

辛子华 等编

大学物理

练习与拓展

上海大学出版社

大学物理练习与拓展

辛子华 等编

上海大学出版社

· 上海 ·

图书在版编目(CIP)数据

大学物理习题与拓展/辛子华等编. —上海: 上海大学出版社, 2012. 11

ISBN 978-7-81118-331-3

I. ①大… II. ①辛… 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(2012)第 255805 号

责任编辑 王悦生 封面设计 柯国富

大学物理练习与拓展

辛子华 等编

上海大学出版社出版发行

(上海市上大路 99 号 邮政编码 200444)

(<http://www.shangdapress.com> 发行热线 021-66135112)

出版人: 郭纯生

*

南京展望文化发展有限公司排版

上海上大印刷有限公司印刷 各地新华书店经销

开本 890×1240 1/32 印张 7.5 字数 194 千

2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

印数: 1~4100

ISBN 978-7-81118-331-3/O·064 定价: 15.00 元

前 言

物理学是理工科各学科的基础。而包含普通物理全部内容并涉及部分近代物理内容的大学物理课程则是学生学习其他理工科课程的必要基础课。同时该课程本身在培养学生分析问题、解决问题能力,激发学生探索和创新意识方面有着其他课程无法替代的作用。这也使该课程越来越受到人们的重视。

然而很多大学生反映物理学难学、物理题难做、物理考试难过。这种现象除与学生的投入多少有关外,更重要的是很多学生依然受高考备考时养成的应试习惯影响,没能掌握正确的学习方法。面对这种问题,注重激发学生对物理的兴趣、培养学生自主学习能力、传输正确学习方法成为很多教师在教学中的努力方向。此外为学生准备合适的习题,也是促进学生学好大学物理的必要条件。

我们本着避免应试、注重实际应用、实现能力培养的原则,编写了本部练习与拓展。为更好地理解基本概念、基本原理,在本部练习与拓展中提供了充分的思考题和练习题。同时为使学生更好地理解物理知识的应用、提高研究能力,在每篇的最后,我们还设置了一定数量的研讨题。

本书共包含六篇。其中第一篇力学由钟平卫、宋小龙选编;第

2 大学物理练习与拓展

二篇电磁学由赵苏串、敬超、白丽华、辛子华选编；第三篇热学由黄颂翔选编；第四篇光学由葛永华、陈爱明、查国桥、曹清、阎晓娜选编；第五篇狭义相对论由庄良、许士跃、吴绍锋选编；第六篇量子物理由辛子华、李拥华、张丽杰选编。

由于编者水平和经验的限制，本练习与拓展的缺点和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 10 月

目 录

第一篇 力 学

第一章 质点运动学	3
一、基本内容	3
二、解题指导	3
三、思考题	4
四、练习题	5
第二章 质点动力学	11
一、基本内容	11
二、解题指导	11
三、思考题	12
四、练习题	13
第三章 动量	16
一、基本内容	16
二、解题指导	16
三、思考题	18
四、练习题	18
第四章 功和能	22
一、基本内容	22
二、解题指导	22
三、思考题	25
四、练习题	25

2 大学物理练习与拓展

第五章 刚体的定轴转动	31
一、基本内容	31
二、解题指导	31
三、思考题	33
四、练习题	35
第六章 机械振动	44
一、基本内容	44
二、解题指导	44
三、思考题	46
四、练习题	46
第七章 机械波	50
一、基本内容	50
二、解题指导	50
三、思考题	51
四、练习题	52
第一篇研讨题	57

第二篇 电 磁 学

第八章 真空中的静电场	73
一、基本内容	73
二、解题指导	73
三、思考题	74
四、练习题	76
第九章 导体和介质中的静电场	90
一、基本内容	90
二、解题指导	90
三、思考题	91
四、练习题	95

第十章 稳恒磁场	105
一、基本内容	105
二、解题指导	105
三、思考题	107
四、练习题	110
第十一章 电磁感应和麦克斯韦方程组	126
一、基本内容	126
二、解题指导	126
三、思考题	127
四、练习题	129
第二篇研讨题	138

