

高等学校教学参考书

普通物理学

(第五版)

思考题分析与拓展

胡盘新 孙 疆 黄颂翔 编

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

普通物理学(第五版)思考题分析与拓展/胡盘
新、孙疆、黄颂翔编. —北京:高等教育出版社.
2004.11

ISBN 7 - 04 - 015565 - 6

.普... . 胡... 孙... 黄... .普通物
理学 - 高等学校 - 解题 .O4 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 092157 号

策划编辑 刘 伟 责任编辑 王文颖 封面设计 李卫青
责任绘图 黄建英 版式设计 王艳红
责任校对 王效珍 责任印制

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 58581000		http://www.hep.com.cn

经 销 新华书店北京发行所
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷

开 本	850 × 1168 1/32	版 次	年 月 第 1 版
印 张	8.625	印 次	年 月 第 次印刷
字 数	220 000	定 价	12.00 元

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:15565 - 00

内容简介

本书是为配合程守洙、江之永主编的《普通物理学》(第五版)而编写的配套辅导书。本书按各章顺序对全部思考题在普通物理的范围内进行了尽可能详细的分析,除了主教材的思考题外还挑选了若干师生有兴趣的问题以专题的形式进行了拓展讨论。本书有助于学生掌握基本概念和基本规律,培养自学的能力和科学的思想方法,也有助于一线教师通过“讨论式教学”提高实际教学效果。

本书适合于高等学校工科各专业,特别是使用程守洙、江之永主编的《普通物理学》(第五版)的师生作为参考书。

前 言

本书是程守洙、江之永主编的《普通物理学》(第五版)的配套辅导书,对主教材中的全部思考题在普通物理的范围内,进行了尽可能详细的解答。

在物理课的学习过程中,不仅要求学生解答计算题,还要求解答思考题。这不仅能使学生自我检测对基本概念和基本规律的掌握情况,还能启发学生正确运用基本规律来解释物理现象和有关问题,这对训练和培养学生科学的思想方法以及分析问题和解决问题的能力是有一定帮助的。编写本书的目的是帮助学生在学習过程中能够正确地思考问题,避免得出错误的结论。

为了拓展学生的思路,除了主教材的思考题外,本书还挑选了若干学生在课余提出的或感兴趣的问题,以专题的形式作了较详细的解答。希冀学生能举一反三,积极思考,提出问题,从而提高教学效果。

本书由胡盘新、孙韃疆、黄颂翔主编。黄颂翔编写第一章至第七章,孙韃疆编写第八章至十八章,并对全书统稿;胡盘新教授审阅了全书。在编写本书的“专题讨论”时,从参阅的有关文献资料中得到很多启发和教益,在此向所有作者致以诚挚的谢意。本书为“高等教育百门精品课程教材建设计划”中,“大学物理课程立体化系列教材建设”项目(上海交通大学)之一,得到了“上海交通大学国家工科物理教学基地”、上海大学物理系的大力支持。高等教育出版社胡凯飞、刘伟同志为本书的出版付出了大量的劳动,在此也一并表示感谢。

由于编者的学识有限 ,难免有错误和不妥之处 ,恳请读者和同行、专家不吝赐教。

编者

2004 年 2 月

目 录

第一章	质点的运动	1
第二章	牛顿运动定律	12
第三章	运动的守恒定律	21
第四章	刚体的转动	31
第五章	相对论基础	37
第六章	气体动理论	44
第七章	热力学基础	54
第八章	真空中的静电场	65
第九章	导体和电介质中的静电场	73
第十章	恒定电流和恒定电场	87
第十一章	真空中的恒定磁场	95
第十二章	磁介质中的磁场	106
第十三章	电磁感应和暂态过程	112
第十四章	麦克斯韦方程组 电磁场	127
第十五章	简谐振动和电磁振荡	133
第十六章	机械波和电磁波	148
第十七章	波动光学	162
第十八章	早期量子论和量子力学基础	190
专题讨论	201
1.	雨中快跑能少淋雨吗	201
2.	地球卫星受阻后的动能会增大吗	204
3.	荡秋千的力学	206
4.	参考系与机械能守恒定律及其他	207

