

医用理化基础

(物理部分补充教材)

哈尔滨医科大学基础課教材编写组

1 9 7 2

目 录

第一章 力学基本知识

第一节，质点的直线运动

第二节，运动定律

第三节，动量和冲量

第四节，匀速圆周运动，向心力与离心力，离心机

第五节，功与功率，机械能及机械能守恒定律

第二章 原子物理概念

第一节，原子结构

第二节，原子核，放射性同位素

第三节，原子能及其应用

第一章 力学基本知识

第一节，质点的直线运动

一、质点的匀速直线运动

一切事物都在不停地运动着，如开动的汽车、转动的发电机，大至人造地球卫星，小至物质的分子等都在做不间歇的运动。因而运动是绝对的。运动的形式是多种多样的，运动的规律也极其复杂。本章只研究那些物体相对位置改变的运动，叫做**机械运动**。

在有些情况，物体的运动范围比其本身大得多的时候，物体的大小和形状都可以忽略不计，把这个物体当做一个几何点来对待，一般叫做**质点**，下面就考虑一下质点做匀速直线运动的规律。

描述物体运动状态的基本量之一就是**速度**。它表示质点在单位时间移动的距离。单位为厘米/秒，米/秒，公里/时等。速度不但有大小也有方向。凡是有大小，也有方向的物理量都叫做**矢量**。只有大小没有方向的物理量叫做**标量**。

做直线运动的物体，它的速度有的时时在变，也有始终保持不变的。任何同一时间内所走的距离都相等的运动叫做**匀速直线运动**。

有一质点从O处经t时间移动了S距离，那末它的速度V为，
$$V = \frac{S}{t}$$
或写成

$$S = Vt$$

因为V是常数，所以距离S与时间t成正比。如果V为已知，从上式可得到任何时间所移动的距离。

二、匀变速直线运动

质点的运动速度不常是保持一定不变，如火车刚起动或进站刹车时，速度在不断地增加或减少。凡是速度改变的运动叫做**变速运动**。变速运动又分为两种情况。一种是任何单位时间内速度的变化都相同，叫做**匀变速直线运动**。另一种是不同情况下速度的改变不相同。我们只研究前一种。

为了描述不同的匀变速直线运动的速度变化情况，引入**加速度**这个物理量，它是单

位时间内速度的变化。今有一质点在A点的速度为 V_0 （叫做初速度），经t时间到达B

点的速度为 V （叫做末速度）。依加速度的定义，加速度 a 为 $a = \frac{V - V_0}{t}$ ，

它的单位为厘米/秒²，米/秒²等。加速度也是矢量，在直线运动中 a 值为正时是加速， a 值为负是减速运动。

把上式改写为

$$V = V_0 + at \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

①式给出不同时刻的速度数值。若AB间距离为 S ，则 $S = \frac{V_0 + V}{2} \cdot t$ 把①式代入整

理后可得 $S = V_0 t + \frac{1}{2} at^2 \dots \dots \dots \textcircled{2}$

②式给出不同时刻物体移动的距离。从①②两式可得出

$$V^2 - V_0^2 = 2aS \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

上述三个运动方程式给出做匀变速直线运动的 S 、 V 、 t 和 a 的关系。从其中的已知量可算出未知量。例如一火车时速为120公里，进站时刹车，知道在1分钟内车完全停止。求车从开始刹车算起共行走多少距离才停止。

〔解〕依 $V^2 - V_0^2 = 2aS$ ，因末速 $V = 0$ 所以 $-V_0^2 = 2aS$

先求 $a = \frac{V - V_0}{t} = \frac{-V_0}{t} = \frac{-120 \text{ 公里/时}}{1 \text{ 分}} = \frac{-2 \text{ 公里/分}}{1 \text{ 分}} = -2 \text{ 公里/分}^2$

代入上式 得 $S = \frac{-V_0^2}{2a} = \frac{2^2}{2 \times 2} = 1 \text{ 公里}$ 。

三、落体的运动

实验证明，物体落下时如消除空气阻力等影响，所有物体落下加速度都是一样的。在纬度 45° 的海平面上这个数值为980厘米/秒²，叫做重力加速度，用 g 表示。因而落体运动也是一种匀变速直线运动。只要以 g 代替上式中的 a ，即可得出落体运动方程：

$$V = V_0 + gt \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

$$S = V_0 t + \frac{1}{2} gt^2 \dots \dots \dots \textcircled{5}$$

$$V^2 - V_0^2 = 2gS \dots \dots \dots \textcircled{6}$$

式中的 V_0 为向下抛掷时的初速度，若 $V_0 = 0$ 即为自由落体运动方程。

$$V = gt \dots \dots \dots \textcircled{7}$$

$$S = \frac{1}{2}gt^2 \quad \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

$$V^2 = 2gS \quad \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

例题：一块石头从地面自由落下，经10秒后落在矿井底部，求此矿井的深度。

【解】：用公式 $S = \frac{1}{2}gt^2$

$$S = \frac{1}{2} \times 980 \times 10^2 = 49000 \text{ 厘米} = 490 \text{ 米}$$

则矿井深度为490米。

第二节 运动定律

上节所讨论的内容只是质点的运动状态，称为运动学。而本节所讲的内容涉及到物体运动的产生原因，叫做动力学。牛顿三个定律是动力学的基础，它是人类在数千年生产实践及科学实验中的总结。

