



"十二五"普通高等教育本科国家级规划教材
配套参考书

普通物理学

(第七版)

思考题分析与拓展

胡盘新 汤毓骏 钟季康 主编

高等教育出版社



"十二五"普通高等教
配套参考书

普通物理学

(第七版)

思考题分析与拓展

胡盘新 汤毓骏 钟季康 主编



高等教育出版社·北京

内容提要

本书是为配合程守洙、江之永主编的《普通物理学》(第七版)而编写的配套辅导书。本书按主教材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,另外还挑选了若干师生感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。

本书适用于高等学校工科各专业,特别是使用程守洙、江之永主编《普通物理学》(第七版)的师生作为参考书。

图书在版编目(CIP)数据

普通物理学(第七版)思考题分析与拓展/胡盘新,
汤毓骏,钟季康主编.--北京:高等教育出版社,
2018.8

ISBN 978-7-04-048006-1

I. ①普… II. ①胡… ②汤… ③钟… III. ①普通物
理学-高等学校-教学参考资料 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 151668 号

PUTONG WULIXUE(DI QI BAN)SIKAOTI FENXI YU TUOZHAN

策划编辑 程福平

责任编辑 程福平

封面设计 王 鹏

版式设计 王艳红

插图绘制 杜晓丹

责任校对 李大鹏

责任印制 韩 刚

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京东君印刷有限公司
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 15.75
字 数 290 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>

版 次 2018 年 8 月第 1 版
印 次 2018 年 8 月第 1 次印刷
定 价 30.00 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 48006-00

前言

本书是程守洙、江之永主编的《普通物理学》(第七版)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,同时对部分思考题的位置作了适当调整,补充了一些章节的思考题。

在学习物理的过程中,除了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具有一定帮助。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或感兴趣的问题,现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、汤毓骏、钟季康主编。在编写本书的拓展思考题时,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。高等教育出版社高建、程福平等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

2016年12月

目录

第一章 运动和力	1
§ 1-1 质点运动的描述	1
§ 1-2 抛体运动	4
§ 1-3 圆周运动和一般曲线运动	4
§ 1-4 相对运动	7
§ 1-5 牛顿运动定律 力学中的常见力	7
§ 1-6 伽利略相对性原理 非惯性系 惯性力	11
第二章 运动的守恒量和守恒定律	12
§ 2-1 质点系的内力和外力 质心 质心运动定理	12
§ 2-2 动量定理 动量守恒定律	12
§ 2-3 质点的角动量定理和角动量守恒定律	15
§ 2-4 功 动能 动能定理	16
§ 2-5 保守力 成对力的功 势能	18
§ 2-6 质点系的功能原理 机械能守恒定律	21
§ 2-7 碰撞	23
第三章 刚体和流体的运动	24
§ 3-1 刚体模型及其运动	24
§ 3-2 力矩 转动惯量 定轴转动定律	25
§ 3-3 定轴转动中的功能关系	26
§ 3-4 定轴转动刚体的角动量定理和角动量守恒定律	26
*§ 3-5 进动	28
*§ 3-6 理想流体模型 定常流动 伯努利方程	29
第四章 相对论基础	30
§ 4-1 狭义相对论基本原理 洛伦兹变换	30
§ 4-2 相对论速度变换	31
§ 4-3 狭义相对论的时空观	31
§ 4-4 狭义相对论动力学基础	34
*§ 4-5 广义相对论简介	36

