

# AP



北京王府学校  
BEIJING ROYAL SCHOOL

# CHEMISTRY

# AP\*化学

国内AP课程原创教材，特别适合中国学生使用。

张珊 杨圣婴 编著



中国人民大学出版社

# AAP

## 化学

张 珊 杨圣婴 编著

中国人民大学出版社  
· 北京 ·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

AP 化学: 英文 / 张珊, 杨圣婴编著. —北京: 中国人民大学出版社, 2011.6  
ISBN 978-7-300-13871-8

I. ①A… II. ①张… ②杨… III. ①化学-高等学校-教材-英文 IV. ①06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 106999 号

## AP 化学

张 珊 杨圣婴 编著

AP Huaxue

---

出版发行 中国人民大学出版社

社 址 北京中关村大街 31 号

邮政编码 100080

电 话 010-62511242 (总编室)

010-62511398 (质管部)

010-82501766 (邮购部)

010-62514148 (门市部)

010-62515195 (发行公司)

010-62515275 (盗版举报)

网 址 <http://www.crup.com.cn>

<http://www.1kao.com.cn> (中国 1 考网)

经 销 新华书店

印 刷 北京宏伟双华印刷有限公司

规 格 185 mm × 260 mm 16 开本

版 次 2011 年 7 月第 1 版

印 张 9.25

印 次 2011 年 7 月第 1 次印刷

字 数 199 000

定 价 35.00 元

---

版权所有

侵权必究

印装差错

负责调换

Preface

# AP 辅导教材序言

中国经济快速发展，人才培养给我国教育体制改革也带来了更大的挑战。传统教育模式不能满足我国市场经济对于高素质人才的巨大需求。《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》在第十六章“扩大教育开放”中明确提出，要适应国家经济社会对外开放的要求，培养大批具有国际视野、通晓国际规则、能够参与国际事务和国际竞争的人才。教育国际化需要的是教育资源、教育环境、教育成果和教育理念。北京王府学校自2003年成立以来，一直奉行教育国际化的理念，在教育教学、教法和教材的改革上不断进行尝试和摸索，开设了A-level，AP，AEOP等课程。其中，尤以AP课程被广大学生所青睐。

AP (Advanced Placement)，中文译为美国大学先修课程，由美国大学理事会 (College Board) 举办，旨在使高中学生提前适应大学教育，在高中阶段以美国大学标准挑战自我。美国大学将AP成绩看作衡量学生学习综合素质和研究能力的重要指标，也用于帮助筛选符合大学入学标准的优秀学生。

北京王府学校2006年成为中国首所引进美国AP课程的学校。由于教学成果出色，被美国大学理事会吸收为中国首个会员单位，被美国大学理事会首选为“AP教学示范学校”。自开设AP课程以来，王府学校一直致力于AP课程深度教科研活动的推广。2010年，王府学校作为主办单位，同美国大学理事会共同成功举办了“首届（2010）中国AP教学与学习交流观摩论坛”。王府学校部分骨干教师成为中国首批获得“AP示范教师”证书的教师。

王府学校教师受益于长期的教科研经验积累，学校鼓励和支持更多的学生加入到挑战自我的队伍中来，为让中国的高中学生早日适应先进的教育培养模式，学校各专业教师多次赴美国、英国、韩国及我国香港等地进行学习、交流经验、培训，通过学习收获教学经验积累，同AP课程教师和学生创造性学习的教育理念相融合，我们希望根据学生教学需

要编写能够结合 AP 课程精髓和中国学生思维方式的 AP 教材，以飨莘莘学子。

本套 AP 教材以 AP 考试大纲为基本框架，辅以对知识点、考题和专业词汇的缜密解析，旨在帮助学生更快地掌握 AP 知识架构，了解 AP 考试特点和突破专业词汇障碍。负责本教材编写工作的都是学校教学一线的 AP 教师，具有较丰富的教学经验，针对 AP 试题有着深入的研究，应用新教学方法，引领、理解教学，领导教学，比较教学，批判教学，得到了美国大学理事会等著名大学专家学者的认同。本套 AP 教材的编写，不仅能带给学生学习 AP 的乐趣，还能为国内高中教材教学改革抛砖引玉。

