卫生部“十一五”规划教材　全国高等医药教材建设研究会规划教材

全国高等学校医学成人学历教育（专科）配套教材

供药学专业用

物理学
学习指导与习题集

主　编　王　岚

人民卫生出版社

卫生部“十一五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会规划教材
全国高等学校医学成人学历教育(专科)配套教材
供药学专业用

物　理　学
学习指导与习题集

主　编　王　岚

编　者（以姓氏笔画为序）

王　岚（哈尔滨医科大学）
王桂莲（大连医科大学）
文　峻（第四军医大学）
卢　雁（哈尔滨医科大学）
李亚琳（赣南医学院）
杨桂英（大同大学医学院）
陈　锦（四川省卫生管理干部学院）
郭嘉泰（长治医学院）

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

物理学学习指导与习题集/王岚主编.—北京:人民卫生出版社,2007.7

ISBN 978-7-117-08811-4

Ⅰ.物… Ⅱ.王… Ⅲ.物理学-成人教育:高等教育-教学参考资料 Ⅳ.O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第086875号

物理学学习指导与习题集

主　　编: 王　岚
出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-67616688)
地　　址: 北京市丰台区方庄芳群园3区3号楼
邮　　编: 100078
网　　址: http://www.pmph.com
E - mail: pmph @ pmph.com
购书热线: 010-67605754　010-65264830
印　　刷: 北京蓝迪彩色印务有限公司
经　　销: 新华书店
开　　本: 787×1092　1/16　　**印张:** 6
字　　数: 134千字
版　　次: 2007年7月第1版　2007年7月第1版第1次印刷
标准书号: ISBN 978-7-117-08811-4/R·8812
定　　价: 10.00元

前　　言

本书为鲍修增主编的全国高等学校医学成人学历教育药学专科用卫生部规划教材《物理学》的配套教材。

全书按主教材的章节顺序编写，共十二章，每章包含四部分内容：①学习要求；②内容提要；③习题解答；④补充习题。在“学习要求”部分，对主教材内容的掌握程度提出了掌握、熟悉和了解三个层次的要求，以利于学生在学习时有所侧重。在“内容提要”部分，对主教材每章的主要内容加以精练地总结和概括，以便于学生对所学内容快速、便捷地复习。在“习题解答”部分，对主教材的全部习题给出了详细的解答，以利于提高学生分析问题的能力，并帮助学生掌握正确的解题方法。习题的解答并非唯一，对于同一道习题读者可以从不同的角度或不同的思路加以思考。在“补充习题”部分，补充了一些难度稍大的习题，并给出了习题的答案，以加深和强化学生对各章内容的理解。

本书能够对学生快速、便捷地学习和掌握主教材的内容有所帮助。

由于编者水平所限，书中难免有不当之处，希望读者给予批评和指正。

王　岚

2007 年 6 月

目　　录

第一章 力学基础知识

一、学习要求

掌握

牛顿三定律、功能原理、机械能守恒定律、动量守恒定律、刚体的转动定理、角动量守恒定律。

熟悉

应变、应力、弹性模量。

了解

陀螺的进动。

二、内容提要

1. 牛顿运动定律

(1) 位移：质点在一段时间内位置的改变称为它在这段时间内的位移。位移是矢量。

(2) 速度：位移的时间变化率称为速度。速度是矢量。

(3) 加速度：速度的时间变化率称为加速度。加速度是矢量。

(4) 牛顿第一定律：任何物体如果不受外力作用，它将保持原有的静止或匀速直线运动状态。

(5) 牛顿第二定律：当物体受到外力作用时，它所获得的加速度的大小 a 与合外力的大小 F 成正比，与物体的质量 m 成反比，加速度的方向与合外力的方向相同，即 $\boldsymbol{a}=\boldsymbol{F}/m$。

