

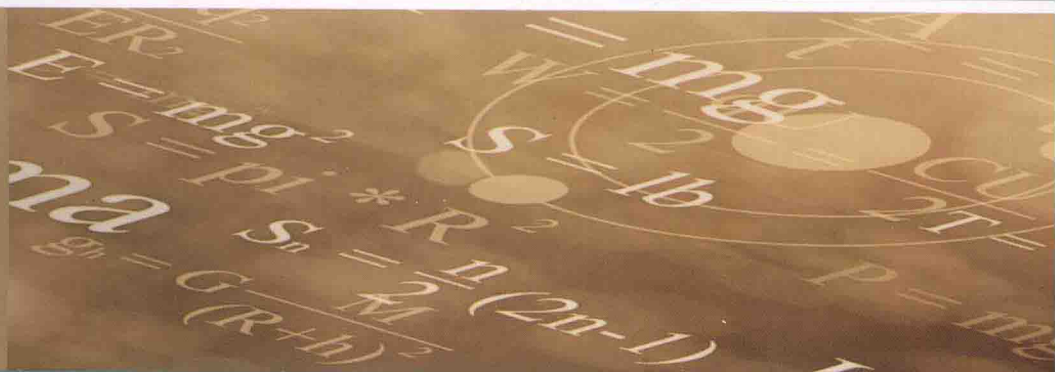


普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套辅导书

大学物理学

(第二版) 习题分析与解答

College Physics
Student Solutions



主编 杨 军

副主编 章 曦 王 慧 马书云 刘翠翠 吴方平

高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

大学物理学

(第二版) 习题分析与解答

Daxue Wulixue (Di Er Ban) Xiti Fenxi yu Jieda

主编 杨 军

副主编 章 曦 王 慧 马书云 刘翠翠 吴方平

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是与吴王杰教授主编的《大学物理学》(第二版)配套使用的教学辅导书。全书分力学、热学、电磁学、机械振动和波动、波动光学及近代物理6篇共计25章。每章内容包括重点难点总结、解题思路分析和详细的习题解答,在每道题的解答过程中还给出了简要分析,以帮助读者通过物理习题的剖析理解物理学原理,掌握解决实际问题的能力。

本书可供高等学校理工科学生使用,也可作为电大及成人自学考试及硕士研究生入学考试的参考书,还可供各类高校从事物理教学的教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学(第二版)习题分析与解答/杨军主编
--北京:高等教育出版社,2015.6
ISBN 978-7-04-042755-4

I. ①大… II. ①杨… III. ①物理学-高等学校-题解 IV. ①O4-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第101247号

策划编辑 程福平
插图绘制 邓超

责任编辑 程福平
责任校对 陈杨

封面设计 王琰
责任印制 毛斯璐

版式设计 马敬茹

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 三河市骏杰印刷有限公司
开本 787mm×960mm 1/16
印张 15
字数 270千字
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.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版次 2015年6月第1版
印次 2015年6月第1次印刷
定价 26.80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 42755-00

前 言

本书是与吴王杰教授主编的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《大学物理学》(第二版)相配套的教辅用书。

本书根据教育部物理基础课程教学指导分委员会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版),结合教学实践中学生反映的带有普遍性的问题进行编写。内容安排上按照力学、热学、电磁学、机械振动和波动、波动光学及近代物理5个篇章进行编写,与主教材各章节对应,每章包括重点难点总结、解题思路分析和详细的习题解答。

本书第1—5章由杨军编写;第6—8章由刘翠翠编写;第9—14章由章曦编写;第15—16章由吴方平编写;第17—19章由马书云编写;第20—25章由王慧编写;全书由杨军统稿和定稿。

解放军理工大学理学院物理课程组的全体老师为本书的编写提出了很多建设性的意见和建议,特别是武文远教授、王晓教授、吴王杰教授、韩仙华教授、龚艳春教授、张明副教授等对本书的撰写给予了具体的指导和建议学院的各级领导为本书的编写给予了大力支持,在此一并表示感谢!