5 . 质点的角动量和刚体定轴转动的角动量	211
6 . 列车会被雷电击中吗	216
7 . 孪生子效应	219
8 . 最概然速率不对应最概然动能	221
9 . 单位时间内有多少分子碰撞了单位壁面	223
10 . 多方过程的热容量和热力学特征	225
11 . 冰箱可以替代空调降温吗	230
12 . 关于电势零点的选择	233
13 . 静电场系统的能量	239
14 . 磁悬浮列车	243
15 . 电磁感应的两个公式一致吗	246
16 . 如何通过地震波了解地球内部的构造	254
17 . 界面反射和“半波损失”	255
18 . 日光照射下薄膜的干涉	260
19 . 望远镜和显微镜的分辨率	263
20 . 光电效应中一个电子能吸引多个光子吗	266

第一章 质点的运动

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 x 轴正方向的加速度而有沿 x 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:位矢、位移、速度和加速度都是描述物体机械运动的基本物理量,具有相对性、瞬时性和矢量性等基本性质.位矢随时间的变化关系 $r(t)$ 是物体的运动方程, $r(t)$ 对时间的变化率是速度 $v(t)$, $v(t)$ 对时间的变化率是加速度 $a(t)$.因此, $r(t)$ 、 $v(t)$ 和 $a(t)$ 在物体的一般运动中都应理解为是时间 t 的矢量函数,即它们的大小和方向都可随时间变化.判断这些概念时需注意函数、某时刻的函数值以及该时刻函数的变化率之间的区别;矢量函数的变化率既包括矢量大小的变化,也包括矢量方向的变化.所以,

(1) 一物体在某时刻的 $a = 0$, $v = 0$ 是可能的.表明物体在某时刻虽处于静止状态,但其速度的变化率不为零.例如:竖直上抛物体在达到最高点时,弹簧振子在位移的最大或最小值处时,均有速度为零而加速度不为零的状态.

(2) 一物体在运动过程中始终保持速度的大小 $|v| = v$ 不变,而方向随时间变化是可能的,匀速率的曲线运动就是这种情况.例如:作匀速率圆周运动的物体,其速度的大小恒定而方向不

断变化 .

(3) 速度是矢量 .恒定的速度意味着速度的大小、方向均不变 ,这只能是匀速率的直线运动 .所以 ,具有恒定的速度并有变化的速率的运动是不可能存在的 .

(4) 物体沿 x 轴(一维直线)运动时 ,位矢、位移、速度和加速度只有两个方向 ,矢量可作标量处理 ,其方向由标量的正负来表示 .因此 , $v < 0$ 而 $a > 0$ 是可能的 ,表明物体的运动速度沿 x 轴负方向 ,但其加速度沿 x 轴正方向 .例如 :作匀减速直线运动的物体 ,其加速度方向与速度方向相反 .

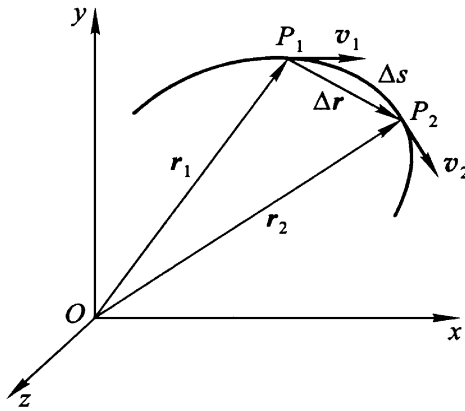
(5) 同(2)的分析 ,是可能的 .例如 ,作抛体运动的物体 ,具有大小、方向恒定的重力加速度而速度方向却随时间改变 .又如 ,在水平面内作匀速率圆周运动的物体 ,具有恒定的法向加速度 ,大小不变 ,但速度的方向却处处沿圆周的切线方向 ,不断在变化 .

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 r 是矢量 ,路程 s 是标量 .如题 1 - 2 图所示 ,质点在平面内沿曲线从 P_1 运动到 P_2 的位移为 $r = r_2 - r_1$,大小为由 P_1 到 P_2 的割线的长度 ,方向由 P_1 指向 P_2 ,是描述质点在 t 时间内空间位置变化的物理量 ,是一矢量 ;质点在 t 内所经路径的长度为路程 s ,图中表示为割线 $\overline{P_1 P_2} = |r|$ 对应的弧长 ,是一正值标量 .矢量的加减运算遵循“平行四边形法则” ,标量则遵循“代数法则” .曲线运动中 ,位移的大小 $|r|$ 一般与路程不相等 ,但在 $\lim_{t \rightarrow 0} |r| = |dr|$ 时 , $|dr| = ds$ 两者相等 .此外 ,在运动



