

《大学物理学》

(张三慧)

辅助教材

王守海 贾敏 周薇 主编

刘静 张艳亮 梁敏 副主编

大学物理

精讲精练

清华大学出版社

大学物理 精讲精练

王守海 贾敏 周薇 (主 编)

刘静 张艳亮 梁敏 (副 主 编)

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书作为与《大学物理学》相配套的辅助性教学用书,主要涵盖了理工科非物理专业的学生应掌握的物理基础知识,旨在使学生理解本课程的教学基本要求,明确物理基本概念和规律间的联系与区别,帮助学生熟练运用所学的知识去正确地分析问题和解决问题。本书内容包括力学、热学、电学、磁学、光学和近代物理等。每章由基本要求、内容提要、例题精讲、习题精练四个部分组成。另外,书中配有模拟试卷及答案。本书可作为高等院校理工科各专业大学物理课程的辅导材料,也可作为自学大学物理和考研复习的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

大学物理精讲精练/王守海,贾敏,周薇主编. —北京:清华大学出版社,2017
ISBN 978-7-302-46203-3

I. ①大… II. ①王… ②贾… ③周… III. ①物理学—高等学校—教学参考资料 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 007868 号

责任编辑:佟丽霞

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:11.75

字 数:284千字

版 次:2017年1月第1版

印 次:2017年1月第1次印刷

印 数:1~6000

定 价:23.00元

产品编号:070669-01

编 委 会

主 编 王守海 贾 敏 周 薇

副主编 刘 静 张艳亮 梁 敏

参 编 杨积光 周明东 王璟璟

申庆徽 李照鑫 李 鹏

“大学物理学”是理工科各专业的一门重要基础课,同时也是全国硕士研究生入学考试的专业科目之一。与高中物理相比,大学物理的理论更加抽象,逻辑推理更加严密。学生往往感到大学物理的概念和理论抽象难懂,解决问题缺少思路和方法。我们编写本书的目的就是帮助学生尽快明确学习要求,理清知识脉络。尽快完成学习方法和思维方式的转变,掌握解题的思路和方法。提高综合应用所学知识、分析问题和解决问题的能力,为后续课程的学习和将来的考研打下坚实的基础。

本书共分 25 章,次序安排与张三慧编著的《大学物理学》(C5 版)相一致,每章由四大知识板块组成:

一、基本要求 按教育部理工科大学物理教学的要求,明确本章的主要内容。

二、内容提要 从“本章提出的主要问题”“解决问题的主要思路和方法”“主要知识点及应用”三个方面系统阐述了本章要点,便于学生理清知识脉络,同时也方便检索。

三、例题精讲 选题力求涵盖各类题型,着重分析解决问题的思路和方法,部分例题给出多种解题方法,并加以分析,以开拓思路。使学生更好地巩固物理基本概念,掌握解决问题的方法和技巧。

四、习题精练 每章均有各种类型习题,并在书后附有解答,方便学生参考。全书有四套模拟试卷,并附有解答,方便学生自测。

本书是王世范教授主持的山东省精品课程“大学物理”的辅助教材,经过多年的使用、修改整理而成。参加本书编写的主要成员长期工作在大学物理教学第一线,有丰富的教学经验。我们力求将每位教师多年的教学经验与体会渗透到各章的内容之中,使学生在学习中,目标更明确、思考更深刻、总结更全面。

本书分上、下两篇,由张鲁殷教授最后统一审稿。全书由王守海、贾敏、周薇、张艳亮、刘静、梁敏统稿,具体分工是:第 1~5 章由刘静、杨积光编写;第 6~10 章由周薇、申庆徽编写;第 11~14 章由贾敏、李照鑫编写;第 15~18 章由周明东、张艳亮编写;第 19~21 章由梁敏、王璟璟编写;第 22~25 章由王守海、李鹏编写。

在编写过程中,我们参考了许多书籍及文献,限于篇幅,在书末只列出了部分参考文献,在此一并表示衷心的感谢。

编者

2016 年 9 月于青岛

绪论	1
----	---

上 篇

第 1 章 质点运动学	7
第 2 章 质点运动定律	13
第 3 章 动量和角动量	18
第 4 章 功和能	24
第 5 章 刚体力学基础	31
第 6 章 振动	38
第 7 章 波动	45
第 8 章 温度和气体动理论	54
第 9 章 热力学第一定律	61
第 10 章 热力学第二定律	68
大学物理(1)模拟试卷(A 卷)	71
大学物理(1)模拟试卷(B 卷)	74
大学物理(1)模拟试卷标准答案(A 卷)	77
大学物理(1)模拟试卷标准答案(B 卷)	79