第三篇 热 学

第十二章 气体分子动理论	149
一、基本内容	149
二、解题指导	150
三、思考题	151
四、练习题	153
第十三章 热力学基础	158
一、基本内容	158
二、解题指导	159
三、思考题	160
四、练习题	163
第三篇研讨题	169

第四篇 波 动 光 学

第十四章 波动光学	177
一、基本内容	177
二、解题指导	178

4 大学物理练习与拓展

三、思考题	179
四、练习题	183
第四篇研讨题	192

第五篇 狭义相对论

第十五章 狭义相对论	205
一、基本内容	205
二、解题指导	205
三、思考题	205
四、练习题	206
第五篇研讨题	209

第六篇 量子物理

第十六章 早期量子论	215
一、基本内容	215
二、解题指导	215
三、思考题	216
四、练习题	216
第十七章 量子力学基础	223
一、基本内容	223
二、解题指导	224
三、思考题	224
四、练习题	226
第六篇研讨题	230

第一篇 力 学

力学是一门古老的学说,但其成为一门科学理论应该是从17世纪伽利略论述惯性运动开始,继而牛顿提出以他名字命名的三个运动定律.现在我们通常把以牛顿定律为基础的力学理论称作为牛顿力学或经典力学.它曾经被尊为完美,但现代科学也发现其局限性,在高速领域为相对论所取代,在微观领域被量子力学替代.但在我们日常生活中,它还是时时处处体现其实用性,况且它也是我们整个物理学的重要基础,所以我们必须学好它.

第一章 质点运动学

一、基本内容

1. 内容: 质点的概念, 位置矢量、位移、速度、加速度(包括角速度、角加速度、切向加速度、法向加速度)等描述质点运动状态物理量的概念及其矢量表示式. 参考系和坐标系的概念.

2. 重点: 质点运动规律的描述.

3. 难点: 运动方程和运动量间的关系、描述物体运动所用物理量的矢量性问题. 相对运动的正确理解.

二、解题指导

本章的重点是深刻理解位置矢量、位移、速度和加速度等概念, 注意其矢量性与相对性. 本章习题一般分两大类: 第一类是已知质点的运动方程, 利用微分法求各物理量(速度、加速度等); 第二类是已知速度或加速度及初始条件, 利用积分法求运动方程. 第二类习题是学会用速度合成定理处理运动的矢量性和相对性问题, 是本章的难点.

在直线运动中, 位移、速度和加速度的方向均在一直线上, 建立坐标后, 这些矢量可作为标量来处理. 位移 Δx 、速度 v 和加速度 a 的正负, 表示其方向与坐标轴的正向一致或相反.

应特别注意的是, 中学阶段定量研究的是匀变速直线运动, 加速度是常量. 但大学物理中讨论的是具有普遍意义的运动, 加速度不一定是常量, 必须用高等数学中的微积分解题. 由中学的“常量”到大学的“变量”, 这是学习的一个飞跃.

4 大学物理练习与拓展

质点运动学问题的一般解题步骤如下:

- (1) 审清题意,确定研究对象,分析研究对象的运动情况.
- (2) 建立适当的坐标系.
- (3) 根据所求物理量的定义,列式并求解;或根据运动的特点和题设条件,列方程求解.
- (4) 必要时进行分析讨论.

三、思考题

1. 质点位置矢量方向不变,质点是否作直线运动? 质点沿直线运动,其位置矢量是否一定方向不变?

2. 若质点的速度矢量的方向不变而大小发生改变,质点作何种运动? 速度矢量的大小不变而方向发生改变,质点又作何种运动?

3. “瞬时速度就是很短时间内的平均速度”,这一说法是否正确? 如何正确表述瞬时速度的定义? 我们是否能按照瞬时速度的定义通过实验测量瞬时速度?

