



经典教材辅导用书
物理系列

普通物理学 思考题与习题解答

《普通物理学简明教程》(胡盘新 汤毓骏)
(程守洙、江之永主编《普通物理学·第五版》改编版)

黄伯坚 主编



华中科技大学出版社
<http://press.hust.edu.cn>

经典教材辅导用书·物理系列丛书

普通物理学 思考题与习题解答

《普通物理学简明教程》(胡盘新、汤毓骏)
(程守洙、江之永主编《普通物理学》第五版改编版)



主 编 黄伯坚
编 者 黄伯坚 吴 伟 项林川

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

普通物理学思考题与习题解答/黄伯坚 主编
武汉:华中科技大学出版社,2005年4月
ISBN 7-5609-3356-4

I. 普…

II. ①黄… ②吴… ③项…

III. 普通物理学-高等学校-教学参考资料

IV. O4

普通物理学思考题与习题解答

黄伯坚 主编

策划编辑:周芬娜

责任编辑:周芬娜

责任校对:朱霞

封面设计:潘群

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:仙桃市新华印刷厂

开本:850×1168 1/32

印张:15.125

字数:336 000

版次:2005年4月第1版

印次:2005年4月第1次印刷

定价:20.00元

ISBN 7-5609-3356-4/O·345

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是根据高等教育出版社出版的,胡盘新、汤毓骏改编程守洙、江之永《普通物理学》(第五版)所成的《普通物理学简明教程》的内容和系统编写的。全书共十六章,每章分为“知识要点”、“思考题解答”和“习题解答”等部分。在书中对多数题指出了解题思路,复杂的还进行了必要的讨论。

本书可作为工科院校、电视大学、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。

程守洙、江之永主编的《普通物理学》(第五版)是我国高等院校工科专业广泛使用的一种物理教材。在其基础上由胡盘新、汤毓骏改编而成的《普通物理学简明教程》,更是重点突出、内容适度、深入浅出、强化方法,在可教性与可接受性方面有着鲜明特色。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

2004 年 11 月

目 录

第一篇 力 学

第一章 质点的运动.....	(2)
知识要点.....	(2)
思考题解答.....	(3)
习题解答	(10)
第二章 牛顿运动定律	(22)
知识要点	(22)
思考题解答	(23)
习题解答	(28)
第三章 运动的守恒定律	(50)
知识要点	(50)
思考题解答	(51)
习题解答	(55)
第四章 刚体的转动	(74)
知识要点	(74)
思考题解答	(75)
习题解答	(78)
第五章 机械振动	(92)
知识要点	(92)
思考题解答	(93)
习题解答.....	(106)

第六章 机械波	(131)
知识要点	(131)
思考题解答	(133)
习题解答	(142)
第七章 相对论基础	(172)
知识要点	(172)
思考题解答	(173)
习题解答	(176)

第二篇 热 学

第八章 气体动理论	(190)
知识要点	(190)
思考题解答	(192)
习题解答	(198)
第九章 热力学基础	(212)
知识要点	(212)
思考题解答	(214)
习题解答	(220)

第三篇 电 磁 场

第十章 静电场	(240)
知识要点	(240)
思考题解答	(244)
习题解答	(254)
第十一章 恒定电流的磁场	(294)
知识要点	(294)
思考题解答	(296)

习题解答	(303)
第十二章 电磁感应	(345)
知识要点	(345)
思考题解答	(346)
习题解答	(352)
第十三章 电磁场和电磁波	(376)
知识要点	(376)
思考题解答	(377)
习题解答	(379)
第十四章 波动光学	(390)
知识要点	(390)
第一部分 光的干涉	(390)
第二部分 光的衍射	(391)
第三部分 光的偏振	(392)
思考题解答	(393)
第一部分 光的干涉	(393)
第二部分 光的衍射	(399)
第三部分 光的偏振	(402)
习题解答	(407)
第一部分 光的干涉	(407)
第二部分 光的衍射	(419)
第三部分 光的偏振	(428)

第四篇 量子物理

第十五章 早期量子论和量子力学基础	(436)
知识要点	(436)
思考题解答	(438)
习题解答	(443)

