g}}{0.139 \text{ g}} \times 100\% = ?$

由此可知，只要能求得 x ，此题就可解了。

根据下列反应式：



2 mol

3 mol

$$\frac{x}{M_{\text{G},(\text{Al})}}$$

$$\frac{x}{M_{\text{G},(\text{Al})}} \times 1.5$$



1 mol

1 mol

$$\frac{0.139 - x}{M_{\text{G},(\text{Zn})}}$$

$$\frac{0.139 - x}{M_{\text{G},(\text{Zn})}}$$

可知生成 H_2 气的物质的量

$$n_{\text{H}_2} = \frac{x}{M_{\text{G},(\text{Al})}} \times 1.5 + \frac{0.139 - x}{M_{\text{G},(\text{Zn})}} \quad (1)$$

由题给条件，根据理想气体状态方程，可知生成 H_2 气的物质的量

$$n_{\text{H}_2} = \frac{pV}{RT} \quad (2)$$

由 (1)、(2) 两式可得

$$\frac{x}{M_G(\text{Al})} \times 1.5 + \frac{0.139 - x}{M_G(\text{Zn})} = \frac{pV}{RT} \quad (3)$$

解(3)式即可求得 x 。

$$\begin{aligned} [\text{解}] \quad & \frac{xg}{26.98g \cdot \text{mol}^{-1}} \times 1.5 + \frac{(0.139g - xg)}{65.38g \cdot \text{mol}^{-1}} \\ &= \frac{101325\text{Pa} \times 129 \times 10^{-6}\text{m}^3}{8.314\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 300.15\text{K}} \end{aligned}$$

$$71.09xg = 5.238 \times 10^{-3}\text{mol}$$

$$\times 1763.95g \cdot \text{mol}^{-1} = 3.75g$$

$$x = 0.0772g$$

合金中 Al 的百分含量为

$$\frac{0.0772g}{0.139g} \times 100\% = 55.55\%$$

(三) 关于气体分压定律的计算

例 1-7 在 32°C 和 100.0kPa 时, 用排水取气法制取氢气。在水面上收集的气体体积为 627ml , 干燥并冷却后, 在 0°C 、 101.325kPa 时, 可得氢气多少 m^3 ? (32°C 时, 水的饱和蒸气压为 4.76kPa .)

解题思路 在水面上收集的气体是氢气和水蒸气的混合气体。由题中所给条件已知该混合气体的体积为 627ml , 温度为 32°C , 压力为 100.0kPa , 其中水蒸气的分压为 4.76kPa 。根据分压定律可求得氢气的分压 p_{H_2} 。

根据分压定义, 可得下式:

$$p_{\text{H}_2} = \frac{n_{\text{H}_2}RT}{V}$$

通过上式可求得 n_{H_2} 。然后,根据理想气体状态方程即可求得氢气在 0°C 、 101.325kPa 的体积。

$$\begin{aligned} [\text{解}] \quad p_{\text{H}_2} &= p - p_{\text{H}_2\text{O}} = 100.0\text{kPa} - 4.76\text{kPa} \\ &= 95.24\text{kPa} \end{aligned}$$

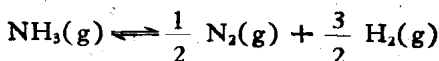
$$\text{由 } p_{\text{H}_2} = \frac{n_{\text{H}_2}RT}{V}$$

$$\begin{aligned} \text{得 } n_{\text{H}_2} &= \frac{p_{\text{H}_2}V}{RT} = \frac{95.24 \times 10^3\text{Pa} \times 627 \times 10^{-6}\text{m}^3}{8.314\text{J} \cdot \text{K}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 305.15\text{K}} \\ &= 0.02354\text{mol} \end{aligned}$$

$$\text{由 } pV = nRT$$

$$\begin{aligned} \text{得 } V &= \frac{nRT}{p} \\ &= \frac{0.02354\text{mol} \times 8.314\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 273.15\text{K}}{101325\text{Pa}} \\ &= 5.28 \times 10^{-4}\text{m}^3 \end{aligned}$$

