

总主编 王祖浩  
本册主编 邓立新  
参编者 余敬忠 李德文  
程志伟 林松茂

# 化学竞赛教程

高二年级  
(第二版)

华东师范大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

化学竞赛教程. 高二年级/邓立新主编. —上海: 华东师范大学出版社, 2002. 1

ISBN 7-5617-2797-6

I. 化... II. 邓... III. 化学课-高中-教学参考资料  
IV. G634.83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 076571 号

## 化学竞赛教程

· 高二年级 ·

总 主 编 王祖浩  
策划组稿 应向阳  
本册编著 邓立新  
责任编辑 审校部编辑工作组  
特约编辑 林开利  
封面设计 高 山  
版式设计 蒋 克

出版发行 华东师范大学出版社  
市场部 电话 021-62865537  
门市(邮购)电话 021-62869887  
门市地址 华东师大校内先锋路口

业务电话 上海地区 021-62232873  
华东 中南地区 021-62458734  
华北 东北地区 021-62571961  
西南 西北地区 021-62232893

业务传真 021-62860410 62602316

<http://www.ecnupress.com.cn>

社 址 上海市中山北路 3663 号  
邮编 200062

印 刷 者 苏州永新印刷包装有限责任公司  
开 本 890×1240 32 开  
印 张 12  
字 数 354 千字  
版 次 2006 年 1 月第 2 版  
印 次 2006 年 1 月第九次  
书 号 ISBN 7-5617-2797-6/G·1370  
定 价 14.00 元

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题,请寄回本社市场部调换或电话 021-62865537 联系)

# 第一版序

到 2001 年,国际化学奥林匹克竞赛(IChO)已经进行了 33 届。作为爱好化学的中学生参与的级别最高的国际竞赛,为全世界的中学生提供了一个增长知识、探索研究、展现创造能力的机会,已受到愈来愈多国家的高度重视。我国从 1988 年参加此项竞赛以来,不仅取得了很好的成绩,更重要的是激励了广大中学生学习和探究化学的兴趣,加深了对化学这一重要学科的认识,其中有很多学生将化学作为自己毕生从事的专业,有不少同学已取得了十分可喜的成绩。

为帮助中学生学好化学,并提供给中学教师有关化学竞赛培训方面的参考资料,目前已有多种版本的参考书面世。以王祖浩教授为主编的这本化学竞赛教程从高中学生的实际水平和现有基础出发,循序渐进,按照高中新教材并结合中国化学会全国高中学生化学竞赛大纲的要求编写,内容丰富,针对性强,适合不同水平的高中学生学习。从笔者多年从事化学奥林匹克选手培养的经历来看,本书不失为一本好的教程,特此向广大的读者推荐。

中国化学会理事

中国化学会化学教育委员会副主任

曹居东

2001. 11 于北京

## 前 言

多年来,我们一直被一项神圣的事业所吸引,那就是培养出能在国际中学生化学奥林匹克中披荆斩棘、勇创佳绩的优秀学子。盛夏之际,捷报频传,喜悦、激动的心情自是难以言表。然而,探索的步伐,永无止境。

每当冷静下来,我们深思:在化学教学中,仅着眼于培养少数奥林匹克选手是不够的,怎样使更多的学生喜爱化学,通过学习化学提升学生科学探究的能力,让每一个学生充分认识自己的思维潜力,是21世纪社会发展对化学教育提出的新要求。

今天,培养创新人才成为全社会所关注的课题,基础教育课程改革面临新的挑战。在高中阶段,如何挖掘具有创造性潜能的学生,充分发挥其创新能力;如何让学生掌握学习化学的科学方法,提高学习效率;如何提升学生的竞赛意识和培养其执着的科学探究精神等一系列问题亟待解决,我们深感任重而道远!