牛顿第一定律

在生活经验中常常看到静止的物体运动了，运动着的物体增快或减慢。这些现象的共同点都是速度发生了变化（有了加速度），或说运动的状态改变了。究竟是什么原因使得物体的运动状态改变了？是受了力的作用。牛顿第一定律如下叙述：**任何物体不受外力作用时，静止的物体恒保持其静止状态，运动的物体维持其匀速直线运动。**也就是物体不受外力作用时静者恒静动者恒动，所以牛顿第一定律又叫做惯性定律。

牛顿第一定律指出了物体运动状态改变的原因，提出了力的概念。说明物体运动状态的改变，一定受外力的作用。但是反过来，能否说凡是静止的物体或正在做匀速直线运动的物体没有受力的作用呢？不能，例如讲桌上的黑板擦，对桌施以向下压力（重力），同时桌面对黑板擦有一个向上的支撑力。黑板擦之所以没有动，是由于这两个力平衡了的缘故。又如做匀速直线运动的火车，也不是没有受力的作用，只不过是机车向前的牵引力与铁轨的摩擦力相平衡罢了。可见，牛顿第一定律中所说不受外力的作用，也可以理解为作用在物体上所有的力相平衡。

牛顿第二定律

牛顿第一定律说明物体运动状态发生了变化或说有了加速度，是受外力的作用。牛

顿第二定律确定了作用力和它产生的加速度之间的关系。实验证明：用大小不同的力作用在同一物体上时，它所产生的加速度也各不相同。力 f 大，所得的加速度也大，二者有正比例关系。即

$$f \propto a$$

$$f = ma$$

m 为比例常数，它是不同物体所具有的常数叫做质量。从上式可知，如用相等的力作用在不同物体时，所得的加速度也不同。质量大的物体所得到的加速度就小，质量小的加速度就大。所以质量可以做为衡量惯性大小的尺度。

牛顿第二定律是动力学最基本的定律。力学中很大部分内容都是由它推导出来的。

从 $f = ma$ 中可以定出力的单位。在厘米、克、秒制中，质量为克，加速度为厘米/秒²，而力的单位为达因。而使质量为一克的物体得到 1 厘米/秒² 的加速度，所需要的力为一达因。

在重力单位制中，把质量为 1 克的物体在纬度 45° 海平面上所受的重力叫做 1 克重。从牛顿第二定律可知 $P = mg$ ，1 克重 = 1 克 \times 980 厘米/秒² = 980 达因。

下面举一例运用牛顿定律计算问题：有一个静止的物体，重 700 克，受到 10 克重的恒力，问它在 5 秒钟内行走的路程是多少？

从题中已知 $m = 700$ 克， $f = 10$ 克重 = $10 \times 980 = 9800$ 达因，

$t = 5$ 秒，求 S 。用公式 $S = V_0 t + \frac{1}{2} at^2$ ，因为 $V_0 = 0$ ， $\therefore S = \frac{1}{2} at^2$ ，式中

t 为已知， a 可以从 $f = ma$ 中求出。 $a = \frac{f}{m} = 14$ 厘米/秒²，代入上式得

$$S = \frac{1}{2} \times 14 \times 5^2 = 175 \text{ 厘米。}$$

最后说明一下质量和重量的关系。质量和重量虽然有一定联系，实质上是两个完全不同的物理量。一个物体的质量是表示它含有物质的多少，重量是物体受地球吸引而受的重力。一个是标量，一个是矢量。质量不随物体放在何处，它的值恒保持不变。由于重力加速度 g 的数值在不同地方而不同，所以重量是随物体所在地方不同而改变的。

三、牛顿第三定律

牛顿第三定律叙述了作用力之间的关系。二物体互相以力作用时，其中一力叫做作用力，另一力就叫做反作用。牛顿第三定律指出：**有一作用力，必有一反作用力存在。作用力和反作用力，大小相等，方向相反。**即在自然界中力不能离开物质，而且一切作用力都是成对出现的。