4. 试就质点直线运动论证: 加速度与速度同号时,质点作加速运动;加速度与速度反号时,质点作减速运动. 是否可能存在这样的直线运动,质点速度逐渐增加但加速度却在减小?

5. 在参考系一定的条件下,质点运动的初始条件的具体形式是否与计时起点和坐标系的选择有关?

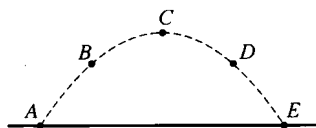
6. 中学时曾学过 $v_t = v_0 + at$, $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$, $v_t^2 - v_0^2 = 2as$

这几个匀变速直线运动的公式,是在怎样的初始条件下才得出的呢?

7. 对于抛体运动,就发射角为 $-\pi < \alpha < 0$; $\alpha = 0$, π ; $\alpha = \pm \frac{\pi}{2}$ 这几种情况说明它们各代表何种运动.

8. 抛体运动的轨迹如图所示,试在图中用矢量表示它在 A、

B 、 C 、 D 、 E 各点处的速度和加速度.



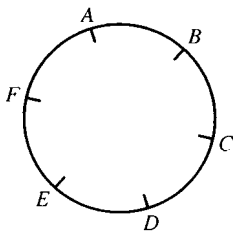
思考题 8 图

9. 质点作上斜抛运动时,在何处的速率最大,在何处的速率最小?

提示: 运动过程中位置最低点处速率最大,最高点处速率最小.

10. 在利用自然坐标研究曲线运动时, v_t 、 v 和 $\vec{v}$ 三个符号的含义有什么不同?

11. 如图所示质点沿圆周运动,自 A 点起,从静止开始作加速运动,经 B 点到 C 点;从 C 点开始作匀速圆周运动,经 D 点直到 E 点;自 E 点以后作减速运动,经 F 点又到 A 点时速度变成零. 用矢量表示出质点在 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 各点的法向加速度和切向加速度的方向.



思考题 11 图

四、练习题

1. (1) 质点运动学方程 $\vec{r} = e^{-2t} \vec{i} + e^{2t} \vec{j} + 2\vec{k}(\text{m})$. ① 求质点的轨迹方程. ② 求自 $t = -1 \text{ s}$ 至 $t = 1 \text{ s}$ 质点的位移.

6 大学物理练习与拓展

(2) 质点运动学方程 $\vec{r} = 4t^2 \vec{i} + (2t+3) \vec{j}$ (m). ① 求质点的轨迹方程. ② 求自 $t = 0$ s 至 $t = 1$ s 质点的位移.

2. 一质点在 xOy 平面上运动, 运动方程为: $x = 3t + 5$, $y = \frac{t^2}{2} + 3t - 4$, 式中 t 以 s 计, x, y 以 m 计.

(1) 计算 $t = 0$ 时刻到 $t = 4$ s 时刻内的平均速度;

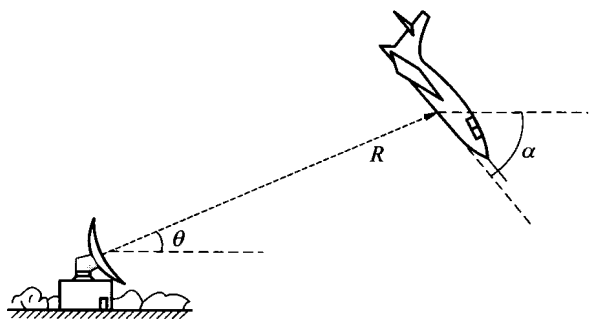
(2) 求出质点速度矢量表示式, 计算 $t = 4$ s 时质点的速度;

(3) 计算 $t = 0$ 到 $t = 4$ s 内质点的平均加速度;

(4) 求出质点加速度矢量的表示式, 计算 $t = 4$ s 时质点的加速度.

