医药高等职业教育课程改革实验教材

（供医药类各专业使用）

医药应用物理

主编　黄红亚

河海大学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

医药高等职业教育课程改革实验教材编写委员会

主任委员 马能和

副主任委员 金友鹏　王吉东

委　　员 （以姓氏笔划为序）

王质明　王俊起　刘　雷　刘　一　刘素梅

孙后丽　孙丽冰　郑　敏　杜明华　李春迎

沈新安　张红云　袁　龙　黄红亚　陶向东

曹月梅　谢增伟　董立国

内 容 提 要

本书主要是供医药高等职业学校五年制高职生物制药、化学制药、中药制药、药物制剂、药学、药物分析、医用电子仪器与维护等专业学生使用，也可作为企业相近工种职工以及其他相关专业人员的培训用书。

本书共分4章。根据医药类各专业相关后续课程教学内容的需要，根据五年制高职学生毕业后从事的工作岗位的需要，考虑到学生所具备的现有的物理学知识及其水平，从力学部分、热学部分、光学部分、电磁学部分重点讲述了与医药领域密切相关的基础物理学内容，并结合生产实际中相关仪器仪表的使用，对所应用到的技术方法与仪器设备进行了较为详尽的描述和分析。本教材教学内容完全针对职业的要求，突出职教特点；便于职业与职校紧密结合，使职校成为地区技术培训中心；同时利于学生学习，彻底掌握实际操作技能。

图书在版编目(CIP)数据

医药应用物理 / 黄红亚主编. —南京：河海大学出版社，2006.8

医药高等职业教育课程改革实验教材

ISBN 7-5630-2289-9

Ⅰ.医... Ⅱ.黄... Ⅲ.医用物理学—高等学校：技术学校—教材 Ⅳ.R312

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第099422号

书　　名 / 医药应用物理

书　　号 / ISBN 7-5630-2289-9/R·73

责任编辑 /谢业保

封面设计 /张世立

出　　版 / 河海大学出版社

地　　址 / 南京西康路1号(邮编：210098)

电　　话 / (025) 83737852(总编室)　(025) 83722833(发行部)

经　　销 / 江苏省新华书店

印　　刷 / 南京玉河印刷厂

开　　本 / 787毫米×1 092毫米　1/16

印　　张 / 8.75

字　　数 / 213千字

版　　次 / 2006年8月第1版　2006年8月第1次印刷

定　　价 / 22.00元

编 写 说 明

本教材是江苏联合职业技术学院徐州医药分院根据医药高等职业教育的培养目标和要求组织编写的医药高等职业教育教材。在编写中，遵照国家教育部提出的教材必须具备“思想性、科学性、先进性、启发性和适用性”的指导原则，以从事医药生产中的一线岗位所必需的基本职业技能、专业知识、职业素质为主线，注重实际操作技能的培养，为医药类学生今后从事相关岗位的工作奠定坚实的实用基础。

医药物理可归纳为物理学应用的一个分支，它是将物理学的理论、方法和技术应用于医药领域而形成的一门新兴边缘学科。换句话说，医药物理学是结合了物理学、药学、工程学、生物学等专业的一个边缘学科。而随着近代物理学和计算机科学的迅速发展，人们对生命现象的认识逐步深入，医药领域的各分支学科已愈来愈多地把他们的理论建立在精确的物理科学基础上，物理学的技术和方法，在医学研究、药学研究和医疗实践中的应用也越来越广泛。

本教材借鉴国外职业教育的经验，结合我国的国情，在体系和内容上均有所创新。理论联系实际，是编写本书的主要指导思想。针对医药类各专业学生后续课程及今后的工作岗位，紧扣工业生产过程，对具体的生产工艺操作过程、生产方法、生产与控制的环节、影响生产过程的各种因素等内容，对相关的仪器仪表的工作原理、构造及使用，从物理学的角度作了必要的说明。从学生实际水平和职业需求出发，以“必须、够用”为度，强调基本技能的培训，理论与实践融为一体，彻底打破了原有的学科教育的模式，突出了职业技术教育的特点，在职教教材编写上有较大突破。本教材可操作性强、操作顺序清楚，且物理学基础理论和相关专业基础知识重点突出、语言简练。

本教材的参编人员有江苏联合职业技术学院徐州医药分院冯学民（编写第一章、第二章第三节）、黄红亚（编写第二章第一、二节、第三章）、贾兆峰（编写第二章第四、五节、第四章）。全书由黄红亚统稿。