(6) 牛顿第三定律：作用力和反作用力大小相等，方向相反，作用于两个不同的物体，且在同一条直线上。

2. 功和能

(1) 功：力在位移方向上的分量与位移的乘积。

(2) 动能：能量是物体做功本领的量度。运动的物体能够做功，这种能量称为动能。可表示为 $\frac{1}{2}mv^2$。

(3) 动能定理：合外力对物体所做的功等于物体动能增量。

（4） 势能：能量的大小是由物体之间的相互作用力和相对位置所决定。

（5） 保守力：做功只与物体的始末位置有关，而与所经历的路径无关，具有这种特点的力称为保守力。

（6） 非保守力：做功的多少与物体移动的路径有关，称为非保守力。

（7） 功能原理：机械能的增量等于外力和非保守内力做功的总和。

（8） 机械能守恒定律：一个系统只有保守力做功，则系统内的动能和势能可以相互转换，但总的机械能保持不变。

（9） 能量守恒定律：能量不能消失，也不能创生，只能从一种形式转化成另一种形式，称为能量转化和守恒定律，或能量守恒定律。

3. 动量

（1） 动量：一个物体对其他物体的冲击效果与这个物体的质量 m 和速度 $\boldsymbol{v}$ 有关，乘积定义为动量，表示为 $\boldsymbol{p} = m\boldsymbol{v}$ 。

（2） 冲量 $\boldsymbol{I} = \int_{t_1}^{t_2} \boldsymbol{F}\,\mathrm{d}t$ ，表示力 $\boldsymbol{F}$ 在时间 t_1 到 t_2 之内的累积量。

（3） 动量定理：运动过程中物体所受合外力的冲量，等于其动量的增量。

（4） 动量守恒定律：如果系统不受外力或所受外力的矢量和为零，那么系统的总动量保持不变。

4. 刚体绕固定轴的转动

（1） 刚体：物体在任何力的作用下它的各部分之间的距离都保持不变，这个物体就称为刚体。

（2） 定轴转动：刚体的转动过程中，转轴的空间位置保持不变。

（3） 角速度：角位移对时间的变化率。

（4） 角加速度：角速度对时间的变化率。

（5） 刚体的转动动能：刚体绕轴转动时，各质点动能的总和就是刚体的转动动能。

（6） 转动惯量：反映刚体转动惯性大小的物理量。

（7） 刚体的转动定理：定轴转动中，刚体转动的角加速度与刚体相对于该轴的转动惯量成反比，与作用在刚体上的外力矩成正比。

（8） 角动量定理：冲量矩等于刚体对该轴的角动量增量。

（9） 角动量守恒定律：定轴转动的刚体所受外力对转轴的合力矩为零时，刚体对该轴的角动量不随时间变化。

（10） 进动：自转轴以角速度 Ω 绕竖直轴转动的现象。

5. 物体的弹性和形变

（1） 形变：物体在外力作用下所发生的形状和大小的改变。

（2） 弹性形变：去掉物体所受外力后，物体能够完全恢复原状的形变。

（3） 弹性体：能发生弹性形变的物体。

（4） 应变：弹性体在外力作用下所发生的相对形变量。

（5） 张应变：弹性体在外力的拉伸下产生的长度变化与物体原来长度的比值，即 $\varepsilon = \dfrac{\Delta l}{l_0}$。

(6) 体应变：弹性体在受到压力时体积的改变量与物体原来体积的比值，即 $\theta=\dfrac{\Delta V}{V_0}$。

(7) 剪切应变：在力偶的作用下，物体的两个平行面之间发生平行移动时的应变，即 $\gamma=\dfrac{\Delta x}{d}=\tan\varphi$。

(8) 张应力：单位横截面积上的张力，即 $\sigma=\dfrac{F}{S}$。

(9) 体应力：压缩变形的体应力就是物体内部的附加压强。

(10) 剪切应力：切向力与截面积之比，即 $\tau=\dfrac{F}{S}$。

(11) 杨氏模量：在拉伸形变的正比极限范围内，张应力与张应变之比，即 $E=\dfrac{\sigma}{\varepsilon}$。

(12) 体积模量：附加压强与体应变的比值，即 $K=-\dfrac{p}{\theta}$。负号表示压强增加时体积减小。

(13) 切变模量：剪切应力与剪切应变之比，即 $G=\dfrac{\tau}{\gamma}$。

三、习题解答

(一) 选择题(将正确答案前的字母填入括号内)

1-1 下列说法正确的是[ ]

