**分散系**

一种（或多种）物质分散在另一种（或多种）物质中所得到的体系称为**分散系**。前者称为**分散质**，而后者称为**分散剂**。按照分散质和分散剂所处的状态（气态、液态、固态），可以有9种不同的组合方式，其中每一种都是可行的。

1. 溶液、胶体和浊液

本质定义：粒子大小

当分散剂是**液体[[1]](#footnote-1)**时，根据分散质粒子的大小可以将分散系分为**溶液**、**胶体**和**浊液**三类，其中溶液中的溶质粒子直径小于1nm, 浊液中的粒子直径大于100nm, 而胶体粒子大小则介于二者之间，为1nm~100nm.

常见的胶体实例有胶体、胶体[[2]](#footnote-2)、淀粉胶体等.

稳定性

溶液、胶体和浊液的稳定性随着分散质粒子直径的增大而减弱，即溶液最稳定，无论存放多久溶质都不会自动与溶剂分离。例如等气体一旦进入大气就会自动扩散开来，当浓度达到一定程度的时候就会造成大气污染你，而绝不会自动与大气分离，因此我们说：溶液的稳定性决定了大气污染的长期性。

与此相反，浊液则很不稳定，分散质会在重力的作用下逐渐沉降下来，例如河水中夹带的泥沙会逐渐沉降，最终导致河床升高的结果. 胶体则介于二者之间，称为**介稳体系**。对于介稳体系而言，一点轻微的扰动就可能使得其状态变得更稳定/更不稳定个，例如醋酸钠饱和溶液就是一种介稳体系，在加热后静置冷却的过程中不会自动析出晶体，但一旦受到振动就会析出晶体（注意这是一种溶液的介稳体系的实例，并不是胶体）。

由此我们可以知道，如果手头有一杯分散系，需要判断它究竟属于上述哪一类别，使用静置的方法就可以将浊液区分出来（静置沉淀）；除此之外，溶液和胶体中的微粒都可以通过**滤纸**孔隙（这表明了滤纸孔隙的大小大致为100nm）, 而浊液则不能，因此使用过滤的方法也可以区分浊液。那么要如何区分胶体和溶液呢？这需要利用丁达尔效应。

2. 丁达尔效应

当光束通过胶体时，会形成一条明亮的通路“光柱”，这是由于可见光被胶体粒子**散射**向各个方向形成的（并不是胶体粒子本身发光）。值得注意的是，发生散射的条件是粒子的大小小于可见光波长(400nm~700nm), 不仅胶体(1nm~100nm)满足条件，溶液（甚至某些浊液）也是满足条件的，但对于溶液来说由于粒子直径太小，散射过于微弱，因此观察不到丁达尔效应，但理论上某些浊液(<400nm)确实也是可以观测到丁达尔效应的。

但总之，在使用静止或过滤方法排除了浊液后，我们可以使用丁达尔效应来区分溶液和胶体。

3. 胶体的介稳性原理 电泳和聚沉

介稳性

上面我们提到，胶体是一种介稳体系，这是因为胶体粒子通过吸附分散剂中的带电微粒而带有了电荷，同种胶体粒子的电性是相同的，因此这一静电斥力阻止了天然具有吸附性的胶体粒子之间互相吸附从而导致胶体颗粒变大（而这会导致**沉淀**的后果），另外布朗运动也在介稳性中起到了一定作用（但主要还是静电作用）。

值得注意的是，带电的是胶体粒子（胶粒）而不是胶体，胶体本身一定是电中性的，否则根本不能够作为一个稳定体系而存在，问题在于：如果所有胶粒都带有同种电荷，为何体现在胶体整体上是不显电性的呢？这显然是由于分散剂中其他粒子中和（但又不破坏胶体粒子的结构）的结果.

