



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套参考书

大学物理课堂教学设计

Physics

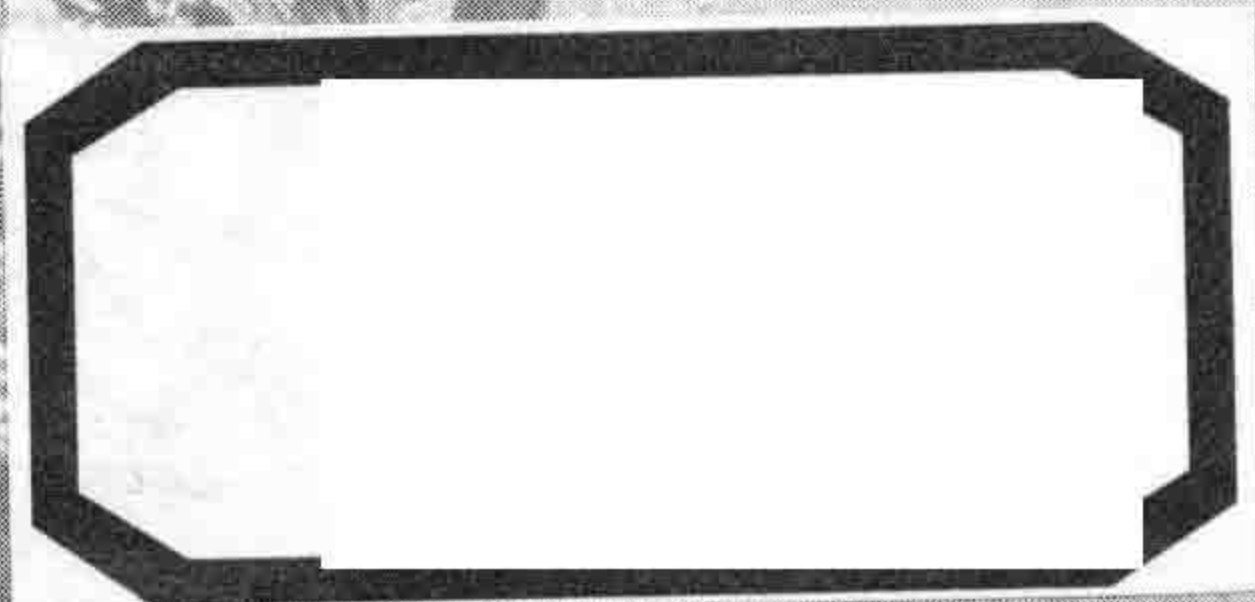
主编 王祖源 倪忠强 赵跃英

高等教育出版社



04
566

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套参考书



大学物理课堂教学设计

Physics

主编 王祖源 倪忠强 赵跃英

参编 刘海兰 宋志怀 吴天刚 刘小林

内容提要

本书为大学物理课堂教学的教师参考书,基于同济大学物理教研室长期以来的教学成果以及作者多年的教学经验编写而成。

本书以毛骏健、顾牡主编的“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《大学物理学》(第二版)内容为基础,形式上采取对每一节课进行课堂教学设计,每一节课包括教学内容的基本要求、知识要点、重点和难点的分析以及针对相关知识点和一些基本概念而设计的思考讨论题;为了帮助教师在传授知识时能结合实际应用或是激发学生的学习兴趣,在每一节课的教学中都会给出相关的课外学习内容或拓展内容,以供任课教师选择应用;为了丰富课堂教学手段,在每一单元的教学演示文稿中融入了动画、影视、实验演示录像、三维物理模型等多种媒体教学资源;另外还提供了大量的课外学习和拓展的多媒体教学资源。

本书作为一本教学参考书,希望能为从事大学物理教学的工作者,尤其是年轻教师提供有效的帮助。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理课堂教学设计 / 王祖源, 倪忠强, 赵跃英
主编. -- 北京: 高等教育出版社, 2017.2
ISBN 978 - 7 - 04 - 046822 - 9

I. ①大… II. ①王… ②倪… ③赵… III. ①物理学
- 课堂教学-教学设计-高等学校 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 281848 号

策划编辑	高聚平	责任编辑	高聚平	封面设计	姜磊	版式设计	杜微言
插图绘制	杜晓丹	责任校对	陈旭颖	责任印制	刘思涵		

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	肥城新华印刷有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	850 mm × 1168 mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	23	版 次	2017 年 2 月第 1 版
字 数	680 千字	印 次	2017 年 2 月第 1 次印刷
购书热线	010 - 58581118	定 价	41.00 元
咨询电话	400 - 810 - 0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 46822 - 00