A. 加速度恒定不变时，物体的运动方向也不变

B. 平均速率等于平均速度的大小

C. 当物体的速度为零时，加速度必为零

D. 质点作曲线运动时，质点速度大小的变化产生切向加速度，速度方向的变化产生法向加速度

答：应选 D。因为质点作曲线运动时，加速度可分解为切向加速度和法向加速度。切向加速度的作用是改变速率，而法向加速度的作用是改变速度的方向。

1-2 一个力学系统由两个质点组成，它们之间只有引力作用。若两质点所受合外力为零，则此系统[ ]

A. 动量、机械能以及对一轴的角动量守恒

B. 动量、机械能守恒，但角动量是否守恒不能判定

C. 动量守恒，但机械能和角动量是否守恒不能判定

D. 动量和角动量守恒，但机械能是否守恒不能判定

答：应选 C。因为这个系统所受的合外力为零，所以动量守恒。系统只有保守力作功时，机械能守恒。系统所受的对某一固定轴的合外力矩为零时，系统对此轴的总角动量守恒。

(二) 判断题(注：正确的用“+”，错误的用“-”表示)

1-3 用一细绳系一小球使之在竖直平面内做圆周运动，则小球在任意位置都有法

向加速度[ ]

答:正确。因为小球做圆周运动,所以它所受的向心力不为零。又因为力是产生加速度的原因,所以小球在任意位置都有指向圆心的法向加速度。

1-4 一个人站在旋转平台的中央,两臂侧平举,整个系统以$2\pi\ \mathrm{rad}\cdot \mathrm{s}^{-1}$的角速度旋转,转动惯量为$6.0\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^{-2}$。如果将两臂收回则系统的转动惯量为$2.0\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^{-2}$。此时系统的转动动能与原来的转动动能之比为3[ ]

答:正确。因为系统所受外力对转轴的合力矩为零,所以角动量守恒,$J_1\omega_1 = J_2\omega_2$,则$\omega_2 = 6\pi\ \mathrm{rad}\cdot\mathrm{s}^{-1}$。转动动能$E_k = \frac{1}{2}J\omega^2$,$E_{k2}/E_{k1} = \dfrac{\frac{1}{2}J_2\omega_2^2}{\frac{1}{2}J_1\omega_1^2} = 3$。

(三) 填空题

1-5 一质量为60kg的人站在升降机中的磅秤上,当升降机分别以$2\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$的速度匀速上升、以$0.5\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}$的加速度上升、以$0.5\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}$的加速度下降,磅秤的读数分别是[ ]、[ ]、[ ]

答:(1) 如图1-1,人体所受的力为重力mg和磅秤对他的支撑力$\boldsymbol{T}$,磅秤对人的支撑力的大小就是磅秤的读数。升降机速度匀速上升时,人体所受的合力为零,此时

$$T = mg = 60\times 9.8 = 588\mathrm{N}$$

(2) 升降机以$0.5\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}$的加速度上升时,根据牛顿第二定律得

$$T = mg + ma = 60\times(9.8+0.5) = 618\mathrm{N}$$

(3) 升降机以$0.5\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}$的加速度下降时,根据牛顿第二定律得

$$T = mg - ma = 60\times(9.8-0.5) = 558\mathrm{N}$$

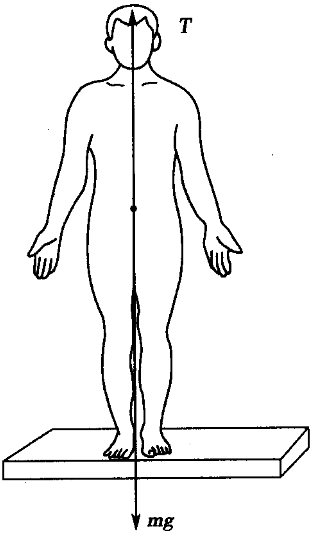

图1-1 习题1-5图

1-6 质量为m的物体沿螺旋轨道无摩擦的滑行如图1-2所示。物体在A点由静止开始运动,A点比轨道底部高$3R$,则物体达到B点(距轨道底部距离为R)时的法向加速度是[ ]、切向加速度是[ ]、合加速度是[ ]