作用力和反作用力是大小相等方向相反的。但不能说一切大小相等方向相反的两个力都是作用力和反作用力。关键在于力的作用对象。作用力和反作用力是两个物体间的

作用力，绝不是一个物体受的两个力。

第三节 动量与冲量，动量守恒定律。

一、动量与冲量

为了描述物体运动量的大小，引入一个新物理量，叫做**动量**。动量是运动物体的质量与速度的乘积。一个物体的运动状态改变了，即速度改变了，它的动量必然也改变。例如一物体质量为 m ，开始速度为 V_0 ，后来变成 V ，动量的改变即为 $mV - mV_0$ 。

又当一个运动着的物体与另一个物体以恒力相互作用时（例如两个球碰撞），把作用力 f 与力的作用时间 t 的乘积叫做**冲量**。现在考虑一下动量与冲量的关系。

从牛顿第二定律可知： $f = ma$ ， $a = \frac{V - V_0}{t}$ ，把它代入前式中，

$$\text{得 } f = ma = \frac{mV - mV_0}{t} \text{ 或 } ft = mV - mV_0.$$

也就是冲量等于动量的改变。这是牛顿第二定律的又一种表示法。

现在讨论一下此式的物理意义。假如在动量的变化等于一定的情况下，也就是等号右边为一常量。那末就有作用力与力所作用的时间成反比的关系。若作用时间很短，出现的作用力就很大。如碰撞或打击都是在瞬间完成的，作用时间很短，就出现很大的破坏力。反之若延长其作用时间，就可以大大减少这个力。例如汽车的弹簧弓子，包装玻璃器材所用的碎纸或干草，都是在起缓冲作用。

二、动量守恒定律

现在研究一下互相作用着的两个物体，在作用前后动量的变化关系。假设一个球质量为 m_1 ，作用前速度为 V_1 ，另一个球质量为 m_2 ，速度为 V_2 。如果 V_1 大于 V_2 ，球 m_1 一定会在后面追上 m_2 球并发生碰撞。碰撞时作用时间为 t 。碰撞后两球的速度都发生了改变， V_1 变为 V_1' ， V_2 变为 V_2' 。球 m_1 的作用力为 f_1 ，球 m_2 的作用力为 f_2 。从牛顿第二定律可知

$$f_1 = m_1 a_1 = m_1 \frac{V_1' - V_1}{t} \quad f_2 = m_2 a_2 = m_2 \frac{V_2' - V_2}{t}$$

依牛顿第三定律 $f_1 = -f_2$ ，即 $m_1 (V_1' - V_1) = -m_2 (V_2' - V_2)$ 整理后
$$m_1 V_1 + m_2 V_2 = m_1 V_1' + m_2 V_2'$$

等号左边为二球碰撞前动量之和，等号右边为二球碰撞后动量之和。可见碰撞前后两球的动量虽然都发生了变化，但是它们动量之和恒保持一定不变，叫做**动量守恒定律**。

在实践中经常遇到此类问题。例如放炮时炮身后座即为一例。设炮弹质量为 m ，射出速度为 v ，炮身质量为 M ，后座速度为 V 。由于放炮前两者动量之和为零，放炮后它们的动量之和也应等于零。即 $mV + MV = 0$

$$V = - \frac{m}{M} v$$

式中负号表示炮身后座速度方向与炮弹前进方向相反。炮身的后座运动又叫做**反冲运动**。由于炮身的反冲运动，给下一次的瞄准带来一定的困难。现代大炮按装特殊装置来减少或制止它们后退。另一方面不是任何时候都要制止反冲运动。有时恰恰要利用这个反冲运动，使“大炮”得到相反方向的反冲运动。例如我国很早以前就发明了的高升爆竹及起花箭，就是利用火药燃烧向下喷时高速气流，而使炮筒本身做反冲运动腾空而起。

火箭炮的炮弹，也是利用它向后方喷射时而获得向前的反冲运动。由于它发射时炮架没有坐力，因此几个炮架可以同装在一个汽车上，行动起来既方便，发射能力也很强。

喷气式飞机也是利用燃料燃烧时向后方喷出高速气流靠反冲运动得到近声速的前进速度。而且比螺旋桨飞机有另一个优越性，它可以在大气稀薄甚至在没有空气的空中飞行，也给火箭技术奠定了理论基础。

第四节，匀速圆周运动，向心力与离心力，离心机。

一、匀速圆周运动

本节专研究曲线运动中的匀速圆周运动。它的特点：质点的运动轨道是圆形的，速度大小不变只是速度的方向时时在变。由于速度是矢量，它本身包括有大小和方向，虽然速度大小不变，然而速度方向改变，所以做匀速圆周运动必有加速度。依牛顿第二定律可知，既有加速度，必然受力的作用。这个力的方向是时时指向中心（理论作图可以证明），所以又叫做**向心力**。既然这力是向心的，那末它产生的加速度也是指向中心，叫做**向心加速度**。它的数值 $a = \frac{V^2}{r}$ 。式中 r 为圆的半径， V 为质点在圆周上的速度。

$$\text{依牛顿三定律，向心力 } f, \quad f = ma = \frac{mV^2}{r}$$

而向心力的大小与小球质量以及和它的速度的平方成正比，与圆半径 r 成反比。凡是做匀速圆周运动，都必须有向心力的作用。例如地球绕太阳转动的向心力是来自太阳对地球的引力。自行车在转弯时并没有外加的力，只好人身与自行车同时向内侧倾斜，依靠重力和地球支撑力的合力指向圆心，成为向心力。滑冰赛跑也是这样。其他如电车及火车在