本教材适合高等职业教育医药类各专业教学使用，也可作为企业医药类相关工种，以及其他相关专业员工培训教材和参考书使用。

本教材得到原国家药品监督管理局科教司司长、北京大学药理学教授、博士生导师苏怀德教授的大力支持，在此表示感谢。

限于编者水平和成稿时间仓促，书中定有疏漏和不妥之处，诚恳欢迎读者及同行专家批评指正。

编　者

2006.3.13

总　　序

近几年来，中国医药高等职业教育发展迅速，构成了医药高等教育的半壁河山，为医药行业培养了大批实用性人才，得到了社会的认可。

医药高等职业教育承担着培养高素质、高技能型人才的任务，为了实现高等职业教育服务地方经济的功能，贯彻理论必需、够用，突出职业能力培养的方针，就必须具有先进的职业教育理念和培养模式。因此，形成各个专业先进的课程体系是办好医药高等职业教育的关键环节之一。

江苏联合职业技术学院徐州医药分院十分注重课程改革与建设。在对工作过程系统化课程理论学习、研究的基础上，按照培养方案规定的课程，组织了一批具有丰富知识、教学经验和第一线实际工作经历的教师及企业的技术人员，第一批编写了《药物制剂技术》、《中药制药专门技术》、《药品经营与管理》、《医院、药店药品管理与技术》、《药物新剂型与新技术》、《药物分析技术基础》、《药物合成技术》、《医药职业英语》、《医药应用数学》、《医药应用物理》、《医药应用文》等高职教材。

江苏联合职业技术学院徐州医药分院教育定位是培养拥护党的基本路线，适应生产、管理、服务第一线需要的德、智、体、美各方面全面发展的医药技术应用型人才。紧扣地方经济、社会发展的脉搏，根据行业对人才的需求设计专业培养方案，针对职业要求设置课程体系。在课程改革过程中，组织者、参与者认真研究了工作过程系统化课程和其他课程模式开发理论，并在这批教材编写中进行了初步尝试，因此，这批教材有如下几个特点。

1. 以完整职业工作为主线构建教材体系，按照医药职业工作领域不同确定教材种类，根据职业工作领域包含的工作任务选择教材内容，对应各个工作任务的内容既保持相对独立，又蕴涵着相互之间的内在联系。

2. 教材内容的范围与深度与职业的岗位群相适应，选择生产、服务中的典型工作过程作为范例，安排理论与实践相结合的教学内容，并注意知识、能力的拓展，力求贴近生产、服务实际，反映新知识、新设备与新技术，并将 SOP 对生产操作的规范、《中国药典》对药品质量的要求、GMP、GSP 等法规对生产与服务工作质量的要求引入教材内容中。项目教学、案例教学将是本套教材较为适用的教学方法。

3. 参加专业课教材编写的人员多数具有生产或服务第一线的经历，并且从事多年教学工作，使教材既真实反映实际生产、服务过程，又符合教学规律。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