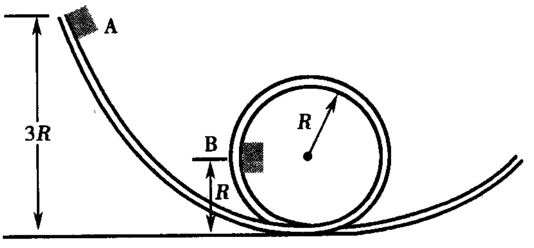

图1-2 习题1-6图

答:由题意可知,系统只有保守力做功,根据机械能守恒定律得

$$\frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

其中 $v_A = 0, h_A = 3R, h_B = R$，解得 $v_B = \sqrt{4gR}$

法向加速度 $a_n = R\omega^2 = R\left(\frac{v_B}{R}\right)^2 = R\left(\frac{4gR}{R^2}\right) = 4g = 39.2\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

切向加速度 $a_t = g = 9.8\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

合加速度 $a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2} = \sqrt{39.2^2 + 9.8^2} = 40.4\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

合加速度与水平方向的夹角 $\theta = \text{arctg}\frac{9.8}{40.4} = 14^\circ$

（四）计算题

1-7 质量为2g的子弹，以 $500\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的速度射入一个用1m长的绳子悬挂、质量为1kg的冲击摆，子弹穿出摆后的速度为 $100\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$，求摆上升的高度。

解：子弹和冲击摆组成的系统所受外力的矢量和为零，系统的总动量保持不变，根据动量守恒定律，冲击摆得到的动量 p 等于子弹动量的减少

$$p = mv_1 - mv_2 = 2\times10^{-3}\times(500-100) = 0.8\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

此时冲击摆的速度 $v = \frac{p}{m} = \frac{0.8}{1} = 0.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

根据机械能守恒定律，摆上升的高度为

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{0.8^2}{2\times9.8} = 0.033\text{m}$$

1-8 如图1-3所示，用线环绕于半径 $R = 1\text{m}$，质量 $m = 100\text{kg}$ 的圆盘上，在线的一端悬挂质量 $m' = 10\text{kg}$ 的物体，设此盘可绕通过盘心垂直盘面的轴转动，系统由静止开始运动，求：

（1）盘心的角加速度 α；

（2）若系统下落的距离为 h，证明在此过程中机械能守恒。

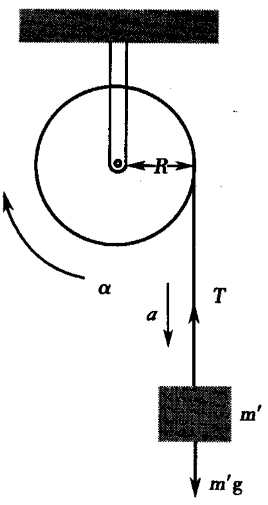

图1-3 习题1-8图

解：（1）由题意，不能忽略滑轮的质量。对 m' 应用牛顿第二定律、对圆盘应用转动定律分别得

$$m'g - T = m'a$$
$$TR = J\alpha$$

对于圆盘来讲它的切向加速度是 a，$a = R\alpha$，$J = \frac{1}{2}mR^2$，由上述各式解得

$$\alpha = \frac{2m'g}{R(m+2m')} = \frac{2\times10\times9.8}{1\times(100+2\times10)} = 1.63\text{rad}\cdot\text{s}^{-2}$$

（2）系统静止时的机械能为圆盘的势能和物体 m' 的势能 $m'gh$ 之和。下落一段距离 h 后，系统的机械能是圆盘的势能、m' 的动能 $\frac{1}{2}m'v^2$ 和圆盘的转动动能 $J\omega^2/2$ 三者之和。圆盘在系统下落过程中的势能保持不变，若要证明在此过程中机械能守恒，只需

证明 $m'gh = m'v^2/2 + J\omega^2/2$

因为 $$\frac{1}{2}J\omega^2 = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1}{2}mR^2\right) \times \left(\frac{v}{R}\right)^2 = \frac{1}{4}mv^2$$