2003年教育部颁发的《普通高中化学课程标准(实验)》明确提出以学生的发展为本,进一步提高学生的科学素养水平,培养学生的创新精神。新的高中化学课程体系为学生的发展提供了较好的基础,特别是选修课程中的《化学与生活》、《化学与技术》、《物质结构与性质》、《化学反应原理》、《实验化学》、《有机化学基础》等模块,使学生专业知识的视野进一步拓展,学生能领略到更丰富的化学思维素材和化学研究的方法,为一部分有志于化学研究的中学生提供了较高水平的基础,也为广大的化学竞赛爱好者学习化学提供了更多的机会。

因此,着眼于提高学生的科学素养水平和创新能力,培养更多的化学人才,我们在研究了高中化学选修课程内容的基础上,力求找出化学竞赛与新课程的切合点,将多年优秀教师探索中学生化学竞赛能力的丰富经验整理出来,融入《化学竞赛教程》修订版中。

本教程在编写和修订过程中,注意突出如下几个特色:

1. 重视基础：每一讲的内容编排力求体现高中化学课程标准和教材中的核心概念和原理，既能起到巩固知识的作用，又能兼顾在新课教学中培养学生的竞赛意识，训练学生的思维方法，为有计划地发现和培养更多的化学爱好者提供良好的基础。

2. 注重方法：每一讲的“重点提示”立足于课程标准和教科书，分析化学知识的“生长点”和典型的化学思维方法；鉴于好的思维方法是学习成功的重要基础，特在“例题研究”中突出方法要素在形成清晰解题思路中的重要作用。

3. 逐级推进：本教程以高中知识内容和思想方法为依据，提炼历年的高考和省级、国家级化学竞赛试题的解题思维规律，旨在开拓学生的思维空间，循序渐进，培养学生解决各类化学问题的能力。

4. 及时评价：在每一讲后配置了不同题型、不同水平的试题来评价学生解决问题的能力。A级习题侧重基础知识和方法，B级习题强调习题的灵活性和综合性。选题时注重新编和改进，体现典型性、针对性、开放性和探究性等特征。

“他山之石，可以攻玉”，期望通过这套教程，使更多有志于未来从事化学研究的同学能早日脱颖而出。而对于我们广大的教师而言，这是一个长期的目标，“路漫漫其修远兮，吾将上下而求索。”

最后，对在百忙中审阅了第一版书稿并作序的原中国化学会化学教育委员会副主任曹居东教授，表示衷心的感谢！

本教程由华东师范大学化学系博士生导师王祖浩教授任总主编，高二分册由邓立新同志主编。限于水平和时间，难免存在不足，敬请广大读者批评赐教！

编者

2005年12月

# 目 录

|       |             |        |
|-------|-------------|--------|
| 第一讲   | 氮和磷         | ( 1 )  |
| 第二讲   | 氨 铵盐        | ( 17 ) |
| 第三讲   | 硝酸          | ( 35 ) |
| 第四讲   | 化学反应速率      | ( 52 ) |
| 第五讲   | 化学平衡        | ( 66 ) |
| 第六讲   | 影响化学平衡的条件   | ( 81 ) |
| 第七讲   | 电离平衡        | ( 95 ) |
| 第八讲   | 水的电离和溶液的 pH | (108)  |
| 第九讲   | 盐类的水解       | (120)  |
| 第十讲   | 酸碱中和滴定      | (133)  |
| 第十一讲  | 镁和铝及其化合物    | (144)  |
| 第十二讲  | 铁和铜及其化合物    | (161)  |
| 第十三讲  | 原电池及金属的冶炼   | (181)  |
| 第十四讲  | 甲烷          | (193)  |
| 第十五讲  | 乙烯 烯烃       | (211)  |
| 第十六讲  | 乙炔 炔烃       | (230)  |
| 第十七讲  | 苯 芳香烃       | (242)  |
| 第十八讲  | 溴乙烷 卤代烃     | (258)  |
| 第十九讲  | 乙醇 醇类       | (268)  |
| 第二十讲  | 苯酚          | (279)  |
| 第二十一讲 | 乙醛 醛类       | (288)  |