题 1 - 2 图

方向不变的直线运动中, 质点位移的大小与路程相等。

(2) 平均速度 $\bar{v} = \frac{r}{t}$ 是矢量, 平均速率 $\bar{v} = \frac{S}{t}$ 是标量。平均速度 \bar{v} 反映一段时间间隔 t 内质点完成位移 r 的快慢程度, 其方向是位移 r 的方向, 大小 $|\bar{v}| = \frac{|r|}{t}$, 是单位时间内质点完成位移的大小; 而平均速率 \bar{v} 是单位时间内质点所经历的路程, 通常情况下两者的量值不相等, 即 $|\bar{v}| \neq \bar{v}$ 。典型的例子就是质点在完成一个圆周运动时的 $\bar{v} = 0$, 而 $\bar{v} \neq 0$ 。只有在运动方向不变的直线运动中, 平均速度在量值上才与平均速率相等。

瞬时速度 v 和平均速度 \bar{v} 都是矢量。瞬时速度 v 反映质点在 $t = 0$ 瞬时完成位移 dr 的快慢程度, 是平均速度 \bar{v} 在 $t = 0$ 时的极限, 其方向沿 r 在 $t = 0$ 时的极限方向, 即运动轨迹的切线方向。一般曲线运动中 $v \neq \bar{v}$, 仅在匀速直线运动中 $v = \bar{v}$ 。

瞬时速度的大小称为速率, $v = |v| = \left| \frac{dr}{dt} \right| = \frac{ds}{dt}$, 平均速率 $\bar{v} = \frac{S}{t}$, 它们都是标量。由 $v = \lim_{t \rightarrow 0} |\bar{v}| = \lim_{t \rightarrow 0} \bar{v} = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{S}{t}$ 可见, 瞬时速率、平均速度的大小在 $t = 0$ 时的极限和平均速率 \bar{v} 在 $t = 0$

时的极限三者是相等的。

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”，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：物体运动的速度和加速度都是矢量，有大小和方向，在一般运动情况下，它们都是随时间变化的矢量函数。某时刻物体所具有的加速度是速度函数在该时刻的时间变化率，只要速度的大小和方向两者或其中之一在该时刻有变化，物体即具有一定大小和方向的加速度。

(1) 运动物体的加速度很大，说明物体运动速度的变化率很大，但运动的速度不一定很大，甚至可以为零。例如：弹簧振子在最大位移处时，加速度最大，而振子的速度却为零。所以，“运动物体的加速度越大，物体的速度也越大”的说法是错误的。

(2) 物体作直线运动时，向前运动的加速度减小，表明向前运动速度的变化率在减小，即速度函数随时间变化曲线的斜率在变小，但向前运动的速度却是增大的。物体向前运动的加速度减小为零时，物体作匀速直线运动，前进的速度并不减小。所以，“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”的说法也是错误的。

(3) 物体加速度的值很大，而物体速度的值可以不变，是可能的。因为速度的值不变，表明物体作匀速率运动，并不说明物体的运动方向不变。所以，作匀速率运动的物体可以有很大的加速度值。例如：作匀速率圆周运动的物体，加速度值 $a_n = \frac{v^2}{R}$ 正比于恒定

速率的平方 .

1 - 4 设质点的运动方程 $x = x(t)$, $y = y(t)$, 在计算质点的速度和加速度时 , 有人先求出

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} ,$$

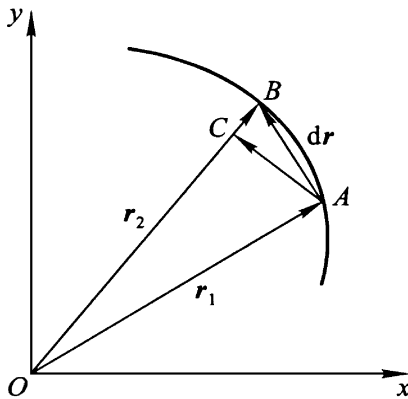
然后根据 $v = \frac{dr}{dt}$ 及 $a = \frac{d^2 r}{dt^2}$

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

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

你认为哪一种正确 ? 两者差别何在 ?

答 : 计算速度和加速度的大小 , 后者的方法是正确的 . 前者的错误在于没有正确理解速度和加速度的定义 , 没有正确理解速度和加速度的矢量性 .



题 1 - 4 图

质点在 Oxy 平面内作曲线运动时 , 矢径 $r = x(t) i + y(t) j$ 随时间变化 , $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ 是 t 时刻矢径 r 的大小 . 质点的速度

$v = \frac{dr}{dt}$, 其大小为速率 v ,

$$v = |v| = \left| \frac{dr}{dt} \right| = \sqrt{\frac{dx^2}{dt^2} + \frac{dy^2}{dt^2}},$$

它不等于位置矢量 r 的大小随时间的变化率

$$v_r = \frac{dr}{dt} = \frac{d}{dt} \sqrt{x^2 + y^2},$$

即 $|dr| = dr$.