所以 $$\frac{1}{2}m'v^2 + \frac{1}{4}mv^2 = \frac{1}{4}(m + 2m')v^2$$

$$= \frac{1}{4}(m + 2m') \cdot (2ah) = \frac{1}{4}(m + 2m') \cdot 2(R\alpha)h$$

$$= \frac{1}{2}(m + 2m')R\frac{2m'g}{R(m + 2m')}h = m'gh$$

1-9 如图 1-4 所示，质量为 M、长为 l 的均匀直棒，可绕垂直于棒的一端的水平轴 O 无摩擦地转动。设其最初静止于平衡位置。现有一质量为 m 的弹性小球正好与棒的下端发生弹性碰撞，并使棒摆动了 $\theta = 30°$，求：

(1) 小球的初速度 v_0；

(2) 碰撞时小球受到的冲量。

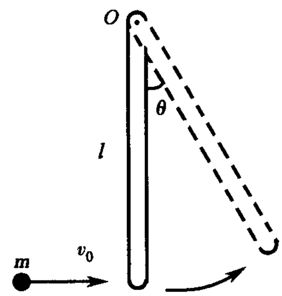

图 1-4 习题 1-9 图

解：(1) 设小球的初速度为 v_0，碰撞后的速度为 v，棒碰撞后的角速度为 ω。由题意，小球和棒做完色弹性碰撞，所以，系统遵从机械能守恒定律和角动量守恒定律，有

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J\omega^2 \tag{1}$$

$$mv_0 l = mvl + J\omega \tag{2}$$

碰撞后，棒的摆动仍然遵从机械能守恒定律

$$\frac{1}{2}J\omega^2 = \frac{1}{2}Mgl(1 - \cos 30^\circ)$$

解得

$$\omega = \sqrt{\frac{Mgl}{J}(1 - \cos 30^\circ)} = \sqrt{\frac{3g}{l}\left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)}\text{，其中 } J = \frac{1}{3}Ml^2$$

由公式(1)得 $v^2 = v_0^2 - \frac{J}{m}\omega^2$

由公式(2)得 $v = v_0 - \frac{J\omega}{ml}$

求得 $v_0 = \frac{J\omega}{2}\left(1 + \frac{1}{ml^2}\right) = \frac{\sqrt{6(2 - \sqrt{3})}}{12} \cdot \frac{3m + M}{m}\sqrt{gh}$

(2) 小球受到的冲量为

$$\int F\mathrm{d}t = mv - mv_0 = -\frac{J\omega}{l} = -\frac{1}{3}Ml\omega$$

$$= -\frac{\sqrt{6(2 - \sqrt{3})}M}{6}\sqrt{mg}$$

负号表示小球所受到的冲量方向与小球的初速度方向相反。

1-10 某人的一条腿骨长 0.4m，其横截面积平均为 $5 \times 10^{-4}\text{m}^2$。当用此腿骨支持整个体重时，相当于 500N 力的作用，已知骨在受到压缩时的杨氏模量为 9 ×

$10^9 N \cdot m^{-2}$。求腿长度缩短了多少。其与原长的比又是多少？

解：腿骨所受到的张应力为

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{500}{5 \times 10^{-4}} = 10^6 N \cdot m^{-2}$$

腿骨的张应变为

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{10^6}{9 \times 10^9} = \frac{1}{9} \times 10^{-3}$$

腿长度缩短了 $\Delta l = \varepsilon \cdot l_0 = \frac{1}{9} \times 10^{-3} \times 0.4 = 4.4 \times 10^{-5} m$

腿长度缩短占原长的比为 $\frac{4.4 \times 10^{-5}}{0.4} = 1.1 \times 10^{-4}$

1-11 一个长方体盒子，顶部面积为 $1.5 \times 10^{-5} m^2$，高度为 $3 \times 10^{-2} m$。大小为 0.5N 的切向力分别作用在盒子的上下两表面，使其产生相对位移为 $4 \times 10^{-3} m$。求剪切应力、剪切应变及切变模量是多少。

解：剪切应力为 $\tau = \frac{F}{S} = \frac{0.5}{1.5 \times 10^{-5}} = 3.3 \times 10^4 N \cdot m^{-2}$

剪切应变为 $\gamma = \frac{\Delta x}{d} = \frac{4 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{-2}} = 0.13$