第十六章 激光和固体的量子理论.....	(468)
知识要点.....	(468)
思考题和习题解答.....	(469)

第一篇

力

学

第一章 质点的运动

知 识 要 点

1. 参考系和坐标系

描述物体运动时用作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. 位置矢量和位移

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 $r(=\overrightarrow{OP})$ 。

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

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

位移矢量: $\Delta \boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}(t + \Delta t) - \boldsymbol{r}(t)$

一般 $|\Delta \boldsymbol{r}| \neq |\Delta r|$

运动叠加:在直角坐标系中

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

3. 速度和加速度

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

直角坐标系中

$$\boldsymbol{v} = v_x\boldsymbol{i} + v_y\boldsymbol{j} + v_z\boldsymbol{k}, \quad \boldsymbol{a} = a_x\boldsymbol{i} + a_y\boldsymbol{j} + a_z\boldsymbol{k}$$

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:

$$\mathbf{a} = \text{常矢量}$$

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}t, \quad \mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + \mathbf{v}_0t + \frac{1}{2}\mathbf{a}t^2$$

(2) 抛体运动:

$$\mathbf{a} = \mathbf{g}, \quad \mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{g}t, \quad \mathbf{r} = \mathbf{v}_0t + \frac{1}{2}\mathbf{g}t^2$$

直角坐标系中

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

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

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

(3) 圆周运动:

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

匀速圆周运动

$$\mathbf{a} = -\omega^2 \mathbf{r}$$

(4) 角量描述:

角速度

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

角加速度

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

4. 相对运动

伽利略坐标变换

$$\mathbf{r}' = \mathbf{r} - \mathbf{vt}, \quad t' = t$$

速度变换

$$\mathbf{v}_{AK} = \mathbf{v}_{AK'} + \mathbf{v}_{K'K}$$

加速度变换

$$\mathbf{a}_K = \mathbf{a}_{K'} + \mathbf{a}_0$$

思考题解答

【1-1】 回答下列问题:

- (1) 一物体具有加速度而其速度为零,是否可能?
- (2) 一物体具有恒定的速率但仍有变化的速度,是否可能?
- (3) 一物体具有恒定的速度但仍有变化的速率,是否可能?
- (4) 一物体具有沿 Ox 轴正方向的加速度而有沿 Ox 轴负方向的速度,是否可能?
- (5) 一物体的加速度大小恒定而其速度的方向改变,是否可能?

答 (1) 可能。因为由定义 $a = \frac{dv}{dt}$, 即加速度是速度的变化率。速度为零但变化率可不为零, 如物体由静止开始运动、单摆在偏离平衡位置最大值时均如此。

(2) 可能。因为速度是矢量, 既有大小又有方向, 其大小不变而方向改变是可以的, 例如匀速圆周运动就是这样。

(3) 不可能。因为由 $v = vi$ 可知, 恒定的速度意味着大小 v 和方向 i 都不变。

(4) 可能。加速度与速度方向相反为减速运动, 即沿 Ox 轴负方向的减速运动其加速度沿 Ox 轴正方向。

(5) 可能。匀速圆周运动就是如此。

【1-2】 回答下列问题:

(1) 位移和路程有何区别? 在什么情况下两者的量值相等? 在什么情况下并不相等?

(2) 平均速度和平均速率有何区别? 在什么情况下两者的量值相等? 瞬时速度和平均速度的关系和区别是怎样的? 瞬时速率和平均速率的关系和区别又是怎样的?