速度 v 的方向沿轨迹切向,也就是 dr 的方向,除直线运动外,一般并不沿位置矢量 r 的方向.

例如,在圆周运动中,如以圆心为坐标原点,则任意时刻位置矢量的大小,等于圆周的半径,都有 $dr = d\sqrt{x^2 + y^2} = 0$,但任意时刻的 $|dr| \neq 0$.

所以, $\frac{dr}{dt}$ 给出的是位置矢量大小的时间变化率, $v =$

$$\sqrt{\frac{dx^2}{dt^2} + \frac{dy^2}{dt^2}} \text{ 才是速度的大小.}$$

同样, Oxy 平面内质点的速度为 $v = v_x(t)i + v_y(t)j$, 加速度 $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2r}{dt^2}$ 为速度 v 对时间的变化率. a 的大小为

$$a = \left| \frac{dv}{dt} \right| = \sqrt{\frac{dv_x^2}{dt^2} + \frac{dv_y^2}{dt^2}} = \sqrt{\frac{d^2x^2}{dt^2} + \frac{d^2y^2}{dt^2}}.$$

而 $\frac{d^2r}{dt^2}$ 只是位置矢量的模对时间的二次变化率.

a 的方向是 dv 的方向,而非 v 的方向,更非 r 的方向.

对于以圆心为坐标原点的质点的圆周运动, $r = \text{常数}$, $\frac{dr}{dt} = 0$,

$\frac{d^2r}{dt^2} = 0$. 若由此认为作圆周运动质点加速度的大小 $a = 0$, 显然是错误的.

用平面极坐标描述质点的平面运动时,位置矢量 r 的大小和方向用极径 r 和极角 θ 表示. 质点运动的速度 v 和加速度 a 也都

可表示为沿径向的和垂直于径向的两个分量的叠加，

即 $v = v_r(t) e_r + v_\theta(t) e_\theta$ 和 $a = a_r(t) e_r + a_\theta(t) e_\theta$.

其中 $v_r = \frac{dr}{dt}$, $a_r = \frac{d^2 r}{dt^2}$.

所以,前者求出的只是速度 v 和加速度 a 的径向分量 .

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,加速度方向是否一定指向圆心？为什么？

答：加速度是速度的时间变化率,它的方向指向速度变化的极限方向,而速度的方向总是沿轨迹的切向.因此,在质点的一般运动中,加速度的方向不同于速度的方向,不沿轨迹的切向 .

(1) 匀加速运动意味着质点在运动过程中加速度的大小是常数,而方向恒定不变.比如重力加速度 g ,在一定条件下可看作是大小和方向都不变的常矢量.质点以 g 所作的匀加速运动轨迹可以是直线,也可以是抛物线.作匀加速直线运动时,质点的速度 v 及其增量 dv 都沿直线,加速度 a 的方向自然沿同一直线.作抛体运动时,速度 v 的方向总是沿抛物线的切向,而其增量 dv 的方向始终与 g 一致 .

所以,匀加速运动的轨迹不一定是直线 .

(2) 在匀速率圆周运动中,质点运动速度的大小不变,加速度只反映速度方向的变化率,在自然坐标系中,表示为法向加速度,指向圆心.但在变速率圆周运动中,质点运动速度的大小和方向都有变化,除法向加速度外,还有切向加速度 $a = \frac{dv}{dt}$,合加速度的方向不再指向圆心 .

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迹的切线方向,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:加速度的产生,是由于质点的运动速度发生了变化。无论是速度 v 的大小还是 v 的方向,只要发生了变化都会产生加速度。用自然坐标系可直接反映出产生加速度的这两个因素,即

$$a = a_n + a_t = \frac{v^2}{\rho} e_n + \frac{dv}{dt} e_t.$$

切向加速度 a_t 反映速度大小的变化,而法向加速度 a_n 则反映了速度方向的变化。

(1) 正确。物体作曲线运动时, v 的方向时刻在变,因此一定有加速度,加速度的法向分量一定不为零。

(2) 错误。物体作曲线运动时, v 沿轨迹的切线方向,方向时刻在变,因此,法向加速度 $a_n = \frac{v^2}{\rho}$ 一定不为零。

1-7 一个作平面运动的质点,它的运动方程是 $r = r(t)$, $v = v(t)$ 如果

(1) $\frac{dr}{dt} = 0$, $\frac{dv}{dt} \neq 0$, 质点作什么运动?

