

 NPTGJC

普通高等教育“十一五”国家级规划教材 配套用书
全国普通高等专科教育药学类规划教材

物理学 学习指导与习题解答

WULI XUE
XUEXI ZHIDAO YU
XITI JIEDA

主编 许静芬 黄耀庭

中国医药科技出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国普通高等专科学校教育药学类规划教材 配套用书

物理学学习指导与习题解答

主 编 许静芬 黄耀庭

主 审 潘 正

编 委 (以姓氏笔画为序)

王立普 (邢台医学高等专科学校)

丘翠环 (广东药学院)

许静芬 (广东药学院)

李 辛 (沈阳药科大学)

杨宏伟 (泰山医学院)

黄耀庭 (广东药学院)

董克江 (泰山医学院)

潘 正 (广东药学院)

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材——许静芬主编的《物理学》(第3版)的配套教材。全书各章节顺序都与主教材同步,每章包括教学基本要求、本章内容概要、习题分析与解答三个部分。可以帮助学生总结教材的主要知识,明确学习的重点和难点,掌握和运用基本概念和基本规律,培养学生分析问题、解决问题的能力。本书可供选用许静芬主编的《物理学》(第3版)作为教材的高等院校师生参考,也可供其他相关院校的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

物理学学习指导与习题解答/许静芬,黄耀庭主编. —北京:中国医药科技出版社,2011.8

全国普通高等专科教育药学类规划教材配套用书

ISBN 978 - 7 - 5067 - 5069 - 1

I. ①物… II. ①许…②黄… III. ①物理学—高等学校—教学参考资料 IV. ①04

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第132786号

美术编辑 陈君杞

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲22号

邮编 100082

电话 发行:010-62227427 邮购:010-62236938

网址 www.cmstp.com

规格 787×1092mm $\frac{1}{16}$

印张 8 $\frac{1}{2}$

字数 181千字

版次 2011年8月第1版

印次 2011年8月第1次印刷

印刷 北京高岭印刷有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978 - 7 - 5067 - 5069 - 1

定价 19.00元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

普通高等专科学校教育药学类规划教材编委会

(第二版)

主任委员 姚文兵 (中国药科大学)

副主任委员 (按姓氏笔画排名)

尹 舫 (湖北中医学院)

王 玮 (河南大学药学院)

罗向红 (沈阳药科大学)

郭 姣 (广东药学院)

委 员 (按姓氏笔画排名)

丁 红 (山西医科大学)

于信民 (菏泽医学高等专科学校)

马祥志 (湖南长沙医学院)

王润玲 (天津医科大学)

王庸晋 (长治医学院)

刘 斌 (天津医学高等专科学校)

刘志华 (怀化医学高等专科学校)

孙 涛 (宁夏医学院)

吴琪俊 (右江民族医学院)

宋智敏 (哈尔滨医科大学大庆校区)

张德志 (广东药学院)

李淑惠 (长春医学高等专科学校)

肖孟泽 (井冈山医学高等专科学校)

陈 旭 (桂林医学院)

林 宁 (湖北中医学院)

罗载刚 (黔南医学高等专科学校)

赵冰清 (湖南师范大学药学院)

徐世义 (沈阳药科大学)

徐晓媛 (中国药科大学)

高允生 (泰山医学院)

黄林帮 (赣南医学院)

谭桂山 (中南大学药学院)

出版说明

全国高等医药院校药学类专业规划教材是目前国内体系最完整、专业覆盖最全面、作者队伍最权威的药学类教材。随着我国药学教育事业的快速发展,药学及相关专业办学规模和水平的不断扩大和提高,课程设置的不断更新,对药学类教材的质量提出了更高的要求。

全国高等医药院校药学类规划教材编写委员会在调查和总结上轮药学类规划教材质量和使用情况的基础上,经过审议和规划,组织中国药科大学、沈阳药科大学、广东药学院、北京大学药学院、复旦大学药学院、四川大学华西药学院、北京中医药大学、西安交通大学医学院、华中科技大学同济药学院、山东大学药学院、山西医科大学药学院、第二军医大学药学院、山东中医药大学、上海中医药大学和江西中医学院等数十所院校的教师共同进行药学类第三轮规划教材的编写修订工作。

药学类第三轮规划教材的编写修订,坚持紧扣药学类专业本科教育培养目标,参考执业药师资格准入标准,强调药学特色鲜明,体现现代医药科技水平,进一步提高教材水平和质量。同时,针对学生自学、复习、考试等需要,紧扣主干教材内容,新编了相应的学习指导与习题集等配套教材。

本套教材由中国医药科技出版社出版,供全国高等医药院校药学类及相关专业使用。其中包括理论课教材 82 种,实验课教材 38 种,配套教材 10 种,其中有 45 种入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