第五章 气体动理论	37
§ 5-1 平衡态 理想气体物态方程	37
§ 5-2 理想气体的微观模型	38
§ 5-3 理想气体的压强和温度公式	38
§ 5-4 能量均分定理 理想气体的内能	39
§ 5-5 麦克斯韦速率分布律	40
§ 5-7 分子碰撞和平均自由程	43
* § 5-8 气体的输运现象	44
* § 5-9 真实气体 范德瓦耳斯方程	45
第六章 热力学基础	46
§ 6-1 热力学第零定律和第一定律	46
§ 6-2 热力学第一定律对于理想气体准静态过程的应用	47
§ 6-3 循环过程 卡诺循环	48
§ 6-4 热力学第二定律	50
§ 6-5 可逆过程与不可逆过程 卡诺定理	51
§ 6-6 熵 玻耳兹曼关系	52
§ 6-7 熵增原理 热力学第二定律的统计意义	53
* § 6-8 耗散结构 信息熵	53
第七章 静止电荷的电场	54
§ 7-1 电荷 库仑定律	54
§ 7-2 静电场 电场强度	55
§ 7-3 静电场的高斯定理	57
§ 7-4 静电场的环路定理 电势	60
§ 7-5 电场强度与电势的微分关系	61
§ 7-6 静电场中的导体	63
§ 7-7 电容器的电容	66
§ 7-8 静电场中的电介质	68
§ 7-9 有电介质时的高斯定理和环路定理 电位移	69
§ 7-10 静电场的能量	71
第八章 恒定电流的磁场	74
§ 8-1 恒定电流	74
§ 8-2 磁感应强度	76
§ 8-3 毕奥-萨伐尔定律	78
§ 8-4 恒定磁场的高斯定理与安培环路定理	80
§ 8-5 带电粒子在电场和磁场中的运动	83

§ 8-6	磁场对载流导线的作用	85
§ 8-7	磁场中的磁介质	87
§ 8-8	有磁介质时的安培环路定理和高斯定理 磁场强度	87
§ 8-9	铁磁质	90
第九章	电磁感应 电磁场理论	91
§ 9-1	电磁感应定律	91
§ 9-2	动生电动势	93
§ 9-3	感生电动势 感生电场	95
§ 9-4	自感应和互感应	98
§ 9-5	磁场的能量	100
§ 9-6	位移电流 电磁场理论	101
第十章	机械振动和电磁振荡	104
§ 10-1	谐振动	104
§ 10-2	阻尼振动	117
§ 10-3	受迫振动 共振	117
§ 10-4	电磁振荡	119
§ 10-5	一维谐振动的合成	120
* § 10-6	二维谐振动的合成	120
* § 10-7	振动的分解 频谱	121
* § 10-8	非线性振动与混沌	122
第十一章	机械波和电磁波	123
§ 11-1	机械波的产生和传播	123
§ 11-2	平面简谐波的波函数	125
§ 11-3	平面波的波动方程	128
§ 11-4	波的能量 波的强度	129
* § 11-5	声波 超声波 次声波	129
§ 11-6	电磁波	130
§ 11-7	惠更斯原理 波的衍射 反射和折射	131
§ 11-8	波的叠加原理 波的干涉 驻波	131
§ 11-9	多普勒效应 冲击波	135
第十二章	光学	136
* § 12-1	几何光学简介	136
§ 12-2	相干光	137
§ 12-3	双缝干涉	138
§ 12-4	光程与光程差	141

§ 12-5	薄膜干涉	142
*§ 12-6	迈克耳孙干涉仪	145
§ 12-7	光的衍射现象 惠更斯-菲涅耳原理	146
§ 12-8	单缝的夫琅禾费衍射	147
§ 12-9	圆孔的夫琅禾费衍射 光学仪器的分辨本领	149
§ 12-10	光栅衍射	150
*§ 12-11	X射线的衍射	154
§ 12-12	光的偏振状态	155
§ 12-13	起偏和检偏 马吕斯定律	156
§ 12-14	反射和折射时光的偏振	157
*§ 12-15	光的双折射	159
*§ 12-16	偏振光的干涉 人为双折射	162
*§ 12-17	旋光性	162
*§ 12-18	现代光学简介	163
第十三章	早期量子论和量子力学基础	164
§ 13-1	热辐射 普朗克的能量子假设	164
§ 13-2	光电效应 爱因斯坦的光子理论	166
§ 13-3	康普顿效应	167
§ 13-4	氢原子光谱 玻尔的氢原子理论	168
§ 13-5	德布罗意波 微观粒子的波粒二象性	169
§ 13-6	不确定性原理	171
§ 13-7	波函数及其统计诠释	172
§ 13-8	薛定谔方程	172
§ 13-9	一维定态薛定谔方程的应用	173
§ 13-10	量子力学中的氢原子问题	174
§ 13-11	电子的自旋 原子的电子壳层结构	174
*第十四章	激光和固体的量子理论	176
§ 14-1	激光	176
§ 14-2	固体的能带结构	177
§ 14-3	半导体	178
§ 14-4	超导体	180
§ 14-5	团簇和纳米材料	181
*第十五章	原子核物理和粒子物理简介	183
§ 15-1	原子核的基本性质	183