时间仓促，书中难免有不妥之处，望同行、读者不吝赐教。

王广发

# 本书简介

本书总结了 AP 化学考试中的重点、难点，书中采用结构图、表格等形式帮助读者理清思路，更加系统地进行知识的消理解；每章节后附有模拟练习及详细的解题思路，可以在读者学习过程中起到良好的查漏补缺的作用，帮助广大考生全面了解 AP 化学考试知识要点、题型及解题方法，做好充分准备以参加 AP 化学考试；全书内容以双语呈现，书后总结了注释有音标专业词汇表，也能帮助部分英语薄弱的读者克服语言障碍，以高效率获取知识，取得理想的学习效果，在 AP 考试中取得最为理想的成绩。

本书的第一章至第五章及相应的词汇部分由杨圣婴老师编写，第六章至第十五章及其对应词汇、全书的模拟题解析及考试简介部分由张珊老师编写。时间仓促，书中不妥之处，还请读者不吝赐教。

编著者

2011.6



# 目录

## Contents

### Part ① STRUCTURE OF MATTER.....1

#### 第一部分 物质结构

Chapter 1	STRUCTURE OF THE ATOM	
第一章	原子结构.....	3
Chapter 2	THE PERIODIC TABLE	
第二章	元素周期表.....	10
Chapter 3	NUCLEAR CHEMISTRY	
第三章	核化学.....	15

### Part ② CHEMICAL BONDING..... 21

#### 第二部分 化学键

Chapter 4	IONIC COMPOUNDS, FORMULAS, AND REACTIONS	
第四章	离子化合物、分子式和反应.....	23
Chapter 5	COVALENT COMPOUNDS, FORMULAS, AND STRUCTURE	
第五章	共价化合物、分子式和结构.....	28
Chapter 6	STOICHIOMETRY	
第六章	化学计量学.....	36

### Part ③ STATES OF MATTER .....43

#### 第三部分 物质的状态

Chapter 7	GASES	
第七章	气体.....	45

Chapter 8	LIQUIDS AND SOLIDS	
第八章	液体和固体	51
Chapter 9	SOLUTIONS	
第九章	溶液	61

## **Part 4** PHYSICAL CHEMISTRY ..... 69 **第四部分 物理化学**

Chapter 10	CHEMICAL EQUILIBRIUM	
第十章	化学平衡	71
Chapter 11	KINETICS	
第十一章	化学动力学	79
Chapter 12	THERMODYNAMICS	
第十二章	化学热力学	86

## **Part 5** CHEMICAL REACTIONS ..... 91 **第五部分 化学反应**

Chapter 13	REDOX REACTIONS AND ELECTROCHEMISTRY	
第十三章	氧化还原反应和电化学	93
Chapter 14	ACIDS AND BASES	
第十四章	酸和碱	101
Chapter 15	ORGANIC CHEMISTRY	
第十五章	有机化学	114

附录 1	ABOUT AP CHEMISTRY EXAM 关于 AP 化学考试	122
	STRUCTURE OF THE EXAM 考试结构	122
	CHEMICAL CALCULATIONS 化学计算	122
	TOPIC OUTLINE 知识要点	123
附录 2	GLOSSARY 词汇	126