4. 教材体系模块化，各种教材既是各个专业选学的模块，又具有良好的衔接性；每种教材内容的各个单元也形成相对独立的模块，每个模块一般由一个典型工作任务构成。

5. 此批教材既适合于职业教育使用，又可作为职业培训教材，同时还可做为医药行业职工自学读物。

此批教材虽然具有以上特点，但由于时间仓促和其他主、客观原因，尚有种种不足之处，需要经过教学实践锤炼之后加以改进。

承蒙全国医药职业教育研究会苏怀德会长、化工出版社编辑、河海大学出版社编辑等的鼎力支持，这批教材才得以顺利出版，在此，表示诚挚的谢意。

医药高等职业教育实验教材编写委员会

2006 年 3 月 13 日

目　　录

第一章　力学部分…… 1

1－1　离心现象在医药生产中的应用…… 1

1－2　流速计的工作原理…… 8

1－3　液柱测压法的基本原理 …… 15

1－4　液位测量仪的工作原理 …… 21

1－5　超声成像原理 …… 23

阅读材料：发展中的医学物理 …… 31

第二章　热学部分 …… 33

2－1　热传递在医药生产中的应用 …… 33

阅读材料：“记忆”合金…… 41

2－2　物态变化在医药生产中的应用 …… 42

2－3　往复式压缩机、真空泵的工作原理…… 50

2－4　物理灭菌方法 …… 57

2－5　呼吸机原理 …… 60

第三章　光学部分 …… 63

3－1　医学显微镜的工作原理 …… 63

3－2　折光计的工作原理 …… 69

3－3　旋光仪的工作原理 …… 72

3－4　光电比色计的工作原理 …… 74

3－5　分光光度计的工作原理 …… 78

阅读材料：激光在医药领域的应用 …… 84

第四章　电磁学部分 …… 86

4－1　质谱仪的电磁学原理 …… 86

4－2　电磁继电器的工作原理 …… 92

阅读材料：舌簧继电器的应用——漏电保护器 …… 97

4－3　磁电式仪表的工作原理…… 100

4－4　直流电动机原理及应用…… 104

4－5　变压器原理及应用…… 107
4－6　常用传感器的电磁学原理…… 113
4－7　生物电…… 126

主要参考文献…… 131

第一章　力学部分

1－1　离心现象在医药生产中的应用

制药化工生产中所遇到的混合物有悬浮液、乳浊液、泡沫液等，由于悬浮液中的固体颗粒和泡沫液中的气泡、乳浊液等混合液的密度和粘度存在明显差异，因而可用机械方法促使两物体之间产生相对运动而使其分离，常用的悬浮液、乳浊液等混合物系分离方法之一是离心分离。而常用的离心分离仪器是离心机，离心机通过旋转运动使物质产生较大的离心速度，依靠这离心速度实现对物质的分离、制备、浓缩和提纯。离心机是科研生产与医疗卫生系统中的常用设备，随着医学科学技术的发展，特别是分子生物学、遗传工程研究和临床医学的发展，对离心机质量、标准提出了更高的要求，使得离心机和离心技术发展十分迅速，从而更好地满足了工业生产、科学研究和医疗保健的需要。

一、离心机的基本原理

1. 匀速圆周运动与向心力

行星绕太阳的公转、地球的自转、人造地球卫星绕地球的运转等都有一个共同的特点，就是每经过一段时间就重复一次，物理学上把这种运动叫做周期运动。质点沿圆周运动，如果在相等的时间内通过的圆弧长都相等，速度大小不改变，这种运动就叫做匀速圆周运动。例如手表指针上的一点绕轴的运动，人造同步地球卫星绕地球的运转等，都是匀速圆周运动。

(1) 描述圆周运动的物理量

① 线速度 v

做匀速圆周运动的物体，可以用线速度来描述质点做圆周运动的快慢。根据匀速圆周运动的定义，做匀速圆周运动的质点通过的弧长 ΔS 与时间 Δt 的比值定义为匀速圆周运动的线速度。由线速度的定义知，线速度 v 的大小为

$$v=\frac{\Delta S}{\Delta t} \tag{1-1-1}$$

式中，ΔS 为圆弧长。在匀速圆运动中，相等的时间内所通过的弧长都相等，所以线速度的大小是一个定值。线速度不仅有大小，而且有方向，它是矢量。质点在圆周上某点的线速度方向为该点在圆周上的切线方向且指向质点前进的一侧。由于圆周上每一点的切线方向都不同，由此可见，匀速圆周运动中所说的匀速指的是匀速率，它仍然是一个变速运动。

② 角速度 ω

质点绕圆心匀速转动的快慢也可以用角速度来表示。如图 1－1－1 所示，在 Δt 时间内，质点由 A 运动到 B，相应地连接质点和圆心的半径 OA 扫过角度 $\Delta\phi$。很显然，质点沿圆周运动得越快，在相应的时间内质点所通过的弧长就越长，半径转过的角度就越大。物理学上把半径 OA 扫过的角度 $\Delta\phi$ 与所用的时间 Δt 的比值叫做匀速圆周运动的角速度。

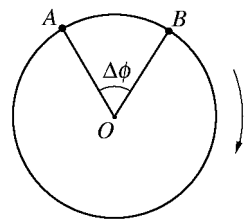


图 1－1－1

即：

$$\omega=\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \qquad (1-1-2)$$

在国际单位制中角速度单位为：rad/s。

对于某一确定的匀速圆周运动来说，$\Delta\phi/\Delta t$ 的比值 ω 是恒定不变的。

③ 周期 T，频率 f

匀速圆周运动也是一种周期运动，常用周期和频率来表示匀速圆周运动的快慢。做圆周运动的物体运动一周所用的时间叫周期，做圆周运动的物体在单位时间内沿圆周绕圆心运动的圈数叫频率。周期和频率互为倒数，即 $T=1/f$。在实际应用中，匀速圆周运动的频率常用转速来表示。所谓转速是指质点在单位时间内转过的圈数。转速的单位常用 r/min 来表示。