§ 15-2 原子核的结合能 裂变和聚变	184
§ 15-3 原子核的放射性衰变	184
§ 15-4 粒子物理简介	184
§ 15-5 宇宙学简介	185
拓展思考题	186
一、有没有加加速度?	186
二、雨中快跑能少淋雨吗?	186
三、在引力作用下,人造卫星和行星作什么运动? 为何卫星可以 回收而行星不会掉到太阳上?	189
四、地球卫星受阻后,动能会减小吗?	192
五、荡秋千时怎样能越荡越高?	193
六、小球紧贴大球自由落地后,小球能弹跳多高?	194
七、乒乓球向前运动后,怎么会后退呢?	195
八、列车会被雷电击中吗?	196
九、怎样解释孪生子效应?	198
十、高速运动的物体看上去是什么样子?	199
十一、最概然动能与最概然速率对应吗?	201
十二、单位时间内有多少分子碰撞了单位壁面?	202
十三、分子平均相对速率 $\bar{u}$ 与分子平均速率 $\bar{v}$ 有何关系?	204
十四、冰箱可以替代空调降温吗?	205
十五、进化论与热力学第二定律是否矛盾?	207
十六、电场能量是否符合叠加原理?	208
十七、静电复印机是怎样工作的?	209
十八、电容器作为传感器应用的原理?	210
十九、磁铁产生的磁场与电流产生的磁场在本质上是否相同?	211
二十、到达地球北极和南极的宇宙射线数量为什么比赤道附近要多?	212
二十一、什么是巨磁电阻效应? 它有什么应用?	213
二十二、如果要设计一个大电感的线圈,从哪些方面着手? 它们的利弊 如何?	214
二十三、电磁污染对人体有无影响?	216
二十四、弹簧振子的振动周期与金属丝的粗细、簧圈半径等有何关系?	217
二十五、考虑单摆摆球的大小以及悬线的质量,单摆的周期将是如何?	218
二十六、沙摆的周期如何变化?	218
二十七、水波是怎样的波动?	220
二十八、两个频率相同的驻波能叠加成为行波吗?	221

二十九、双缝干涉实验装置改变时,干涉条纹如何变化?	223
三十、在薄膜干涉问题中,在什么情况下要考虑附加光程差 $\lambda/2$?	224
三十一、圆孔衍射图样的中心是否一定是亮点?	227
三十二、透过丝绸等织物的衍射图像是怎样的?	229
三十三、双缝干涉实验装置中加上偏振片,干涉条纹如何变化?	231
三十四、光电效应中一个电子能吸收多个光子吗?	231
三十五、光电效应和康普顿效应都包含有电子与光子的相互作用,这两 过程有什么不同?	232
三十六、光子有没有隧道效应?	233
三十七、太阳能电池和发光二极管是怎样工作的?	234
三十八、播放器和计算机的光盘是如何存储和读出信息的? 为什么在阳光 下会反射出彩色的条纹?	235
三十九、航天器返回地球时都会遭遇到一个“黑障区”,黑障区是如何 形成的? 为什么发射时没有黑障区?	237
四十、全球定位系统为什么要考虑相对论效应?	238
四十一、中国古代对物理科学有贡献吗? 为什么在近代科学史上鲜有 中国人的足迹?	240

第一章 运动和力

§ 1-1 质点运动的描述

1-1-1 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又有沿 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:速度是描述物体运动的方向和快慢的物理量,它是矢量,是位矢 r 的时间变化率.速率是速度的大小,它是标量,等于路程 s 对时间的一阶导数.

加速度是描述速度变化的快慢和方向的物理量,它也是个矢量,是速度 v 的时间变化率.因而速度为零时,它的变化率不一定为零;反之,加速度为零时,仅指物体运动的速度保持不变.