转弯处的铁轨外侧高而内侧低，以使车体偏倾获得向心力。至于铁轨转弯处内外的高度差，是由所需要向心力的大小来决定的。转弯时的速度大，所需向心力就大，高度差也应该大些。转弯越急，即 r 小，所需向心力也越大，高度差也应该大些。

二、离心力、离心机

前面讲过，凡是做匀速圆周运动都必须有一个向心力。如手持拴线的小球做圆周运动，这个向心力是手通过拴线作用在小球上，方向指向圆心。根据牛顿第三定律，有一力的作用必有一大小相等方向相反的反作用力。在圆周运动中，手作用在小球上的力为作用力，同时必有反作用力即小球通过拴线作用在手上的力，方向是离心的方向，所以叫做离心力。

可见，向心力与离心力是一对作用力和反作用力。大小相等，方向相反。那么这两个力是否能相互抵消呢？这是不能的，因为二者是作用在两个不同的物体上，因此不能抵消，也不能平衡。二者同时存在，同时消失。

假若作匀速圆周运动的小球的拴线突然断开，小球立刻失去了向心力，就不能再继续做匀速圆周运动了，而是沿切线方向作直线运动。例如把两伞转动起来，落在上面的雨滴因没有向心力的作用而沿伞边的切线方向飞去。

很多机器就是利用这个道理分离或沉淀。如医学上常用的离心沉淀器（简称离心机）即是一例。

离心机是一个马达带动几个铁管一起转动的仪器。把待沉淀液体装入试管，放在离心机的铁管中。当开动马达转动一定时间后，液体中的小粒子就沉淀在试管的底部。为说明这个道理，可以考虑液体中任意的小颗粒 m ，当马达开始转动时小颗粒 m 位于 A 处。由于没有向心力的作用，所以小颗粒 m 沿 A 点的切线方向运动，经很短时间到达 B 处。由于管子作匀速圆周运动，所以管转到该位置时 B 处的位置比起 A 处的位置，颗粒就向管底移动了一个距离。由于管子的不断转动，最后小颗粒 m 就达到了管的底部。离心机转速越大，沉淀进行得越快。一般电动离心机在每分钟转几千转到几万转。

第五节 功与功率 机械能及机械能守恒定律

一、功与功率

现在讨论一下力作用在物体上效果。例如人用力向前推车，车就沿力的方向前进了一段距离，或者说有了一个位移。人把水桶从地面提起，水桶就沿向上的方向有了一个位移。我们就说力对物体做了功。显然物理学上的功与平时所说的“工作”意义是不同的。如果力作用在物体上，而物体没有移动，或沿与力垂直方向移动，力没有做功。因

此，功的大小等于力的大小乘以物体在力的方向上位移。如力 F 作用在物体上，沿力方向的位移为 S ，则力所做的功 W 。

$$W = F \cdot S$$

功的单位为力的单位与位移单位的乘积，在厘米·克·秒(C·G·S)制中，力为达因，位移为厘米，功的单位为达因·厘米，或叫尔格。

$$10^7 \text{ 尔格} = 1 \text{ 焦耳。}$$

在重力单位制中为千克重·米等。

上述为作用力与位移方向一致时的情况。假若力与位移有个角度为 α 时，则 $W = F \cdot S \cdot \cos\alpha$ 。从上式可看出：

1、若 $\alpha = 0^\circ$ ，则 $W = F \cdot S$ 即为上述的情况。

2、若 $\alpha = 90^\circ$ ，则 $W = 0$ 即力与位移垂直时，力未做功。

3、若 $\alpha = 180^\circ$ 则 $W = -F \cdot S$ 即力对物体做负功，或说物体克服阻力而做功。

下面讨论一下做功的本领，例如耕完15亩地，一匹马要用10小时，可是用拖拉机只用40分钟就够了，可见不同物体的作功本领不一样。我们用单位时间内所做功的大小来表示各种物体的作功本领，叫做功率。用 N 表示功率， t 表示作功时间。