答 (1) 位移是矢量, 路程是标量; 位移为物体初末位置矢量之差, 用起于始点终于末点的有向线段表示, 一般不是物体所经历的实际路径。而路程是物体起于始点终于末点运动所经历的实际路径。

在同一起点至同一终点的情况下, 物体作直线运动且由始点

直达终点时,位移与路程的量值相等。在作曲线运动,以及作直线运动但有反转运动过程时,两者并不相等。

(2) 平均速度是位移除以相应时间间隔,即 $\bar{v} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$; 平均速率是路程除以对应时间间隔,即 $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ 。要 $|\bar{v}| = \bar{v}$, 则 $\left| \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \right| = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, 亦即需 $|\Delta \mathbf{r}| = \Delta s$ 。只有在直线运动中,且物体始终只朝着一个方向运动时,两者量值才相等。

瞬时速度是平均速度当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时的极限,即 $\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$ 。瞬时速度描述了质点位矢的瞬时变化率,亦即质点在 t 时刻附近无限短的一段时间内的位矢变化率。平均速度是一段时间内位矢的平均时间变化率。

瞬时速率 $v = \frac{ds}{dt}$ 是平均速率 $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时取极限而得。瞬时速率为瞬时速度的大小,描述质点路程的瞬时变化率。平均速率为路程的平均时间变化率。

【1-3】 回答下列问题:

(1) 有人说:“运动物体的加速度越大,物体的速度也越大”,你认为对不对?

(2) 有人说:“物体在直线上运动前进时,如果物体向前的加速度减小,物体前进的速度也就减小了”,你认为对不对?

(3) 有人说:“物体加速度的值很大,而物体速度的值可以不变,是不可能的”,你认为如何?

答 (1) 不对。加速度是物体速度的瞬时变化率,它与速度是两个不同的概念。加速度大,物体的速度不一定大。

(2) 不对。物体做加速运动还是减速运动,应根据加速度与速度的方向是否一致判定,而与加速度大小无关。物体在直线上向前加速度减小,但它与速度方向一致,所以速度还是增加,只不过增加的程度较前小了。

(3) 可能。速度是矢量,它的值不变但方向可变。由 $\mathbf{a} = \frac{dv}{dt}\mathbf{e}_t + \frac{v^2}{\rho}\mathbf{e}_n$ 可知,当 $\frac{dv}{dt}=0$ 时,有 $\mathbf{a} = \frac{v^2}{\rho}\mathbf{e}_n$, 即 $|\mathbf{a}| = \frac{v^2}{\rho}$ 可以很大。

【1-4】 设质点的运动表达式为 $x=x(t)$, $y=y(t)$, 在计算质点的速度和加速度时,有人先求出 $r = \sqrt{x^2+y^2}$, 然后根据 $v = \frac{dr}{dt}$ 及 $\mathbf{a} = \frac{d^2r}{dt^2}$ 而求得结果; 又有人先计算速度和加速度的分量,再合成求得结果,即

$$v = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \quad \text{及} \quad a = \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2}$$

你认为两种方法哪一种正确? 两者差别何在?

答 后者正确。在直角坐标系中

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j}$$

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

因而可得后者。

$$\text{如写成} \quad \mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{d(r\mathbf{e}_r)}{dt} = \frac{dr}{dt}\mathbf{e}_r + r\frac{d\mathbf{e}_r}{dt}$$

可以方便地看出前者的错误。前者未考虑位矢的矢量性,只用其值进行计算,不合定义。后者考虑了其矢量性,用直角坐标中的分量式计算,然后合成。

【1-5】 试回答下列问题:

(1) 匀加速运动是否一定是直线运动? 为什么?

(2) 在圆周运动中,加速度的方向是否一定指向圆心? 为什么?

解 (1) 不一定。这取决于加速度方向是否与初速度方向一致。两者一致就是直线运动,如竖直下抛运动;两者方向不一致就是曲线运动,如斜抛体运动。若初速度为零,则是直线运动。

(2) 不一定。匀速圆周运动中,加速度的方向才指向圆心。非匀速圆周运动中,有切向加速度,它与法向加速度合成后的合加速度并不指向圆心。

【1-6】 对于物体的曲线运动有下面两种说法:

(1) 物体作曲线运动时,必有加速度,加速度的法向分量一定不等于零;

