

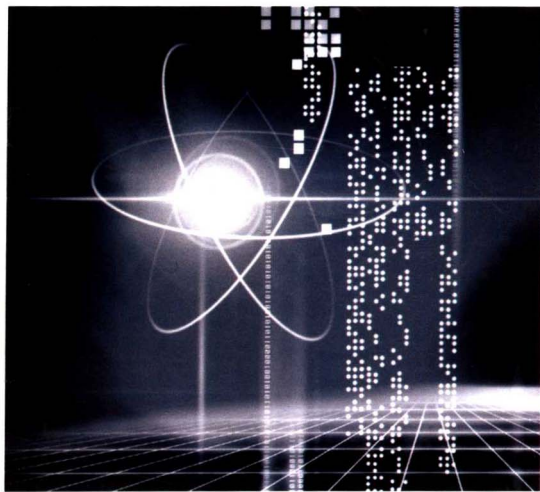


经典教材辅导用书
物理系列

大学基础物理学 思考题与习题解答

清华版·《大学基础物理学》(张三慧)

黄伯坚 周逊选 周述文 编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

04
191A2

经典教材辅导用书·物理系列丛书

大学基础物理学 思考题与习题解答

清华版·《大学基础物理学》(张三慧)

黄伯坚 周逊选 周述文 编

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学基础物理学思考题与习题解答/黄伯坚 周逊选 周述文 编
武汉:华中科技大学出版社,2006年1月

ISBN 7-5609-3627-X

I. 大…

II. ①黄… ②周… ③周…

III. 物理学-高等学校-教学参考资料

IV. O41

大学基础物理学
思考题与习题解答

黄伯坚 周逊选 周述文 编

责任编辑:周芬娜

封面设计:潘 群

责任校对:陈 骏

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华大图文设计室

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:850×1168 1/32

印张:13.875

字数:335 000

版次:2006年1月第1版

印次:2006年1月第1次印刷

定价:20.00元

ISBN 7-5609-3627-X/O · 377

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是根据教育部全国普通高等学校优秀教材奖获奖教材、清华大学张三慧编著的《大学基础物理学》的内容和系统编写的。全书共27章,每章分为“知识要点”、“思考题解答”和“习题解答”三部分。在书中对多数题指出了解题思路,较复杂的还点明了关键地方。

本书可作为各类工科院校、成人高等教育物理课程的辅助教材,也可供其他相关人员参考。

前 言

物理学是工科大学生必修的基础理论课。在学习过程中,辨析容易含混的问题、解答相关的习题,对于理解和掌握基本概念,启发学生思维能力是必不可少的。

清华大学张三慧编著的《大学基础物理学》是他主编的《大学物理学》(第二版)的中、少学时版。其内容更简练,可教性更强,思考题与习题也有所变化。为了方便学习,我们编写了本辅导书。本辅导书的章节顺序、所采用的符号均与原教材一致。

由于编者水平有限,书中难免有不恰当、甚至错误之处,敬请读者不吝指正。

编 者

2005年4月

目 录

第1篇 力 学

第1章 质点运动学	(2)
知识要点	(2)
思考题解答	(3)
习题解答	(7)
第2章 牛顿运动定律	(20)
知识要点	(20)
思考题解答	(21)
习题解答	(25)
第3章 动量与角动量	(39)
知识要点	(39)
思考题解答	(40)
习题解答	(43)
第4章 功和能	(52)
知识要点	(52)
思考题解答	(53)
习题解答	(57)
第5章 刚体的定轴转动	(71)
知识要点	(71)
思考题解答	(72)
习题解答	(75)
第6章 狭义相对论基础	(89)
知识要点	(89)
思考题解答	(90)
习题解答	(93)

第2篇 热 学

第7章 温度	(104)
知识要点	(104)
思考题解答	(105)
习题解答	(107)
第8章 气体动理论	(113)
知识要点	(113)
思考题解答	(114)
习题解答	(118)
第9章 热力学第一定律	(127)
知识要点	(127)
思考题解答	(128)
习题解答	(132)
第10章 热力学第二定律	(149)
知识要点	(149)
思考题解答	(149)
习题解答	(154)