$$N = \frac{W}{t}$$

功率的单位：为功的单位除以时间单位，若功用焦耳、时间为秒，功率的单位为瓦特。即

1 瓦特 = 1 焦耳 / 秒 它的 1 千倍叫做千瓦

1 千瓦 = 1000 瓦特

1 千克重米 / 秒 = 9.8 瓦

此外功率单位也常用马力，

1 马力 = 735 瓦特

例题 1、有甲、乙两个人，体重分别为 60 公斤及 50 公斤，上 10 米高的楼梯，甲用 30 秒钟，乙用 20 秒钟，问二人的功率各为多少瓦？

解：甲： $W = f \cdot S = mg \cdot S = 60 \text{ 公斤} \cdot 10 \text{ 米} = 600 \text{ 千克重米}$

$$N = \frac{W}{t} = \frac{600 \text{ 千克重米}}{30 \text{ 秒}} = \frac{20 \text{ 千克重米}}{\text{秒}}$$

$$= 20 \frac{\text{千克重米}}{\text{秒}} = 196 \text{ 瓦}$$

$$\text{同样乙：} N = \frac{W}{t} = \frac{500 \text{ 千克重米}}{20 \text{ 秒}} = 25 \frac{\text{千克重米}}{\text{秒}} = 245 \text{ 瓦}$$

二、机械能和机械能守恒定律

物体在很多情况下，都有做功的本领。如流动的水可以冲击水车转动而做功。举高的物体落下来也能做功，上紧的发条能使摆轮转动作功等。凡是物体具有做功本领，我们就说它有能。

物体因运动具有的能叫做动能。物体在远处或弹簧变形所具有的能叫做势能。动能和势能统称为机械能。除机械能外还有其它形式的能，如煤燃烧具有热能，电流可以使电动机转动具有电能，磁铁能吸引铁片，叫做磁能，原子核反应可为动力，叫做原子能等等。本节只讲机械能。

既然能是一个表明物体做功的本领的物理量。那末一个物体对外作了功，它的能量就要减少，对外做多少功，能量就要减少那么多。反之，如果外力对物体作了功，这个物体的能量也可以增加。外力对它做多少功，它就增加多少能。因此，我们为了知道物体具有多少能就看它能对外做多少功或外力对它做多少功。现分别讨论一下势能和动能的数值。

1、势能

如当物体质量为 m ，在地面高 h 处，它所具有的势能，可通过外力对它做多少功来衡量。如把 m 物体从地面举高到 h 处，需反抗重力而做功。重力 $f = mg$ ，距离 $= h$ ， \therefore 所做功 $W = f \cdot h = mgh$ 也就是在高 h 处质量为 m 的石块具有势能为 $E_p = mgh$ 。

势能的单位：质量 m 为克，重力加速度为厘米/秒²，高 h 为厘米，则势能 E_p 的单位为尔格。当然这个石块落到地面也可对外做同样的功。

例如打夯及汽锤等就是利用举起的重物具有的势能落下来而做功。水力发电站的水库中的水也利用它流下时冲击水轮而做功。

上面是利用升高的物体而具有势能，叫做重力势能。被拉长的弹簧（如门弓子）或被压缩的弹簧，以及一切弹性变形（如钟表的发条）的物体都具有势能，叫做弹性势能。

例题：5千克重的物体在10米高处，试计算它落到地面和落到4米高的屋顶上时的势能。

解：在10米处的势能 $= mgh = 5000 \text{克} \times 980 \text{厘米/秒}^2 \times 1000 \text{厘米} = 49 \times 10^6 \text{尔格} = 4900 \text{焦耳}$ 。

落到地面上，势能为0。

落到4米高的屋顶时势能 $= mgh = 5000 \text{克} \times 980 \text{厘米/秒}^2 \times 400 \text{厘米} = 196 \times 10^6 \text{尔格} = 196 \text{焦耳}$ 。

2、动能

假设有质量为 m 的小车，以恒力 f 从静止推动，使其速度为 v 时，小车所具有的动能，可计算外力对小车所做的功去衡量。从牛顿定律知 $f = ma$ ，依运动学 $V^2 = 2 aS$ ，得出

$W = f \cdot S = ma \cdot \frac{v^2}{2a} = \frac{1}{2}mv^2$, 所以小车具有动能 $E_v = \frac{1}{2}mv^2$ 。当然它对外做功也是

同样的数量。单位在(厘米、克、秒)制中为尔格。

例题: 如子弹的速度为 600 米/秒, 子弹质量为 10 克, 求子弹动能。

解: $v = 600$ 米/秒 = 60000 厘米/秒, $m = 10$ 克, 求 E_v 。

$$E_v = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 60000^2 \text{ 尔格} = \frac{1}{2} \times 10 \times 36 \times 10^8 \text{ 尔格} = 1800 \text{ 焦耳}$$

3、机械能守恒定律:

动能、势能可以互相转变。例如一个质量为 m 的石块, 举到离地面高 h 的 A 点处, 只具势能, 数值为 $E_p = mgh$, 而动能 $E_v = 0$ 。当它速度落到途中 B 处时, 由于它获得了速度 V_1 ,