数字课程
大学物理课堂教学设计

王祖源 倪忠强 赵跃英

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站，请登录网站后开始课程学习。

- 1. 访问 http://abook.hep.com.cn/1245829, 点击“注册”。在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”界面。
2. 课程充值: 登录后点击右上方“充值”图标, 正确输入教材封底标签上的明码和密码, 点击“确定”完成课程充值。
3. 在“我的课程”列表中选择已充值的数字课程, 点击“进入课程”即可开始课程学习。

账号自登录之日起一年内有效, 过期作废。
使用本账号如有任何问题,
请发邮件至: ecourse@hep.com.cn。

Web interface for '大学物理课堂教学设计' (University Physics Classroom Teaching Design). It includes the Abook logo, a navigation bar with '重要通知' (Important Notice), a main image of a robotic arm, and a login section with fields for '用户名' (Username), '密码' (Password), and '验证码' (Verification Code). It also features a '7345' code, a '忘记密码?' (Forgot Password?) link, a '登录' (Login) button, and a '注册' (Register) link with a checkbox for '记住我(30天内免登录)' (Remember me (30 days of免login)).

http://abook.hep.com.cn/1245829



前言

《大学物理课堂教学设计》是为毛骏健、顾牡主编的《大学物理学》(第二版)(彩色版,高等教育出版社出版,“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材)配套的大学物理课程教学的教师参考书,基于同济大学物理教研室长期以来的教学成果以及作者多年的教学经验编写而成。本书以每一节课作为基本单元,给出了相关教学内容的基本要求、知识要点、重点和难点的分析以及针对相关知识点和一些基本概念而设计的思考讨论题;为了帮助教师在传授知识时能结合实际应用或是激发学生的学习兴趣,在每一节课的教学中都会给出相关的课外学习内容或拓展内容,以供任课教师选择应用;为了丰富课堂教学手段,作者在每一节课的单元里均给出了相关的富媒体教学资源,以帮助学生深入理解和掌握所学知识。

《大学物理课堂教学设计》作为一本教学参考书,在高校中并不多见。对于年轻教师,由于教学经验不足,教学资料匮乏,科研任务重,他们需要有这样一本教学指导书;同时对于一些有经验的老教师也可以作为教学参考。

《大学物理课堂教学设计》按每一节课的授课内容共分为 57 个授课单元。参加本书第一稿编写的老师有:刘海兰(运动学,分子动理论)、鲍鸿吉(牛顿运动定律,能量,静电场,氢原子,物质波,不确定关系)、宋志怀(动量,角动量,刚体,偏振光)、刘钟毅(振动,黑体辐射,光电效应,康普顿效应)、赵跃英(波动,几何光学)、毛骏健(磁场)、吴天刚(电磁感应,量子力学)、王祖源(流体力学,相对论,热力学,光的干涉,光的衍射)、刘小林(核物理,基本粒子,固体物理基础),王祖源和鲍鸿吉统稿成上、下两册,供本校教师使用。第二稿主要由赵跃英老师修改,倪忠强老师补充完善,最后由王祖源、赵跃英、倪忠强统稿和定稿。

本书在编写过程中,得到顾牡教授、吴於人教授以及教研室全体老师的关心和指导,吴於人老师提供了相关的演示实验视频,倪忠强老师提供了不少教学视频和动画,为本书增色添彩。谨此,向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平与学识有限,加之编写时间紧迫,书中疏漏与错误之处难免,编者恳切希望同行专家、读者提出宝贵意见,以便今后纠正。

编者

2016 年 6 月于上海

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581999 58582371 58582488

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务与版权管理部

邮政编码 100120

防伪查询说明

用户购书后刮开封底防伪涂层，利用手机微信等软件扫描二维码，会跳转至防伪查询网页，获得所购图书详细信息。也可将防伪二维码下的20位密码按从左到右、从上到下的顺序发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪。

反盗版短信举报

编辑短信“JB,图书名称,出版社,购买地点”发送至10669588128

防伪客服电话

(010)58582300

网络增值服务使用说明

一、注册/登录

访问 <http://abook.hep.com.cn/>，点击“注册”，在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”页面。