切变模量为 $G = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{3.3 \times 10^4}{0.13} = 2.5 \times 10^5 N \cdot m^{-2}$

四、补 充 习 题

1-1 回答下列问题：

（1）匀速圆周运动的速度和加速度都是恒定不变的？

（2）法向加速度和切向加速度是在什么情况下产生的？

1-2 物体处在地球和月球之间，求物体在哪一点所受地球和月球的引力相互平衡？（假设地球的质量是月球质量的 81 倍，地球中心到月球中心的距离为 $3.84 \times 10^5 km$）

[$3.46 \times 10^5 km$]

1-3 质量为 1kg 的球以 $20m \cdot s^{-1}$ 的速率垂直落到地板上，并以 $10m \cdot s^{-1}$ 的速率弹回。

（1）问在与地板接触的时间内作用在球上的冲量有多大？

（2）假设球与地板的接触时间为 0.02s，问作用在地板上的平均力多大？

[(1) $-30N \cdot s$；(2) 1509.8N]

1-4 一根质量为 M、长为 $2l$ 的均匀细棒，可以在垂直平面内绕棒的中心轴转动。开始时，棒静止在水平位置上。有一质量为 m 的小球，以速度 v_0 垂直落在棒的端点。设小球与棒做弹性碰撞，求碰撞后小球的速度 v 及棒的角速度。

[$v = \frac{3m - M}{M + 3m} v_0$，$\omega = \frac{6m}{(M + 3m) l} v_0$。当 $3m > M$ 时，碰撞后小球的速度方向与原速度方向相同；当 $3m < M$ 时，碰撞后小球的速度方向与原速度方向相反。]

1-5 一转台绕竖直固定轴转动，每 10s 转一周。转台对轴的转动惯量为 $1200 kg \cdot m^2$，

质量为70kg的人,开始时站在转台的中心,然后沿半径向外跑。问当人离开转台中心2m时,转台的角速度是多少? [0.509rad · s^{-1}]

1-6 有圆盘A和B,B盘静止,盘A的转动惯量为B的一半。它们的轴由离合器控制,开始时,A和B是分开的,盘A的角速度 ω_0,两者衔接到一起后,产生2000J的热,求原来盘A的动能是多少。 [3000J]

(王桂莲)

第二章　流体的运动规律

一、学习要求

掌握

理想流体、稳定流动及流体的连续性方程、伯努利方程、泊肃叶定律。

熟悉

层流、湍流、雷诺数、牛顿粘滞定律和斯托克斯定律。

了解

空吸作用、流量计、流速计的应用和实际液体的伯努利方程。

二、内容提要

1. 理想流体　绝对不可压缩的、完全没有粘性的流体。

2. 稳定流动　空间任一固定点的流速不随时间变化的流动。

3. 连续性方程　不可压缩的流体做稳定流动时，通过同一流管任一截面的流量都相等，为一常量，即

$$Sv = \text{常量}$$

4. 伯努利方程　理想流体做稳定流动时，在同一流线上的各点处，单位体积流体的动能、势能与该处压强的总和都是相等的，为一常量，即

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{常量}$$

5. 层流　流体流动时，各层彼此不相混合，只做相对滑动。

6. 湍流　当流体的流速增大到某一定值时，层流就会被破坏，流体粒子可能在各个方向运动，各流层间相互掺混，流动呈现杂乱无章的状态。

7. 雷诺数　$$Re = \frac{\rho v r}{\eta}$$

当 $Re < 1000$ 时，流体做层流，当 $Re > 1500$ 时，流体做湍流；在 $1000 < Re < 1500$ 时，流体可能是层流也可能是湍流，这时流体的流动是不稳定的。

8. 牛顿粘滞定律　实验表明，两流层之间的粘性力 F 的大小与两流层之间的接触面积 S 成正比，与该处的速度梯度$\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}r}$成正比，即

$$F=\eta S\frac{dv}{dr}$$

9. 泊肃叶定律 $Q=\pi r^4\dfrac{\Delta p}{8\eta L}$

10. 斯托克斯定律 $F=6\pi\eta vr$

三、习题解答

（一）选择题（将正确答案前的字母填入括号内）

2-1 理想流体在水平流管中做稳定流动时，截面积 S、流速 v、压强 p 间的关系是[ ]