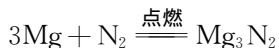
|           |            |       |
|-----------|------------|-------|
| 第二十二讲     | 乙酸 羧酸····· | (301) |
| 第二十三讲     | 酯 油脂·····  | (311) |
| 第二十四讲     | 糖类·····    | (321) |
| 第二十五讲     | 蛋白质·····   | (327) |
| 第二十六讲     | 合成材料·····  | (333) |
| 参考答案····· |            | (337) |

# 第一讲 氮 和 磷

## 本讲重点提示

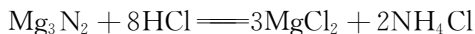
1. 氮元素的活泼性与氮分子的稳定性是两个不同的概念。元素的性质决定于元素的原子结构,氮的原子半径小,吸引电子的能力强,表现出较强的化学活泼性。氮气的稳定性则取决于氮分子的结构,氮分子中有 3 个共价键(N≡N),它们的键能很大(946 kJ/mol),当氮气参加化学反应时,必须打开(破坏)分子中的 3 个共价键,因此,氮气的性质很不活泼。只有在高温或放电的条件下,才与氢、氧、金属发生反应。

2. 镁在空气中燃烧生成 MgO 的同时,也有少量的 Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub> 生成:



Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub> 不是盐,但属离子化合物,其电子式为: Mg<sup>2+</sup>[ : $\ddot{\text{N}}$ : ]<sup>3-</sup>

Mg<sup>2+</sup>[ : $\ddot{\text{N}}$ : ]<sup>3-</sup> Mg<sup>2+</sup>, 能与水、酸反应,有关的化学方程式为:



3. 氮有五种价态,能形成六种氧化物:  $\overset{+1}{\text{N}}_2\text{O}$ (无色气体)、 $\overset{+2}{\text{N}}\text{O}$ (无色气体)、 $\overset{+3}{\text{N}}_2\text{O}_3$ (暗蓝色气体)、 $\overset{+4}{\text{N}}\text{O}_2$ (红棕色气体)、 $\overset{+4}{\text{N}}_2\text{O}_4$ (无色气体)、 $\overset{+5}{\text{N}}_2\text{O}_5$ (无色晶体)。它们都是大气的污染物,是产生光化学烟雾和酸雨的主要因素。

(1)  $\text{N}_2\text{O}$  是无色、有甜味的气体,人吸入后引起神态失常而大笑,俗称“笑气”。受热后分解出游离的氧气,因此碳、硫、磷等在  $\text{N}_2\text{O}$  中激烈燃烧:  $2\text{N}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} 2\text{N}_2 + \text{O}_2$ 。

(2)  $\text{NO}$  是中性不成盐氧化物,易与  $\text{O}_2$  反应:  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ 。生成的  $\text{NO}_2$  与水反应又放出  $\text{NO}$ 。  $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 。

(3)  $\text{NO}_2$  是红棕色气体,有毒,易溶于水,具有强氧化性,可氧化  $\text{KI}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{Cu}$  等:

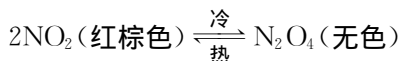


可与碱发生歧化反应:



(4)  $\text{N}_2\text{O}_3$  是不稳定易分解,是亚硝酸的酸酐 ( $\text{N}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_2$ )。  $\text{HNO}_2$  仅存在于冷稀溶液中,为弱酸,但氧化性比稀  $\text{HNO}_3$  强。

(5)  $\text{N}_2\text{O}_4$  是无色易冷凝的气体:



$-10^\circ\text{C}$  以下时仅有  $\text{N}_2\text{O}_4$  存在,  $140^\circ\text{C}$  以上时仅有  $\text{NO}_2$  存在;压强越大,  $\text{N}_2\text{O}_4$  越多。