二、课程绑定

点击“我的课程”页面右上方“绑定课程”，正确输入教材封底防伪标签上的20位密码，点击“确定”完成课程绑定。

三、访问课程

在“正在学习”列表中选择已绑定的课程，点击“进入课程”即可浏览或下载与本书配套的课程资源。刚绑定的课程请在“申请学习”列表中选择相应课程并点击“进入课程”。

如有账号问题，请发邮件至：abook@hep.com.cn。

目 录

绪论	1	7-4 磁介质	153
第 1 章 质点运动学	4	第 8 章 变化的电磁场	159
1-1 质点运动的描述	4	8-1 法拉第电磁感应定律 动生电动势	159
1-2 运动的角量描述 相对运动	10	8-2 感生电动势	164
第 2 章 质点动力学基本规律	17	8-3 磁场能量 电磁波	170
2-1 牛顿运动定律	17	第 9 章 热力学基础	176
2-2 动量与角动量	24	9-1 热力学基本概念 热力学第一定律	176
2-3 功与能	33	9-2 热力学第一定律应用	183
第 3 章 刚体与流体	42	9-3 循环过程 热力学第二定律	189
3-1 刚体运动的描述 定轴转动定律	42	第 10 章 分子动理论	196
3-2 刚体的角动量守恒定律 功与能	47	10-1 分子动理论基本观点 麦克斯韦分子速率分布	196
3-3 刚体的进动与平面运动	52	10-2 理想气体压强公式 温度公式 内能	202
3-4 流体力学简介	56	10-3 气体分子碰撞规律 熵增加原理	208
第 4 章 振动与波动	62	第 11 章 几何光学	214
4-1 简谐运动的描述	62	11-1 几何光学的基本原理 反射和折射成像规律	214
4-2 振动的能量 简谐运动的合成	69	11-2 薄透镜成像及光学仪器简介	221
4-3 阻尼振动 混沌现象	75	第 12 章 波动光学	229
4-4 机械波的描述	81	12-1 光程差 杨氏双缝干涉	229
4-5 波的能量 波的干涉	88	12-2 光的等厚干涉	235
4-6 驻波 波的衍射 多普勒效应	94	12-3 增反膜 增透膜 迈克耳孙干涉仪	240
第 5 章 静电场	100	12-4 单缝衍射 光学仪器分辨率	245
5-1 电场强度	100	12-5 光栅衍射 X 射线衍射	254
5-2 静电场的高斯定理	105	12-6 偏振光的产生和检验	261
5-3 静电场的环路定理 电势	109	第 13 章 狭义相对论	267
第 6 章 静电场中的导体和电介质	116	13-1 狭义相对论两条基本原理	267
6-1 静电场中的导体	116	13-2 狭义相对论时空观	273
6-2 静电场中的电介质	122	13-3 狭义相对论动力学基础	279
6-3 电容器 静电场的能量	127	第 14 章 广义相对论简介	285
第 7 章 恒定磁场	133		
7-1 恒定电流 磁感应强度	133		
7-2 磁场的安培环路定理	140		
7-3 磁场对电流的作用	145		

第 15 章 量子物理	295	第 16 章 原子核物理	333
15-1 普朗克假设	295	第 17 章 粒子物理	341
15-2 光的量子性	299	第 18 章 分子与固体	348
15-3 玻尔的氢原子理论	305	参考答案	355
15-4 物质波假设 不确定关系	311	参考文献	356
15-5 薛定谔方程 一维无限深势阱	316		
15-6 一维势垒 一维谐振子	322		
15-7 氢原子的薛定谔方程解 原子壳层结构	325		
15-8 激光及其原理简介	329		

绪 论

NOTE

一、基本要求

1. 了解物理学的地位、作用 and 任务.
2. 了解物理学的研究方法.
3. 了解物理学的学习内容.

二、教学内容

1. 基本概念和内容

(1) 物理学的研究对象

物质的基本结构、相互作用和物质运动最基本最普遍的形式及其相互转化规律.

(2) 物理学研究尺度

空间 10^{26} m (约 150 亿光年) (宇宙尺度) —— 10^{-16} m (夸克);

时间 10^{18} s (150 亿年) (宇宙年龄) —— 10^{-25} s (硬 γ 射线周期)

(3) 物理学的研究方法

在观察、实验的基础上获得大量的实验数据和结果;

对观察、实验所获得的实验数据和结果, 进行理论的分析、综合、抽象、概括, 并由此建立物理概念和物理规律;

将所得的结论与实验结果进行比较, 给出的物理概念和物理规律是否正确, 如果结论与实验结果不符, 出现了偏差或矛盾, 则要求修改相关的概念或理论, 甚至完全予以推翻, 或找到原来理论的适用范围.