全国高等医药院校药学类规划教材

编写委员会

2009 年 8 月 1 日

序 言

1993年,原国家医药管理局科技教育司鉴于我国药学高等专科学校教育一直没有进行全国性的教材建设,根据国家教委(1991)25号文的要求负责组织、规划高等药学专科教材的编审出版工作。在国家教委的指导下,在对全国高等药学专科教育情况调查的基础上,普通高等专科学校教育药学类教材建设委员会于1993年底正式成立,并立即制订了“八五”教材编审出版规划。1995年,经100多位专家组、编写组教师和中国医药科技出版社的团结协作、共同努力,建国以来第一套普通高等专科学校教育药学类规划教材终于面世了。其后,又根据高等药学专科教育的主要任务是为医药行业生产、流通、服务、管理第一线培养应用型技术人才的需要,立即组织编审、出版了相关的配套教材(实验指导、习题集),以加强对学生的实验教学,培养学生的实际操作能力。

该套规划教材是国家教委“八五”教材建设的一个组成部分。从当时高等药学专科教育的现实情况考虑,统筹规划、全面组织教材建设活动,为优化教材编审队伍,确保教材质量,规范教材规格,起到了至关重要的作用。也正因为如此,这套规划教材受到了药学专科教育的大多数院校的追崇及广大师生的喜爱,其使用情况一直作为全国高等药学专科教育教学质量评估的基本依据之一,可见这套教材的影响之大。

由于我国的高等教育近年进行了一系列改革,我国药学高等专科学校变化也较大,加之教学大纲的不断调整,这套教材已不能满足现在的教学需要,亟需进行修订。但是,因为原主管部门已不再管理我国药学高等专科学校教育,加之一些高等药学专科学校已经合并到其他院校,原普通高等专科学校教育药学类教材建设委员会已不能履行修订计划。因此,全国高等医药院校药学类教材编辑委员会接管了这项工作,组成了新的普通高等专科学校教育药学类教材建设委员会,组织了这套规划教材的修订,希望修订后的这套规划教材能够适应当前高等药学专科教育发展的需求。在修订过程中,考虑到高等专科学校教育中全日制教育、函授教育、自学考试等多种办学形式,力求使这套教材能具有通用性,以适应不同办学形式的教学要求。学术是有继承性的,虽然第一版的一些作者已经退休或因为其他原因离开了药学高等专科学校岗位,不能继续参加这套教材的修订工作,但是他们对这套教材做出了非常重大的贡献,在此,我们谨对他们表示衷心的感谢。

这套规划教材修订出版后,竭诚欢迎使用本教材的广大读者提出宝贵意见,以便我们进行教材评优工作,不足之处我们将在以后修订时改正。

全国普通高等专科学校教育
药学类规划教材建设委员会
2003年12月

目 录

第一章 流体力学	(1)
一、教学基本要求	(1)
二、本章内容概要	(1)
三、习题分析与解答	(2)
第二章 振动和波	(9)
一、教学基本要求	(9)
二、本章内容概要	(9)
三、习题分析和解答	(12)
第三章 分子物理学	(25)
一、教学基本要求	(25)
二、本章内容概要	(25)
三、习题分析和解答	(26)
第四章 静电场	(33)
一、教学基本要求	(33)
二、本章内容概要	(33)
三、习题分析与解答	(35)
第五章 直流电路	(50)
一、教学基本要求	(50)
二、本章内容概要	(50)
三、习题分析和解答	(51)
第六章 电流的磁场	(56)
一、教学基本要求	(56)
二、本章内容概要	(56)
三、习题分析和解答	(57)
第七章 电磁感应	(70)
一、本章基本要求	(70)
二、本章内容提要	(70)
三、习题分析和解答	(71)
第八章 交流电	(79)
一、教学基本要求	(79)
二、本章内容概要	(79)
三、习题分析和解答	(81)

第九章 光的波动性	(86)
一、教学基本要求	(86)
二、本章内容概要	(86)
三、习题分析和解答	(89)
第十章 光的量子性	(99)
一、教学基本要求	(99)
二、本章内容概要	(99)
三、习题分析和解答	(100)
第十一章 原子光谱和分子光谱	(105)
一、教学基本要求	(105)
二、本章内容概要	(105)
三、习题分析和解答	(106)
第十二章 原子核物理	(110)
一、教学基本要求	(110)
二、本章内容概要	(110)
三、习题分析和解答	(111)
第十三章 狭义相对论基础	(115)
一、教学基本要求	(115)
二、本章内容概要	(115)
三、习题分析和解答	(116)
第十四章 量子力学基础	(119)
一、教学基本要求	(119)
二、本章内容概要	(119)
三、习题分析和解答	(120)
第十五章 激光	(125)
一、本章基本要求	(125)
二、本章内容提要	(125)
三、习题分析和解答	(126)
第十六章 纳米技术在药学中的应用	(128)
一、教学基本要求	(128)
二、本章内容概要	(128)
三、习题分析和解答	(128)