(6)  $\text{N}_2\text{O}_5$  是无色晶体,不稳定,具有强氧化性,是硝酸的酸酐 ( $\text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3$ )。

#### 4. 有关 $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{O}_2$ 等混合气体通入水后的计算。

(1)  $\text{NO}_2$  或  $\text{NO}_2$  与  $\text{N}_2$  及  $\text{NO}_2$  与  $\text{NO}$  的混合气体溶于水时可依据:  $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ , 利用气体体积变化差值进行计算。

(2)  $\text{NO}_2$  和  $\text{O}_2$  的混合气体溶于水时,有  $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ ;  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ ; 其总反应为:  $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$ 。当体积比:

$$V_{\text{NO}_2} : V_{\text{O}_2} \begin{cases} = 4 : 1, \text{恰好完全反应, 容器内无剩余气体。} \\ > 4 : 1, \text{则 NO}_2 \text{ 过量, 容器内剩余气体为 NO,} \\ \quad \text{体积为过量 NO}_2 \text{ 体积的 } 1/3。 \\ < 4 : 1, \text{则 O}_2 \text{ 过量, 容器内剩余气体为过量的 O}_2。 \end{cases}$$

(3) NO 和 O<sub>2</sub> 的混合气体同时通入水中, 其反应为:  $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ ,  $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ ; 总反应式为:  $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ 。当体积比:

$$V_{\text{NO}} : V_{\text{O}_2} \begin{cases} = 4 : 3, \text{恰好完全反应, 容器内无剩余气体。} \\ > 4 : 3, \text{则 NO 过量, 容器内剩余气体为过量的 NO。} \\ < 4 : 3, \text{则 O}_2 \text{ 过量, 容器内剩余气体为过量的 O}_2。 \end{cases}$$

5. 通常“纯净”的 NO<sub>2</sub> 或 N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 并不纯, 因为在常温、常压下能发生:  $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$  反应, 由于此可逆反应的发生, 通常实验测得 NO<sub>2</sub> 的相对分子质量大于它的实验值, 或在相同条件下, 比相同物质的量的气体体积要小。同理, 通常实验测得 N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 的相对分子质量小于它的实验值, 或在相同条件下, 比相同物质的量的气体体积要大, 此外, 温度、压强的变化影响平衡的移动。因而可逆反应  $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$  在解化学题中有很重要的应用。

#### 6. 磷酸与碱反应产物的判断。

磷酸与碱(或 NH<sub>3</sub>) 反应是分步进行的, 控制碱与 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 的物质的量的比例, 可得不同的产物。以一元碱与磷酸反应为例。

(1) 当  $\frac{n(\text{OH}^-)}{n(\text{H}_3\text{PO}_4)} = 1$  时, 只生成磷酸二氢盐(如 NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)。

(2) 当  $\frac{n(\text{OH}^-)}{n(\text{H}_3\text{PO}_4)} = 2$  时, 只生成磷酸一氢盐(如 Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>)。

(3) 当  $\frac{n(\text{OH}^-)}{n(\text{H}_3\text{PO}_4)} = 3$  时, 只生成磷酸盐(如 Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)。

(4) 当  $0 < \frac{n(\text{OH}^-)}{n(\text{H}_3\text{PO}_4)} < 1$  时, 酸过量, 得磷酸二氢盐(NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)

和磷酸的混合物。

(5) 当  $1 < \frac{n(\text{OH}^-)}{n(\text{H}_3\text{PO}_4)} < 2$  时, 主要产物是磷酸一氢盐和磷酸二

氢盐的混合物( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  和  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ )。

(6) 当  $2 < \frac{n(\text{OH}^-)}{n(\text{H}_3\text{PO}_4)} < 3$  时, 主要产物是正盐和磷酸一氢盐的混合物( $\text{Na}_3\text{PO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ )。