2. 重点难点分析

(1) 对物理学研究对象的理解

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式和基本相互作用的自然科学. 它的基本理论渗透在自然科学的各个领域, 应用于生产技术的许多部门, 是其他自然科学和工程技术的基础.

(2) 对物理学研究方法的理

物理学的科学方法: 用模型描述自然, 用数学表达模型, 用实验检验模型.

- 提出命题
- 推出答案
- 理论预言

- 实验检验

- 修改理论

(3) 在物理学中学什么?

简言之:学习物理学的知识、方法、科学观念.

① 学习物理知识要注意整体性、发展性和迁移性.

整体性:注意掌握知识的结构和联系.

发展性:不断从新的角度审视物理概念和规律,关注其内涵的丰富,应用的扩展,相互关系的变化.

迁移性:注意提高应用物理知识解决实际问题的能力.

② 学习物理方法

观察、实验、模拟、演绎、归纳、分析、综合、类比、理想化、假说……

指导性原理:简单性原理、对应原理……

③ 学习先进的科学观念

- 物理学描述的是关于实在世界的模型

- 自然是和谐统一的整体

(4) 怎样学习物理学?

① 学习事实、定律、方程、解题方法和技巧;

关注:物理量的意义;物理公式、定律的来龙去脉,适用范围;

量纲帮助理解:物理数据的合理性;

② 从整体上、逻辑上协调地学习物理学;

不要只学习分离的知识,注意它们的整体性、关联性.

③ 关注物理理论和方法在交叉学科和工程技术中的应用;

④ 对基本定律的优美、简洁、和谐以及辉煌要有所体会;

⑤ 学会区分:理论与应用;物理思想与数学工具;一般规律与特殊事实;主要与次要.

3. 课外学习

物理学的科学精神、科学观念、科学品格和美

参考资料:① 李啸虎等,《力量——改变人类文明的 50 大科学定理》,上海文化出版社;

② 倪光炯,王炎森,《文科物理——物理思想与人文精神的融合》,高等教育出版社;

③ 向义和,《大学物理导论——物理学的理论与方法、历史与前沿》(下册),清华大学出版社.

三、思考、讨论题目

1. 为什么非物理专业的大学生也要学大学物理课程?

答:为终身学习和发展奠定科学基础,获得学习、生活、工作所需的基础知识和技能;

为提高自身科学素质,接受科学思想、科学精神、科学态度和科学方法的熏陶和培养.

2. 大学物理课程就是“中学物理+微积分”吗？

答：从大学物理与中学物理的知识点列表来看，似乎有很多相同之处。然而，由于学习者在不同阶段具有不同的数学知识背景，所能解决问题的深度和广度不同，处理问题的方法、手段也就不同。随着数学手段由初等数学到高等数学的改变，学习者对物理问题的解答将更严格，对物理规律的认识更具普遍性。物理课程中，这种不同阶段的学习方式，正是人的认识发展规律“螺旋上升”的反映，大学物理教学正是在中学教学基础上进一步加深和扩展。正如爱因斯坦所描述的，“建造新的理论不是像把旧仓库拆了，去造摩天楼；倒不如说成像爬上一座山，使你能得到更好的视野。如果你朝后看，你还能看到你的旧理论、你的出发点。旧理论并没有消失掉，只是它看上去变小了，也没有以前那么重要。”

第 1 章 质点运动学

1-1 质点运动的描述

一、基本要求

- 1. 理解质点模型以及参考系和坐标系的概念.
- 2. 掌握位置矢量,位移矢量,速度矢量以及加速度矢量等基本概念.
- 3. 掌握、分析和计算运动学的两类问题.