第一章 流体力学

一、教学基本要求

1. 熟悉理想流体的含义，定常流动的特征。掌握连续性方程及其意义。
2. 熟悉伯努利方程的使用条件，理解伯努利方程中各项参数的物理意义，能熟练应用连续性方程和伯努利方程解决理想流体运动中高度、压强和流速、流量等问题。能够解释空吸现象，理解流量计、流速计的基本原理。
3. 了解流动形态中的湍流、层流的概念，知道流动形态与雷诺数的关系，会用雷诺数判断流动形态。
4. 熟悉牛顿黏性定律和泊肃叶定律的基本形式。熟悉黏性流体的伯努利方程，理解黏性流体在均匀水平管中作定常流动时能量的损失表现为压强的减小。
5. 熟悉斯托克斯定律的含义，会计算收尾速度，会利用收尾速度的概念判断物体的运动状态。

二、本章内容概要

1. 流体及流动的基本概念

(1) 流体：指具有流动性的物体。

流体性质：流动性是流体最基本的特性，此外流体还具有黏性和可压缩性等性质。

(2) 理想流体：指忽略流体的黏性和可压缩性，只研究流体流动性特征的理想模型。

(3) 定常流动：指流体流动时，通过空间任一点的流速不随时间变化，流速仅是空间坐标的函数的流动形态。

(4) 流线：为了直观描述流体的运动而在空间作出的一些曲线，规定曲线上任意一点的切线方向与流体通过该点的速度方向相同。

(5) 流管：指由流线围成的管状体。

流体作定常流动时，流线的分布和流管的形状都不随时间变化。

(6) 体积流量：指单位时间内通过流管任意横截面的流体体积。

(7) 黏性流体：指黏性不能忽略的实际流体。

黏性流体的流动形态：有层流和湍流两种基本状态。

雷诺数：综合概括影响流体流动状态各种因素的一个参数。

(8) 黏性力：指黏性流体各流层之间作相对滑动时出现在流层之间的切向内摩擦力。

2. 基本定律和方程

(1) 连续性方程： $S_1 v_1 = S_2 v_2$ $Sv = Q = \text{常量}$

表示不可压缩的流体作定常流动时，流入流管的体积流量等于流出流管的体积流量。或通过同一流管任意垂直截面的体积流量是一个常量。

$$(2) \text{ 伯努利方程: } P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2$$

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

表明理想流体作定常流动时, 在同一细流管的任意截面处, 单位体积流体的动能、势能与该处压强之和是一个常量。

伯努利方程是流体动力学的基本方程, 是功能原理在流体问题上的应用。

(3) 连续性方程和伯努利方程的一些实际应用的结论

$$\text{流量计流量: } Q = S_1 S_2 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho(S_1^2 - S_2^2)}}$$

$$\text{流速计流速: } v_{\text{液}} = \sqrt{2g(h_2 - h_1)} \quad v_{\text{气}} = \sqrt{\frac{2\rho'gh}{\rho}}$$

$$(4) \text{ 雷诺数定义式: } R_e = \frac{\rho v r}{\eta}$$

$$(5) \text{ 牛顿黏性定律: } F = \eta \frac{dv}{dx} S$$

说明黏性流体在流动过程中, 流体内部相邻流体层之间的黏性力大小与两流体层之间的接触面积 S 成正比, 与该处的速度梯度 $\frac{dv}{dx}$ 成正比。比例系数 η 称为黏度系数或黏度, 是定量描述黏性大小的参数, 与温度有关。

$$(6) \text{ 黏性流体的伯努利方程: } P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2 + w$$

修正项 w 表示黏性流体在流动过程中克服黏性力做功而消耗能量。

$$(7) \text{ 泊肃叶定律: } Q = \frac{\pi R^4 (P_1 - P_2)}{8\eta L}$$

表明不可压缩的黏性流体在均匀水平管中作定常流动时, 流量与流管两端的压强梯度成正比, 与管道半径 R 的四次方成正比, 还与流体自身黏性相关。

$$(8) \text{ 斯托克斯定律: } f = 6\pi\eta r v$$

表明球形物体在黏性流体中运动时, 受到的黏性阻力与球体的半径 r 、运动速度 v 、流体的黏度 η 成正比。

$$(9) \text{ 收尾速度 (沉降速度): } v = \frac{2gr^2(\rho - \rho')}{9\eta}$$

是小球在黏性流体中受重力作用而下沉的速度达到稳定时的值。可以由重力、浮力和黏性阻力三个力的平衡条件导出。

三、习题分析与解答

1-1 伯努利方程的适用条件是什么? 伯努利方程的物理意义是什么?