编者

2015年1月

目 录

第一章	质点运动学	1
第二章	牛顿运动定律	12
第三章	动量与角动量	22
第四章	功和能	31
第五章	刚体的定轴转动	43
第六章	气体动理论	55
第七章	热力学第一定律	66
第八章	热力学第二定律	77
第九章	电荷与静电场	83
第十章	静电场中的导体和电介质	95
第十一章	恒定电流和恒定磁场	107
第十二章	物质的磁性	120
第十三章	电磁感应	124
第十四章	电磁场	136
第十五章	机械振动	140
第十六章	机械波和电磁波	157
第十七章	光的干涉	172
第十八章	光的衍射	181
第十九章	光的偏振	190
第二十章	狭义相对论基础	197
第二十一章	光的量子性	208
第二十二章	微观粒子的波动性和状态描述	215
第二十三章	薛定谔方程	221
第二十四章	原子中的电子	226
第二十五章	固体中的电子	232

第一章 质点运动学

重点难点

重点 理解和掌握描述物体机械运动物理量的物理意义,如位置矢量、位移、速度和加速度等概念;掌握运动学中的两类问题的求解方法:第一类问题是已知质点的运动方程求速度和加速度,第二类问题是已知初始位置、初速度和加速度求质点的运动方程;掌握圆周运动中的角速度、角加速度、切向加速度、法向加速度等概念,线量与角量之间的对应关系,特别是圆周运动切向加速度和法向加速度的物理意义;理解伽利略速度变换公式,并能利用它求解质点的相对运动问题,认真思考伽利略变换的适用范围.

难点 位置矢量、位移、速度、加速度等物理量的矢量性、瞬时性、叠加性、相对性的理解;运动学的两类问题的解决方法及其灵活应用.

解题思路

要确定描述物体机械运动的物理量,就需要先选择合适的参考系和坐标系,然后才能根据各物理量的定义求解.比较常用的坐标系是笛卡儿坐标系、柱坐标系以及极坐标系,求解过程中要特别注意各物理量的矢量性、瞬时性、叠加性和相对性.对于运动学第一类问题,采用的方法一般是求导,对于第二类问题,采用的方法一般是积分,在对实际问题的积分过程中往往还要进行分离变量,进行一定的数学变换.对于矢量运算要注意方向性,一般可先分解到各分坐标上进行代数运算,再进行矢量合成.

一、选择题

1. 下列说法中,正确的是 ()
- A. 一物体若具有恒定的速率,则没有变化的速度
 - B. 一物体具有恒定的速度,但仍有变化的速率
 - C. 一物体具有恒定的加速度,则其速度不可能为零
 - D. 一物体具有沿 x 轴正方向的加速度,其速度有可能沿 x 轴的负方向

答案:D

简要分析:本题考查对速度、速率和加速度等概念的理解,速度和位矢是描述物体机械运动状态的两个基本物理量,速度既有大小也有方向,速度的大小等于速率,加速度是单位时间内速度的改变,也具有方向性.

2. 某质点作直线运动的运动方程为 $x=3t-5t^3+6$ (SI 单位), 则该质点作 ()

- A. 匀加速直线运动, 加速度沿 x 轴正方向
- B. 匀加速直线运动, 加速度沿 x 轴负方向
- C. 变加速直线运动, 加速度沿 x 轴正方向
- D. 变加速直线运动, 加速度沿 x 轴负方向

答案:D

简要分析:本题属于运动学的第一类问题, 已知运动方程求速度加速度等物理量. 采取的方法是先根据运动方程对时间求导, 再代入相应的数据求解. 本题 v

$=\frac{dx}{dt}=3-15t^2$, $a=\frac{dv}{dt}=-30t$, 所以加速度随时间变化, 方向沿 x 轴负方向.

3. 如图 1-1 所示, 路灯距地面高为 h_0 , 行人身高为 h , 若人以匀速 v 背向路灯行走, 则人头影子移动的速度 u 为 ()

- A. $\frac{h_0-h}{h_0}v$
- B. $\frac{h_0}{h_0-h}v$
- C. $\frac{h}{h_0}v$
- D. $\frac{h_0}{h}v$

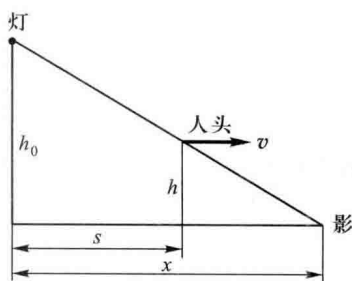


图 1-1 选择题 3 图

答案:B

简要分析:如图 1-1 所示, 设人头影子到灯杆的距离为 x , 则

$$\frac{x-s}{x} = \frac{h}{h_0}, \quad \text{即 } x = \frac{h_0}{h_0-h}s$$
$$u = \frac{dx}{dt} = \frac{h_0}{h_0-h} \frac{ds}{dt} = \frac{h_0}{h_0-h}v$$

所以答案是 B.