(1) 一物体具有加速度而其速度为零,是可能的.例如,竖直上抛物体运动到最高点的时刻,物体的速度为零,但加速度不为零(加速度等于重力加速度).弹簧振子在水平面上振动时,在位移达到最大值时,速度为零,而加速度不为零.

(2) 一物体具有恒定的速率但仍有变化的速度,是可能的.例如,物体作匀速率圆周运动时,速度的大小(即速率)不变,但其方向不断变化着,因而其速度始终在变化.

(3) 一物体具有恒定的速度但仍有变化的速率,是不可能的.因为速度是矢量,恒定的速度是指速度的大小和方向都没有变化.

(4) 一物体具有沿 Ox 轴正方向的加速度而又有沿 Ox 轴负方向的速度,是可能的.例如,物体作匀减速直线运动时,其加速度方向和速度方向相反.

(5) 一物体的加速度大小恒定而其速度的方向在改变,是可能的.例如,物体作抛体运动时,其加速度的大小和方向恒定,为重力加速度,而其速度(大小和方向)却时刻变化着.又如,物体在水平面上作匀速率圆周运动,其向心加速度的大小恒定不变,但其速度的方向处处沿圆周的切线方向,即速度的方向在改变着.

1-1-2 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) 位移和路程都是描写质点位置的物理量. 位移是以质点在 Δt 时间内从起点到终点的有向线段来表示, 而路程是在 Δt 时间内质点实际路径的长度, 因而位移是矢量, 路径是标量. 在图 1-1 中, $\Delta \mathbf{r} (= \overrightarrow{P_1 P_2})$ 是位移, $\Delta s (= \widehat{P_1 P_2})$ 是路程. 在一般情况下, 如在曲线运动中位移的大小 $|\Delta \mathbf{r}|$ 与路程并不相等, 只有在 Δt 很短的情况下, 质点的位移和运动轨迹才可以近似地看作重合; 在 Δt 的极限情况下, 位移与轨迹重合, 位移的大小才等于路程 $|\mathrm{d}\mathbf{r}| = \mathrm{d}s$, 在直线运动中, 如运动方向不变, 则质点的位移的大小与路程相等.

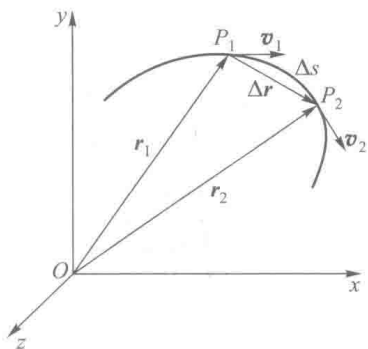


图 1-1

(2) 平均速度定义为 $\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$, 它是矢量. 平均速率定义为 $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, 它是标量. 在一般情况下, 在相同的时间内 $|\Delta \mathbf{r}| \neq \Delta s$, 所以平均速度和平均速率并不相等. 例如, 质点在运动过程中, 经过一段时间后回到原处, 路程不为零, 而位移则为零, 即平均速度为零, 而平均速率不为零. 只有在运动方向不变的直线运动中, 平均速度在量值上才和平均速率相等.

瞬时速度是时间 Δt 趋于零时平均速度的极限, 即 $\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{\mathbf{v}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{\mathrm{d}\mathbf{r}}{\mathrm{d}t}$.

瞬时速度和平均速度都是矢量. 一般情况下, 它们不仅量值不同, 方向也不同. 平均速度的方向是 Δt 时间内位移 $\Delta \mathbf{r}$ 的方向, 而瞬时速度的方向是 $\Delta t \rightarrow 0$ 时沿运动轨迹的切线方向. 只有在匀速直线运动中, 瞬时速度和平均速度才相等.

瞬时速率是指瞬时速度的大小, 瞬时速率和平均速率都是标量. 平均速率的大小等于单位时间内所经过的路程. 只有在匀速直线运动中, 瞬时速率才与平均速率相等.