下 篇

第 11 章 静电场	83
第 12 章 电势	89

第 13 章 静电场中的导体	94
第 14 章 静电场中的电介质	98
第 15 章 稳恒磁场	103
第 16 章 磁力	110
第 17 章 磁场中的磁介质	115
第 18 章 电磁感应及电磁波	118
第 19 章 光的干涉	128
第 20 章 光的衍射	135
第 21 章 光的偏振	141
第 22 章 狭义相对论基础	145
第 23 章 波粒二象性	150
第 24 章 薛定谔方程	157
第 25 章 原子中的电子	160
大学物理(2)模拟试卷(C卷)	165
大学物理(2)模拟试卷(D卷)	168
大学物理(2)模拟试卷标准答案(C卷)	171
大学物理(2)模拟试卷标准答案(D卷)	173
习题答案	175
参考文献	179

一、什么是物理学

自然界由物质组成,物质世界中包含着无限多样的物质形态。物质处于永恒的、不停的运动之中,运动是物质的基本属性,广袤无垠的宇宙就是浩瀚的、永远运动的物质总体,时间与空间则是物质的存在形式。物质间存在相互作用。

1. 研究内容

物理学研究宇宙间物质存在的各种主要的基本形式,它们的具体性质、运动和转化以及内部结构;从而认识这些结构的组元及其相互作用、运动和转化的基本规律。

物理学的各分支学科是按物质的不同存在形式和不同运动形式划分的,如力学、热学、电磁学、光学、原子物理、量子力学等,每一个分支学科都与一种或两种运动形式相对应。人类对自然界的认识来源于实践,而实践的广度和深度有着历史的局限性,随着实践的扩展和深入,物理学的内容也不断扩展、深入。新的分支学科陆续形成,已有的分支学科日趋成熟,应用也日益广泛。

客观世界是一个内部存在着普遍联系的统一体,物理学各分支学科相互渗透,物理学家力图寻找物质的最基本规律,从而统一地理解一切物理现象。建立统一理论是现代物理研究的重要方向之一,有时我们似乎已很接近目标,但随着新现象的不断出现,这一目标又变得更遥远。显然,人类对自然界的探索和研究将永无止境。

2. 研究范围

物理学所研究的范围极其宽广。研究对象的尺度从半径为 10^{-15} m 的微小质子,直到目前可探测到的、远在 10^{26} m 外的类星体。涉及的时间从短到 10^{-25} s 的最不稳定粒子的寿命,到长达 10^{39} s 的质子的寿命。

物理学所研究的粒子和原子,构成了蛋白质、基因、器官、生物体、一切人造的和天然物质、陆地、海洋、大气等。因此,物理学构成了化学、生物学、材料科学和地球物理学等学科的基础。物理学的基本概念、基本理论和科技成果广泛地应用在所有自然科学领域之中。所以,物理学是一切自然科学的基础。

3. 研究成果

物理学的研究成果,广泛而直接地影响着社会生产和人类生活的各个方面,是科学技术和社会发展的强大动力。18世纪60年代开始的第一次技术革命,主要的标志是蒸汽机的发明及广泛的应用,这是牛顿力学和热力学发展的结果。19世纪70年代开始的第二次技术革命,主要的标志是电力的广泛应用和无线电通信的实现,它是电磁学发展的结果。

20世纪40年代兴起并一直延续到今天的第三次技术革命,出现了一系列的高新技术,并在此基础上诞生了大量的新产品和新装置,使人类的物质生产和精神生活产生了难以想象的巨大变化,这是近代物理学发展的结果。