答 伯努利方程的适用条件是: 理想流体在细流管里作定常流动。它的物理意义是: 理想流体作定常流动时, 在同一细管的任一截面处, 单位体积流体的动能、势能和该处

压强之和是一个常量。

1-2 两艘相距很近的轮船朝同一方向并进时, 会彼此靠拢甚至导致船体相撞。试解释产生这一现象的原因。

答 两艘轮船相距很近朝同一方向并进时, 两船之间的水面面积比两船外侧的水面面积小得多, 则两船之间的水流速度比两船外侧的水流速度快, 根据水平管的伯努利方程, 两船之间的压强比两船外侧的压强小。因此, 两船会彼此靠拢甚至导致船体相撞。

1-3 一冷却器由 20 根 $\phi 20\text{mm} \times 2\text{mm}$ (即管的外径为 20mm, 壁厚为 2mm) 的列管组成, 冷却水由 $\phi 68\text{mm} \times 2\text{mm}$ 的导管流入列管中, 已知导管中的流速为 $1.5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 求列管中的水流速度。

解 已知导管内径 $d_0 = (68 - 2 \times 2)\text{mm} = 64 \times 10^{-3}\text{m}$, 流速 $v_0 = 1.5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 列管内径 $d_1 = (20 - 2 \times 2)\text{mm} = 16 \times 10^{-3}\text{m}$

根据有分支管道的连续性方程: $S_0 v_0 = S_1 v_1 + S_2 v_2 + \cdots + S_n v_n$

$$\text{即} \quad \frac{1}{4} \pi d_0^2 v_0 = 20 \times \frac{1}{4} \pi d_1^2 v_1$$

$$\text{得} \quad v_1 = \frac{1}{20} \left(\frac{d_0}{d_1} \right)^2 v_0 = \frac{1}{20} \times \left(\frac{64 \times 10^{-3}}{16 \times 10^{-3}} \right)^2 \times 1.5 = 1.2 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1})$$

即列管中的水流速度为 $1.2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

1-4 注射器活塞的截面积 $S_1 = 1.0\text{cm}^2$, 注射器针孔的截面积 $S_2 = 2.5\text{mm}^2$ 。当注射器水平放置时, 用 $F = 5.0\text{N}$ 的力推活塞, 使活塞移动 $l = 4.0\text{cm}$ 后注射器中的水流尽, 求水从注射器中流尽所需要的时间。(略去活塞与管壁间的摩擦力)

解 已知活塞处截面积 $S_1 = 1.0 \times 10^{-4}\text{m}^2$, 推力 $F = 5.0\text{N}$, 压强 $P_1 = P_0 + \frac{F}{S_1}$ 。针孔处截面积 $S_2 = 2.5 \times 10^{-6}\text{m}^2$, 压强 $P_2 = P_0$ (大气压强), 水的密度 $\rho = 10^3\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 活塞移动 $l = 4.0 \times 10^{-2}\text{m}$ 。略去活塞与管壁间的摩擦力, 把注射器中的流体当成理想流体。

$$\text{根据连续性方程: } S_1 v_1 = S_2 v_2 \quad \text{得} \quad v_2 = \frac{S_1}{S_2} v_1$$

$$\text{注射器水平放置时, 根据水平管的伯努利方程: } P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$\text{合并同类项:} \quad \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) = P_1 - P_2 = P_0 + \frac{F}{S_1} - P_0 = \frac{F}{S_1}$$

$$\text{将 } v_2 = \frac{S_1}{S_2} v_1 \text{ 代入上式得:} \quad \frac{1}{2} \rho v_1^2 \left(\frac{S_1^2}{S_2^2} - 1 \right) = \frac{F}{S_1}$$

$$\begin{aligned} \text{活塞移动的速度: } v_1 &= \sqrt{\frac{2 \frac{F}{S_1}}{\rho \left(\frac{S_1^2}{S_2^2} - 1 \right)}} = \sqrt{\frac{2 F S_2^2}{S_1 \rho (S_1^2 - S_2^2)}} \approx \frac{S_2}{S_1} \sqrt{\frac{2 F}{S_1 \rho}} \\ &= \frac{2.5 \times 10^{-6}}{1.0 \times 10^{-4}} \times \sqrt{\frac{2 \times 5.0}{1.0 \times 10^{-4} \times 10^3}} = 0.25 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}) \end{aligned}$$