4. 一质点的运动方程为 $\mathbf{r}=x(t)\mathbf{i}+y(t)\mathbf{j}$, 其中 t_1 时刻的位矢为 $\mathbf{r}_1=x(t_1)\mathbf{i}+y(t_1)\mathbf{j}$. 问质点在 t_1 时刻的速率是 ()

- A. $\left. \frac{d|\mathbf{r}_1|}{dt} \right|_{t=t_1}$
- B. $\left. \frac{d\mathbf{r}_1}{dt} \right|_{t=t_1}$
- C. $\left. \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right|_{t=t_1}$
- D. $\left. \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \right|_{t=t_1}$

答案:D

简要分析:本题考查对速度和速率关系的理解,根据速率的概念,速率等于

速度矢量的模,所以速率为 $\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \Big|_{t=t_1}$.

5. 一物体从某一确定高度以 v_0 的初速度水平抛出,已知它落地时的速度为 v_t ,那么它的运动时间是 ()

- A. $\frac{v_t - v_0}{g}$ B. $\frac{v_t - v_0}{2g}$ C. $\frac{\sqrt{v_t^2 - v_0^2}}{g}$ D. $\frac{v_t^2 - v_0^2}{2g}$

答案:C

简要分析:根据速度的合成与分解, $v_{ty} = \sqrt{v_t^2 - v_0^2} = gt$, $t = \sqrt{v_t^2 - v_0^2} / g$, 所以答案是 C.

6. 质点作圆周运动时,下列说表述中正确的是 ()

- A. 速度方向一定指向切向,加速度方向一定指向圆心
B. 速度方向一定指向切向,加速度方向也一般指向切向
C. 由于法向分速度为 0,所以法向加速度也一定为 0
D. 切向加速度仅由速率的变化引起

答案:D

简要分析:质点作圆周运动时,一般有切向加速度和法向加速度,总加速度是它们的矢量和,加速度的方向一般既不指向圆心也不指向切向.A、B 和 C 显然都是错误的,而切向加速度是由速度大小的变化引起的,因此 D 是正确的.

7. 在作自由落体运动的升降机内,某人竖直上抛一弹性球,此人会观察到 ()

- A. 球匀减速地上升,达最大高度后匀加速下落
B. 球匀速地上升,与顶板碰撞后匀加速下落
C. 球匀减速地上升,与顶板接触后停留在那里
D. 球匀减速地上升,达最大高度后停留在那里

答案:B

简要分析:作自由落体的升降机内的人与球之间没有相对加速度.所以答案是 B.

8. 某人在由北向南行驶,速率为 $36 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的汽车上,测得风从西边吹来,大小为 $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,则实际风速大小和方向为 ()

- A. 0
B. $14.14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 西南风
C. $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 西南风

D. $14.14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 西北风

答案:D

简要分析: 本题考查速度的合成与分解, 相对速度加上牵连速度等于绝对速度, 如图 1-2 所示, 由题意可知, 已知牵连速率 v_0 为 $36 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (即 $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), 而相对速率 v' 为 $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 所以绝对速率 v 为 $14.14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 方向指向东南. 所以答案是 D.

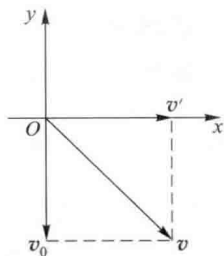


图 1-2 选择题 8 图

二、填空题

1. 一质点沿 x 轴运动, 运动方程为 $x = 3 + 5t + 6t^2 - t^3$ (SI 单位). 则质点在 $t = 0$ 到 $t = 1 \text{ s}$ 过程中的平均速度 $\bar{v} =$ _____ m/s ; 质点在 $t = 1 \text{ s}$ 时刻的速度 $v =$ _____ m/s .