有了动能 $E_v = \frac{1}{2}mv_1^2$; 另一方面它高度减低失去了一部分势能, 但是它们的总和仍

然不变。及达到地面上瞬间的速度为 V , 由于高度为零, 所以全部势能都转变为动能,

$E_v = \frac{1}{2}mv^2$ 。通过计算可知, 无论动能与势能如何转变, 但它们的总和恒保持一定

不变, 叫做机械能守恒定律。

下面分别计算一下物体在 A 、 B 、 C 点的动能、势能及其总和。

A 点的势能 $E_p = mgh$, 动能 = 0, 能量总和 $E = E_p + E_v = mgh$ 。

B 点的势能 $E_p = mgh_1$, 动能 = $\frac{1}{2}mv_1^2$ 由于 $v_1^2 = 2a(h - h_1)$, 代入动能式得

动能 = $\frac{1}{2}m \times 2a(h - h_1) = mgh - mgh_1$ 。∴ 总能量 $E = E_p + E_v = mgh + mgh - mgh_1 = mgh$ 。

C 点的势能 $E_p = 0$, 动能 $E_v = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m \times 2gh = mgh$

总能量 $E = E_p + E_v = mgh$

上面讲的是机械能之间的能量转换。机械能与其它能也能互相转换, 这里不做讲述。

第二章 原子物理概念

第一节 原子结构

我们已知物质是由分子和原子构成的。但是原子又是由什么构成的。这在很早以前虽已提出，但那时的原子理论是很粗糙的。以后通过人们大量的实验和理论研究，对原子的认识才逐渐深化。

在一九一一年，卢瑟福根据他的 α 散射实验（即使 α 粒子穿过金属薄膜，发现大部分 α 粒子都无阻地前进，只有少数的 α 粒子被折回），提出了原子结构模型。原子中央有一个原子核，而且原子质量几乎都集中在核上，核带正电。核外围有电子绕核转动，好像行星绕太阳转似的。原子的半径约为 10^{-8} 厘米，而原子核的半径在 $10^{-13} \sim 10^{-12}$ 厘米的数量级。可见核比原子体积要小得多。原子核的正电量与外围电子电量相等。在正常情况下，原子序数为 Z 的原子，它的外围即有 Z 个电子。这个原子模型叫做卢瑟福原子模型，它与其它一些实验是符合的，因此给原子结构的研究打下了基础。

但是，卢瑟福原子模型是有缺点的，它和经典电磁理论有矛盾。按经典电磁理论，绕核转动的电子应该发射电磁波。这样，原子的能量随电磁波的辐射而逐渐减少，电磁波的频率也要不断地变化，因而辐射出的电磁波应是任何波长都有的连续光谱，这和事实不符合。实际气体光谱不是连续的，而是只有某些特定波长的线状光谱。同时，电子由于能量不断的减少，运转轨道也将逐渐缩小，势必沿着螺旋形轨道逐渐地接近原子核，最后落入核内，因而会使原子成为一个不稳定的东西。然而事实上原子是稳定的。人们对物质世界的认识总是逐渐深入，愈益准确。

这在研究氢光谱系时，所确定的玻尔的原子模型才克服了这个缺点。玻尔的氢原子模型主要以下列假设为基础。

(1) 原子只能处在某些特定的不连续的状态，也就是它的电子只限于沿某些特定的轨道旋转，它所具有的能量为 E_1, E_2, E_3, \dots 。当电子在这些特定的轨道上转动时，并不辐射电磁波。

(2) 只有当电子由一个轨道跳到另一个轨道（如由 E_3 到 E_2 ）时才辐射能量。这个频率是确定的。

玻尔的原子模型所解释的是氢原子的结构。再把这种核外电子具有特定轨道的分布特征推广到其他的原子上，就成功地解释了所有更复杂的原子结构。因而在玻尔的理论

上进行提高探索提出了卢瑟福—玻尔原子模型。即所有原子和氢原子相似，有更多的电子绕核旋转，核外电子数等于该元素的原子序数。这些电子在核外分布情况，也只能在特定的轨道上转动。这些特定轨道把原子核围绕在中央，形成许多个壳层。从最内层起命名为K、L、M、N、O……。每个壳层上可能容纳的电子数目有一定的限制。这个极限电子数目为 $2n^2$ （ n 为主量子数）。如K层（ $n=1$ ），只能容纳两个电子，其它L、M、N、O（ $n=2,3,4,5$ ）可容纳电子数为下表所示：