二、教学资源

1. 媒体资源统计

资源类型	电子教案	视频录像	动画	3D 模型
资源数	1	—	3	1

2. 主要资源介绍

编号	媒体类型	资源简介	长度	资源来源	使用方式
PPT1-1	PPT	运动学第一次课的教案.	2 课时	自制	课堂教学
动画 1-1	SWF	演示了一种可看作质点的运动情况.	自控	自制	随堂演示
动画 1-2	SWF	质点在不同参考系中的运动描述.	自控	自制	随堂演示
动画 1-3	SWF	说明了位移和路程的区别.	自控	自制	随堂演示、讨论
模型 1-1	PHY3D	模拟了太阳、地球、月亮三者之间的运动情况.	自控	自制	随堂演示、讨论

三、教学内容

1. 基本概念

运动学:研究物体在空间的位置随时间变化的规律以及运动的轨道

问题,而并不涉及物体发生机械运动变化的原因.

质点:当物体的线度和形状在所讨论的问题中的作用可以忽略不计时,将物体抽象为一个具有质量、占有位置,但无形状、大小的“点”,称为质点.它是一种理想的模型.

参考系:为了具体描述一个物体的运动,而必须选定的另一个作为参考标准的物体称为参考系.

坐标系:用以标定物体的空间位置而设置的坐标系统.

2. 主要内容

(1) 位置矢量

从坐标原点到某时刻质点所在位置所引的矢量. 在直角坐标系中,位置矢量可表示为

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$$

质点的位置矢量 $\mathbf{r}$ 随时间 t 的变化关系式为运动方程

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$$

(2) 位移

自运动始点指向终点的有向直线线段. 它描述质点在某段时间内位置的变化,可记为

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$$

(3) 速度

描述质点运动快慢和运动方向的物理量. 速度的大小称为速率.

平均速度

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$$

瞬时速度

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

在直角坐标系中,速度矢量可表示为

$$\begin{aligned} \mathbf{v} &= v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} + v_z \mathbf{k} \\ &= \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j} + \frac{dz}{dt} \mathbf{k} \end{aligned}$$

(4) 加速度

加速度是反映质点速度矢量随时间变化的物理量.

平均加速度

$$\bar{\mathbf{a}} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}$$

瞬时加速度

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2}$$

在直角坐标系中,加速度可表示为

$$\begin{aligned} \mathbf{a} &= a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j} + a_z \mathbf{k} \\ &= \frac{dv_x}{dt} \mathbf{i} + \frac{dv_y}{dt} \mathbf{j} + \frac{dv_z}{dt} \mathbf{k} \end{aligned}$$

$$= \frac{d^2x}{dt^2} \mathbf{i} + \frac{d^2y}{dt^2} \mathbf{j} + \frac{d^2z}{dt^2} \mathbf{k}$$

注意强调各个物理量的特性,如矢量性、瞬时性和相对性.

3. 重点难点分析

(1) 对质点模型的理解

两种可以把物体看作质点来处理的情况:

① 作平动的物体,可以被看作质点.

② 两相互作用着的物体,如果它们之间的距离远大于本身的线度,可以把这两物体看作质点.

(2) 对位移和路程概念的理解

① 路程是标量,是质点在轨道上所经过的曲线长度 Δs .

② 位移是矢量,在极限情况下位移的大小等于路程: $ds = |d\mathbf{r}|$.

(3) 对速度与速率的理解

① 速率是标量,是描述质点运动快慢的物理量:

$$v = \frac{ds}{dt}$$

② 速度是矢量,是描述质点运动快慢和运动方向的物理量.瞬时速度的大小就是瞬时速率:

$$|\mathbf{v}| = \left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right| = \frac{ds}{dt} = v$$

(4) 正确分析和解决运动学的两类问题

质点的运动方程 $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$ 是描述质点运动的核心,位置矢量和速度是反映质点运动状态的物理量——运动状态量;位移和加速度是反映质点运动状态变化的物理量——状态变化量.

质点运动学研究的问题分成两类:

① 已知质点运动方程 $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$,求质点在任意时刻的速度和加速度.基本方法是求导

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$$

一般在直角坐标系中进行计算时,可以直接进行矢量求导,也可以矢量问题分量化,这样可以同时计算出任意时刻质点的速度和加速度的大小和方向.

② 已知运动质点的加速度(或速度)随时间的变化关系,根据初始条件($t=0$ 时刻质点的位置和速度),求质点在任意时刻的速度和运动方程.基本方法是积分运算

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \int_0^t \mathbf{a} dt$$

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + \int_0^t \mathbf{v} dt$$

在计算时特别要注意初始时刻的位置和速度一般不为零,而加速度和速度一般也不为常矢量,它们往往都是时间的函数.

4. 课外学习内容

了解物质和运动的关系,时间和空间的概念.

