

大学物理课程 开放式教学设计

DAXUEWULIKECHENG
KAIFANGSHIJIAOXUESHEJI

周一平 李旭光 编著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

大学物理课程 开放式教学设计

DAXUEWULIKECHENG
KAIFANGSHIJIAOXUESHEJI

周一平 李旭光 编著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

大学物理课程开放式教学设计/周一平,李旭光著.

—长沙:中南大学出版社,2015.9

ISBN 978-7-5487-1924-3

I. 大... II. ①周...②李... III. 物理学-教学设计-高等学校
IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 219100 号

大学物理课程开放式教学设计

周一平 李旭光 著

责任编辑 谭平

责任印制 易红卫

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

印装 长沙市宏发印刷有限公司

开本 730×960 1/16 印张 16.5 字数 302千字

版次 2015年9月第1版 印次 2015年9月第1次印刷

书号 ISBN 978-7-5487-1924-3

定价 48.00元

图书出现印装问题,请与经销商调换

内容简介

本书是一本大学物理课程教学的参考书，内容包括大学物理课堂教学设计、课堂教学中课堂提问和课堂讨论题的参考答案、期中测验题以及大学物理课程考核要求等。根据 2010 版《理工科类大学物理课程教学基本要求》，本着提高学生科学素养和能力的目的，课程教学设计中每次课后都设计了一定数量的课堂提问和课堂讨论题，这些题目结合实际，内容广泛，灵活多样，可以提高学生探索研究能力。为了教师们使用方便，配备了题目的参考答案。期中测试题数目配得较多，每次测验时教师可根据需要任选数题或让学生任选一定量题目完成。

本书可作为大学物理课程教学教师的参考书。

前 言

大学物理课程是大学生系统接受科学教育的必修基础理论课,在这门课程的教学过程中,教师更应注重对学生科学素养和能力的培养,改革照本宣科、条理化、刻板式的教学方式,鼓励学生主动探究性学习,增强提出问题和解决问题的能力,探索研究的能力。

2013年初我校(中南大学)启动了一个开放式精品示范课堂计划,大学物理课程列于其中。这个项目要求参加精品示范课堂建设的教师们在学习方式、教学方式、教学场地、考核方式上改变传统的观念和方法,采取开放式教学方法,项目完成后可将成果推广到学校其他课程或同一门课程其他教师,起到示范课程的作用,并使学生们广泛受益。

两年多来我们在大学物理开放式精品示范课堂的建设中做了很多的工作,项目组的教师们经常在一起讨论、交流,为了鼓励学生主动探究性学习,我们在每次课后都设计了课堂提问和课堂讨论题,课堂讨论题内容广泛,结合实际,形式多样,由学生们在课外查阅资料,认真思考完成,然后到课堂上进行讨论。每学期我们都设计了多次平时测验,题型灵活多样,如解释一个或几个自然现象,设计一个实验验证某一假设等,测验题数目多于必做题数目,每次测验学生可选其中2~3题完成。另外我们制定了大学物理课程考核要求,命题考试仅占50%,平时测验、平时成绩、课堂讨论等占50%,这样灵活多样的考核,引导学生在大学物理课程的学习过程中,既注重掌握扎实的物理基础知识,又注重提升自身的科学素养和提高分析、解决问题的能力。课程教学学时数120学时。通过两年多的教学实践,同学们对这样的教学方式是认可和欢迎的。

我们将这次项目的成果集结起来编写了本书,包括课堂教学设计,每次课课堂提问和课堂讨论题的参考答案,期中测验题以及大学物理课程考核要求等。课程教学设计是根据我校大学物理课程所用教材,由高等教育出版社出版、杨兵初教授主编的《大学物理学》中的章节顺序,并只设计了120学时课程所讲的内容。参加本书编写的有周一平教授、李旭光副教授、罗益民教授、聂耀庄副教授、郑小娟副教授、杨开巍老师,由周一平和李旭光统稿。杨兵初教授、刘雄飞教授、孙锡良高级实验师对本项目和本书给予了很多的关注和支支持,在此一并表示感谢。