二、物理学发展史

可以简单地将物理学的发展划分成两个时期,包含四个主要理论。

1. 经典物理学时期——19世纪末以前

经典力学——研究人体尺度物体的运动($v \ll c$)及其相互作用。

电磁学——研究带电物体的运动及其相互作用,描述磁现象。

2. 近代物理学时期——19世纪末至今

狭义相对论——澄清时间和空间的概念。

量子力学——研究各种微观粒子的运动及其相互作用。

三、为什么要学习大学物理

1. 意义

物理学研究特别简单的系统,例如质点、刚体、弹簧振子、理想气体、单个原子等。揭示研究这些简单系统的基本性质和规律所采用的科学方法,常比其他自然科学中所用的方法要简明清晰得多。因此,物理学被认为是“科学方法”的典范。

物理学的基本理论渗透在自然科学的一切领域之中。以物理学最基本的概念、理论为内容的大学物理课程,它所包含的经典理论、近代理论以及它们的实际应用,处理问题、解决问题、寻找规律、建立基本理论的科学方法,这些都是一个高级工程技术人员所必须了解和掌握的。任何一门课程都不能像大学物理那样全面、系统、完整地培养学生各方面的能力。大学物理的基本概念以及基本原理固然重要,但更重要的却是它的科学思维方式,解决、处理、研究问题的方法。

物理学是一门实验科学,它的定律是观察和实验的概括,理论的正确与否最终要靠实验来检验。物理学的研究方法遵循“实践—认识—再实践—再认识”的认识论的法则。建立物理理论的一般过程为:实验—理论(建立理想模型,提出假设,找出规律)—实验—理论,整个过程始终贯穿着辩证唯物主义世界观和方法论。

2. 特色

在同学们学习的各门课程中,大学物理课肩负着特殊而又重要的任务。数学、英语和计算机等课程,在很多地方具有“工具”性质,而物理学则在很多地方具有“方法”性质。某种“方法”通常需将各种知识及理论相互贯通、融为一体,它已不是单独由哪一门课程所能学到的东西了。学生在学习物理理论以及求解物理习题时,常常要根据实际情况、挖掘所有信息(已知条件),在头脑中进行分析、筛选、综合加工,直至获得正确的结论。对很多学生来说,物理难学,实际上难就难在这一点上。由于种种原因,一些学校急功近利,青睐题海战术,没给学生留出足够的思考分析时间,使他们对所学的知识,知其然而不知其所以然,囫圇吞枣、死记硬背。此种教学方式,使学生养成了依赖记忆、简单地套用公式解题的习惯,甚至连蒙带猜、生搬硬套,有时结论大悖常理也毫无反应。久而久之,头脑难以快速灵活运转,面对那

些需要多个理论和公式、已知条件不明显、过程比较复杂的物理题,也就脑中空空一筹莫展了。

3. 目的

为低年级学生开设大学物理课,不仅是为了打好学习其他专业知识的基础,也是希望学生能掌握更科学的学习方法和研究方法,以及培养他们独立获取知识、解决实际问题的能力。这是一门任何其他课程无法比拟和替代的课程,具有培养学生逻辑推理、归纳总结、综合分析等能力的重要作用。它的效果有时也不像其他课程(如英语、计算机)那样直接而明显,在很多方面具有潜在的作用,而“潜力大”则正是我们培养理工科大学学生具有“后劲”的基础。通过物理课的学习,还可以使学生养成严肃认真、一丝不苟、勤于思考、吃苦耐劳的优良品质。总之,学好大学物理不仅对学生在校期间的学习十分重要,而且对他们毕业后的工作和进一步学习新知识、新理论、新技术,以及进行科研创新等,都将有极大的影响。

四、如何学好大学物理

1. 掌握正确的学习方法

明确“教材为中心、多方突破、循序渐进、融会贯通”的普遍学习方法。通常,学习一种新理论或新知识,总是先选定一本具有代表性的、较好的书,而后采取种种手段(阅读、参考其他相关资料、多方求教、做实验等)将其弄懂、吃透。大学物理课程的教学就是按照这一过程展开的。为了掌握教材中的理论和知识,通常采取如下步骤:

- (1) 课前预习——培养自学能力,对有疑问的内容作针对性的听课和记录(看第一遍书)。
- (2) 听课——弄清有疑问的部分,发现自学理解错误的内容,出现新问题(记笔记)。
- (3) 看书——进一步弄清课堂讲授的内容,对照笔记解决出现的问题(看第二遍书)。
- (4) 做作业——发现新问题,培养解决处理问题的能力,养成踏踏实实、一丝不苟、仔细认真的良好习惯。
- (5) 辅导答疑、同学之间进行讨论——解决问题、发现问题,加深对教材的理解。
- (6) 批改作业——发现错误,纠正错误。
- (7) 总复习——逐字逐句通读全书,理解、掌握所学内容并将之串为一体(看第三遍书)。
- (8) 考试——检验学习情况,再次发现问题并解决。