# 1

Part

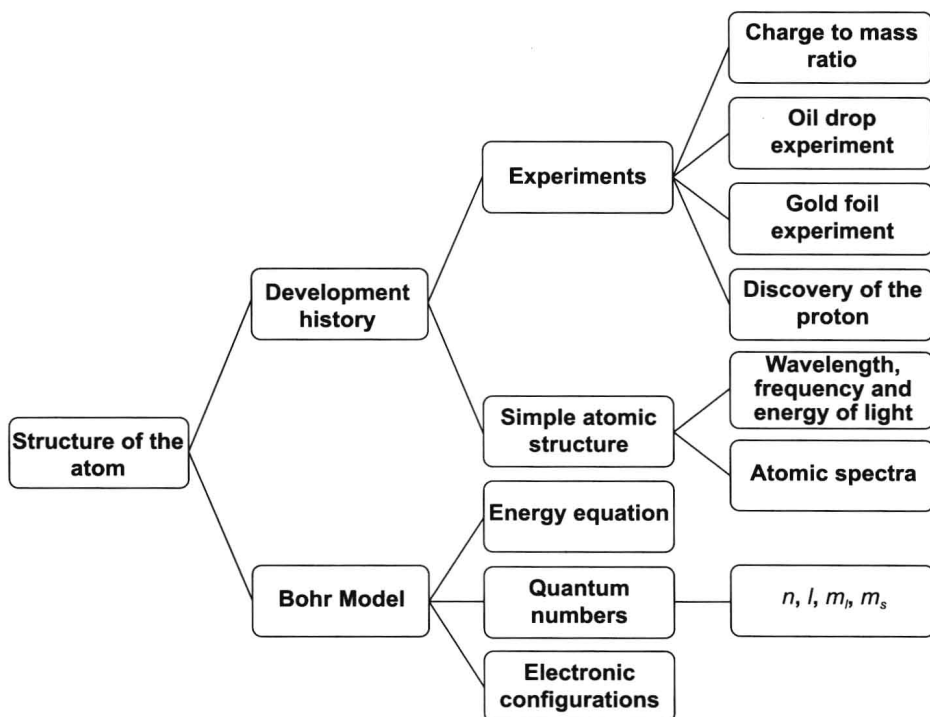
**STRUCTURE OF MATTER**

**第一部分  
物质结构**



## STRUCTURE OF THE ATOM

## 第一章 原子结构



说明：以上框架图涵盖了原子结构的全部要点。简单串联如下：

以 Bohr Model 作为分界，本章基本分为 Bohr Model 之前科学家们发现的相关知识，以及 Bohr Model 横空出世后引导的原子结构的飞跃。

科学离不开实验，Bohr Model 出现之前，科学家们做了很多实验，每个实验都为今天的知识奠定了基础，提供了必要信息（这常常作为选择题的考点出现），同时科学家们通过研究 H 光谱，也发现了一些简单的 atomic structure 的相关信息，包括能量和光谱等等，这些主要借助于实验手段发现。

Bohr Model 出现之后，能量公式有了新的发展和更广泛的应用，同时借助于量子理论，4 个著名的量子数帮助人们更详细、更准确地描绘了原子结构。

进而，人们才可以写出今天的 electronic configurations，原子结构的一步步精确，其中也蕴含着化学发展的历史。

## I A Review of Important Discoveries About the Atom

### 1. Experiment

- (1) J. J. Thomson → Charge to mass ratio by cathode ray tube
- (2) Robert Millikan → Oil drop experiment → charge of e  
通过 1 和 2 → plum pudding model of atom
- (3) Rutherford “Gold foil experiment” → Nuclear model of the atom
- (4) Niels Bohr → solar system model
- (5) Erwin Schrodinger 埃尔温·薛定谔 → wave-mechanical theory
- (6) Werner Heisenberg developed the uncertainty principle

### 2. Other discoveries

Discovery of the Proton; Neutron; Determination of Atomic number

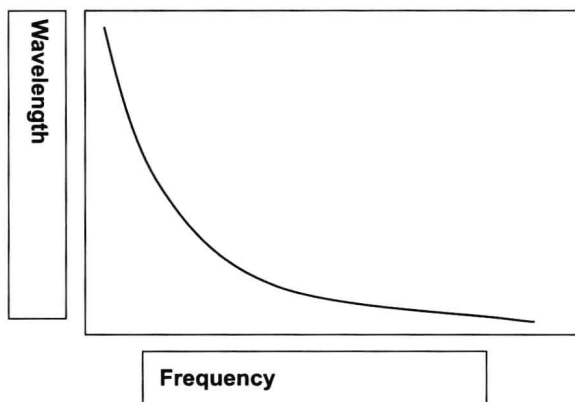
## II Atomic Structure

### 1. Light emission

- (1) If add a certain energy to an element, the element may emit light.
- (2) The electromagnetic spectrum  
Ultraviolet/Visible/Infrared  
High energy end → Low energy end  
Wavelength Range of Visible light: 350 nm ~ 700 nm, Frequency Range:  $1.2 \times 10^{15} \text{ Hz} \sim 2.3 \times 10^{14} \text{ Hz}$

### 2. Wavelength, Frequency and Energy of light

- (1) Definition of wavelength and frequency



(Wavelength) (Frequency) = Speed of light

$$\lambda\nu = c \quad c = 3.0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Unit of Frequency:  $\text{s}^{-1}$  (Hz)

Max Planck:  $E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$

Energy of electromagnetic waves is proportional to the frequency and inversely proportional to the wavelength.

$h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J s}$  (Don't need to be memorized, Given in Exam)

Energy, wavelength, and frequency are all related.