四、思考与讨论

1. 位移和路程的区别

(1) 如图 1-1 所示,一质点 M 自 O 点出发沿半径 OD 运动到 D 点,然后再沿圆弧 DC 运动到 C 点,质点位移的大小和方向如何? 所经过的路程又如何?

(2) 若另一质点 N 自 O 点出发沿半径 OD 运动到 D 点,然后再沿圆弧 DA 运动到 A 点,它的位移和质点 M 的位移是否相同 路程是否相同?

答:(1) 由题意,质点 M 的位移是由 O 点向 C 点所引的有向线段,所以其位移的大小为半径 OC ,方向由 O 指向 C 点. 路程为半径 OD 与四分之一圆弧 DC 之和.

(2) 同理,另一质点 N 的位移是由 O 向 A 点所引的有向线段,所以其位移的大小为半径 OA (与质点 M 相同),方向由 O 指向 A 点. 路程为半径 OD 与四分之一圆弧 DA 之和(与质点 M 相同).

2. 速度与速率的区别

$\left| \frac{d\mathbf{v}}{dt} \right| = 0$ 的运动是什么运动? $\frac{d|\mathbf{v}|}{dt} = 0$ 的运动是什么运动?

答: $\left| \frac{d\mathbf{v}}{dt} \right| = 0, |\mathbf{a}| = a = 0$ 表示质点在运动过程中加速度为零,即作匀速直线运动.

$\frac{d|\mathbf{v}|}{dt} = 0$, 即 $\frac{dv}{dt} = 0$, 表示质点在运动过程中,速度的大小不变,即作匀速率曲线运动.

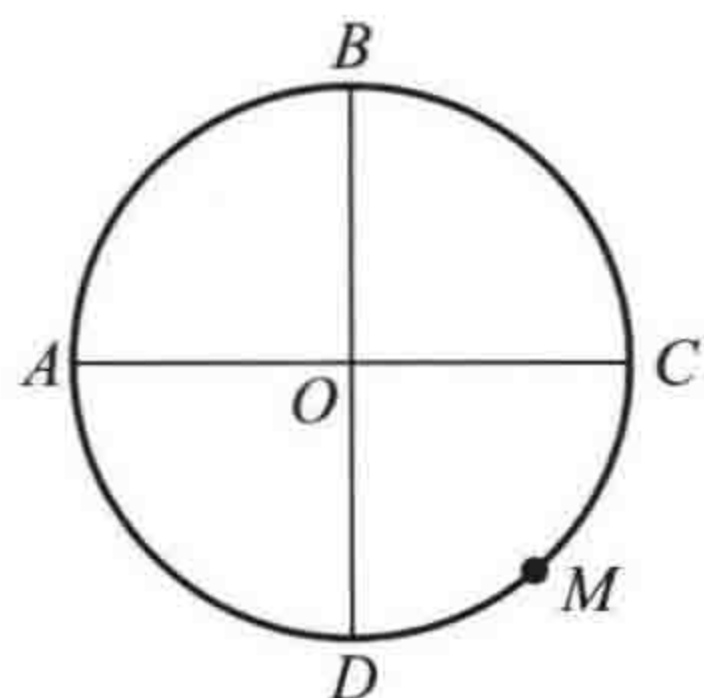


图 1-1 位移与路程

五、例题举例分析

1. 物体在平面直角坐标系 Oxy 中运动,其运动方程为

$$x = 2t, \quad y = 4t^2 + 2t - 1$$

式中, x, y 以 m 计, t 以 s 计. 求:

- (1) 以时间 t 为变量,写出质点位矢的表达式;
- (2) 求质点的运动轨道方程;
- (3) 求 $t = 1$ s 时和 $t = 2$ s 时的位矢,并计算这一秒内质点的位移;
- (4) 求 $t = 4$ s 时质点的速度和加速度.

分析:由题意,已知物体的运动方程(分量式),求速度和加速度属于运动学第一类问题,可用微分法.