A. S 大处，v 小 p 小　　B. S 大处，v 大 p 大

C. S 小处，v 大 p 小　　D. S 小处，v 小 p 小

答：应选 C。因为由连续性方程，S 小处 v 大，根据伯努利方程，v 大 p 小，故选 C。

2-2 在制造混悬液药剂时，要提高混悬液药剂的稳定性应采取哪种方法[ ]

A. 增加药物颗粒的密度　　B. 减少药物颗粒的半径

C. 减少药液的密度　　D. 减少药液粘度

答：应选 B。根据沉降速度与颗粒的大小、密度差以及粘度的关系式。

（二）判断题（注：正确的用"＋"，错误的用"－"表示）

2-3 实际流体的粘度与内摩擦力有关[ ]

答：错误。实际液体的粘度与液体的性质与环境温度有关。

2-4 理想流体在同一流管中做稳定流动时，截面大处流量大[ ]

答：错误。理想液体在同一流管中做稳定流动时，根据液体的连续性原理，任意两截面的流量相等。

（三）填空题

2-5 水在水平管中做稳定流动，管半径为 3.0cm 处的流速为 $1.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$，则管半径为 1.5cm 处的流速是[ ]

解：由连续性方程 $S_2v_2=S_1v_1$，$v_2=S_1v_1/S_2=4.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$。

2-6 粘性流体在半径为 R 的水平管中流动，流量为 Q。如果在半径为 $R/2$ 的水平管中流动，其他参量不变，则流量为[ ]

解：由泊肃叶定律 $Q=\pi r^4\dfrac{\Delta p}{8\eta L}$，因为只有半径从 R 变到了 $R/2$，代入公式得 $Q'=Q/16$。

（四）计算题

2-7 从一水平放置的管中排出的水流量是 $4\times10^{-3}\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$，管中截面积为 10^{-3}m^2 处的压强是 $1.2\times10^5\text{Pa}$，问管中截面积为多大处的压强会减为 $1.0\times10^5\text{Pa}$？

已知：$Q=4\times10^{-3}\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$，$S_1=10^{-3}\text{m}^2$，$p_1=1.2\times10^5\text{Pa}$，$p_2=1.0\times10^5\text{Pa}$，求：$S_2=?$

解：由流量 $$Q=S_1v_1$$

所以 $$v_1=\frac{Q}{S_1}=\frac{4\times10^{-3}}{10^{-3}}=4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

又由伯努利方程
$$p_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2=p_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2$$
$$v_2^2=\frac{2(p_1-p_2)}{\rho}+v_1^2=56$$
$$v_2=7.48\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$
故
$$S_2=Q/v_2=5.35\times10^{-4}\text{m}^2$$

2-8 水以 $10.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$的速率通过截面积为 8.0cm^2 的管道流动，当管道的横截面积增加到 16.0cm^2 时，管道下降了 20cm，试问

（1） 低处管道的水流速度是多少？

（2） 如果高处管道内的压强为 $3.0\times10^5\text{Pa}$，则低处管道的压强为多少？

已知：$v_1=10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$，$S_1=8.0\text{cm}^2$，$h=20\text{cm}$，$S_2=16.0\text{cm}^2$，$p_1=3.0\times10^5\text{Pa}$，求：（1）$v_2=?$ （2）$p_2=?$

解：（1） 由连续性方程：$S_2v_2=S_1v_1$

可得
$$v_2=5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

（2） 根据伯努利方程
$$p_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2+\rho gh_1=p_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2+\rho gh_2$$
$$p_2=p_1+\frac{1}{2}\rho(v_1^2-v_2^2)+\rho gh_1$$
$$=3.4\times10^5\text{Pa}$$

2-9 水在粗细不均匀的水平管中做稳定流动，出口处的截面积为管的最细处的 3 倍。若出口处的流速为 $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$，问最细处的压强为多少？若在最细处开一小孔，水会不会流出来？

已知：在水平管中，出口处 $v_1=4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$，$S_1=3S_2$，$p_1=p_0$，求：最细处 $p_2=?$