(7) 当  $\frac{n(\text{OH}^-)}{n(\text{H}_3\text{PO}_4)} > 3$  时, 碱过量, 得到正盐和碱的混合物。

总之, 向  $\text{H}_3\text{PO}_4$  溶液中逐渐加入强碱溶液时, 按照磷酸二氢盐 $\rightarrow$ 磷酸一氢盐 $\rightarrow$ 正盐的顺序生成。向强碱溶液中逐渐加入  $\text{H}_3\text{PO}_4$  溶液时, 按照正盐 $\rightarrow$ 磷酸一氢盐 $\rightarrow$ 磷酸二氢盐的顺序生成。

#### 7. 磷酸盐与 $\text{H}_3\text{PO}_4$ 之间的相互转化。

(1)  $\text{H}_3\text{PO}_4$  与  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  反应, 其反应方程式可为:



当  $\frac{n(\text{H}_3\text{PO}_4)}{n(\text{Na}_3\text{PO}_4)} = 2$  时, 生成  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ;

当  $\frac{n(\text{H}_3\text{PO}_4)}{n(\text{Na}_3\text{PO}_4)} = \frac{1}{2}$  时, 生成  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ;

当  $\frac{1}{2} < \frac{n(\text{H}_3\text{PO}_4)}{n(\text{Na}_3\text{PO}_4)} < 2$  时, 生成  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  的混合物。

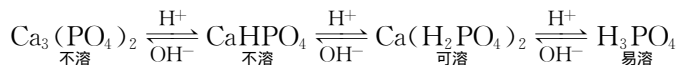
(2)  $\text{H}_3\text{PO}_4$  与  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  反应能生成  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  :



(3)  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  与  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  反应能生成  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  :



(4)  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  与  $\text{H}_3\text{PO}_4$  不共存,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  与  $\text{H}_3\text{PO}_4$ 、 $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  不共存。其相互转化关系可归纳为:

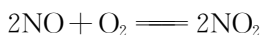
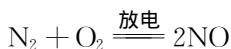


#### 4 / 化学竞赛教程·高二年级

### 典型例题研究

**【例 1】** 在新疆与青海两省区交界处有一狭长山谷,每当牧民和牲畜进入后,风和日丽的晴天顷刻电闪雷鸣,狂风大作,人畜常遭雷击而倒毙。奇怪的是这里牧草茂盛,四季常青,被当地牧民称为“魔鬼谷”。用化学方程式表示“魔鬼谷”牧草茂盛,四季常青的原因。

**【解题研究】** 此题表面看似神奇,但仔细思考不难作答。电闪雷鸣一般伴随降雨过程,同时电闪雷鸣给空气中的  $N_2$  和  $O_2$  化合提供了条件,生成的  $NO$  被  $O_2$  氧化为  $NO_2$ ,  $NO_2$  被雨水吸收转化为  $HNO_3$ ,  $HNO_3$  随雨水降下给大地增加硝态氮肥(即  $NO_3^-$ ),所以“魔鬼谷”牧草茂盛,四季常青。其化学反应方程式为:



**【例 2】** 室温下,将  $NO$  和  $O_2$  按体积比 2 : 1 混合,则混合气体的平均相对分子质量为( )。

- A. 30.67      B. 46      C. 92      D. 46 到 92 之间

**【解题研究】** 试题中隐含有下列信息:  $2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$ ,  $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ 。当  $NO$  与  $O_2$  以 2 : 1 混合, $NO$  全部转化成  $NO_2$ , 但  $NO_2$  部分生成  $N_2O_4$ , 即混合气体为  $NO_2$  和  $N_2O_4$ , 设生成  $N_2O_4$  的物质的量为  $x$ , 转化后  $NO_2$  为  $(2 - 2x)$ , 则平均相对分子质量为:

$$\bar{M} = \frac{2-2x}{2-x} \times 46 \text{ g/mol} + \frac{x}{2-x} \times 92 \text{ g/mol} = \frac{92}{2-x} \text{ g/mol}$$