3. 雷达站于某瞬时测得飞机相对于雷达的距离 $R_1 = 4\,100$ m, 仰角 $\theta_1 = 33.7^\circ$, 在 0.75 s 后又测得距离 $R_2 = 4\,240$ m, 仰角 $\theta_2 = 29.3^\circ$ (R_1, R_2 均在竖直平面内). 求飞机瞬时速率的近似值和飞行方向(图示的 α 角).

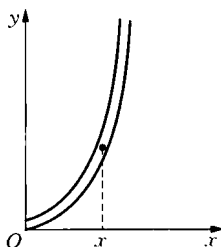
(注意: 位置矢量 $\vec{R}_1$ 和 $\vec{R}_2$ 在同一竖直平面内.)



练习题 3 图

4. 如图所示, 一小圆柱体(可看作为质点)沿抛物线轨道运动. 抛物线轨道为 $y = x^2/200$ (mm). 第一次观察到圆柱体在 $x = 249$ mm 处, 经过时间 2 ms 后圆柱体移到 $x = 234$ mm 处. 求圆柱

体瞬时速度的近似值.

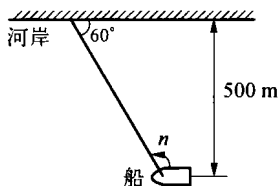


练习题 4 图

5. (1) 一质点沿半径 R 的圆周运动一周, 问: 在这段时间内质点行经的位移为多大? 行经的路程为多少?

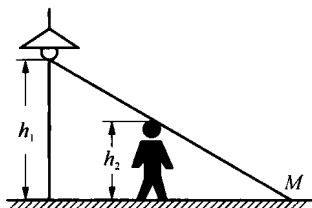
(2) 一质点沿 x 轴运动, 运动方程为 $x = 8t - 2t^2$ (m), 求: 在 $t = 1$ s 到 $t = 3$ s 的时间内, 质点的位移和路程.

6. 距河岸(看成直线)500 m 处有一艘静止的船, 船上的探照灯以转速为 $n = 1$ r/min 转动. 当光束与岸边成 60° 角(如图所示)时, 光束沿岸边移动的速度大小.



练习题 6 图

7. 灯距地面高度为 h_1 , 一个人身高为 h_2 , 在灯下以匀速率 v_0 沿水平直线行走, 如图所示. 试计算他的头顶在地上的影子 M 点沿地面移动的速度大小 v_M .



练习题 7 图

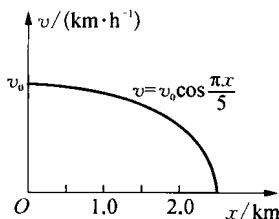
8. (1) $\vec{r} = R \cos t \vec{i} + R \sin t \vec{j} +$

8 大学物理练习与拓展

$2t\vec{k}$ (单位: m, s), R 为正常量. 求 $t = 0, \frac{\pi}{2}$ 时的速度和加速度.

(2) $\vec{r} = 3t\vec{i} - 4.5t^2\vec{j} + 6t^3\vec{k}$. 求 $t = 0, 1$ 时的速度和加速度 (写出正交分解式).

9. 直线运行的高速列车在电子计算机控制下减速进站. 列车原运行速率为 $v_0 = 180 \text{ km/h}$, 其速率变化规律如图所示. 求列车行至 $x = 1.5 \text{ km}$ 时加速度的大小.



练习题 9 图

10. 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 $\frac{dv}{dt} = -kv^2$, 式中 k 为常数. 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.

11. 质点由坐标原点出发时开始计时, 沿 x 轴运动, 其加速度 $a_x = 2t$ (单位: $\text{cm/s}^2, \text{s}$). 求在下列两种情况下质点的运动学方程、出发后 6 s 时质点的位置、在此期间所走过的位移和路程:

(1) 初速度 $v_0 = 0$;

(2) 初速度 v_0 的大小为 9 cm/s , 方向与加速度方向相反.

12. 如图所示, 飞机着陆时为尽快停止采用降落伞制动. 刚着陆时, $t = 0$ 时速度为 v_0 且坐标为 $x = 0$. 假设其加



练习题 12 图