1-1-3 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:(1) 运动物体的加速度很大,说明物体运动速度在变化着,其变化率很大,并不是运动的速度很大,所以“运动物体的加速度越大,物体的速度也越大”的说法是不对的.例如,弹簧振子在位移最大处,其加速度最大,而速度却为零.

(2) 物体作直线运动时,如果向前运动的加速度减小,表明向前运动的速度变化率在减小,但向前运动的速度还是因加速度存在而继续增大,但增大得缓慢些.即使加速度减为零时,物体仍向前作匀速直线运动,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.物体速度的值不变,但速度的方向可以改变,因而也有加速度,即法向加速度.例如,物体作匀速率圆周运动时,其法向加速度 $a_n = \frac{v^2}{R}$,如 v 的值很大,就可以得到很大的加速度.

1-1-4 设质点的运动学方程 $x=x(t)$, $y=y(t)$, 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

$$v = \frac{dr}{dt} \quad \text{及} \quad a = \frac{d^2 r}{dt^2}$$

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:在计算速度和加速度的大小时,后面一个方法是正确的.前面一个计算方法错误在于忽视了位移、速度和加速度的矢量性.质点的速度按定义是 $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$,

而不是 $v = \frac{dr}{dt}$. $|\mathbf{dr}|$ 和 dr 的意义不同. $|\mathbf{dr}|$ 是位矢增量 $\mathbf{dr}$ 的大小, 而 dr 是位矢 $\mathbf{r}_2$ 和 $\mathbf{r}_1$ 大小的差值, 即 $r_2 - r_1$ 的极值, 所以 $|\mathbf{dr}| \neq dr$. $\frac{dr}{dt}$ 给出的只是位矢大小的时间变化率. 按速度定义应为

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

速度的大小为

$$|\mathbf{v}| = \left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2}$$

同样, 加速度的大小应为

$$|\mathbf{a}| = \left| \frac{d\mathbf{v}}{dt} \right| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{\left(\frac{dv_x}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dv_y}{dt} \right)^2}$$

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

$$\mathbf{v} = v_r(t)\mathbf{e}_r + v_\theta(t)\mathbf{e}_\theta \quad \text{和} \quad \mathbf{a} = a_r(t)\mathbf{e}_r + a_\theta(t)\mathbf{e}_\theta$$

其中

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

所以, 前者求出的只是速度 $\mathbf{v}$ 和加速度 $\mathbf{a}$ 的径向分量.

§ 1-2 抛体运动

1-2-1 “由于在抛体运动中物体的速度一直在变化, 所以物体有随时间变化的加速度.” 这个说法对不对?

答: 这个说法是不对的. 抛体运动中物体仅受到方向向下的重力作用, 因此只有与外力方向不变的重力加速度, 其大小为 g , 也是不变的. 至于速度的变化, 正是由于重力加速度的存在才产生了相应的速度变化.

§ 1-3 圆周运动和一般曲线运动

1-3-1 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:(1) 匀加速运动不一定是直线运动.例如抛体运动,它的加速度为大小和方向都不变的重力加速度 g ,虽然速度 v 的方向总是沿着轨迹的切线方向,但其增量 $d\mathbf{v}$ 的方向始终与 g 一致,所以抛体运动也是匀加速运动.

(2) 在圆周运动中,加速度的方向不一定指向圆心.因为在变速率圆周运动中,质点运动的速度和大小都有变化,所以不仅有向心(法向)加速度,还有切向加速度,其合加速度就不再指向圆心.

1-3-2 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:(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”,这种说法是正确的.因为物体作曲线运动时,它的速度方向在不断地变化,因而一定存在法向加速度.

(2) “物体作曲线运动时,速度一定在运动轨迹的切线方向,法向分速度等于零,因此其法向加速度也一定等于零”,这种说法是错误的.因为法向加速度反映物体运动速度方向的变化.

物体作曲线运动时,其速度大小 $v = \frac{ds}{dt}$,方向总是沿着轨迹的切线方向.

它的加速度在自然坐标系中可分解为以下两个分量:法向加速度 $a_n = \frac{v^2}{\rho}$,其

方向与速度方向垂直,反映速度方向的变化;切向加速度 $a_t = \frac{dv}{dt}$,其方向有两种可能,或与速度方向相同,或与速度方向相反,前者为加速运动情形,后者为减速运动情形.其合加速度一定不与速度方向垂直,但一定指向轨迹的凹侧.