(2) 物体作曲线运动时速度方向一定在运动轨道的切线方向,法向分速度恒等于零,因此其法向加速度也一定等于零。

试判断上述两种说法是否正确,并讨论物体作曲线运动时速度、加速度的大小、方向及其关系。

答 (1) 正确。根据 $\mathbf{a} = \mathbf{a}_t + \mathbf{a}_n = \frac{dv}{dt} \mathbf{e}_t + \frac{v^2}{\rho} \mathbf{e}_n$, 只要 $v \neq 0$ 、 $\rho \neq \infty$, 则必有 $a_n = \frac{v^2}{\rho} \neq 0$ 。可见可以有切向和法向加速度,即使 $a_t = 0$, 曲线运动的加速度法向分量一定不等于零,即必有加速度。

(2) 部分正确。物体作曲线运动时速度方向一定在运动轨道的切线方向,法向分速度恒等于零,此说法正确。由 $a_n = \frac{v^2}{\rho}$ 知,法向分速度恒为零,并不一定法向加速度必为零。如匀速圆周运动。

物体作曲线运动时,速度 $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$, 大小为 $\left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right|$, 方向在运动轨道切线方向。加速度 $\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{a}_t + \mathbf{a}_n$, 大小为 $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt} \right)^2 + \left(\frac{v^2}{\rho} \right)^2}$, 与切向夹角为 $\theta = \arctan \left(\frac{a_n}{a_t} \right)$ 。如采用直角坐标, 可得出 1-4 思考题中关系。

【1-7】 一个作平面运动的质点, 它的运动表达式是 $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$, $\mathbf{v} = \mathbf{v}(t)$, 如果 (1) $\frac{dr}{dt} = 0$, $\frac{d\mathbf{r}}{dt} \neq 0$, 质点作什么运动? (2) $\frac{dv}{dt} = 0$, $\frac{d\mathbf{v}}{dt} \neq 0$, 质点作什么运动?

答 (1) 由 $\frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{d(r\mathbf{e}_r)}{dt} = \frac{dr}{dt} \mathbf{e}_r + r \frac{d\mathbf{e}_r}{dt} = \frac{dr}{dt} \mathbf{e}_r + r \frac{d\theta}{dt} \mathbf{e}_\theta$ 可知, $\frac{dr}{dt} =$

0, r 不随时间变, 质点作圆周运动。

(2) 由题意有 $\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d(v\mathbf{e}_t)}{dt} = \frac{dv}{dt}\mathbf{e}_t + v \frac{d\mathbf{e}_t}{dt} = \frac{v^2}{\rho}\mathbf{e}_n = \mathbf{a}_n \neq 0$, 所以质点作匀速率曲线运动。

【1-8】 圆周运动中质点的加速度是否一定和速度方向垂直? 任意曲线运动的加速度是否一定不与速度方向垂直?

答 圆周运动中质点的加速度不一定与速度方向垂直。匀速圆周运动中两者垂直, 匀加速圆周运动中两者则不垂直。

任意曲线运动的加速度不一定不与速度方向垂直。如匀速率曲线运动的加速度方向就与速度方向垂直。

【1-9】 如图 1-1 所示, 一质点沿轨道 $ABCDEFG$ 运动, 试分析图中各点处的运动, 把答案填入表 1-1。

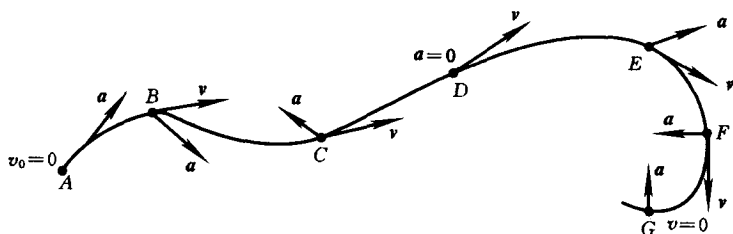


图 1-1

表 1-1

各点情况	A	B	C	D	E	F	G
运动是否可能	可能	可能	可能	不可能	不可能	可能	不可能
速度将增大还是减小	增大	增大	减小			不变	
速度方向将变化否	不变	变	变			变	

答 根据 $\mathbf{a} = \frac{dv}{dt}\mathbf{e}_t + \frac{v^2}{\rho}\mathbf{e}_n$ 和 $a = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{\rho}\right)^2}$, 可作出表 1-1 所示判定, 见表中黑体字。