④ 线速度、角速度、周期、频率之间的关系

设质点沿半径为 r 的圆周做匀速圆周运动，在一个周期 T 内质点转过的弧长为 $2\pi r$，转过的角度为 2π，则有 $v=2\pi r/T$，$\omega=2\pi/T$，由此可得

$$v=r\omega,\ T=1/f$$

(2) 向心加速度

由于匀速圆周运动的线速度的方向不断改变，所以匀速圆周运动是一种变速运动。速度发生变化时，运动状态就要发生改变，所以就有加速度存在。物理学中用向心加速度描述线速度方向变化快慢。根据运动学知识知，加速度的定义式

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t} \qquad (1-1-3)$$

加速度的方向与速度变化量 Δv 的方向一致，因此可用矢量方法求向心加速度。由向心加速度的定义式可知向心加速度为物体在一段时间内的平均加速度，为方便描述，当 $\Delta t\to 0$ 时，则为 A 点的即时加速度，如图 1－1－2 所示。

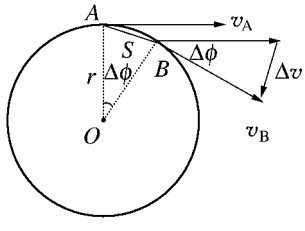


图 1－1－2

当 $\Delta t\to 0$ 时，B 点趋近于 A，$\Delta\phi\to 0$，$\therefore$ $\Delta v\perp v$，即 $a\perp v$。由于做圆周运动物体的速度方向与圆周相切，因此加速度 a 的方向垂直于圆的切线即与圆的半径方向重合并指向圆心，所以把它叫做向心加速度，其改变物体的速度主要体现在改变速度的方向上。从另一个角度，法线方向的力只改变物体的速度的方向，由于匀速圆周运动的速度

方向始终沿圆的切线方向，所以加速度 a 的方向只能指向圆心。从三角形相似原理可得

$$\frac{\Delta v}{v}=\frac{S}{r}\Rightarrow\Delta v=S\cdot\frac{v}{r}\Rightarrow\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{S}{\Delta t}\cdot\frac{v}{r}$$

$\Delta t\to 0$ 时，弧长与弦长近似相等，可得

$$a=\frac{v^2}{r} \tag{1-1-4}$$

由 $v=r\omega$ 可得

$$a=\omega^2 r \tag{1-1-5}$$

对于某一确定的匀速圆周运动来说，m、r、v、ω 的大小都不变，所以向心加速度的大小也是不变的，但向心加速度的方向时刻在变，它总是指向圆心，所以匀速圆周运动是非匀变速运动。

可从以下两点正确理解 a 与 r 的关系：

① 当线速度不变时，加速度 a 与 r 半径成反比。

如图 1-1-3 所示的皮带传动装置，A、B 分别为轮缘上的点，如果在传动过程中皮带不打滑，则两点的线速度相等，即 $v_A=v_B$，但由于 A 的转动半径大于 B 的转动半径，即 $r_A>r_B$，故由 $a=\frac{v^2}{r}$ 可知，$a_A<a_B$。

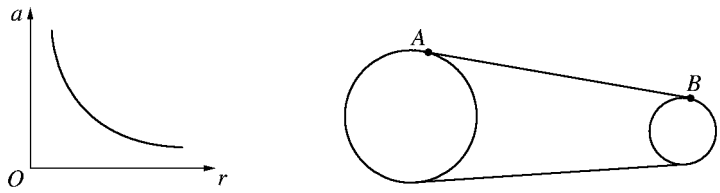


图 1-1-3

② 当角速度不变时，a 与 r 成正比。

如图 1-1-4 所示为两个共轴的轮，A、C 分别为两轮缘上的点，由于两轮共轴，所以在转动过程中具有相同的角速度，即 $\omega_A=\omega_B$。由于 A 的转动半径大于 C 的转动半径，故由 $a=\omega^2 r$ 可得 $a_A>a_C$。