推动活塞使液体从注射器中流尽所需的时间:

$$t = \frac{l}{v_1} = \frac{4.0 \times 10^{-2}}{0.25} = 0.16 \text{ (s)}$$

1-5 有一竖直水管, 上端的内径 $d_1 = 200\text{mm}$, 水的流速为 $4.0\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 下端的内径 $d_2 = 400\text{mm}$, 水管下端比上端低 10m 。(1) 求水在下端的流速; (2) 如果水在上端的压强为 $1.5 \times 10^5\text{Pa}$, 求下端的压强。

解 把水看成理想流体。已知水管上端 $d_1 = 200 \times 10^{-3}\text{m}$, $v_1 = 4.0\text{s}^{-1}$, $P_1 = 1.5 \times 10^5\text{Pa}$, 水管下端 $d_2 = 400 \times 10^{-3}\text{m}$, $h_1 - h_2 = 10\text{m}$, 水的密度 $\rho = 10^3\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

(1) 根据连续性方程: $S_1 v_1 = S_2 v_2$

$$\text{可得: } v_2 = \frac{S_1}{S_2} v_1 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 v_1 = \left(\frac{200 \times 10^{-3}}{400 \times 10^{-3}}\right)^2 \times 4.0 = 1.0 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

根据伯努利方程: $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$

$$\text{可得: } P_2 = P_1 + \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2) + \rho g(h_1 - h_2)$$

$$= 1.5 \times 10^5 + \frac{1}{2} \times 10^3 \times (4.0^2 - 1.0^2) + 10^3 \times 9.8 \times 10 = 2.6 \times 10^5 \text{ (Pa)}$$

1-6 水平的自来水管粗处的截面积是细处截面积的两倍。如果水在粗处和细处的压强分别为 $1.5 \times 10^5\text{Pa}$ 和 $1.0 \times 10^5\text{Pa}$ 。求水在粗处和细处的流速。

解 把水看成理想流体。设水管粗处为 1, 细处为 2。已知 $S_1 = 2S_2$, $P_1 = 1.5 \times 10^5\text{Pa}$, $P_2 = 1.0 \times 10^5\text{Pa}$, 水的密度 $\rho = 10^3\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

根据连续性方程: $S_1 v_1 = S_2 v_2$ 得: $v_2 = \frac{S_1}{S_2} v_1 = 2v_1$

根据水平管的伯努利方程: $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$

$$\text{移项得: } \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) = P_1 - P_2$$

$$\text{将 } v_2 = 2v_1 \text{ 代入上式: } \frac{1}{2}\rho(4v_1^2 - v_1^2) = P_1 - P_2$$

$$\text{得: } v_1 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{3\rho}} = \sqrt{\frac{2 \times (1.5 - 1.0) \times 10^5}{3 \times 10^3}} = 5.8 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

$$\text{则: } v_2 = 2v_1 = 2 \times 5.8 = 11.6 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

1-7 汾丘里流量计主管的直径为 0.30m , 细颈的直径为 0.10m , 如果水在主管的压强为 $1.5 \times 10^5\text{Pa}$, 在细颈的压强为 $1.1 \times 10^5\text{Pa}$, 求水的体积流量。

解 把水看成理想流体。设汾丘里流量计主管为 1, 细颈处为 2。已知 $d_1 = 0.30\text{m}$, $d_2 = 0.10\text{m}$, $P_1 = 1.5 \times 10^5\text{Pa}$, $P_2 = 1.1 \times 10^5\text{Pa}$, 水的密度 $\rho = 10^3\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

根据连续性方程: $S_1 v_1 = S_2 v_2$

$$\text{可得: } v_2 = \frac{S_1}{S_2} v_1 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 v_1 = \left(\frac{0.30}{0.10}\right)^2 v_1 = 9v_1$$

根据水平管的伯努利方程: $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$

移项得:
$$\frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) = P_1 - P_2$$

把 $v_2 = 9v_1$ 代入上式:
$$\frac{1}{2}\rho(81v_1^2 - v_1^2) = P_1 - P_2$$

可得流量计主管处的流速:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{80\rho}} = \sqrt{\frac{2 \times (1.5 - 1.1) \times 10^5}{80 \times 10^3}} = 1.0 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

水在管道中的体积流量:

$$Q = S_1 v_1 = \frac{1}{4}\pi d_1^2 v_1 = \frac{1}{4}\pi \times 0.30^2 \times 1.0 = 7.07 \times 10^{-2} \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

1-8 水从蓄水池中通过导管流出, 如题 1-8 图所示, 点 1 的高度为 6.1m, 点 2、点 3 的高度为 1.0m, 在点 2 处导管的截面积为 0.040m^2 , 在点 3 处为 0.020m^2 , 求: (1) 点 2 处的压强; (2) 水由管口流出的体积流量。

解 已知 $h_1 = 6.1\text{m}$, $h_2 = h_3 = 1.0\text{m}$, $S_2 = 0.040\text{m}^2$, $S_3 = 0.020\text{m}^2$, $\rho = 10^3\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