电泳

由于胶体粒子带有电荷，因而在电场的作用下可以在分散剂中**定向移动**，这称为胶体的**电泳**。根据电场作用的规律可知，带有负电荷的粒子向阳极移动；而带有正电荷的粒子向阴极移动。一个常见的实验是胶体（粒子带正电）的电泳：在盛有红褐色胶体的U形管的两个管口各插入一个电极（注意U形管上方需要用少量的导电液体使电极和胶体分开，避免胶体粒子和电极直接接触发生反应），在电极两端加上**直流电**，则带有正电荷的胶粒将向阴极移动；现象则是阴极附近的颜色逐渐加深，而阳极附近的颜色逐渐变浅。

电泳是很有用的一个现象，工厂中使用的静电除尘装置就是利用胶体的电泳现象。

聚沉

当我们从外界引入电解质溶液时（或者引入电性相反的胶体粒子），加入的阴阳离子中和了胶体所带的电荷，使得胶体粒子聚集成为较大的颗粒，从而形成沉淀，这就破坏了胶体临时的稳定性，这种现象被称为**聚沉**。如果聚沉后的胶体周围仍然存在大量的分散剂，那么物质的状态就成为了**凝胶态**，这是一种介于固态和液态之间的状态，豆腐、果冻实际上就是凝胶态的物质。

4. 渗析

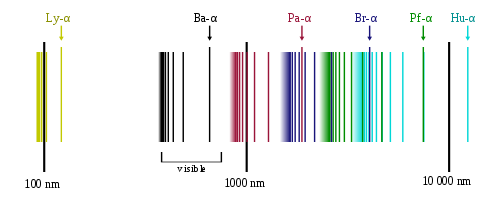
上面我们提到，溶液和胶体粒子都能够顺利通过滤纸孔隙，因此无法使用过滤的方法来提纯胶体粒子，这时候我们可以使用**渗析**，这是一种利用半透膜的选择透过性的方法（详见生命科学物质的跨膜运输），这里只需要意识到半透膜的孔径要比滤纸更小。

**氢原子结构模型**

1. 光谱观察

1859年基尔霍夫和本生发明光谱仪，奠定光谱学的基础. 人们通过实验观察发现，不同元素的光谱图像具有特异性，因而可以根据光谱来判定元素，但由于对原子结构认识的缺乏，无法解释其原理.

在真空放电管中冲入少量氢气，通过高压放电可以发出不同波长的光，利用三棱镜可以观察到不连续的线状光谱：



一般以波长减小的顺位将各谱线编号(n)为1,2,3... 1883年，瑞士中学数学教师**巴尔末**(J.J.Balmer)通过观察给出了第一个的经验关系式，而后由里德堡将其改写成更友好的一个形式，称为**里德堡方程**：

式中的称为里德堡常数. 随后人们发现，除了可见光波段以外，红外波段和紫外波段的谱线分布规律也符合里德堡方程的形式，只需要将式中改写为, 而后一个n改写为即可，从而将上述方程改写成

当时，得到的是氢原子的紫外光谱，称为莱曼系，当时，得到的是氢原子的红外光谱，称为Pachen系. 巴尔末的经验方程引发了一股研究各元素光谱的热潮，然而人们发现只有氢原子和类氢原子（等原子核外只有一个电子的离子. 它们的里德堡常数各不相同）的光谱才有这种简单的数学关系.

里德堡仅仅是把巴尔末的方程进行改写就揭示了隐藏在这一规律后面的本质，这是科学史上形式与内容关系的一个典型例子.

2. 玻尔行星模型

1913年，丹麦物理学家尼尔斯·玻尔(Niels Bohr)总结了当时最新的物理学发现，在此基础上建立了氢原子的核外电子运动模型，成功解释了氢原子光谱，其要点如下：

1. 氢原子核外电子在一定的轨道上运行，正如太阳系中的各大行星绕太阳公转一样，因此玻尔的模型又被称为**行星模型**.

2. 定态假设. 氢原子的核外电子在轨道上运行时具有不变的能量，而不会释放能量，这种状态称为定态. 能量最低的定态称为**基态**，此时的原子称为**基态原子**. 能量高于基态的定态叫做**激发态**. 根据经典力学，电子在原子核的正电场中运动时，会不断释放能量最终掉入原子核，这样原子（和整个世界）就不会存在. 定态假设使得原子的存在成为可能.

3. **量子化条件**. 玻尔假设氢原子核外电子的轨道不是连续的，而是分立的. 在轨道上运行的电子的角动量只能取得的正整数倍值. 该倍数被称为“量子数”（后来称为“主量子数”）

4. 跃迁规则 电子吸收光子会跃迁到能量较高的激发，反过来，激发态的电子会释放出光子，返回基态或能量较低的激发态. 光子的能量为跃迁前后两个能级的能量之差. 玻尔根据经典力学理论对处于轨道半径为的电子的能量进行计算. 根据圆周运动规律

结合量子化条件解出

因此基态氢原子(n=1)的半径. 该值被称为玻尔半径，常作为计算原子核外电子离核距离的基本单位. 基态电子的能量为.