教学改革仍将继续,本书与同样进行大学物理课程教学的同行们共享,期待同行们的批评。

编著者

2015年8月于中南大学

目 录

第一部分 课堂教学设计	(1)
第一篇 力学	(3)
第二篇 热力学与统计物理基础	(37)
第三篇 振动和波动 波动光学	(56)
第四篇 电磁学	(98)
第五篇 量子物理基础	(154)
第二部分 课堂提问与课堂讨论题参考答案	(175)
第一篇 力学	(177)
第二篇 热力学与统计物理基础	(189)
第三篇 振动和波动 波动光学	(198)
第四篇 电磁学	(212)
第五篇 量子物理基础	(231)
第三部分 课堂测试	(239)
力学课堂测试	(241)
热力学与统计物理基础课堂测试	(243)
振动和波动 波动光学课堂测试	(244)
静电场课堂测试	(246)
磁场及电磁感应课堂测试	(248)
量子物理课堂测试	(250)
第四部分 考核要求	(251)
开放式精品示范课堂大学物理课程考核要求	(253)
参考文献	(256)

第一部分 课堂教学设计

第一篇 力学

第一章 质点力学(八学时)

► 第一次课

【教学要求】

1. 掌握描述质点运动的基本方法, 深入理解质点运动方程的物理意义。
2. 理解质点位置矢量、位移、速度和加速度等概念, 明确它们的相对性、瞬时性和矢量性。
3. 掌握质点曲线运动的加速度、切向加速度和法向加速度等概念, 并能灵活运用。
4. 了解质点曲线运动的横向速度和径向速度。

【教学重点】

位置矢量、位移、速度和加速度。

【教学难点】

切向加速度和法向加速度的理解、横向速度和径向速度的理解。

【教学内容】

1-1 运动的描述

一、位置矢量 运动方程

强调物理模型的重要性以及建立物理模型的思路与方法。

质点——理想模型。

位置矢量(位矢、矢径)(如图 1-1 所示):

$$\mathbf{r} = \overrightarrow{op}$$

在直角坐标系中

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

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{大小} \quad r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ \text{方向} \quad \cos\alpha = \frac{x}{r} \quad \cos\beta = \frac{y}{r} \quad \cos\gamma = \frac{z}{r} \end{array} \right.$$

运动方程

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

分量式

$$x = x(t) \quad y = y(t) \quad z = z(t)$$

轨迹方程

$$F(x, y, z) = 0$$

注意运动方程与轨迹方程的区别。

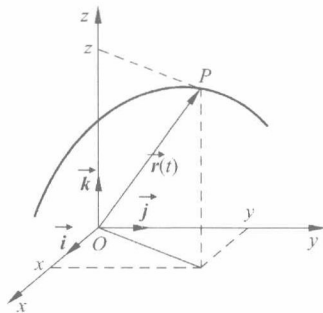


图 1-1 位置矢量

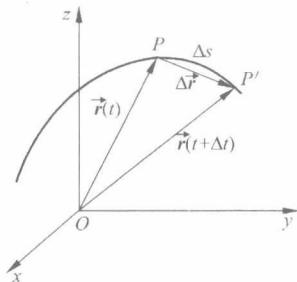


图 1-2 位置与路程

二、位移

位移(如图 1-2 所示)

$$\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t) \left\{ \begin{array}{l} \text{大小: } |\Delta\mathbf{r}| = \overline{PP'} \\ \text{方向: } P \rightarrow P' \end{array} \right.$$

路程 Δs (如图 1-2 所示)

注意: (1) 一般 $\Delta s \neq |\Delta\mathbf{r}|$, 但 $ds = |d\mathbf{r}|$

(2) $|\Delta\mathbf{r}| \neq \Delta r$, $|d\mathbf{r}| \neq dr$ 。

要分清 $\Delta\mathbf{r}$ 、 Δr 、 $|\Delta\mathbf{r}|$ 等的几何意义, 详见典型问题。

三、速度

平均速度(如图 1-3 所示)

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

瞬时速度(速度)(如图 1-3 所示)

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

直角坐标系中

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j} + \frac{dz}{dt}\mathbf{k} = v_x\mathbf{i} + v_y\mathbf{j} + v_z\mathbf{k}$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} \quad v_y = \frac{dy}{dt} \quad v_z = \frac{dz}{dt}$$

速度的大小

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

方向

$$\cos\alpha = \frac{v_x}{v} \quad \cos\beta = \frac{v_y}{v} \quad \cos\gamma = \frac{v_z}{v}$$

平均速率

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

瞬时速率

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

注意平均速率与平均速度的区别。

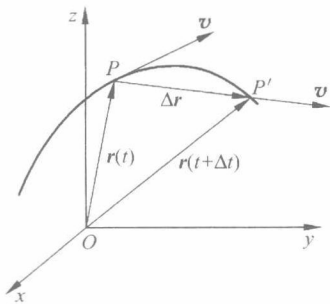


图 1-3 平均速度与速度

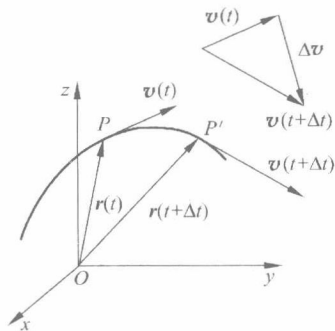


图 1-4 平均加速度

四、加速度

平均加速度(如图 1-4 所示)