第3篇 电 磁 学

第11章 静止电荷的电场	(165)
知识要点	(165)
思考题解答	(166)
习题解答	(169)
第12章 电势	(185)
知识要点	(185)
思考题解答	(186)
习题解答	(189)
第13章 有导体和电介质存在时的静电场	(204)
知识要点	(204)
思考题解答	(205)

习题解答	(210)
第14章 电流和磁力	(226)
知识要点	(226)
思考题解答	(227)
习题解答	(230)
第15章 磁场的源	(245)
知识要点	(245)
思考题解答	(246)
习题解答	(251)
第16章 有磁介质存在时的磁场	(269)
知识要点	(269)
思考题解答	(269)
习题解答	(273)
第17章 电磁感应	(279)
知识要点	(279)
思考题解答	(280)
习题解答	(283)
第18章 麦克斯韦方程组和电磁波	(298)
知识要点	(298)
思考题解答	(299)
习题解答	(300)

第4篇 波动与光学

第19章 振动	(307)
知识要点	(308)
思考题解答	(310)
习题解答	(313)
第20章 波动	(327)
知识要点	(327)
思考题解答	(328)
习题解答	(335)

第 21 章 光的干涉	(351)
知识要点	(351)
思考题解答	(353)
习题解答	(358)
第 22 章 光的衍射	(368)
知识要点	(368)
思考题解答	(369)
习题解答	(372)
第 23 章 光的偏振	(381)
知识要点	(381)
思考题解答	(382)
习题解答	(384)

第 5 篇 量子物理基础

第 24 章 量子物理的基本概念	(388)
知识要点	(388)
思考题解答	(390)
习题解答	(393)
第 25 章 原子中的电子	(401)
知识要点	(401)
思考题解答	(402)
习题解答	(407)
第 26 章 固体中的电子	(416)
知识要点	(416)
思考题解答	(417)
习题解答	(421)
第 27 章 核物理	(425)
知识要点	(425)
思考题解答	(426)
习题解答	(428)

第1篇

力学

第1章 质点运动学

知 识 要 点

1. 参考系和坐标系

描述物体运动时用做参考的其他物体称为参考系。

为了定量地说明物体对参考系的位置,需要在该参考系上建立固定的坐标系。

2. 位置矢量

位置矢量(位矢) 在参考系上选一点 O 向质点所在位置 P 所引的有向线段 $r(r=\overrightarrow{OP})$ 。

运动方程 表示质点位置随时间变化的函数式称为运动方程,可以写作

$$r = r(t)$$

位移矢量

$$\Delta r = r(t + \Delta t) - r(t)$$

一般

$$|\Delta r| \neq \Delta r$$

运动叠加 在直角坐标系中

$$r(t) = x(t)i + y(t)j + z(t)k$$

3. 速度和加速度

$$v = \frac{dr}{dt}, \quad a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2r}{dt^2}$$

在直角坐标系中

$$v = v_x i + v_y j + v_z k$$

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

在自然坐标系中

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_t = \frac{v^2}{\rho} \mathbf{e}_n + \frac{dv}{dt} \mathbf{e}_t$$

(1) 匀加速运动

$$\mathbf{a} = \text{常矢量}$$

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}t$$

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + \mathbf{v}_0 t + \frac{1}{2} \mathbf{a} t^2$$

(2) 抛体运动

$$a_x = 0, \quad a_y = -g$$

$$v_x = v_0 \cos \theta, \quad v_y = v_0 \sin \theta - gt$$

$$x = v_0 \cos \theta \cdot t, \quad y = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

(3) 圆周运动

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_t, \quad a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2, \quad a_t = \frac{dv}{dt} = R\alpha$$

(4) 角量描述

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}, \quad \alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

4. 相对运动

相对位移

$$\Delta \mathbf{r}'_{\text{人对车}} + \Delta \mathbf{r}_{\text{车对地}} = \Delta \mathbf{r}_{\text{人对地}}$$