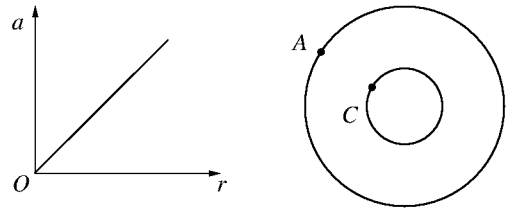


图 1-1-4

(3) 向心力

由牛顿第二定律可知，做圆周运动的物体有向心加速度，就必须有相应的力提供这个加速度，这个沿着半径指向圆心的力叫向心力。向心力的大小

$$F_{向}=ma=m\frac{v^2}{r}=mr\omega^2 \tag{1-1-6}$$

向心力是以作用效果命名的，而不是某种特殊的力，只要能够产生使物体指向圆心的加速度，就可以做为向心力。它可以是某一个力，也可以是几个力的合力。向心力方向总是指

需要全本请访问 www.ertongbook.com

向圆心，时刻在变化，是一个变力。

例题 1　要使一个 3 kg 的物体在半径是 2 m 的圆周上以 4 m/s 的速度运动，需要多大的向心力？

【分析与解答】　物体做匀速圆周运动，所受向心力的大小为

$$F_{向}=ma=m\frac{v^2}{r}=3\times\frac{4^2}{2}=24(\mathrm{N})。$$

例题 2　一轻绳拴着一个物体在光滑水平面上做匀速圆周运动，如图 1－1－5 所示，试分析其受力。若绳长 $L=0.2$ m，物体的质量 $m=0.1$ kg，绳子所能承受的最大拉力 $T=50$ N，试求小球的最大速度和最大角速度。

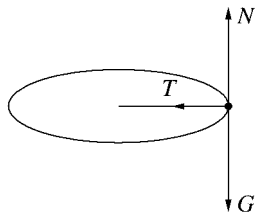


图 1－1－5

【分析与解答】　小球受力如图 1－1－5 所示，重力和弹力方向在竖直方向上，不可能提供小球做圆周运动所需的向心力，所以提供小球做圆周运动的向心力的是沿绳方向的拉力 T。由牛顿第二定律可知，$F_a=T=m\frac{v^2}{r}=mr\omega^2$。显然在半径 r 一定时，F_a 随着 v 或 ω 增大而增大。当 $v>v_m$ 时，绳子将不足以提供物体所需的向心力，所以当 v 或 ω 最大时 F_a 最大。

由　$F_a=m\frac{v^2}{r}$，　得 $v_m=\sqrt{\frac{F_m r}{m}}=10$ m/s，　$\omega_m=\frac{v_m}{r}=50$ rad/s 。

2. 离心现象、离心机的原理

做圆周运动的物体具有一定的向心加速度，受向心力 $F=ma=mr\omega^2$ 的作用，当角速度 ω 增大时，要保持物体到圆心距离 r 不变，所需向心力必须增大，这就要相应地增大作用在物体上的合外力。但是合外力不是任意增大的，当合外力突然消失或者合外力不足以提供所需的向心力时，物体将不能保持原来的圆周运动，而将沿切线方向飞出或者做离圆心越来越远的曲线运动，这种运动叫做离心运动。产生这种运动的现象叫做离心现象。

利用离心运动的机械叫做离心机械，如离心泵、离心节速器、离心干燥器等。当溶液中的微粒所受向心力不能维持其圆周运动时，微粒将沿圆周运动的切线方向运动，碰到器壁后落下，这便是离心沉降。离心机正是根据这一原理制成的。在离心机中溶液里的微粒所处位置的不同，微粒将以不同的速率向远离轴心方向运动，这便是离心分离不同类物质的原理。利用离心原理对分离在生物学上占重要地位的大分子特别有效。

离心沉淀器就是一种利用离心现象的离心机械，它可以使混浊液体中密度较大的物质加速沉淀。如医疗上可利用这种离心沉淀器来分离血浆。它的工作原理如下：

如图 1－1－6(a)所示：当盛着液体的试管绕竖直轴高速旋转时，管身几乎呈水平状态。先假定管内液体是纯净的，并设想隔离出其中一块体积为 ΔV 的液体，作为考察对象，如图 1－1－6(b)所示。那么这块液体除了受重力外，还必然受四周其他液体对它的作用力——压力，其中竖直方向的压力的合力与重力相平衡，而水平方向的压力的合力正好构成了使液块 ΔV 作匀速圆周运动所需要的向心力，其量值为

$$F=\rho\Delta V\omega^2 r \qquad (1-1-7)$$

式中 ρ 表示液体的密度。

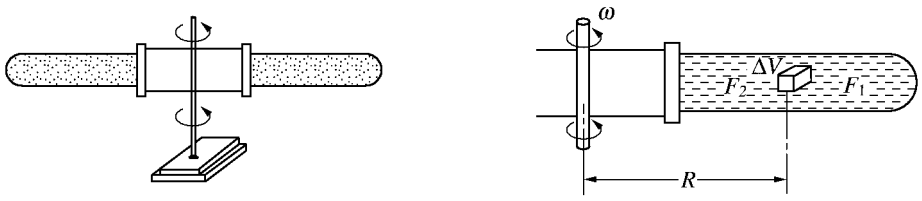


图 1－1－6

再设想，如果用密度较大的另一种物质组成体积和形状完全相同的一个物块，来取代上述那块液体 ΔV，那么由于周围与其接触的液体运动状态未变，所以对物块的水平作用显然也未变，仍等于式(1－1－7)表示的 F。但是现在要使这个密度较大的物块($\rho'>\rho$)，随同周围液体以同样的角速度 ω 作匀速圆周运动，所需的向心力应为

$$F'=\rho'\Delta V\omega^2 r \qquad (1-1-8)$$

以上两式相比，因 $\rho'>\rho$，所以 $F'>F$。可见，这时周围液体对物块的水平作用力，不足以提供使物块作匀速圆周运动所需的向心力，于是该物块将作远离圆心的离心运动，从而沉入试管的底部。这就是离心沉淀器的工作原理。