解:(1) t 时刻位矢的表达式即为运动方程矢量式

$$\mathbf{r} = 2t\mathbf{i} + (4t^2 + 2t - 1)\mathbf{j} \text{ (SI 单位)}$$

(2) 写出参数方程 $\begin{cases} x=2t \\ y=4t^2+2t-1 \end{cases}$, 两式消去 t 可得质点的运动轨道方程为

$$y=x^2+x-1$$

(3) 将 $t=1\text{ s}$ 时和 $t=2\text{ s}$ 代入位矢的表达式, 得

$$\boldsymbol{r}_1=(2\boldsymbol{i}+5\boldsymbol{j})\text{ m}, \quad \boldsymbol{r}_2=(4\boldsymbol{i}+19\boldsymbol{j})\text{ m}$$

所以质点的位移为

$$\Delta\boldsymbol{r}=\boldsymbol{r}_2-\boldsymbol{r}_1=(2\boldsymbol{i}+14\boldsymbol{j})\text{ m}$$

(4) 由速度定义

$$v_x=\frac{dx}{dt}=2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}, \quad v_y=\frac{dy}{dt}=(8t+2)(\text{SI 单位})$$

得 $t=4\text{ s}$ 时

$$v_x=2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}, \quad v_y=\frac{dy}{dt}=34\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$\boldsymbol{v}=(2\boldsymbol{i}+34\boldsymbol{j})\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

由加速度定义

$$a_x=\frac{dv_x}{dt}=0, \quad a_y=\frac{dv_y}{dt}=8\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

得

$$\boldsymbol{a}=8\boldsymbol{j}\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

总结与讨论: 上述物体的运动为二维平面匀加速曲线运动, 从轨道方程可知其轨迹为抛物线.

2. 一艘正在沿直线行驶的汽船, 当其发动机关闭以后, 受水的阻力作用而减速, 若阻力所引起的加速度大小与船速平方成正比, 且设关闭发动机时, 船速为 v_0 , 经 10 s 后船速为 $\frac{v_0}{2}$, 求:

(1) 关闭发动机后的 t 时间内, 船行驶的距离?

(2) 关闭发动机后, 船行驶了 x 距离时的速度?

分析: 由题意, 已知加速度与速度的关系和初始条件, 属于运动学第二类问题, 可用积分法. 因此可先由加速度和速度定义解得第一问.

解: (1) 船的加速度为 $a=-kv^2=\frac{dv}{dt}$, 分离变量, 代入初始条件, 两边积分:

$$-\int_0^t k dt = \int_{v_0}^v \frac{dv}{v^2}$$

得

$$kt = \frac{1}{v} - \frac{1}{v_0}$$

经 10 s 后船速减为 $\frac{v_0}{2}$ 代入上式, 解得

$$k = \frac{1}{10v_0}$$

有

$$v = \frac{10v_0}{10+t}$$

又

$$\frac{dx}{dt} = \frac{10v_0}{10+t}$$

两边积分得

$$x = 10v_0 \ln \frac{10+t}{10}$$

(2) 通过变量变换,找到 x 和 v 的关系.

因为

$$a = \frac{dv}{dt} = v \frac{dv}{dx}$$

从而得

$$v \frac{dv}{dx} = -\frac{v^2}{10v_0}$$

因此

$$\frac{dv}{v} = -\frac{dx}{10v_0}$$

解得

$$v = v_0 e^{-\frac{x}{10v_0}}$$

总结与讨论:上述在解第二问时所使用的变量变换的方法是常用的一种解题方法. 当方程中出现三个变量时,可以通过这种方法消去其中一个变量,而得到题意所需的两个变量的关系,从而达到解题的目的.

六、课后练习

1. 关于质点的运动,下列说法中正确的是:[]

(A) 加速度恒定不变时,质点运动方向也不变.

(B) 平均速率等于平均速度的大小.

(C) 当物体的速度为零时,其加速度必为零.

(D) 曲线运动中质点速度大小变化产生切向加速度,速度方向变化产生法向加速度.

2. 下面各种判断中,错误的是:[]

(A) 质点作直线运动时,加速度的方向和运动方向总是一致的.

(B) 质点作匀速率圆周运动时,加速度的方向总是指向圆心.

(C) 质点作斜抛运动时,加速度的方向恒定.

(D) 质点作曲线运动时,加速度的方向总是指向曲线凹的一边.

3. 一个质点沿直线运动,其运动学方程为 $x = 6t - t^2$ (SI 单位). 则在 t 由 0 至 4 s 的时间间隔内,质点的位移大小为_____,在 t 由 0 到 4 s 的时间间隔内质点走过的路程为_____.

4. 一个质点沿 Ox 轴运动,其运动方程为 $x = 3t^2 - 2t^3$ (SI 单位). 当质点的加速度为