主量子数	1	2	3	4	5
壳层名称	K	L	M	N	O
最多电子数 $2n^2$	2	8	18	32	50

一般的电子排列规律是先把内层填满，然后顺序往外层填。

最外层的电子叫做价电子，在化学反应中起主要作用，这些在化学课已讲，不再叙述。

当然上述原子模型不是完善无缺的，它随人们对物质世界不断深入认识而不断修整。

第二节 原子核放射性同位素

一、原子核

上节讲了原子的结构，它是由原子核与核外电子所组成。这很自然地要问到原子核又是由什么组成的？这远在一九三二年就提出了。

原子核是由质子和中子组成的。质子（P）与中子（n）统称为核子。质子带与电子电荷相等的正电，实际上它是氢原子核，它的质量为电子的1836倍。中子不带电，质量比质子稍大一些。各原子核中所具有的质子数，等于该原子的原子序数Z，也就是等于该原子外围电子数目。当然同一种元素，它们的电荷都是相同的。但是同一种元素，它的质量未必都相同。今以氢为例，最常见的氢原子，它的核只有一个质子；另外有一种含量极少的氢，它的核由一个质子和一个中子组成，质量比氢大一倍，叫做重氢或氘。此外还有核是由一个质子和两个中子组成的氢，叫做超重氢或氚。氢、氘和氚是电子数（质子数或原子序数）相同，而原子质量不同的元素，它们在周期表上占有同一位置，所以叫做同位素。通常用符号 ${}_Z X^A$ 来表示同位素，其中X代表元素的符号；Z为原子序数（即核的电荷数或质子数）；A为核的质量数（等于中子数加上质子数）。例如氢、氘和氚可分别写成 ${}_1H^1$ ， ${}_1H^2$ 和 ${}_1H^3$ 。核内的中子数等于A—Z。凡是Z相同而A不同的元素，就是同位素。

同位素有稳定的，但也有不稳定的，它放出射线后变成其它元素，叫做放射性同位素。如氢，氘为稳定的，而氚是不稳定的，是一种放射性同位素。

二、放射性同位素

首先讲一下天然放射性的发现。1896年发现铀块能使包着黑纸的感光底片感光。当时认为这是由铀块中放出的一种穿透力很强的射线，叫做放射线。以后卢瑟福把铀块放在铅块的深洞中，把射出的射线在磁场中偏转，然后用照相底板记录下来。结果发现射线分为三支，分别命名为 α 、 β 、 γ 射线。

1) α 射线：根据在磁场中偏转方向，知道它是带正电的粒子。进一步的研究证实，它就是氦原子核。

2) β 射线：——它是带负电的粒子，是高速度的电子流。

3) γ 射线：——它不受磁场的偏倚，因此它不是带电粒子。经进一步研究证实，它是波长极短的电磁波。

那么这些射线都是从哪里来的呢？很多事实都证明，放射线是从放射性物质的原子核内发出的，既然一个元素的特征是由它的原子序数（质子数）及质量数（核子数） A 所决定，那么每当这个元素放射出射线之后，它的质子数（原子序数）就要发生变化，就由一种元素变为另一种元素，这叫做蜕变。例如镭放出了 α 粒子（叫做 α 蜕变）之后变成了新的元素氡。



从镭的原子核内放出了一个 α 粒子，就等于放出两个质子和两个中子。所以原子序数减2，而质量数减4。反应前后必须是电量守恒和质量守恒。

又如镭D，放出一个 β 粒子（叫做 β 蜕变）后变成镭E，反应式如下：



上面所讲的放射性的蜕变都是自发的，叫做天然放射性。

1934年居里夫妇用 α 粒子轰击铝靶时，当轰击停止后，铝仍发射放射性，居里认为这是 Al^{27} 核被 α 粒子轰击时转变为 P^{30} 核，而这种同位素具有放射性，并且它的蜕变规律与天然放射性同位素完全相同。这是第一次用人工的方法，获得放射性同位素。



式中 ${}_0n^1$ 为中子， ${}_1e^0$ 为正电子，（ ${}_{-1}e^0$ 为负电子）。

现在得到的人工放射性同位素已达数千种。

上面所讲的都是原子核内部发生的变化，我们把这个反应叫做核反应。

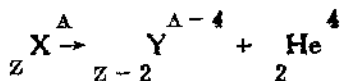
三、放射性蜕变规律

1、位移定则

当着一种同位素蜕变后变成怎样的新元素呢？可总结出下面定则。

1) α 蜕变， α 粒子，即氦原子核，它有两个质子和两个中子，质量数为4。所以放

出 α 粒子后的元素，质量数少4，原子序数少2。

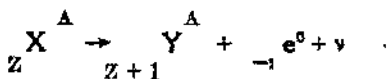


即新元素在元素周期表中位置比原来的元素前移2位。

2) β 蜕变 β 粒子即电子，但电子只在核外才有。事实证明， β 粒子确实是由核内放出的，核内哪来的电子呢？现已证实，当原子核里中子过多时，在一定条件下很容易使某个中子转变为一个质子，并放出一个电子。即 ${}_0^1 n \rightarrow {}_1^1 \text{H} + {}_{-1}^0 e + \nu$