二、常用的离心分离方法

采用离心分离的方法很多，主要有差速离心法、密度梯度离心法等。

1. 差速离心法

差速离心分离的原理是利用样品中各部分在离心机中所处位置的不同，对不同的微粒施以不同的速度，微粒将以不同的速度向远离轴心方向运动，不同的微粒将依次离心沉降，从而实现离心分离。如果分离样品中有大、中、小三种不同粒径的微粒，对它们施以不同的离心速度，大粒径的微粒，其质量较大，施以某一较低的转速便可沉降，从而可首先被分离出来；而较小粒径的微粒需施以较高的转速，才能使其沉降和分离出来，如图 1－1－7 所示。

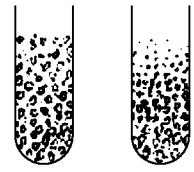


图 1－1－7

通常，由于小粒径的微粒质量小，分离时必需提高其旋转速度，方可分离。以不同的离心速度分离不同粒径的微粒是医药化工行业中最常用的分离方法，特别是离心沉降速度差别较大的微粒多采用此种分离方法。而对那些沉降速度差别不大的微粒多用密度梯度离心法。

2. 密度梯度离心法

密度梯度离心又称为区带离心。密度梯度离心可分为速率区带离心和等密度区带离心两种类型。

(1) 速率区带离心

速率区带离心也可称为等区密度离心。这种离心方法是将需要分离的样品溶液放在一个由密度梯度材料，如氯化铯(CsCl)、溴化钠等形成的密度梯度液柱上面(注意必须使样品粒子的密度大于密度梯度液柱中任一点的密度，否则得不到理想的区带离心效果)，选择适

合的转速和时间进行离心。在离心终了时，需要分离的样品各组分将在液柱的不同位置形成各自的区带，如图 1－1－8(a)所示。需要分离的样品颗粒的沉降速度取决于颗粒形状、大小、密度及离心力等因素。

(2) 等密度区带离心

等密度区带离心也称为平衡密度梯度离心。等密度区带离心是根据需要分离样品中各组分的密度不同进行分离，使密度梯度液柱的范围所表现的密度同待分离颗粒的密度大致相等。离心时，样品各组分颗粒将按其密度大小分别移至液柱密度相同的地方形成区带；离心后形成的区带不会因离心时间长而发生变化。离心前后样品的状态如图 1－1－8(b)所示。



(a)　　(b)

图 1－1－8

等密度区带离心法的样品处理量比差速离心法大，且能按密度进行分离，能将密度差大于 0.005 g/cm^3 的样品一次分离。

三、常见的离心机简介

1. 低速离心机

低速离心机的主要特征是机体外廓尺寸小，重量较轻，但离心样品的容量较大，转速大多在 4 000 r/min 以下，可有多种速度选择，使用方便，操作简便易掌握。

这种离心机应用广泛，主要用于医学研究部门和医院，如生物化学实验室的定性分析，医院化验室的常规化验以及血浆、血清分离及疫苗制造等。大容量低速冷冻离心机是对病毒、核酸蛋白、血液组分的分离必不可少的离心设备，同时也是进行各种细菌、细胞分离的常用设备。

2. 高速冷冻离心机

高速离心机与低速离心机在构造上有较大的区别。高速离心机在性能和结构上应优于低速离心机。高速离心机在构造上设有制冷系统，电路控制系统有较高的自动化程度和较强的报警显示功能，如对超速的保护和离心室温度的自动控制等，切实做到了运行安全可靠。高速离心机的转头种类多于低速离心机，常用的转头有角式转子、甩-水平转子、连续离心转子和水平插入式转子等几种类型。高速冷冻离心机的转速可调范围较宽，一般在 4 000 r/min～20 000 r/min之间。由于高转速，所以对转头的材料强度要求较高，常以超硬铝或不锈钢制成。

高速冷冻离心机多用于各种生物制品，如无机溶液、悬浮液等样品的分离、浓缩、提纯等制备工作，也是细胞工程、生物医学研究的基本设备。近来小型台式高速离心机的用量不断增大，生产量也不断提高。