使用玻尔的行星轨道理论，通过向心力计算虽然可以较准确的解释氢原子的行为，但对稍复杂的氦原子就有很大的误差. 后来的量子力学证明了“行星轨道”是不存在的. 但玻尔理论的核心概念：定态、激发态、跃迁、能级等作为其理论的合理内核，在新的量子力学中被保留下来.

**原子结构的量子力学模型**

三维形式的薛定谔方程指出：

在这个二阶偏微分方程中，其中电子的直角坐标是自变量，电子波的振幅作为因变量，给定一定的条件以后可以从中解出不同的**振幅方程**或**波动方程**. 每一个波动方程对应着核外电子的一个定态. 核外电子的定态所对应的波的振幅只是坐标的函数而与时间无关，即核外某一个点上这个定态电子的波的振幅不会随时间改变而改变. 这中振幅与时间无关的波称为**驻波**. 例如琴弦的震动是一维驻波（振幅是坐标x的函数）、击鼓使鼓面振动产生的波是二维驻波（振幅是坐标(x,y)或的函数）. 驻波的波长不是任意的，而是要受到空间制约（例如琴弦的长度、鼓面的直径、核外电子受到原子核的引力所形成的球形空间的大小）.

处于定态的核外电子是具有一定波长的德布罗意波. 定态电子在核外空间的概率密度分布规律可以用波动方程描述，形象地表示为**电子云**. 电子云图像中的每一个小黑点表示电子出现在核外空间中的一次概率，概率密度越大的区域，电子云图像中的小黑点越密集.

处于不同定态的电子的电子云图像具有不同的特征，包括：

1. 电子云在核外空间的扩展程度 扩展程度越大的电子云所对应的电子能量状态较高. 称为**能层**(energy shell). 能量由低到高分别称为K, L, M, N...能层，或第一能层、第二能层... **[[3]](#footnote-3)**

2. 电子云的形状 不同能层中，电子云的形状类型的个数是不同的，由内而外逐渐递增，我们把处于一定能层中具有一定形状电子云的电子称为位于一个**能级**(energy level). 第n能层的能级个数为n. 分别命名为s,p,d,f,...能级，第n能层的各个能级表示为ns, np, nd, nf.

3. 电子云在空间的取向 不同能级的电子云形状不同，形状对称性（置换群的个数）的差异导致不同能级可能的取向类型不一致. s电子是球形的，以原子核为中心的任何方向离核一定距离的微小空间里电子云的密度是相等的，也就是说s电子的电子云图像球形对称，只有一种空间取向. p电子有三种空间取向，分别称为电子，类似的d,f,...电子则有5,7,...种空间取向. 我们用**轨道**描述一定能层和能级上具有一定空间取向的电子云. 这里的“轨道”已经不再是玻尔理论中的行星轨道，可以理解成电子在核外空间概率密度较大的区域. 这样一来，第一、第二、第三...能层所具备的轨道数分别为1,4,9,... 第n能层的轨道数为.

4. 电子的自旋 核外电子除了绕原子核高速运动外，还绕着自己的轴自旋. 自旋只有两种方向：顺时针和逆时针. 我们把具有一定轨道的电子称为具有一定**空间运动状态**的电子，把既具有一定空间运动状态又具有一定自旋状态的电子称为具有一定**运动状态**的电子.

能层、能级、轨道和自旋是核外电子的四个基本特征，它们分别对应于电子的**主量子数**、**角量子数**、**磁量子数**和**自旋量子数**四个参数.