因为蓄水池液面 1 和导水管出口 3 均与外界相通, 因此 $P_1 = P_3 = P_0 = 1.013 \times 10^5\text{Pa}$ 。而蓄水池的截面比导管的截面大得多, 即: $S_1 \gg S_2, S_3$

根据连续性方程: $S_1 v_1 = S_2 v_2 = S_3 v_3$

可知 $v_1 \ll v_2, v_3$, 此时可认为: $v_1 \approx 0$

根据伯努利方程:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_3 + \frac{1}{2}\rho v_3^2 + \rho g h_3$$

可得水在管口 3 处的流速:

$$v_3 = \sqrt{2g(h_1 - h_3)} = \sqrt{2 \times 9.8 \times (6.1 - 1.0)} = 10 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

根据连续性方程:

$$S_2 v_2 = S_3 v_3$$

可得点 2 处的流速: $v_2 = \frac{S_3}{S_2} v_3 = \frac{0.020}{0.040} \times 10 = 5.0 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$

在 2、3 两处应用水平管的伯努利方程: $P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 = P_3 + \frac{1}{2}\rho v_3^2$

可得点 2 处的压强: $P_2 = P_3 + \frac{1}{2}\rho(v_3^2 - v_2^2)$

$$= 1.013 \times 10^5 + \frac{1}{2} \times 10^3 \times (10^2 - 5.0^2) = 1.39 \times 10^5 \text{ (Pa)}$$

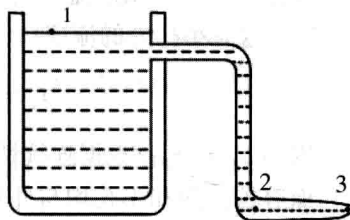
水由管口流出的体积流量: $Q = S_3 v_3 = 0.020 \times 10 = 0.20 \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$

1-9 用题 1-9 图所示的皮托管测量流速, 测得两竖直细管中水柱上升的高度为 $h_1 = 0.50\text{cm}$, $h_2 = 5.4\text{cm}$, 求水流速度。

解 已知 $h_1 = 0.50\text{cm}$, $h_2 = 5.4\text{cm}$

根据皮托管的流速公式:

$$v = \sqrt{\frac{2(P_2 - P_1)}{\rho}}$$



题 1-8 图

测量液体流速时: $P_2 - P_1 = \rho g(h_2 - h_1)$

因此皮托管测得的水流速: $v = \sqrt{2g(h_2 - h_1)}$
 $= \sqrt{2 \times 9.8 \times (5.4 - 0.5) \times 10^{-2}}$
 $= 0.98 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$

1-10 匀速地将水注入一个横截面积为 S_1 的顶端开口的圆柱形容器, 注入的流量为 $140 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 容器的底部开一个横截面积 $S_2 = 1.0 \text{ cm}^2$ 的小孔 ($S_1 \gg S_2$), 使水不断流出。求达到稳定状态时, 容器中水的高度。

解 把水看成理想流体。已知小孔面积 $S_2 = 1.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, 容器横截面积 $S_1 \gg S_2$, 注入容器的水流量 $Q = 140 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。

当注入容器内水的流量与从容器流出水的流量相等时, 容器内水面达到稳定高度 $h = h_1 - h_2$, 这时小孔处的流速:

$$v_2 = \frac{Q}{S_2} = \frac{140 \times 10^{-6}}{1.0 \times 10^{-4}} = 1.4 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

因为 $S_1 \gg S_2$, 根据连续性方程 $S_1 v_1 = S_2 v_2$ 可知 $v_1 \ll v_2$, 此时可认为 $v_1 \approx 0$ 而容器液面和小孔均与外界相通, 因此: $P_1 = P_2 = P_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

根据伯努利方程: $P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$

移项得: $\rho g h_1 - \rho g h_2 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 - \frac{1}{2} \rho v_1^2 \approx \frac{1}{2} \rho v_2^2$

可得: $h = h_1 - h_2 = \frac{v_2^2}{2g} = \frac{1.4^2}{2 \times 9.8} = 0.10 \text{ (m)}$

1-11 体积为 80 cm^3 的水, 在均匀的水平管中从压强为 $1.8 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的截面流到压强为 $1.3 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的截面时, 克服黏性阻力做的功是多少?