答案: 10; 14

简要分析: 本题为运动学的第一类问题, 已知运动方程求其他各物理量, 采取的方法是先将运动方程对时间求导, 然后带入相关数据求解. 根据平均速度定义,

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_1 - x_0}{(1-0)\text{s}} = 10 \text{ m/s.}$$

质点在任意时刻的速度 $v = \frac{dx}{dt} = 5 + 12t - 3t^2$, 因此质点

在 $t = 1 \text{ s}$ 时刻的速度 $v_1 = 14 \text{ m/s}$.

2. 两辆车 A 和 B, 在笔直的公路上同向行驶, 它们从同一起始线上同时出发, 并且由出发点开始计时, 行驶的距离 x 与行驶时间 t 的函数关系式: $x_A = 4t + t^2$, $x_B = 2t^2 + 2t^3$ (SI 单位), 则:

(1) 它们刚离开出发点时, 行驶在前面的一辆车是 _____;

(2) 出发后, 两辆车行驶距离相同的时刻是 _____;

(3) 出发后, B 车相对 A 车速度为零的时刻是 _____.

答案: (1) A; (2) $t = 1.19 \text{ s}$; (3) $t = 0.67 \text{ s}$

简要分析: (1) 两车的速度分别为

$$v_A = \frac{dx_A}{dt} = 4 + 2t$$

$$v_B = \frac{dx_B}{dt} = 4t + 6t^2$$

可得: $t = 0$ 时 $v_A > v_B$, 即刚开始时 A 车行驶在前面.

(2) 由 $x_A = x_B$, 可得 $t = 1.19 \text{ s}$.

(3) 由 $v_A = v_B$, 可得 $t = 0.67 \text{ s}$.

3. 一质点以初速 v_0 , 抛射角为 θ_0 作斜抛运动, 则到达最高处的速度大小为 _____, 切向加速度大小为 _____, 法向加速度大小为 _____, 合

加速度大小为_____.

答案: $v_0 \cos \theta_0; 0; g; g$

简要分析:在最高点,竖直方向速度为0,只有水平速度,因此最高处的速度大小为 $v_0 \cos \theta_0$.在最高点切向就是水平方向,法向就是竖直向下方向,因此切向加速度大小为0,法向加速度大小为 g ,合加速度大小为 g .

4. 一物体作如图 1-3 所示的斜抛运动,测得在轨道 A 点处速度 v 的方向与水平方向夹角为 30° .则物体在 A 点切向加速度大小为_____ m/s^2 .

答案: 4.9

简要分析:本题是斜抛运动,在运动过程中加速度始终不变,因此物体在 A 点的加速度大小就是重力加速度的大小 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.切向加速度沿速度反方向,大小为 $g \cos 60^\circ = 4.9 \text{ m/s}^2$.

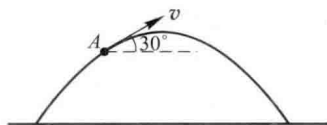


图 1-3 填空题 4 图

5. 一质点从静止出发沿半径为 3 m 的圆周运动,切向加速度大小为 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$,则经过_____ s 后它的总加速度恰好与半径成 45° 角.在此时间内质点经过的路程为_____ m,角位移为_____ rad,在 1 s 末总加速度大小为_____ $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

答案: 1; 1.5; 0.5; 4.2

简要分析:(1) 总加速度恰好与半径成 45° 角时 $a_n = a_t$, 根据

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(a_t t)^2}{R} = a_t$$

得

$$t = \sqrt{\frac{R}{a_t}} = 1 \text{ s}$$

$$(2) s = \frac{1}{2} a_t t^2 = 1.5 \text{ m}$$

$$(3) \Delta\varphi = \frac{s}{2\pi R} \cdot 2\pi = \frac{s}{R} = 0.5 \text{ rad}$$

(4) 1 s 末

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(a_t t)^2}{R} = 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2},$$

所以

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = 3\sqrt{2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 4.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

6. 若地球的自转速率快到使得在赤道上的法向加速度为 g ,则一天的时间应为_____ h. (地球半径 $R = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$.)