例 1-8 在 20°C 、 11 的反应器中装有 1489.48kPa 的 NH_3 , 当加热到 350°C 时,在催化剂作用下, NH_3 按下式分解

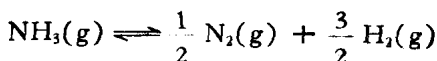


达到分解平衡时,混合气体的总压为 5066.25kPa , 试求 NH_3 的解离度 (α) 和各气体的分压。

解题思路 设 NH_3 解离前物质的量为 n , 则达到解离平衡时,未解离 NH_3 的物质的量应为 $n - \alpha n$, 根据题中所给条件,由下式

$$pV = nRT, \quad n = \frac{pV}{RT}$$

可求出 n 。而欲求得 α , 必然要考虑到 NH_3 的解离平衡。其关系式可推导如下:



起始时 n 0 0
物质的量/mol

平衡时 $n - \alpha n$ $\frac{1}{2} \alpha n$ $\frac{3}{2} \alpha n$
物质的量/mol

由此,可求得混合气体的总的物质的量

$$\begin{aligned} n_{\text{总}} &= n_{\text{NH}_3} + n_{\text{N}_2} + n_{\text{H}_2} \\ &= (n - \alpha n) + \frac{1}{2} \alpha n + \frac{3}{2} \alpha n \\ &= n(1 + \alpha) \end{aligned}$$

由题中所给条件,混合气体的总压、体积和温度均为已知。因此,可由下式

$$pV = n_{\text{总}}RT = n(1 + \alpha)RT$$

求得 α 。由 α 即可求得混合气体中在达到解离平衡时各组分气体的物质的量。进而求得各组分气体的物质的量分数和分压。

$$\begin{aligned} [\text{解}] \quad n &= \frac{pV}{RT} = \frac{1489.84 \times 10^3 \text{Pa} \times 1 \times 10^{-3} \text{m}^3}{8.314 \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 293.15 \text{K}} \\ &= 0.6111 \text{mol} \end{aligned}$$

$$\text{由 } pV = n_{\text{总}}RT = n(1 + \alpha)RT$$

$$\text{得 } \alpha = \frac{pV}{nRT} - 1$$

$$\begin{aligned} &= \frac{5066.25 \times 10^3 \text{Pa} \times 1 \times 10^{-3} \text{m}^3}{0.6111 \text{mol} \times 8.314 \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 623.15 \text{K}} - 1 \\ &= 1.6 - 1 = 0.6 = 60\% \end{aligned}$$

$$p_{\text{NH}_3} = \frac{n(1 - \alpha)}{n(1 + \alpha)} P$$

$$= \frac{1 - 0.6}{1 + 0.6} \times 5066.25 \text{kPa}$$

$$= 1266.56 \text{kPa}$$

$$\begin{aligned}
 p_{N_2} &= \frac{\frac{1}{2} \alpha n}{n(1 + \alpha)} P \\
 &= \frac{0.6}{2 \times 1.6} \times 5066.25 \text{ kPa} \\
 &= 949.92 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p_{H_2} &= \frac{\frac{3}{2} \alpha n}{n(1 + \alpha)} P \\
 &= \frac{3 \times 0.6}{2 \times 1.6} \times 5066.25 \text{ kPa} \\
 &= 2849.77 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{或 } p_{H_2} &= 5066.25 \text{ kPa} - 1266.56 \text{ kPa} - 949.92 \text{ kPa} \\
 &= 2849.77 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

例 1-9 在 25℃、98.66kPa 时, 1m³ 的湿空气中, 水蒸气的分压为 2.93kPa。现将此湿空气冷却到 15℃ 并保持压力不变, 则有部分水蒸气冷凝为水。冷凝后水蒸气的分压降为 1.69kPa。试计算:

(1) 冷却后空气的体积。

(2) 冷凝水的质量。

解题思路 (1) 湿空气是空气和水蒸气的混合气体。由于压力较低, 可近似看作理想气体。水蒸气的分压为已知, 根据分压定律, 空气的分压应为 $p_{\text{空}} = p_{\text{总}} - p_{\text{水}} = 98.66 \text{ kPa} - 2.93 \text{ kPa}$ 。冷却前后, 空气的物质的量保持不变。根据分压定义 $n_{\text{空}} = \frac{p_{\text{空}} V}{RT}$, 可求得 $n_{\text{空}}$, 根据理想气体状态方程 $p_{\text{空}} V_{\text{空}} = n_{\text{空}} RT$, $V_{\text{空}} = \frac{n_{\text{空}} RT}{p_{\text{空}}}$, 可求得冷却后空气的体积。

(2) 冷却前后水蒸气的分压为已知, 根据理想气体状态