若生成  $NO_2$  没有转化成  $N_2O_4$ , 则  $x = 0$ , 平均相对分子质量为 46。

若生成的  $NO_2$  全部转化成  $N_2O_4$ , 则  $x = 1 \text{ mol}$ , 平均相对分子质量为 92, 故混合气体的平均相对分子质量为 46~92。答案为 D。

**【例 3】** 把 3 体积  $NO_2$  气体, 依次通过下列 3 个分别装有: ①  $NaHCO_3$  饱和溶液、② 浓  $H_2SO_4$ 、③  $Na_2O_2$  的装置后, 用排水法

把残留气体收集到集气瓶中,在同温同压下集气瓶内气体应是( )。

- A. 1 体积 NO                      B. 0.25 体积 O<sub>2</sub>  
C. 2 体积 O<sub>2</sub>                        D. 2 体积 NO<sub>2</sub>、0.5 体积 O<sub>2</sub>

**【解题研究】** 能正确写出以下三个化学方程式是解题关键:

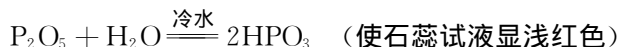
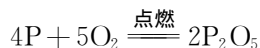


1 体积 NO 和 1 体积 O<sub>2</sub> 经水吸收后, O<sub>2</sub> 剩余  $1 - \frac{3}{4} = 0.25$  (体积)。答案为 B。

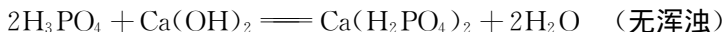
**【例 4】** 有一固体单质,质软。在空气中极易燃烧,生成物溶于水,滴入紫色石蕊试液显红色。将此溶液加热,颜色变深。把所得溶液分为两支试管,向第一支试管中滴入少量饱和澄清石灰水,无浑浊出现,若继续滴加,出现白色浑浊,过量则产生白色沉淀。过滤,取少量白色沉淀投入第二支试管,则沉淀消失。试确定该单质是什么,并写出有关反应的化学方程式。

**【解题研究】** 根据其单质的状态及其在空气中极易燃烧的性质,初步确定该单质可能为硫或白磷。然后根据其化合物的性质递推,可确定该单质为白磷。

有关反应的化学方程式为:



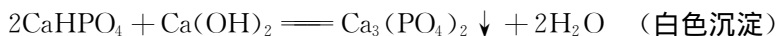
第一支试管:当 Ca(OH)<sub>2</sub> 不足时:



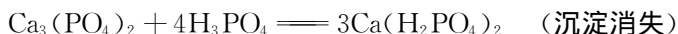
当继续滴入 Ca(OH)<sub>2</sub> 时:



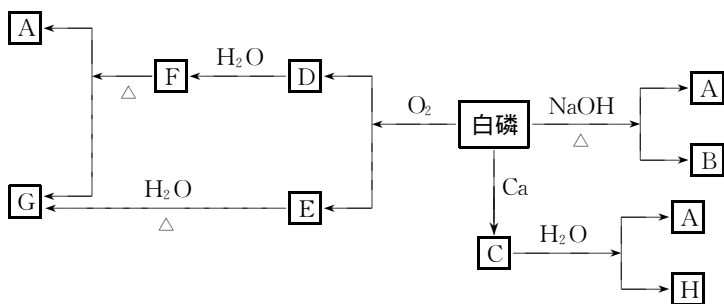
当  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  过量时:



第二支试管: 过量  $\text{H}_3\text{PO}_4$  与  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  反应:



**【例 5】** 白磷与  $\text{NaOH}$  反应产物中 A 与 B 的物质的量之比为 1 : 3, 其他相关物质的转化见下图 (D 中磷元素的质量分数大于 E)。



(1) 试写出下列物质的化学式:

A: \_\_\_\_\_, B: \_\_\_\_\_, C: \_\_\_\_\_, D: \_\_\_\_\_,

E: \_\_\_\_\_, F: \_\_\_\_\_, G: \_\_\_\_\_, H: \_\_\_\_\_。

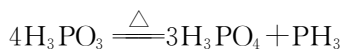
(2) 已知 D 分子中共有 10 个原子, 且其分子中氧原子均以同种方式成键, 试写出 D 分子的结构式\_\_\_\_\_。

(3) 实际在白磷和  $\text{NaOH}$  反应制 B 时, 加入少量 H 可使产物更纯, 这是因为\_\_\_\_\_。

**【解题研究】** 本题左半部易推导, 难在右半部。由白磷和  $\text{NaOH}$  反应产物中 A 与 B 的物质的量之比为 1 : 3, 可推出产物之一必为  $\text{PH}_3$ , 进一步推知另一产物中 P 的化合价为 +1 价 (根据电子得失守恒), 物质为  $\text{NaH}_2\text{PO}_2$ 。

D 中有 10 个原子, 可推知为  $\text{P}_4\text{O}_6$ , 其结构可由  $\text{P}_4$  得到启发画出, 当然还可进一步画出  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  的结构。

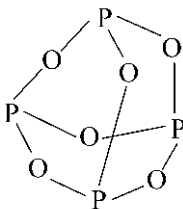
亚磷酸强热时会发生如下歧化反应:



【答案】 (1) 物质的分子式为:

A:  $\text{PH}_3$ ,                      B:  $\text{NaH}_2\text{PO}_2$ ,                      C:  $\text{Ca}_3\text{P}_2$ ,  
 D:  $\text{P}_4\text{O}_6$ ,                      E:  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  (或  $\text{P}_2\text{O}_5$ ),                      F:  $\text{H}_3\text{PO}_3$ ,  
 G:  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,                      H:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

(2) D 分子的结构式为:



(3) 白磷亦有可能歧化成少量  $\text{Na}_2\text{HPO}_3$ , 加入  $\text{Ca}^{2+}$  可生成  $\text{CaHPO}_3$  沉淀而除去  $\text{HPO}_3^{2-}$ 。

【例 6】 为配制某培养液, 需要用含  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (物质的量之比为 3 : 1) 的混合液, 每升混合液中含磷元素 3.1 g。现用 4.0 mol/L  $\text{H}_3\text{PO}_4$  溶液和固体  $\text{NaOH}$  配制 2.0 L 混合液, 问需取该  $\text{H}_3\text{PO}_4$  溶液多少毫升?  $\text{NaOH}$  多少克?

【解题研究】 本题可从 2 L 溶液里含磷的物质的量确定所需 4 mol/L  $\text{H}_3\text{PO}_4$  溶液的体积; 从  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  所含的物质的量确定所需  $\text{NaOH}$  的质量。则:

每升混合液中含磷的物质的量为:

$$n(\text{P}) = n(\text{NaH}_2\text{PO}_4) + n(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{3.1 \text{ g}}{31 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$$

所需 4 mol/L  $\text{H}_3\text{PO}_4$  溶液的体积为:

$$V_{(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{0.1 \text{ mol} \times 2}{4.0 \text{ mol/L}} = 0.05 \text{ L} = 50 \text{ mL}$$

2 L 混合液中含磷的物质的量为:

$$n(\text{P}) = n(\text{NaH}_2\text{PO}_4) + n(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0.1 \times 2 = 0.2 \text{ mol}$$

$$\text{其中: } n(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0.2 \times \frac{3}{4} = 0.15 \text{ mol}$$

$$n(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0.2 \times \frac{1}{4} = 0.05 \text{ mol}$$

$$\text{故: } n(\text{Na}^+) = n(\text{NaOH}) = 0.15 + 0.05 \times 2 = 0.25 \text{ mol}$$

$$m(\text{NaOH}) = 0.25 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 10 \text{ g}$$