式中 ν 为中微子，它不带电，质量很小，在计算质量数时可忽视不计。

可见 β 蜕变后，其质量数不变，而原子序数 Z 大一个，即往后移一位。



3) γ 蜕变： γ 射线是一种从核内放出的电磁波，它的性质和X射线相似。它不带电也没有质量（静止质量），所以放出 γ 之后， Z 及 A 都不变，只是由于放出 γ 射线而核内能量减少了一些。

2、蜕变定律 半衰期

各种不同的放射性同位素都按自己的规律进行蜕变。但是它们蜕变的快慢，差别是极大的。有些放射性同位素瞬息就几乎蜕变完了，有些经过几亿年似乎还是没有多大变化。我们用半衰期即蜕变了一半所需要的时间 T 来表示蜕变的快慢。例如放射性同位素氡

Rn，它的半衰期为3.825天。即1克的氡原子，经过3.825天就有 $\frac{1}{2}$ 克变为其它元

素，而剩下的 $\frac{1}{2}$ 克再过3.825天又少了一半，剩下了 $\frac{1}{4}$ 克，以此类推。可见半衰期

愈短，放射性元素就蜕变的愈快。

3、放射性的强度

放射性强度，就是用单位时间放射性元素蜕变的原子核个数来衡量。

规定任何一种放射性同位素，在一秒钟发生 3.7×10^{10} 个核蜕变，它的放射性强度为1居里。它的单位太大，常用的是毫居里及微居里。

放射性物质的放射性强度除了与它的半衰期有关外，当然还和它的质量大小有关。同样一种放射性同位素，它的质量愈大，它的放射性强度也愈大。

四、放射性的医学应用

1 治疗方面。在临床，用放射性治疗，分体外照射和体内照射两种。体外照射主要是利用 γ 射线。以前多是用镭，由于最近几年用人为放射性同位素 Co^{60} 代替镭。它的

半衰期为5.3年,可以在核反应堆中大批制造。用 Co^{60} 数百居里放在铅室中,从小的开口中发出 γ 射线,对人体(照射)治疗。这种装置叫做**钴炮**。也可以把钴做成针状装在金属小盒内,插入到需要照射的组织,进行照射。

此外,还有一种体外照射法是用放射性磷 P^{32} 直接敷在皮肤上,利用它的 β 射线治疗皮肤浅部疾患。

体内照射法是把放射性同位素注入体内进行治疗,例如用放射性金 Au^{198} 做成溶液或胶体的形态,注入组织内均匀分布,做局部照射。

又如碘 I^{131} ,甲状腺对其有高度选择吸收性,比其他组织约强1万倍,因此可口服或注射碘化钠(NaI^{131})治疗甲状腺疾病(如机能亢进或癌等)。

2、诊断上. 主要利用放射性元素做为“示踪原子”。

如为测全身或局部血流速度,可以从静脉注入 Na^{24}Cl 溶液,用计数器放在适当部位,当放射性出现时,则表示血液循环由注入部位达到测量部位所需时间。这样可测出血液循环速度。例如正常人体,循环血流速度为6.2秒,而心力衰竭的高血压患者减慢为7.2秒。

如用 I^{131} 可以作甲状腺疾病的辅助诊断及脑肿瘤定位。也可以用 P^{32} 检查皮肤肿瘤,具体办法是用 $\text{NaHP}^{32}\text{O}_4$ 注入体内,以 β 计数器检查患处,若放射性强度比周围皮肤高出25%以上,为恶性,在25%以下为良性。

第三节 原子能及其应用

上节所讲的核反应,只注意反应前后的元素成分。实际在反应过程中还放出或吸收能量,这样我们把原子核内部所贮藏的能量叫做原子能。原子能比化学能巨大得多。如一克钍在 α 蜕变后所放出的能量比一克好煤燃烧后的能量约大80万倍。这就很自然地想到,如何释放原子能为人类服务?

虽然放射性同位素在蜕变时能释放出能量,但是它的蜕变速度是由它自己蜕变规律所决定,不能任意控制。而且制造放射性同位素或用人工办法发生核反应,所消耗的能量远比获得的能量大得多,得不偿失。

现在已经成功地实现了两种类型的释放原子能的途径。一种是把重核分裂成为两个中等核,可以放出比一般核蜕变时大得多的原子能,叫做裂变。另一种是由两个轻核合成一个中等核,放出比裂变时还大一些的能量,叫做聚变。

一、裂变,原子反应堆,原子弹

在一九三九年,发现铀在中子的作用下分裂成两块大小差不多的碎片(叫做裂变)。裂变时放出大量的能量。而且核裂变时同时还放出1~3个中子。这些中子还可