3. 超速离心机

超速离心机在构造上与高速离心机相比增加了真空系统，较高速离心机在构造上要复杂一些。超速离心机按用途分类，有分析用超速离心机和制备用超速离心机两类。分析用超速离心机在构造上装有先进的光学分析系统，以及用于区带操作的各种加入样品的取样器、密度梯度泵、积分仪等。超速离心机设有先进自动控制和显示系统，部分分析用超速离心机装有特殊类型的转头及特别配置的数据处理（计算）系统。超速离心机是医学、生物学、化学及农业科学研究的重要设备，主要用于细胞、病毒、生物大分子的分离、浓缩和精制，以及对蛋白质、核酸分子量的测定。超速离心机的转速在不断提高，特别是应用变频技术以后使离心机的转速达到了 120 000 r/min。制备用超速离心机的转速一般在 40 000 r/min～80 000 r/min。

四、离心泵

离心泵是用来输送液体的设备。主要由吸入管、泵体和排出管三部分组成。如图 1－1－9 所示。

在泵启动之前，需在泵及吸入管内灌满液体，吸入管下部装有单向底阀，防止泵内液体返漏。启动电机后，泵轴上的叶轮由电机带动做高速旋转，泵内液体受叶轮作用而转动，当液体的转速达到一定值时，液体各部分间的作用力将不足以提供使液体做匀速圆周运动的向心力，而做远离圆心的离心运动，经排出口而排出。在叶轮中的液体向泵口运动的同时，叶轮中心处形成局部真空，被运送的液体在外部大气压力的作用下，由吸入管底阀进入，再由吸入管进入泵内叶轮中心处，新进入的液体在叶轮的离心作用下，又做远离圆心的离心运动，并经排出口而排出。如此循环往复，离心泵就能持续不断地将水抽出。

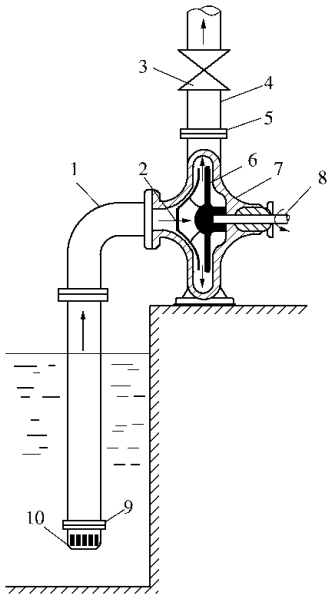


图 1－1－9　离心泵结构示意图

1. 吸入管　2. 吸入口　3. 出口阀
4. 排出管　5. 排出口　6. 叶轮
7 泵壳　8. 泵轴　9. 底阀　10. 滤网

课后练习

1. 什么是离心现象？离心机的工作原理是什么？
2. 常见的离心设备有哪些？
3. 简述离心泵的工作原理。
4. 匀速圆周运动的特点是：（　　）

A. 速度不变，加速度不变

B. 速度和加速度的大小不变，方向时刻改变

C. 速度不变，加速度变化

D. 加速度和速度都变化，但合外力不变

5. 一物体以 4 m/s 的线速度做匀速圆周运动，转动周期为 2 s。则该物体在运动过程中的任意时刻，速度变化率的大小为：（　　）

A. 2 m/s^2　　B. 4 m/s^2　　C. 0　　D. 4π m/s^2

5. 一个粗糙的水平转台以角速度 ω 匀速转动，转台上有一质量为 m 的物块恰能随转台一起转动而做匀速圆周运动，则下列说法正确的是(　　)

A. 若增大角速度 ω，物块将沿切线方向飞出；

B. 若增大角速度 ω，物块将沿曲线逐渐远离圆心；

C. 若减小角速度 ω，物块将沿曲线逐渐靠近圆心；

D. 若减小角速度 ω，物块仍做匀速圆周运动。

1－2　流速计的工作原理

一、流体的连续性原理

1. 理想流体

气体和液体统称为流体，其主要特点是连续性和流动性。流体连续不断，前面流过去，后面又补上来，且各处的流速不一样。如水在河里流动不间断，水的流速从上往下逐渐减小，表面层流速最大，贴近河底的一层流速很小甚至几乎为零。在水管中流动的水流，管中心的流速最大，越靠近管壁流速越小。由于流速不同，流体内部会产生摩擦力作用，这种摩擦力叫做粘滞力，粘滞力阻碍流体各部分之间的相对滑动。流体的这一性质，称为粘滞性，一些液体如水、酒精等粘滞力很小，而气体粘滞力更小，一般可以忽略不计。