解 已知体积 $V = 80 \times 10^{-6} \text{ m}^3$, 压强 $P_1 = 1.8 \times 10^5 \text{ Pa}$, $P_2 = 1.3 \times 10^5 \text{ Pa}$, 水的密度 $\rho = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。对于均匀水平管, $S_1 = S_2$, $h_1 = h_2$ 。

根据连续性方程: $S_1 v_1 = S_2 v_2$ 可知: $v_1 = v_2$

根据黏性流体的伯努利方程: $P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + w$

可得移动单位体积水克服黏性力所做的功: $w = P_1 - P_2$

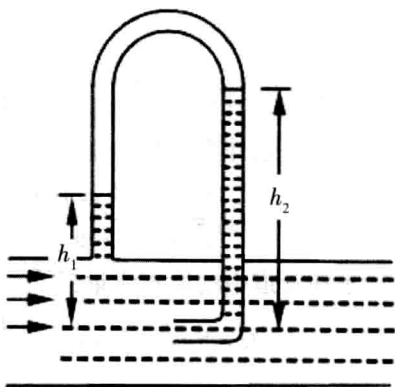
移动 80 cm^3 的水克服黏性阻力做的总功:

$$A = wV = (P_1 - P_2) V = (1.8 - 1.3) \times 10^5 \times 80 \times 10^{-6} = 4.0 \text{ (J)}$$

1-12 设橄榄油的黏度为 $0.18 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, 流过管长为 0.50 m , 半径为 1.0 cm 的水平管时, 管两端的压强差为 $2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$, 求其体积流量。

解 已知 $\eta = 0.18 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, $L = 0.50 \text{ m}$, $R = 1.0 \times 10^{-2} \text{ m}$, $P_1 - P_2 = 2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ 。

根据泊肃叶定律: $Q = \frac{\pi R^4 (P_1 - P_2)}{8 \eta L}$



题 1-9 图

代入已知数据可得黏性流体的体积流量:

$$Q = \frac{3.14 \times (1.0 \times 10^{-2})^4 \times 2.0 \times 10^4}{8 \times 0.18 \times 0.50} = 8.73 \times 10^{-4} \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

1-13 直径为 0.010mm 的水滴在速度为 $2.0\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 的上升气流中, 能否向地面落下? 设空气的黏度为 $1.8 \times 10^{-5}\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

解 已知直径 $d = 0.010 \times 10^{-3}\text{m}$, 速度 $v = 2.0 \times 10^{-2}\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 黏度 $\eta = 1.8 \times 10^{-5}\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

水滴在上升的气流中受到方向向上的浮力和黏性阻力, 方向向下的重力三个力的作用。其中方向向下的重力大小:

$$G = mg = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^3 \rho g = \frac{4}{3} \pi \times \left(\frac{0.010 \times 10^{-3}}{2} \right)^3 \times 10^3 \times 9.8 = 5.13 \times 10^{-12} \text{ (N)}$$

方向向上的黏性阻力大小:

$$f = 6\pi\eta rv = 6\pi\eta \left(\frac{d}{2} \right) v = 6\pi \times 1.8 \times 10^{-5} \times \left(\frac{0.010 \times 10^{-3}}{2} \right) \times 2.0 \times 10^{-2} = 3.39 \times 10^{-11} \text{ (N)}$$

因为方向向上的黏性阻力大于方向向下的重力, 因此水滴不会落下。

1-14 密度为 $2.6 \times 10^3\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 的石英微珠在 20°C 的水中沉降, 沉降速度为 $7.8 \times 10^{-4}\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。设水的密度为 $1.0 \times 10^3\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 黏度为 $1.0 \times 10^{-3}\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。求此石英微珠的直径。

解 已知石英珠密度 $\rho = 2.6 \times 10^3\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 水的密度 $\rho_{\text{水}} = 1.0 \times 10^3\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 水的黏度 $\eta = 1.0 \times 10^{-3}\text{Pa} \cdot \text{s}$, 沉降速度 $v = 7.8 \times 10^{-4}\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

设石英微珠的直径为 d , 当石英微珠所受方向向下的重力 G 与方向向上的浮力 $F_{\text{浮}}$ 和黏性阻力达到力平衡时, 石英微珠以沉降速度 v 匀速下沉。三个力的大小分别为:

$$\text{重力: } G = mg = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g = \frac{\pi}{6} d^3 \rho g$$

$$\text{浮力: } F_{\text{浮}} = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_{\text{水}} g = \frac{\pi}{6} d^3 \rho_{\text{水}} g$$

$$\text{黏性阻力: } f = 6\pi\eta rv = 3\pi\eta dv$$

$$\text{由三力平衡条件: } G = F_{\text{浮}} + f$$

$$\text{可知: } \frac{\pi}{6} d^3 \rho g = \frac{\pi}{6} d^3 \rho_{\text{水}} g + 3\pi\eta dv$$

$$\text{移项: } \frac{\pi}{6} d^3 (\rho - \rho_{\text{水}}) g = 3\pi\eta dv$$

$$\text{石英微珠的直径: } d = \sqrt[3]{\frac{18\eta v}{(\rho - \rho_{\text{水}})g}} = \sqrt[3]{\frac{18 \times 1.0 \times 10^{-3} \times 7.8 \times 10^{-4}}{(2.6 \times 10^3 - 1.0 \times 10^3) \times 9.8}} = 2.99 \times 10^{-5} \text{ (m)}$$