2. 抓住基本问题

深刻理解基本概念,牢固掌握基本规律,熟练应用基本理论。

- (1) 对相应的物理现象仔细地观察和研究,加深概念的理解和掌握。
- (2) 注意物理规律的两种表述——文字描述和数学公式表示。

对于文字描述,要逐字逐句的仔细推敲,深刻理解其揭示的物理规律。

对数学公式表示,结合物理模型搞清其来龙去脉及物理意义,注意适用条件和单位。

- (3) 通过做题,深入理解并熟练应用所学基本理论。

3. 注意与中学物理的区别

标量 \leftrightarrow 矢量;恒量为主 \leftrightarrow 变量为主;定性分析 \leftrightarrow 定量计算。

4. 打好数学基础

要想学好物理,必须有良好的数学知识作为基础。尤其要注意以下几个方面:坐标系的建立和使用;导数和积分的来历及意义;标量积;矢量积。

5. 基本要求

(1) 课前预习,上课注意听讲,记笔记。

(2) 由基本定律导出的定理和重要规律,课下都要认真推证(如质点和质点系的动能定理、动量定理、动量守恒、机械能守恒、理想气体压强公式等)。

(3) 作业书写工整、论述清晰、有理有据,要分析结果的合理性。认真研究批改后的作业,做错的地方立即纠正或重做。

(4) 有问题问老师或同学,及时弄懂,不要拖延。

(5) 书上的例题要仔细阅读、思考、动笔做,每章后面的“问题”要仔细分析论证。

上篇

Article

【基本要求】

1. 掌握位置矢量、位移、速度、加速度、角速度和角加速度等描述质点运动和运动变化的物理量(即描述质点的状态及状态的变化)。
2. 掌握质点在平面内运动时的速度、加速度等矢量的计算。
3. 掌握质点作圆周运动时的切向加速度和法向加速度的计算。

【内容提要】

1. 参考系与坐标系

要描述物体的运动,必须事先选定某一个参考物体(或参考物体组),以便确定物体相对于参考物体的位置及其位置的变化。

坐标系是定量描述物体运动的工具。常用的有直角坐标系、自然坐标系、平面极坐标系等。自然坐标系是沿质点的运动轨道建立的坐标系,其中一个单位矢量为切向单位矢量,沿质点所在点的轨道切线方向,另一个是法向单位矢量,垂直于在同一点的切向单位矢量而指向曲线的凹侧。

参考系是一个固定在参考物体上的坐标系和相应的一套同步的时钟组成,通常用坐标系代替,而用参考物体命名。

2. 质点的运动方程

质点在空间的位置由坐标原点 O 指向质点位置 P 的一个矢量 $\boldsymbol{r} = \boldsymbol{OP}$ 来表示。 \boldsymbol{r} 称为位置矢量,简称位矢。质点在空间运动时,位矢 \boldsymbol{r} 为时间 t 的函数,也称为质点的运动方程。直角坐标系中表示为 $\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}(t) = x(t)\boldsymbol{i} + y(t)\boldsymbol{j} + z(t)\boldsymbol{k}$,质点运动方程是描述运动状态的出发点,可以进一步求速度和加速度等物理量,也可以求轨道方程。

3. 位移

质点在 Δt 时间内的位置矢量的增量 $\Delta \boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}' - \boldsymbol{r}$,称为位移,如图 1-1 所示。质点的位矢与坐标系原点的选取有关,而位移与坐标系原点的选取无关,只表示位置变化的实际效果,为一矢量。

注意: (1) 位移大小一般与质点经历的路程不同,即 $\Delta s \neq$

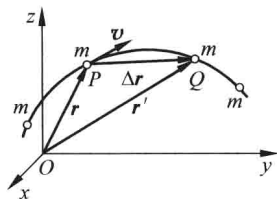


图 1-1

$|\Delta r|$, 但是当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $\Delta s \rightarrow |\Delta r|$, 记为 $ds = |dr|$ 。