解：根据连续性方程
$$S_2v_2=S_1v_1$$
可得
$$v_2=6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$
由伯努利方程：
$$p_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2=p_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2$$
$$p_2=p_0+\frac{1}{2}\rho(v_1^2-v_2^2)$$
$$=0.85\times10^5\text{Pa}$$
由此可知，在最细处的 $p_2<p_0$，故水不会流出来。

2-10 有一顶部开口的圆柱形水桶，直径为 10cm，桶底有一面积为 10^{-4}m^2 的小圆孔。如果水以每秒 $1.4\times10^{-4}\text{m}^3$ 的流量自上方注入水桶中，求水桶内水面可上升的高度。

已知：圆柱形水桶 $d_1=10\text{cm}=0.1\text{m}$，$h=20\text{cm}=0.2\text{m}$，小圆孔 $S_2=10^{-4}\text{m}^2$

$Q=1.4\times10^{-4}\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$，因为 $S_2\ll S_1$，所以 $v_2\gg v_1\approx0$，求：$h_1=?$

解：根据
$$Q=S_2v_2=1.4\times10^{-4}\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$$
则
$$v_2=\frac{1.4\times10^{-4}}{10^{-4}}=1.4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

由伯努利方程 $$p_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2+\rho gh_1=p_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2+\rho gh_2$$

$$\rho gh_1=\frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$h_1=\frac{v_2^2}{2g}=0.98\text{m}$$

2-11 粘度为 $1.005\times10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$ 的水在一半径为5cm 的管中以平均速度为 $0.02\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$流动,试问:

(1) 流体做层流流动还是湍流流动?

(2) 流量是多少?

已知:$\eta=1.005\times10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{S}$,$r=0.05\text{m}$,$v=0.02\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,求:(1)$Re=?$ (2)$Q=?$

解:(1) 根据公式 $Re=\frac{\rho vr}{\eta}=995$

因为 $Re<1000$,所以液体做的是层流流动。

(2) $Q=Sv=\pi r^2v=3.14\times0.05^2\times0.02=1.57\times10^{-4}\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$

2-12 血液以 $0.78\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$的平均流速通过主动脉,如果血液的粘度为水的4倍,密度为 $1.05\times10^3\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$,试用临界雷诺数为1500来计算其产生湍流时的半径。(水的粘度为 $6.9\times10^{-4}\text{Pa}\cdot\text{s}$)

已知:血液的 $v=0.78\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,$\eta=4\times6.9\times10^{-4}\text{Pa}\cdot\text{s}$,$\rho=1.05\times10^3\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ $Re=1500$,求:$r=?$

解:根据公式 $Re=\frac{\rho vr}{\eta}$

有 $$r=\frac{\eta Re}{\rho v}=5.05\times10^{-3}\text{m}$$

2-13 半径为1mm 的球体,在粘度为 $4\times10^{-2}\text{Pa}\cdot\text{s}$,密度为 $1.32\times10^3\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$的流体中下落,若下落时的收尾速度为 $3\times10^{-2}\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,则该球的密度为多少?

已知:$r=1\text{mm}=10^{-3}\text{m}$,$\eta=4\times10^{-2}\text{Pa}\cdot\text{s}$,$\rho_0=1.32\times10^3\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$,$v=3\times10^{-2}\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,求:$\rho=?$

解:根据收尾速度 $$v=\frac{2r^2}{9\eta}(\rho-\rho_0)g$$

所以 $$\rho=\frac{9\eta v}{2r^2g}+\rho_0=1.86\times10^3\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

四、补充习题

2-1 一个顶部开口的大圆形容器,有一开在底部中心、横截面积为 10^{-4}m^2 的小孔,当水从圆形容器顶部以 $100\text{cm}^3\cdot\text{s}^{-1}$的流量注入时,则容器中水面的最大高度为多少?($g$ 取 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) [$5.0\times10^{-2}$m]

2-2 注射器活塞的面积为 1.2cm^2,针头截面面积为 1mm^2,注射器水平放置,用4.9N 的力水平推动活塞将水射出,求使活塞移动4cm 所需要的时间。 [0.53s]

2-3 一个红细胞可以看作是半径为 $2.0\times10^{-6}\text{m}$、密度是 $1.09\times10^3\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$的小