1-15 如题 1-15 图所示, 水通过内径为 0.20m 的管子从水塔底部流出, 水塔内水面高出水管出水口 25.0m 。如果维持水塔内水位不变, 并已知管路中单位体积水的能量损失为 24.5m 水柱高具有的势能, 求每小时由管口排出的水量为多少? (提示 $S_1 \gg S_2$, $v_1 \ll v_2$)

解 设水塔液面处为 1, 出水口处为 2。

已知 $d_2 = 0.20\text{m}$, 水的密度 $\rho = 1.0 \times 10^3\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

若塔内水位维持不变, 则 $h_1 - h_2 = 25.0\text{m}$ 。单位体积水的能量损失 $w = \rho gh$, 其中 $h = 24.5\text{m}$ 。水塔的截面比出水口处的截面大得多, 即 $S_1 \gg S_2$ 。

根据连续性方程: $S_1 v_1 = S_2 v_2$

可知: $v_1 \ll v_2$, 此时可认为: $v_1 \approx 0$

而水塔液面和出水口均与外界相通, 因此:

$$P_1 = P_2 = P_0 = 1.013 \times 10^5 \text{Pa}$$

根据黏性流体的伯努利方程:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + w$$

可得:

$$\rho g h_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + w$$

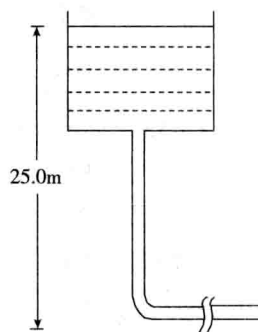
$$\begin{aligned} \text{因此管口处水的流速: } v_2 &= \sqrt{\frac{2[\rho g(h_1 - h_2) - w]}{\rho}} = \sqrt{2g[(h_1 - h_2) - h]} \\ &= \sqrt{2 \times 9.8 \times (25.0 - 24.5)} = 3.13 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}) \end{aligned}$$

水从管口流出的体积流量:

$$Q = S_2 v_2 = \frac{\pi}{4} d_2^2 v_2 = \frac{\pi}{4} \times 0.20^2 \times 3.13 = 9.8 \times 10^{-2} \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

$$\text{每小时由管口排出的水量: } V = Qt = 9.8 \times 10^{-2} \times 3.6 \times 10^3 = 354 \text{m}^3$$

(丘翠环)



题 1-15 图

第二章 振动和波

一、教学基本要求

1. 熟悉简谐运动的基本特征，掌握描述简谐运动的特征量的意义及其相互关系。
2. 掌握简谐运动的运动方程，能根据给定的初始条件写出简谐运动的运动方程。
3. 熟悉简谐运动的旋转矢量法，会用旋转矢量法分析有关问题。
4. 了解简谐运动的能量。
5. 掌握两个同振动方向、同频率简谐运动的合成规律，了解两个相互垂直简谐运动的合成。
6. 熟悉波动方程的物理意义，掌握描述波动各物理量的涵义及各量间的关系。
7. 掌握由已知质点的振动方程建立平面简谐波波动方程的方法。理解波形曲线。
8. 了解波的能量传播特征，了解波的能量密度、能流、能流密度等概念。
9. 熟悉惠更斯原理，了解波的衍射现象。
10. 熟悉波的叠加原理，掌握波的相干条件及波的干涉现象。

二、本章内容概要

1. 基本概念和原理

(1) 简谐运动：指物体受到弹性力的作用，在平衡位置附近做周期性的往复运动。物体作简谐运动时的位移是时间的余弦（或正弦）函数。

(2) 简谐运动的特征量

振幅：指振动物体离开平衡位置的最大位移的绝对值。

周期：物体作一次完全振动所经历的时间。

频率：单位时间内物体所作完全振动的次数。

角频率：单位时间内相位的变化。

周期、频率和角频率由振动系统本身的固有属性决定。

相位：决定物体在任一时刻振动状态的物理量。

初相：反映物体初始时刻振动状态的物理量。

相位差：两个简谐运动的相位之差。

(3) 机械波：机械振动在介质中传播的过程。

简谐波：简谐振动在介质中传播的过程。

波的传播是振动相位的传播，沿波的传播方向，各质元振动的相位依次落后。

产生机械波的条件：是波源和弹性介质。

机械波的基本类型：横波和纵波。

(4) 描述平面简谐波的特征量