答案: 1.41

简要分析:由 $\omega^2 R = g$, $\omega = \sqrt{\frac{g}{R}}$, 得到

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} = 5.075 \text{ s} = 1.41 \text{ h}$$

7. 一列车以 $5.66 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 的加速度在平面直铁道上行驶, 小球在车厢中自由下落, 则小球相对于车厢中乘客的加速度大小为 _____ $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, 加速度与铅垂直的夹角为 _____.

答案: 11.3; 30°

简要分析: 如图 1-4 所示, 小球相对于地面的加速度, 即绝对加速度是 g . 列车的加速度, 即牵连加速度 a_0 , 大小 $a_0 = 5.66 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, 所以小球的相对加速度 a' 为

$$a' = g - a_0$$

得 a' 的大小为

$$a' = \sqrt{g^2 + a_0^2} = 11.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

与竖直方向的夹角

$$\theta = \arcsin(a_0/a') = 30^\circ$$

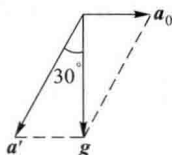


图 1-4 填空题 7 图

三、计算题

1. 半径为 R 的轮子在水平面上以角速度 ω 作无滑动滚动时, 轮边缘上任一质点的运动学方程为 $\mathbf{r} = (\omega R t - R \sin \omega t) \mathbf{i} + (R - R \cos \omega t) \mathbf{j}$, 其中 $\mathbf{i}$ 、 $\mathbf{j}$ 分别为直角坐标轴 x 、 y 上的单位矢量, 试求该质点的速率和加速度的大小.

简要分析: 本题属于运动学的第一类问题, 已知运动方程求解各物理量. 采用的方法是将运动方程对时间求导, 分别得出速度、加速度等表达式, 然后代入数据求解, 需要注意的是一般采用分量形式, 将矢量运算转化为标量运算.

解: 质点运动的分量方程为

$$\begin{cases} x = \omega R t - R \sin \omega t \\ y = R - R \cos \omega t \end{cases}$$

对上式的分量 x 、 y 分别对时间 t 求导, 得到速度的分量式

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \omega R - \omega R \cos \omega t, v_y = \frac{dy}{dt} = \omega R \sin \omega t$$

速度的大小及速率为

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(\omega R - \omega R \cos \omega t)^2 + (\omega R \sin \omega t)^2} \\ &= \omega R \sqrt{(1 - \cos \omega t)^2 + \sin^2 \omega t} \\ &= 2\omega R \frac{\sin \omega t}{2} \end{aligned}$$

再对速度的分量 v_x 、 v_y 分别对时间 t 求导, 得到加速度的分量式

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \omega^2 R \sin \omega t, a_y = \frac{dv_y}{dt} = \omega^2 R \cos \omega t$$

加速度的大小

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \omega^2 R$$

2. 一质点运动的加速度为 $\mathbf{a} = 2t\mathbf{i} + 3t^2\mathbf{j}$ (SI 单位), 初始速度与初始位移均为 0, 求该质点的运动学方程以及 2 s 时该质点的速度.

简要分析: 本题属于运动学的第二类问题, 已知已知加速度、初速度和初始位置求质点的运动方程, 采取的一般方法是逐步积分, 进而得出运动方程.

解: 质点的速度为

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \int \mathbf{a} dt = t^2\mathbf{i} + t^3\mathbf{j}$$

运动方程为

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + \int \mathbf{v} dt = \frac{1}{3}t^3\mathbf{i} + \frac{1}{4}t^4\mathbf{j}$$

所以, 2 s 时质点的速度为

$$\mathbf{v} = (4\mathbf{i} + 8\mathbf{j}) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

3. 一艘正以 v_0 作匀速直线行驶的舰艇, 关闭发动机后, 得到一个与舰速反向、大小与舰速平方成正比的加速度, 即 $dv/dt = -kv^2$, k 为一常量, 求证舰艇在行驶距离 x 时的速率为 $v = v_0 e^{-kx}$.

简要分析: 本题为变加速度问题, 解题的方法是根据加速度的定义, 利用分离变量的数学技巧, 再积分得出速率与行驶距离的对应关系.