**【例 7】** 内燃机是将化学能转化为机械能的装置,可分为汽油机和柴油机等类型。汽油机和柴油机均利用燃料燃烧产生的大量气体和热能,推动活塞的往复运动。它们工作原理的区别在于:压缩的工作物质不同,点火方式不同。汽油机是汽油先行雾化再与空气混合,然后在汽缸内压缩并由电火花打火燃烧和剧烈膨胀,推动活塞;柴油机则是先压缩空气,然后在高温、高压空气中喷入雾化的柴油,此时压缩空气的温度已达柴油的着火点,柴油立即燃烧并剧烈膨胀,推动活塞。

(1) 某柴油机的压缩比(压缩后与压缩前的空气体积比)为 1:10,空气原温度为  $27^\circ\text{C}$ ,大气压强为  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。空气被压缩到最大限度时,汽缸内的压强为  $3.03 \times 10^6 \text{ Pa}$ 。设空气自始至终是理想气体,此时混合气体的温度是 \_\_\_\_\_  $^\circ\text{C}$ 。

(2) 检测发动机尾气发现,汽油机尾气中氮氧化物( $\text{NO}_x$ )的含量远高于柴油机尾气,请解释原因。

(3) 若汽油机使用的汽油在汽缸内完全燃烧(假定汽油的平均成分等于辛烷),则空气与辛烷的理论质量比  $y = \underline{\hspace{2cm}}$ 。若实际质量比大于  $y$ ,则尾气中有毒气体含量较大的是 \_\_\_\_\_。

(4) 治理(3)中有毒气体的方法之一是在汽车排气管上装一个“催化转换器”(用铂、钯合金作催化剂),使上述两种有毒气体反应,生成可参与大气生态环境循环的无毒气体。请写出该反应的化学方程式。

(5) 观察红绿灯下等候通行的两辆外型相仿的大客车,如何判

断哪辆是柴油机车、哪辆是汽油机车？

**【解题研究】** 此题需密切结合生活实际、结合环境保护，综合运用所学知识方能求解的题。解此题要能通过阅读理解汽油机、柴油机的工作原理，会运用气态方程式，还要掌握柴油的碳氢比大于汽油、 $N_2$  与  $O_2$  在放电条件下能产生  $NO$  等知识，对解题者的能力要求较高。

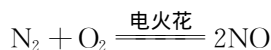
(1) 答此小题应采用气态方程  $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ 。代入题设数据有：

$$\frac{1.01 \times 10^5 \times 10}{27 + 273} = \frac{3.03 \times 10^6 \times 1}{x + 273},$$

解得  $x = 627(^{\circ}C)$ 。

注意，在气态方程中，温度的单位是  $K$  而不是  $^{\circ}C$ ， $a^{\circ}C = (a + 273)K$ 。

(2) 由两种内燃机的工作原理可知，汽油机工作时在压缩空气和雾化汽油混合物中用电火花打火的过程，这一过程像空气中闪电的过程一样，因而会发生下列反应：

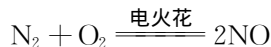


使尾气中  $NO_x$  含量高于柴油尾气。

(3) 解此小题首先要算出辛烷充分燃烧需  $O_2$  的量，再折算成空气的量，才能回答后两小问。由  $C_8H_{18} + 12.5O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 8CO_2 + 9H_2O$ ，可知  $n(O_2) : n(C_8H_{18}) = (12.5 \times 5) : 1$ ，

$$\begin{aligned} m(\text{空气}) : m(C_8H_{18}) &= (12.5 \times 5 \times 29) : (1 \times 114) \\ &= 15.9 : 1 \approx 16 : 1. \end{aligned}$$

若实际空气与辛烷的质量比大于  $16 : 1$ ，则空气过量，发生反应：



尾气中会有较多的  $NO_x$ 。

若实际空气与辛烷的质量比小于  $16 : 1$ ，则空气不足，将导致辛