(2) $\frac{dv}{dt} = 0$, $\frac{dr}{dt} \neq 0$, 质点作什么运动?

答:(1) 质点作平面运动时, $\frac{dr}{dt} = 0$ 表明质点在运动过程中,它的矢径 r 的大小保持不变, $\frac{dv}{dt} \neq 0$ 表明质点运动的速度不为零,即矢径 r 的方向在变化,因此质点作圆周运动。

(2) $\frac{dv}{dt} = 0$ 表明质点在运动过程中速度 v 的大小保持不变;

$\frac{d v}{d t} \neq 0$ 表明质点运动的加速度不为零,即速度 v 的方向在变化.

因此质点作匀速率曲线运动.

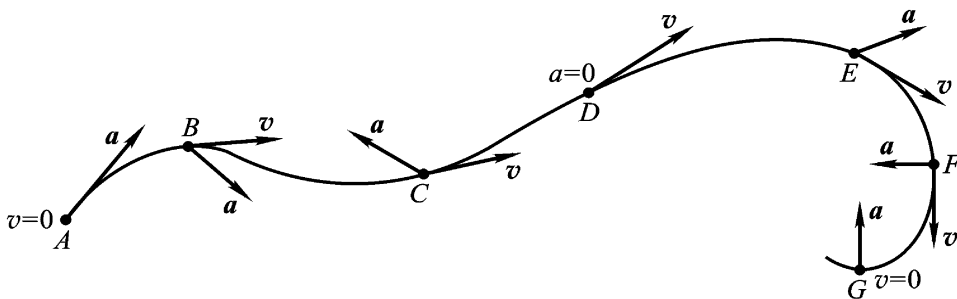
1 - 8 圆周运动中质点的加速度是否一定和速度方向垂直?
任意曲线运动的加速度是否一定不与速度方向垂直?

答:在匀速率圆周运动中,速度 v 的大小不变,质点的加速度为法向加速度,其方向与速度方向相垂直,指向圆心.在变速率圆周运动中,速度 v 的大小也随时间变化,质点的加速度不但有法向分量,还有切向分量.因此,加速度的方向不垂直于速度方向,不指向圆心.

在匀速率曲线运动中,只要速度方向有变化,加速度只能有法向分量,一定与沿曲线切向的速度方向垂直,并指向质点所在处曲线的曲率中心;在变速率曲线运动中,加速度一定不与速度方向垂直,但一定指向轨迹的凹侧.

1 - 9 一质点沿轨道 $ABCDEF G$ 运动,试分析图中各点处的运动,把答案填入下表.

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



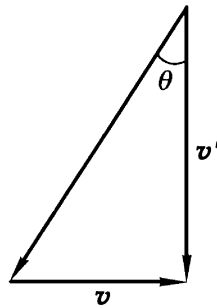
题 1 - 9 图

1 - 10 一人在以恒定速度运动的火车上竖直向上抛出一石子,此石子能否落入人的手中?如果石子抛出后,火车以恒定的加速度前进,结果又将如何?

答:匀速前进的火车可视为相对地面运动的惯性系.水平方向上,相对火车静止的所有物体相对地面具有与火车相同的水平运动速度.在车上竖直上抛的石子相对火车没有水平运动速度,因此,石子抛出后一定能落入人的手中.地面观察者对石子运动的描述为斜抛运动,但因为石子运动速度的水平分量与火车相同,因而能够落入车上那人的手中.

如果石子抛出后,火车以恒定的加速度前进,那么火车成为非惯性系.在空中的石子相对火车有了水平运动速度,将回不到车上人的手中.地面观察者对石子运动的描述仍为斜抛运动,但因为石子运动速度的水平分量与火车的不同,因而不能落入车上那人的手中.

1 - 11 装有竖直遮风玻璃的汽车,在大雨中以速率 v 前进,雨滴则以速率 v' 竖直下降,问雨滴将以什么角度打击遮风玻璃?



题 1 - 11 图

答:根据伽利略速度合成定律: $V_{\text{雨对地}} = V_{\text{雨对车}} + V_{\text{车对地}}$,有

$$V_{\text{雨对车}} = V_{\text{雨对地}} - V_{\text{车对地}} = V_{\text{雨对地}} + (-V_{\text{车对地}}),$$

$$V_{\text{雨对车}}^2 = V_{\text{雨对地}}^2 + V_{\text{车对地}}^2,$$