液体不易被压缩，如每增加 1 个大气压，水的体积只减小约 2 万分之一；气体虽然容易被压缩，但由于很容易流动，很多情形中各处的密度差异不大，就像未被压缩一样均匀。

同是长江水，江面宽阔的地方，水流平稳，而江面狭窄的地方水流很急。为什么在流经两地时情形截然不同呢？

为了掌握流体运动的基本规律，需简化问题，建立理想模型。我们把不可压缩的、没有粘滞性的流体叫做理想流体。

如果流体在连续、稳定地流动，它经过空间每一点时的流速都不随时间变化，这种流动叫做稳定流动，简称稳流。自来水管里的水流、输油管道里的石油、缓缓流动的河水等都可以近似地看作稳流。图 1－2－1 表示一种稳流。特征是流体流过 A、B 两点时的速度始终是 v、v'，不随时间变化，一般地讲，v 和 v' 是可以不等的。

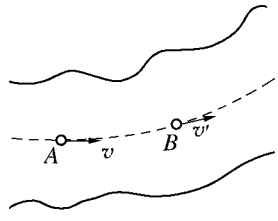


图 1－2－1

2. 流体的连续性原理

流体流动时不仅有宏观的整体运动，而且有内部各部分之间的相对运动。从宏观的角度看，流体在管内的流动是轴向流动，无径向或其他方向的流动，属一维流动问题。本节主要讨论流体在管内的流动规律。

当流体在管道中连续不断地稳定流动时，在管中任意取两个横截面 S_1、S_2，因为流体没有从管壁流进、流出，所以，在单位时间内从 S_1 流入的流体体积一定与从 S_2 流出的体积相等，如图 1－2－2 所示。

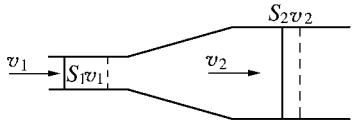


图 1－2－2

设 v_1、v_2 分别是流体流经 S_1 和 S_2 的速度，在单位时

间内从 S_1 流入的体积为 S_1v_1，从 S_2 流出的体积为 S_2v_2，则有

$$S_1v_1=S_2v_2$$

$$\text{或}\quad Sv=\text{恒量} \tag{1-2-1}$$

上式表明，在理想流体的稳定流动中，单位时间内流过同一管道任何截面的流体的体积相等，这个结论叫做流体的连续性原理。

单位时间内流过管道任一截面的流体量称为流量。由于流体量可用体积或质量来表示，因此，流量又分为体积流量和质量流量。

(1) 体积流量

单位时间内流过某一截面的流体的体积叫做流体在该截面的体积流量，用符号 V_s 表示，即

$$V_s=Sv \tag{1-2-2}$$

在国际单位制中，体积流量的单位是 m^3/s。

从上式可看出：通过同一管道任一截面的流速与截面积成反比。因此，在一条江河中，在江面窄、江底浅的地方水流得快，而江面宽、江水深的地方水流得慢，所以长江水在三峡段(水流的截面小)的流速要比在九江处(水流截面大)的流速大得多。

(2) 质量流量

单位时间内流过管道任一截面的流体质量称为质量流量，以 m_s 表示，单位为 kg/s。

由于气体的体积与温度和压强有关，因此使用体积流量时应注明气体的温度和压强(状态)。体积流量与质量流量之间的关系为：

$$m_s=\rho V_s \tag{1-2-3}$$

单位时间内流体在流动方向上流过的距离称为流速，以 u 表示，单位为 m/s。研究表明，流体在管内流动时，管道任一截面上各点的流速并不相等。为便于计算，工程上常以整个管道截面上的平均流速作为流体在管内的流速，即

$$u=\frac{V_s}{A} \tag{1-2-4}$$

式中 A——与流动方向相垂直的管道截面积，单位 m^2。

(3) 质量流速：单位时间内流体流过管道单位截面积的质量称为质量流速，即

$$G=\frac{m_s}{A} \tag{1-2-5}$$

式中 G——流体的质量流速，单位 $kg\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$。

例题 在一粗细不均匀的管道中，测得水在直径 $d_1=20$ cm 处的流速为 $v_1=25$ cm/s，问水在直径 $d_2=10$ cm 处的流速是多少？水在管中的流量是多大？

【分析与解答】 管中流动的水可近似看作稳流，可根据稳流的连续性原理求出水在 d_2 处的流速。设 d_1 处的截面积为 S_1，流速为 v_1；d_2 处的截面积为 S_2，流速为 v_2 则

需要全本请访问 www.ertongbook.com