**原子结构**

每一个能级具备一个或多个**轨道**. s, p, d, f...顺次有1, 3, 5,7...个轨道。每一个轨道上最多有两个自旋相反的电子（泡利不相容原理），故而s, p, d, f顺次可以容纳2, 6, 10, 14...个电子。又因为每一能层的能级数等于能层序数，计算得到序数为的能层最多所能够容纳的电子个数为

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 能层序数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 符号 | **K** | **L** | **M** | **N** | **O** |
| 电子上限 | 2 | 8 | 18 | 32 | 50 |

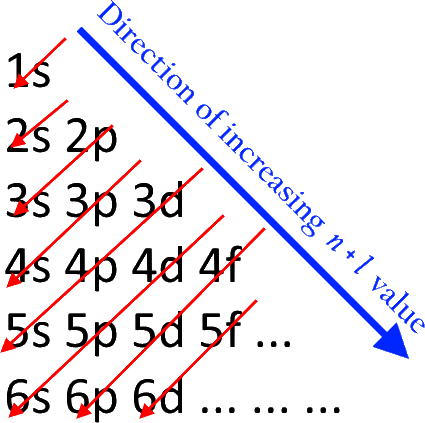
**基态原子**核外电子的排布服从以下规则：

①**能量最低原理**：核外电子优先占据能量较低的轨道，然后才顺次进入能量更高的轨道.处于最低能量的原子称为**基态原子**.

②**泡利不相容原理**：每一个原子轨道最多只能容纳两个自旋相反的电子.

③**洪特规则**：当电子排布在同一能级的不同轨道时，优先占据不同的轨道，并且**自旋状态相同**.

④**构造原理**(Aufbau principle)：电子轨道能量顺序满足



从构造原理可以引出（除上面提到的轨道数目限制外的）另一个对电子排布的限制规律：除K层外，最外层电子数最大为**8**，除L层外，次外层电子数最大为**18**.

1. 电子跃迁和光谱

当基态原子的电子吸收能量后，电子会跃迁到较高的能级，成为**激发态原子**. 例如电子可以从1s轨道跃迁到2s甚至6p轨道（这是当然啦，因为本来就只是电子云而已，它甚至可以跃迁到木星上）, 而当电子从较高能量的激发态跃迁到较低能量的激发态乃至基态时，将释放能量. 光（电磁辐射）是电子释放能量的重要形式之一. 灯光、霓虹灯光、激光、焰火（焰色反应）等都和电子跃迁所释放的能量有关.

光谱

不同元素的原子跃迁时会吸收或释放不同的光，可以用光谱仪摄取各种元素电子的**吸收光谱**或**发射光谱**，总称为**原子光谱**. 许多元素都是通过原子光谱发现的，如铯和铷，其光谱图中有特征性的蓝光和红光，二者的拉丁文名称就是由此而来的. 另外，稀有气体氦的原意是“太阳元素”，是1868年分析太阳光谱发现的，最初人们认为它只存在于太阳，后来才在地球上发现. 现代化学中常常利用原子光谱上的特征谱线来鉴定元素，称为**光谱分析**.

2. 元素周期律

【元素周期表的结构】

元素周期表和所有其他的表一样，由行和列构成，其中的行称为周期，而列称为族[[4]](#footnote-4)。

周期表的第n行称为第n周期[[5]](#footnote-5)，目前的元素周期表只有7个周期，进一步划分为**短周期**（第一周期~第三周期）和**长周期**（第四周期~第六周期）以及一个**不完全周期**（第七周期）

周期表的族则相对复杂，概括地讲族分为主族（A族）、副族（B族）、Ⅷ族和0族四类。一般情况下，A族元素和B族元素的族序数是其**价电子数**（对于A族而言，一般是其最外层电子数）。

根据核外电子的排布规律，周期表还可以被划分为五个**区**，分别是s, d, ds , p, f. 一般来说，基态原子的最后一个电子排布在哪一类能层，该原子就位于哪个区内。

区和族序数有如下对应关系：

ⅠA~ⅡA：s区 ⅢB~Ⅷ：d区 ⅠB~ⅡB：ds区 ⅢA~0：p区

**晶体结构**

1. 实际上广义的溶液分散剂可以是任何状态的。 [↑](#footnote-ref-1)
2. 参见2016福建闽粤联合体第三次联考T4. [↑](#footnote-ref-2)
3. 称为能层序数. 能层序数的概念在比较能层的大小时十分有用。因为KLMN等字母并不能比较大小。 [↑](#footnote-ref-3)
4. “族”这个词刻画了这一群元素有着相似的化学性质。但是需要注意的是，并不是每一列都是一个单独的族，Ⅷ族元素就是由d区的三列元素所共同组成的。 [↑](#footnote-ref-4)
5. 注意在答题时周期数一定要写汉字。 [↑](#footnote-ref-5)