相对速度

$$\mathbf{v}'_{\text{人对车}} + \mathbf{u}_{\text{车对地}} = \mathbf{v}_{\text{人对地}}$$

思考题解答

【1-1】说明做平抛实验时小球的运动用什么参考系？说明湖面上游船运动用什么参考系？说明人造地球卫星的椭圆运动以及土星的椭圆运动又各用什么参考系？

【答】因为参考系通常以所用的参考物命名，所以做平抛实验时小球的运动用实验室参考系。湖面上游船运动用地面参考系。人造地球卫星的椭圆

运动用地心参考系。土星的椭圆运动用太阳参考系。

【1-2】 有人说,考虑到地球的运动,一幢楼房的运动速率在夜里比在白天大。这是对什么参考系说的?

【答】 是对太阳参考系说的。楼房的速度是公转速度与自转速度的矢量相加。由于公转一年,自转一天,因而可认为在一天中,公转角速度不变。地球自西向东自转,公转轨道也大致如此。夜间楼房远离太阳,因而公转速率大于白天的($v=R\omega$)。且夜间公转速度与自转速度的夹角小于 90° ,而白天公转速度与自转速度的夹角大于 90° ,所以楼房运动速率夜里比白天大。

【1-3】 回答下列问题:

- (1) 位移和路程有何区别?
- (2) 速度和速率有何区别?
- (3) 瞬时速度和平均速度的区别和联系是什么?

【答】 (1) 位移是矢量,它是物体初、末的位置矢量之差。路程是标量,它是物体运动所经历的实际路径。一般情况下,位移不是物体的实际路径。只有物体作直线单向运动时,位移的数值才与路程相同。

(2) 速度是矢量,它是物体位矢对时间的变化率,即 $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$ 。速度既有大小又有方向。速率是标量,它是速度的大小,它又等于物体所走过的路程对时间的变化率,即 $v = \frac{ds}{dt} = |\mathbf{v}|$ 。

(3) 瞬时速度是物体位矢对时间的变化率,即 $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$ 。平均速度是位移 $\Delta\mathbf{r}$ 与经历时间 Δt 之比,即 $\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t}$ 。一般情况下两者大小及方向均不同。

两者的联系是:当 Δt 趋于零时,平均速度的极限就是时刻 t 的瞬时速度,即 $\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$ 。

【1-4】 回答下列问题并举出符合你的答案的实例:

- (1) 物体能否有一不变的速率而仍有一变化的速度?
- (2) 速度为零的时刻,加速度是否一定为零? 加速度为零的时刻,速度是否一定为零?
- (3) 物体的加速度不断减小,而速度却不断增大,这可能吗?

(4) 当物体具有大小、方向不变的加速度时,物体的速度方向能否改变?

【答】 (1) 能。因为速度是矢量,其大小和方向两者中有一变化,速度即变化。速率是速度的值,它不变时,速度的方向如变化,也会有变化的速度。例如,匀速圆周运动。

(2) 速度为零的时刻,加速度不一定为零。因为由定义知,加速度是速度对时间的变化率,与速度的变化量有关,速度为零但其对时间的变化率并不一定为零。例如,单摆在偏离平衡位置最大时,速度为零但加速度不为零。

加速度为零的时刻,速度也不一定为零。例如,单摆在到达平衡位置时,其加速度为零但速度并不为零。

(3) 可能。因为决定物体是加速运动还是减速运动取决于加速度与速度的方向是否一致。当加速度减小时,只要它与速度的方向仍相同,物体仍作加速运动,速度加快的程度虽较前小,但物体运动的速度还是在不断增大。

(4) 可以改变。因为匀加速运动不一定是直线运动,它取决于初速度方向与加速度方向是否一致。两者若一致就是直线运动,若不一致就是曲线运动,前者例子为竖直下抛运动,后者例子为斜抛运动。

【1-5】 圆周运动中质点的加速度是否一定和速度的方向垂直? 如不一致,这加速度的方向在什么情况下偏向运动的前方?

【答】 由 $\mathbf{a} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_t$ 可知,圆周运动中质点的加速度不一定和速度的方向垂直。当 $a_t > 0$ 时,加速度 $\mathbf{a}$ 的方向偏向运动的前方。

【1-6】 任意平面曲线运动的加速度的方向总指向曲线凹进那一侧,为什么?