(2) Instruments

Spectroscope (分光镜): if the light is observed by eye

Spectrograph (摄谱仪): if the light is detected by an electronic device and recorded on paper

Spectrometer (分光计): similar to a spectrograph except that the information is read from a meter

Each element emits a unique pattern of spectral wavelengths. These patterns, called atomic spectra, are used to identify elements.

(3) Equation

One form of the Rydberg equation:

$$\nu = 3.2881 \times 10^{15} \text{ s}^{-1} \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \text{ (Remember)}$$

$n_1$  refer to the lower energy level

$n_2$  refer to the higher energy level

## III The Bohr Model of the Atom

1. Niels Bohr: certain allowed orbits

$$E_n = -\frac{2\pi^2 m e^4}{n^2 h^2} = -2.178 \times \frac{10^{-15}}{n^2} \quad n = \text{orbit number}$$

2. The size of the atom

Bohr Radius for the hydrogen atom:  $\sigma = 53 \text{ pm}$

Other orbits' radii are whole-number multiples of the Bohr radius.  $N = 2, 3, 4, \dots$

3. The Wave-Mechanical Model of the atom

$$E = h\nu \quad E = mc^2$$

$$h\nu = mc^2$$

Actual use of these wave equations is left for higher level college courses.

The results of using these wave equations:

- (1) Quantum numbers
- (2) The fixed orbits of the Bohr theory are replaced with a cloud of electrons around the nucleus, in which region the probability of finding the electron is highest.
- (3) Still geometric shapes
- (4) The results of the wave equation agree completely with the Bohr model, including the energy change for moving e, the 53pm radius.
- (5) The Heisenberg uncertainty principle  
电子的位置和动量不能同时确定

$$(\Delta x)(\Delta mv) \leq \frac{h}{4\pi}$$

(掌握概念, 不考计算)

#### 4. Structure of the atom (原子结构)

##### (1) Principal energy levels

The number of the principal energy level:  $n$

It is the same as the principle quantum number.

Each principal energy level can hold a maximum number of e equal to  $2n^2$ .

##### (2) Sublevels

Each principal energy level contains one or more sublevels.

The number of possible sublevels =  $n$

Sublevels are numbered by azimuthal quantum numbers  $l$ .

$l \leq n-1$  Only four sublevels are actually used.

Label letters:  $s, p, d, f$

Without electron filled in, the sublevel will not exist.

#### 5. Orbitals

Each sublevel contains one or more electron orbitals.

Each orbital may contain a maximum of two electrons.

两个电子相反的自旋

Orbitals are labeled as  $s, p, d, f$  according to their sublevel.

The number of orbitals:  $2l+1$

Orbitals are numbered by magnetic quantum number,  $m_l$ .

$$-l \leq m_l \leq l$$

$s$  sublevel: spherical

Three  $p$  orbitals in a  $p$  sublevel all have a dumbbell shape. The five  $d$  orbitals in a  $d$  sublevel all have the shapes in different direction.

#### 6. Electronic structure of the atom (原子的电子结构)

Aufbau or Energy order:

$1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p 5s 4d 5p 6s 4f 5d 6p 7s 5f 6d$

钻穿效应发生在  $4s$  与  $3d$  之间, 应特别关注。

#### 7. Electronic configurations

Complete electronic configurations,  $nl^x$

- ◇ Remember  $s^1d^{10}$  or  $s^1d^5$  is special for several atoms, there are exceptions.

Abbreviated electronic configurations

[Noble gases] + rest

Up to the last completely filled  $p^6$  sublevel are the inner or core electrons.

Note: outermost electrons/valence electrons/in a practical sense, these include only  $s$  and  $p$  electrons of the atom.

Representation of valence electrons is as dots around the atomic symbol.

#### 8. Hund's rule & Pauli exclusion principle (important)

每个 orbit 上最多排 2 个电子, 必须依次将  $s, p, d, f$  orbitals in a sublevel 填充完一个电子, 再填充另一个。

轨道半充满或全充满时最稳定。

两个电子在一个轨道上, 自旋方向要相反。

#### 9. Quantum numbers

##### (1) Principal quantum number ( $n$ )

—represents the principal energy level

—related to the average distance of e from the nucleus

##### (2) Azimuthal quantum number ( $l$ ) $l = 0, \dots, n-1$

—represents the sublevel of the electron

—represents the shape of the orbitals in the sublevel

##### (3) Magnetic quantum number ( $m_l$ ) $m_l$ from $-l$ to $+l$ .

—designates the orientation of an orbital in space

##### (4) Spin quantum number ( $m_s$ ) $+\frac{1}{2}$ or $-\frac{1}{2}$

—represents the “spin” of an electron

According to Pauli exclusion principle, no two electrons in the same atom may have the same four quantum numbers.