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

瞬时加速度(加速度)

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

在直角坐标系中

$$\mathbf{a} = a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j} + a_z \mathbf{k}$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2}$$

$$a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2}$$

加速度的大小为

$$a = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

方向 $\cos\alpha = \frac{a_x}{a}$ $\cos\beta = \frac{a_y}{a}$ $\cos\gamma = \frac{a_z}{a}$ 。

五、质点运动学的两类问题

(1) 已知质点的运动方程, 求速度和加速度(微分法)。

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

(2) 已知质点的加速度及初始条件求速度或运动方程, 或已知速度及初始条件求运动方程(积分法)。

1-2 运动叠加原理

一、运动叠加原理(略讲)

二、平面曲线运动

切向加速度和法向加速度。

自然坐标系(略讲)。

变速率圆周运动(详讲)。

自然坐标系中,

$$\text{速度} \quad \mathbf{v} = v(t) \mathbf{e}_\tau = \frac{ds}{dt} \mathbf{e}_\tau$$

加速度(如图 1-5 所示)

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{d(v\mathbf{e}_\tau)}{dt} = \frac{dv}{dt} \mathbf{e}_\tau + v \frac{d\mathbf{e}_\tau}{dt} = \mathbf{a}_\tau + \mathbf{a}_n$$

$\mathbf{a}_\tau = \frac{dv}{dt} \mathbf{e}_\tau$: 切向加速度, 描写质点

速度大小的变化; $\mathbf{a}_n = \frac{v^2}{R} \mathbf{e}_n$: 法向加速度, 描写速度方向的变化。

$$\text{大小} \quad a = |\mathbf{a}| = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$$

$$\text{方向} \quad \theta = \arctan\left(\frac{a_n}{a_\tau}\right)$$

一般曲线运动(略讲)。

$$\text{切向加速度} \quad a_\tau = \frac{dv}{dt}$$

$$\text{法向加速度} \quad a_n = \frac{v^2}{\rho}$$

圆周运动的角量描述(详讲)(如

图 1-6 所示)。

运动方程

$$\theta = \theta(t)$$

角位移: $\Delta\theta$

平均角速度

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

角速度

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

平均角加速度

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

角加速度

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

匀变速圆周运动与匀变速直线运动类比

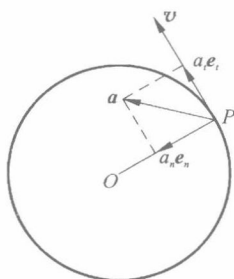


图 1-5 切向加速度与法向加速度

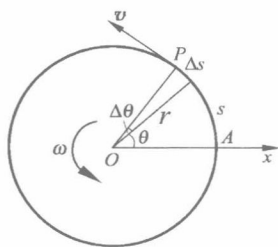


图 1-6 圆周运动

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

$$\theta = \theta_0 + \omega t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha(\theta - \theta_0)$$

角量与线量之间的关系

$$s = r\theta$$

$$v = r\omega$$

$$a_r = \frac{dv}{dt} = r \frac{d\omega}{dt} = r\alpha$$

$$a_n = \frac{v^2}{r} = r\omega^2$$

三、径向速度与横向速度(略讲)

径向速度与横向速度。

在平面极坐标系中(如图 1-7 所示)

位矢

$$\mathbf{r} = r\mathbf{e}_r$$

速度

$$\mathbf{v} = \dot{r}\mathbf{e}_r + r\dot{\theta}\mathbf{e}_\theta = v_r\mathbf{e}_r + v_\theta\mathbf{e}_\theta$$

径向分量 $v_r = \frac{dr}{dt}$ 描写位矢大

小的变化

横向分量 $v_\theta = r \frac{d\theta}{dt}$ 描写位矢方

位的变化

课堂提问:

1. 直角坐标、自然坐标和极坐标的单位矢量有何异同?

2. 匀加速运动是否一定是直线运动? 在圆周运动中, 加速度的方向是否一定指向圆心?

课堂讨论:

1. 斜抛运动 运动方程, 轨道方程, 最高点, 最高点时间, 射程, 落地时间, 射程最远时的抛射方向。

2. 质点的曲线运动中, 下列各式表示什么物理量?