【答】 根据 $\mathbf{a} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_t$ 可知,曲线运动的法向加速度不为零,无论切向加速度为何值,总的加速度 $\mathbf{a}$ 的方向总偏向法向,即总指向曲线凹进那一侧。

【1-7】 质点沿圆周运动,且速率随时间均匀增大,问 a_n 、 a_t 、 a 三者的大小是否都随时间改变? 总加速度 $\mathbf{a}$ 与速度 $\mathbf{v}$ 之间的夹角如何随时间改变?

【答】 由 $\mathbf{a} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_t = \frac{v^2}{R} \mathbf{e}_n + \frac{dv}{dt} \mathbf{e}_t$ 可知,当速率 v 随时间均匀增大时, a_n 、 a_t 、 a 三者的大小均随时间的改变而改变。

设 $\mathbf{a}$ 与 $\mathbf{v}$ 之间的夹角为 θ , 由

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{v} = \left(\frac{v^2}{R} \mathbf{e}_n + \frac{dv}{dt} \mathbf{e}_t \right) \cdot \mathbf{v} = v \frac{dv}{dt}$$

和
$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{v} = |\mathbf{a}| \cdot |\mathbf{v}| \cos \theta = \sqrt{\frac{v^4}{R^2} + \left(\frac{dv}{dt}\right)^2} \cdot v \cos \theta$$

可得
$$\cos \theta = \frac{dv/dt}{\sqrt{\frac{v^4}{R^2} + \left(\frac{dv}{dt}\right)^2}}$$

【1-8】 根据开普勒第一定律,行星轨道为椭圆(图1-1)。已知任一时刻行星的加速度方向都指向椭圆的一个焦点(太阳所在处)。分析行星在通过图中M、N两位置时,它的速率分别应正在增大还是正在减小?

【答】 由图1-1知,在M点, $\mathbf{a}$ 与 $\mathbf{v}$ 的夹角

大于 $\frac{\pi}{2}$ 小于 π ,即有

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{v} < 0$$

因而为减速运动,行星速率正在减小。

在N点, $\mathbf{a}$ 与 $\mathbf{v}$ 的夹角大于0小于 $\frac{\pi}{2}$,即有

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{v} > 0$$

因而为加速运动,行星速率正在增大。

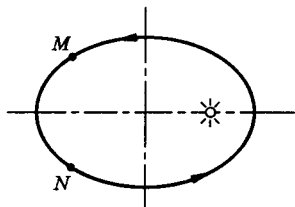


图 1-1

【1-9】 一斜抛物体的水平初速度是 v_{0x} ,它的轨道的最高点处的曲率圆的半径是多大?

【答】 设抛物体的初速度值为 v_0 、抛射角为 θ ,则运动方程为

$$x = v_0 \cos \theta \cdot t$$

$$y = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

消去 t ,得轨迹方程

$$y = x \tan \theta - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta} x^2$$

算出
$$\frac{dy}{dx} = \tan \theta - \frac{gx}{v_0^2 \cos^2 \theta} = \tan \theta - \frac{gt}{v_0 \cos \theta}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{g}{v_0^2 \cos^2 \theta}$$

在轨道最高点 $\frac{dy}{dx} = 0$,因而在该点处的曲率圆的半径为

$$R = \left| \frac{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}} \right| = \frac{v_0^2 \cos^2 \theta}{g} = \frac{v_{0x}^2}{g}$$

【1-10】自由落体从 $t=0$ 时刻开始下落。用公式 $h=gt^2/2$ 计算, 它下落的距离达到 19.6 m 的时刻为 +2 s 和 -2 s。这一 2 s 有什么物理意义? 该时刻物体的位置和速度各如何?