Note: When designating the quantum numbers for the electrons in an atom, the lowest possible values of the first three quantum numbers are used first.

## IV SELF ASSESSMENT QUESTIONS

本章内容 MCQ 每年必出现, FRQ 中也基本每年都有涉及。<sup>①</sup>

- In Rutherford's experiments, gold atoms were bombarded with alpha particles. Which of the following statements can explain the observation?  
(A) Neutrons and protons in atoms have nearly equal mass.

<sup>①</sup> MCQ 代表 I 卷选择题 Multiple Choice Questions, FRQ 代表 II 卷问答题 Free Response Questions。本书后面部分同此。

- (B) Electrons in atoms are arranged in shells.  
 (C) Atoms have equal numbers of positive and negative charges.  
 (D) Neutrons are at the center of an atom.  
 (E) The positive charge of an atom is concentrated in a small region.

Solution:

本题考查原子结构发现的历史。Rutherford 的金箔实验推翻了 plum pudding 模型，而 Rutherford 根据实验现象推测，原子中的正电荷集中在一个很小的致密的区域，电子在其外分布，据此提出了 nuclear model。答案：E

2. Which of the following shows the correct number of protons, neutrons, and electrons in a neutral cesium-134 atom?

	Protons	Neutrons	Electrons
(A)	55	55	55
(B)	55	79	79
(C)	55	79	55
(D)	79	55	79
(E)	134	55	134

Solution:

本题考查原子的结构及其中亚原子微粒间的数量关系。查元素周期表得 Cs 为 55 号元素。原子序数=质子数；对于中性原子，质子数=电子数；而质量数=质子数+中子数。答案：C

3. Which of the following represents an atom that has four valence electrons?

(A)	1s	$\uparrow\downarrow$	2s	$\uparrow$				
(B)	1s	$\uparrow\downarrow$	2s	$\uparrow\downarrow$				
(C)	1s	$\uparrow\downarrow$	2s	$\uparrow\downarrow$	2p	$\uparrow$	$\uparrow$	
(D)	1s	$\uparrow\downarrow$	2s	$\uparrow\downarrow$	2p	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$
(E)	[Ar]	4s	$\uparrow\downarrow$	3d	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$

Solution:

本题考查电子排布和价电子的知识。对于价电子为最外层电子的 s 电子和 p 电子。而过渡金属元素的价电子除最外层的 s 电子外还含有次内层的 d 电子。答案：C

4. Of the following electron configurations of neutral atoms, which represents an atom in an excited state?

- (A)  $1s^2 2s^2 2p^5$   
 (B)  $1s^2 2s^2 2p^5 3s^2$   
 (C)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$   
 (D)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$   
 (E)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

Solution:



本题考查电子构型的知识。核外电子最稳定的排布遵守 Aufbau 原理, Pauli 不相容原理和 Hund 规则。电子填入轨道的顺序为  $1s\ 2s\ 2p\ 3s\ 3p\ 4s\ 3d\ 4p\ 5s\ 4d\ 5p\ 6s\ 4f\ 5d\ 6p\ 7s\ 5f\ 6d\ 7p$ 。s 亚层最多有 2 个电子, p 亚层最多 6 个, d 亚层最多 10 个。显然 B 项的 2p 亚层还未填满即开始向 3s 层填充, 所以它为激发态的原子。答案: B

5. The bond energy of Cl—Cl bond is  $242\ \text{kJ mol}^{-1}$ . Calculate the longest wavelength of light, in nanometers, that can supply the energy per photon necessary to break the Cl—Cl bond.

Solution:

For electromagnetic radiation,  $c = \lambda\nu$  and  $E = h\nu$ .

$$\lambda = \frac{ch}{E} = \frac{ch}{E_m/L} = \frac{(3.0 \times 10^8\ \text{ms}^{-1})(6.63 \times 10^{-34}\ \text{Js})}{242 \times 10^3\ \text{J mol}^{-1} / 6.022 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}} = 4.9 \times 10^{-7}\ \text{m} = 490\ \text{nm}$$