1-3-3 一个作平面运动的质点,它的运动方程是 $\mathbf{r}=\mathbf{r}(t)$, $\mathbf{v}=\mathbf{v}(t)$,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) 质点作平面运动时, $\frac{dr}{dt}=0$ 表明质点在运动过程中,它的径矢 $\mathbf{r}$ 的

大小保持不变; $\frac{d\mathbf{r}}{dt} \neq 0$ 表明质点运动的速度不为零,即径矢 $\mathbf{r}$ 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 $\mathbf{v}$ 的大小保持不变; $\frac{d\mathbf{v}}{dt} \neq 0$ 表明质点运动的加速度不为零.在速度大小保持不变的情况下,只有速度 $\mathbf{v}$ 的方向在变化.因此质点作匀速率曲线运动.

1-3-4 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:(1) 在圆周运动中,质点的加速度不一定和速度方向垂直.因为质点运动的速度不仅方向随时间变化,大小也可能随时间变化,所以不仅有法向加速度,还有切向加速度,因而合加速度不一定与速度方向垂直.只有在匀速率圆周运动中,其加速度只有法向加速度,才和速度方向垂直.

(2) 在任意曲线运动中,如质点的运动速度只有方向在变化,这时加速度就只有法向加速度,其方向与速度方向垂直,并指向质点所在处曲线的曲率中心.

1-3-5 一质点沿轨道 $ABCDEFGG$ 运动,按图 1-2 中所标定的速度与加速度方向分析各点的运动情况,把答案填入下表.

点 \ 情况	A	B	C	D	E	F	G
运动是否可能							
速度将增大还是减小							
速度方向将变化否							

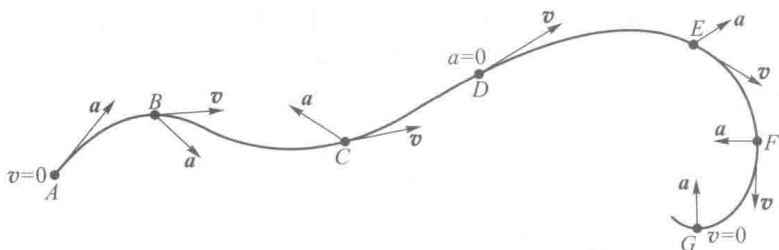


图 1-2

答:

点 情况	A	B	C	D	E	F	G
运动是否可能	是	是	是	是	否	是	否
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	

§ 1-4 相对运动

1-4-1 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:在恒定速度运动的火车上,竖直上抛一石子,此石子一定能落入人手中. 因为相对火车的参考系,石子上抛后没有水平方向的速度,因而能落入那人手中.

如果石子抛出后,火车以恒定的加速度前进,此时,抛出的石子相对火车参考系,有了水平运动速度,所以石子不能落入那人手中.

1-4-2 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?

答:汽车前进的速度 v 是相对地面的,雨滴下落的速度 v' 也是相对地面的,所以雨滴相对汽车的速度为

$$\boldsymbol{v}_{\text{雨对车}} = \boldsymbol{v}_{\text{雨对地}} - \boldsymbol{v}_{\text{车对地}}$$

由于汽车的速度和雨滴的速度相互垂直,利用矢量图(参看图 1-3)可得

$$v_{\text{雨对车}} = \sqrt{v_{\text{雨对地}}^2 + v_{\text{车对地}}^2} = \sqrt{v'^2 + v^2}$$

与竖直方向的夹角

$$\theta = \arctan \frac{v_{\text{车对地}}}{v_{\text{雨对地}}} = \arctan \frac{v}{v'}$$

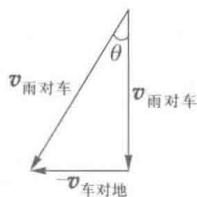


图 1-3

§ 1-5 牛顿运动定律 力学中的常见力

1-5-1 回答下列问题:

(1) 物体的运动方向和合外力方向是否一定相同?