(2) $|\Delta r|$ 与 Δr 也不同。 $\Delta r = |r_2| - |r_1|$, 为两位矢大小之差; 而 $|\Delta r| = |r_2 - r_1|$, 为两位矢的矢量差的大小, 总有 $|\Delta r| \geq \Delta r$, 两者只有在两位矢方向相同时才相等。

4. 速度

运动质点在 t 时刻的瞬时速度为

$$\boldsymbol{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \boldsymbol{r}}{\Delta t} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt}$$

速度为位矢对时间的一阶导数, 方向为轨道的切线方向, 大小称为速率, 它总是一个正量。要注意平均速率不等于平均速度的大小, 即 $|\boldsymbol{v}| \neq \bar{v}$ 。

速度在直角坐标系中表达为

$$\boldsymbol{v} = v_x \boldsymbol{i} + v_y \boldsymbol{j} + v_z \boldsymbol{k}$$

瞬时速率为

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2} = \left| \frac{d\boldsymbol{r}}{dt} \right|$$

5. 加速度

质点在 t 时刻的瞬时加速度为

$$\boldsymbol{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t} = \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = \frac{d^2 \boldsymbol{r}}{dt^2}$$

加速度既反映速度方向的变化, 又反映速度大小的变化, 任一时刻加速度的方向并不与速度方向相同。在直角坐标系中 $\boldsymbol{a} = a_x \boldsymbol{i} + a_y \boldsymbol{j} + a_z \boldsymbol{k}$, 其中

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2}, \quad a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2}, \quad a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2 z}{dt^2}$$

加速度 \boldsymbol{a} 的大小为 $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$ 。

6. 圆周运动

(1) 质点作平面圆周运动时, 可用角量描述, 以后刚体的定轴转动的描述也是如此。运动方程为 $\theta = \theta(t)$, 角位置为时间的函数。

角速度 $\omega = \frac{d\theta}{dt}$, 描述质点在 t 时刻角位置的变化。

角加速度 $\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2 \theta}{dt^2}$, 描述质点在 t 时刻角速度的变化。

圆周运动常用到线量与角量的关系为

$$s = R\theta, \quad v = R\omega, \quad a_t = R\alpha, \quad a_n = R\omega^2$$

式中, a_t, a_n 分别为切向加速度、法向加速度的大小。

(2) 质点作平面圆周运动时, 用自然坐标系描述。速度为 $\boldsymbol{v} = \frac{ds}{dt} \boldsymbol{e}_t$, 速率为 $v = \frac{ds}{dt}$ 。

加速度 $\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}_n + \boldsymbol{a}_t$, 其中, 法向加速度 $\boldsymbol{a}_n = \frac{v^2}{R} \boldsymbol{e}_n$, 描述质点速度方向随时间变化的快慢;

切向加速度 $\boldsymbol{a}_t = \frac{dv}{dt} \boldsymbol{e}_t = \frac{d^2 s}{dt^2} \boldsymbol{e}_t$, 描述质点速度大小随时间变化的快慢。因此总的加速度大小

为 $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2}$, 方向由 $\tan\theta = \frac{a_n}{a_t}$ 表示。

曲线运动一般在自然坐标系中描述, 以上公式只需要把半径改为曲率半径 ρ 即可。

7. 运动的相对性

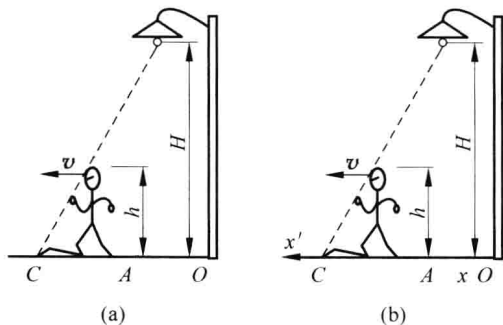
$$\boldsymbol{v}_{AC} = \boldsymbol{v}_{AB} + \boldsymbol{v}_{BC}$$

物体运动的描述在不同的参考系中是不一样的, 因此在对物体的运动进行描述之前要选择合适的坐标系, 搞清楚有关物理量在各个参考系中的数值和方向, 在解题中要特别注意运算时物理量的矢量性。

【例题精讲】

例 1-1 如图(a)所示, 路灯距地面高度为 H , 行人身高为 h , 若人以速率 v 背向路灯行走, 人头顶的影子的移动速度 v' 为多少?