【答】这一 2 s 可以对应时间反演, 即在 $t=0$ 时刻之前 2 s 的竖直上抛运动所对应的时间。

-2 s 时刻物体的位置为在开始下落处下方 19.6 m。其时物体的速度为 $v=gt=9.8 \times 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 19.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 方向向上。

【1-11】山上和山下两炮各瞄准对方同时以相同初速各发射一枚炮弹(图 1-2), 这两枚炮弹会不会在空中相碰? 为什么?(忽略空气阻力。)

【答】会相碰。

设两炮水平距离为 s , 竖直距离为 h , 山下炮的发射角为 θ , 炮弹的初速均为

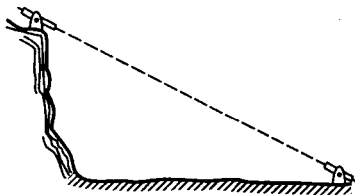


图 1-2

v 。在 t 时刻, 山上炮弹水平路程 s_1 和竖直路程 h_1 分别为

$$s_1 = v \cos \theta \cdot t, \quad h_1 = v \sin \theta \cdot t + \frac{1}{2} g t^2$$

山下炮弹水平路程 s_2 和竖直路程 h_2 分别为

$$s_2 = v \cos \theta \cdot t, \quad h_2 = v \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

当 $s_1 + s_2 = 2v \cos \theta \cdot t = s$ 时, 有

$$h_1 + h_2 = 2v \sin \theta \cdot t = 2v \sin \theta \cdot \frac{s}{2v \cos \theta} = \tan \theta \cdot h$$

即两炮弹在某时刻有相同的空间位置, 会相碰。

习题解答

【1-1】蟹状星云被认为是一次超新星爆发后的遗物。1920 年已发现它

的范围正在以 $0.21(^{\circ})/a$ ($^{\circ}$ 为 [角] 秒, a 为年) 的速率膨胀, 当时蟹状星云的范围为 180° 。假定膨胀速率是恒定的, 试问该超新星是哪一年爆发的? (计算结果与我国《宋会要》上记载的一次“客星”出现的年代 1054 年相符。举世公认该记载的权威性。)

【解】 本题为匀速运动问题。

$$\left(1920 - \frac{180}{0.21}\right) a = 1.06 \times 10^3 a$$

【1-2】 观察发现: 离我们越远的星系正以越大的速率远离我们飞去。例如牧夫座内一星云离我们银河系的距离为 2.74×10^9 l. y. (l. y. 为光年, $1 \text{ l. y.} = 9.46 \times 10^{15} \text{ m}$), 它正以 $3.93 \times 10^7 \text{ m/s}$ 的速率飞离。假定飞离速率是恒定的, 试问它是多少年前和我们的银河系分离的? (根据宇宙产生于一次大爆炸的学说, 可以认为这一段时间就是宇宙的年龄。)

【解】 本题为匀速运动问题。

$$\begin{aligned} t &= \frac{s}{v} = \frac{2.74 \times 10^9 \times 9.46 \times 10^{15}}{3.93 \times 10^7} \text{ s} \\ &= 6.60 \times 10^{17} \text{ s} = 2.09 \times 10^{10} \text{ a} \end{aligned}$$

【1-3】 木星的一个卫星——木卫 1——上面的洛玎火山喷发出的岩块上升高度可达 200 km, 这些石块的喷出速度是多大? 已知木卫 1 上的重力加速度为 1.80 m/s^2 , 而且在木卫 1 上没有空气。

【解】 本题为竖直上抛运动, 匀减速问题。

$$v_0 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 1.80 \times 200 \times 10^3} \text{ m/s} = 849 \text{ m/s}$$

【1-4】 一种喷气推进的实验车, 从静止开始可在 1.80 s 内加速到 1600 km/h 的速率。按匀加速运动计算, 它的加速度是否超过了人可以忍受的加速度 $25g$? 这 1.80 s 内该车跑了多大距离?

【解】 本题为匀加速运动问题。

$$\text{由} \quad v = v_0 + at, \quad v_0 = 0$$

$$\text{得} \quad a = \frac{v}{t} = \frac{1600 \times 10^3 / 3600}{1.80} \text{ m/s}^2 = 2.47 \times 10^2 \text{ m/s}^2 = 25.2g$$

距离为

$$s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \times 2.47 \times 10^2 \times 1.80^2 \text{ m} = 400 \text{ m}$$