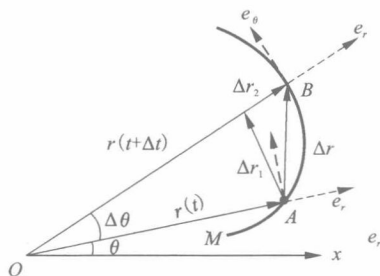


图 1-7 平面极坐标系位移

$$\frac{d\mathbf{r}}{dt}; \left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right|; \frac{ds}{dt}; \left| \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} \right|; \frac{dv}{dt}; \frac{dv}{dt}。$$

3. 设质点的运动方程为 $x=x(t)$; $y=y(t)$ 。在计算质点的瞬时速度和瞬时加速度时,有人先求出 $r=\sqrt{x^2+y^2}$,然后再根据 $v=\frac{dr}{dt}$ 和 $a=\frac{d^2r}{dt^2}$ 求解。也有人用分量式求解,即 $v=\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2+\left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$ 和 $a=\sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2+\left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2}$,问哪种方法正确?

► 第二次课

【教学要求】

1. 掌握运用牛顿运动定律求解质点动力学问题的方法和步骤。
2. 了解非惯性系的概念。
3. 掌握功的定义及变力做功的计算方法。
4. 掌握保守力做功的特点及势能的概念。
5. 理解一对内力做功的特点。

【教学重点】

运用牛顿运动定律求解质点动力学问题。

【教学难点】

变力做功。

【教学内容】

1-3 牛顿运动定律

一、牛顿运动定律的表述(略讲)

牛顿第二定律(详讲) $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$

注意:牛顿第二定律:(1)瞬时性;(2)叠加性;(3)矢量性。

直角坐标系中

$$F_x = ma_x = m \frac{dv_x}{dt}$$

$$F_y = ma_y = m \frac{dv_y}{dt}$$

$$F_z = ma_z = m \frac{dv_z}{dt}$$

自然坐标系中

$$F_\tau = ma_\tau = m \frac{dv}{dt}$$

$$F_n = ma_n = m \frac{v^2}{\rho}$$

ρ 为曲率半径, 反映了曲线弯曲的程度。

注意: 牛顿定律为实验定律, 不能由其他公式推出, 其正确与否只能靠实验检验。

二、惯性系和非惯性系(略讲)

介绍惯性系与非惯性系的区别。

三、常见的几种力和基本自然力(略讲)

1. 常见的几种力

重力 $P = mg$

弹力 $f = -kx$

摩擦力 $f_k = \mu_k N$

流体阻力 $f_d = -kv$

2. 基本的自然力

引力 $f = -G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

电磁力 $f = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$

强力 强力是一种短程作用力, 存在于质子、中子、介子等强子之间。

弱力 弱力也是多种粒子间的一种相互作用。

四、牛顿定律的应用(略讲)

1-4 动能定理 机械能守恒定律

一、功和功率

1. 恒力 F 的功

$$W = F \cos \theta |\Delta \mathbf{r}| = \mathbf{F} \cdot \Delta \mathbf{r}$$

2. 变力 F 的功(如图 1-8 所示)

元功
$$dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

功
$$W = \int dW = \int_a^b \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \int_a^b F \cos \theta |d\mathbf{r}|$$

自然坐标系中

$$W = \int_a^b F_\tau ds$$

直角坐标系中

$$W = \int_a^b (F_x dx + F_y dy + F_z dz)$$

3. 合力的功

$$\begin{aligned} W &= \int_S \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \int_S (\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \cdots + \mathbf{F}_n) \cdot d\mathbf{r} \\ &= \int_S \mathbf{F}_1 \cdot d\mathbf{r} + \int_S \mathbf{F}_2 \cdot d\mathbf{r} + \cdots + \int_S \mathbf{F}_n \cdot d\mathbf{r} \\ &= W_1 + W_2 + \cdots + W_n \end{aligned}$$

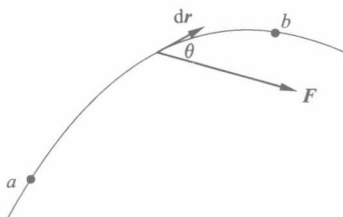


图 1-8 变力的功

4. 一对内力的功

$$dW = \mathbf{F}_1 \cdot d\mathbf{r}_{12}$$

5. 功率

单位时间所做的功, 反映做功的快慢

平均功率

$$\bar{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

瞬时功率(功率)

$$P = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$$

二、势能和势能曲线

1. 保守力的功