【解】 如图(b)所示, 取沿地面方向的轴为 Ox 轴。



例 1-1 图

人从路灯正下方点 O 开始运动, 经时间 t 后其位置为 $x = \overline{OA}$, 而人头顶影子的位置为 $x' = \overline{OC}$ 。由相似三角形关系, 有 $\frac{\overline{OC}}{\overline{OA}} = \frac{x'}{x} = \frac{H}{H-h}$, $x' = \frac{Hx}{H-h}$, 故头顶影子的移动速度为 $v' = \frac{dx'}{dt} = \frac{Hv}{H-h}$ 。

例 1-2 一质点在平面上运动, 已知质点位置矢量的表示式为 $\boldsymbol{r} = at^2\boldsymbol{i} + bt^2\boldsymbol{j}$ (其中 a, b 为常量)。求: (1) 质点轨迹方程; (2) 质点的速度 \boldsymbol{v} ; (3) 质点的加速度 \boldsymbol{a} 。

【解】 (1) 位置矢量 $\boldsymbol{r} = at^2\boldsymbol{i} + bt^2\boldsymbol{j}$ (SI)

可写为 $x = at^2$ $y = bt^2$, 消去时间 t , 可得质点轨迹方程为 $y = \frac{b}{a}x$ 。

(2) 速度 $\boldsymbol{v} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt} = 2at\boldsymbol{i} + 2bt\boldsymbol{j}$

(3) 加速度 $\boldsymbol{a} = \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = 2a\boldsymbol{i} + 2b\boldsymbol{j}$

例 1-3 某物体的运动规律为 $dv/dt = -kv^2t$, 式中 k 为大于零的常量, 当 $t=0$ 时, 初速度为 v_0 , 则速度 v 与时间 t 的函数关系是()。

- A. $v = \frac{1}{2}kt^2 + v_0$ B. $v = -\frac{1}{2}kt^2 + v_0$
 C. $\frac{1}{v} = \frac{kt^2}{2} + \frac{1}{v_0}$ D. $\frac{1}{v} = -\frac{kt^2}{2} + \frac{1}{v_0}$

例 1-4 一艘正在沿直线行驶的电艇, 在发动机关闭后, 其加速度方向与速度方向相反, 大小与速度平方成正比, 即 $dv/dt = -kv^2$, 式中 k 为常量。试证明电艇在关闭发动机后又行驶 x 距离时的速度为 $v = v_0 e^{-kx}$, 其中 v_0 是发动机关闭时的速度。

【证明】 因为

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = v \frac{dv}{dx} = -kv^2$$

所以 $\frac{dv}{v} = -kdx$

两边积分得 $\int_{v_0}^v \frac{1}{v} dv = -\int_0^x k dx$, 解得 $\ln \frac{v}{v_0} = -kx$

故 $v = v_0 e^{-kx}$

例 1-5 质点作半径为 R 的变速圆周运动时的加速度大小为 (v 表示任一时刻质点的速率)()。

- A. $\frac{dv}{dt}$ B. $\frac{v^2}{R}$
 C. $\frac{dv}{dt} + \frac{v^2}{R}$ D. $\left[\left(\frac{dv}{dt} \right)^2 + \left(\frac{v^2}{R} \right)^2 \right]^{1/2}$

例 1-6 一质点从静止出发, 沿半径 $R=3\text{m}$ 的圆周运动, 切向加速度 $a_t = 3\text{m/s}^2$ 保持不变, 当总加速度与半径成 45° 时, 所经过的时间 $t = \underline{\hspace{2cm}}$, 在上述时间内质点经过的路程 $S = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

例 1-7 一质点沿半径为 R 的圆周按规律 $s = v_0 t - \frac{1}{2}bt^2$ 运动, v_0, b 都是常数。求:

- (1) t 时刻质点的总加速度;
- (2) t 为何值时质点总加速度在数值上等于 b ?
- (3) 当加速度到达 b 时, 质点已沿圆周运行了多少圈?

【解】 (1) 由 $s = v_0 t - \frac{1}{2}bt^2$ 得质点作圆周运动的速率为