解: 已知 $\frac{dv}{dt} = -kv^2$, 对上式分离变量 $\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = v \frac{dv}{dx}$, 得到

$$v \frac{dv}{dx} = -kv^2$$

$$dx = -\frac{dv}{kv}$$

对上式两边分别积分

$$\int_0^x dx = \int_{v_0}^v -\frac{dv}{kv}$$

得到

$$x = -\frac{1}{k} (\ln v - \ln v_0) = -\frac{1}{k} \ln \frac{v}{v_0}$$

$$v = v_0 e^{-kx}$$

4. 一质点初始时从原点开始以速度 v_0 沿 x 轴正向运动, 设运动过程中质点

的加速度为 $a = -kx^2$, 求质点在 x 轴正向前进的最远距离.

简要分析: 本题也为变加速度问题, 加速度是与位置有关的变量, 解决问题的方法也是利用加速度的定义结合分离变量的方法积分得出结果.

解: 已知 $x_0 = 0, v_0$ 和 $a = -kx^2$, 运用分离变量, 得

$$v \frac{dv}{dx} = -kx^2, \quad v dv = -kx^2 dx$$

对上式两边分别积分

$$\int_{v_0}^v v dv = \int_0^x -kx^2 dx$$

得到

$$\frac{1}{2}(v^2 - v_0^2) = -kx^3/3$$

当 $v = 0$ 时, 质点前进的距离最远, 即

$$x_{\max} = (3v_0^2/2k)^{1/3}$$

5. 表面平直的山坡与水平面成 30° , 在山脚用炮轰山腰处的目标, 已知 $v_0 = 150 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 炮筒与水平面成 60° , 求击中的目标离炮位有多远?

简要分析: 本题考查对轨迹方程的灵活应用, 不同的轨迹方程在同一点交汇, 其交汇点坐标同时满足两个轨迹方程.

解: 取坐标如图 1-5 所示, 以炮位为原点, 目标为 P 点, 离炮位的距离为 s . 则有

$$y = x \tan 30^\circ$$

由轨迹方程

$$y = x \tan 60^\circ - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 60^\circ}$$

联立求解以上两式, 得到

$$x = \frac{2v_0^2 \cos^2 60^\circ}{g} (\tan 60^\circ - \tan 30^\circ) \approx 1326 \text{ m}$$

$$y = x \tan 30^\circ = 765.6 \text{ m}$$

根据 $s = \sqrt{x^2 + y^2}$ 或者 $s = \frac{y}{\sin 30^\circ}$, 均可以计算出

$$s = 1531.2 \text{ m}$$

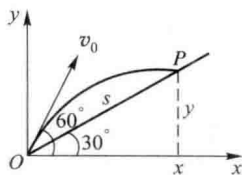


图 1-5 计算题 5 图

6. 设一歼击机在高空 A 点时的速度沿水平方向, 速率为 1800 km/h , 飞机在竖直平面上沿近似于圆弧轨道俯冲到 B 点, 其速率变为 2100 km/h , A 到 B 的圆弧的半径为 4.0 km , 所经历的时间为 3.5 s , 该俯冲过程可视为匀变速率圆周运动. 求飞机在 B 点加速度的大小, 飞行员能承受这样的加速度吗?

简要分析: 本题考查对圆周运动的理解和掌握. 圆周运动中切向速度、法向速度、切向加速度和法向加速度等概念的正确理解是关键.

解: $v_A = 1\,800\text{ km/h} = 500\text{ m/s}$, $v_B = 2\,100\text{ km/h} = 583\text{ m/s}$. 飞机在 B 点的法向加速度

$$a_n = \frac{v_B^2}{R} = \frac{583^2}{4\,000} = 85.0\text{ m/s}^2$$

俯冲过程视为匀变速率圆周运动, 故切向加速度可按照下式计算:

$$a_t = \frac{v_B - v_A}{t} = \frac{583 - 500}{3.5}\text{ m/s}^2 = 23.7\text{ m/s}^2$$

因此飞机在 B 点的加速度大小

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2} = \sqrt{85.0^2 + 23.7^2}\text{ m/s}^2 = 88.2\text{ m/s}^2$$

上面计算出的加速度是重力加速度的 9 倍, 这是飞机驾驶员最多可承受的极限加速度.

7. 一质点沿半径为 R 的圆周按规律 $s = v_0 t - \frac{1}{2} k t^2$ 运动, v_0 、 k 都是常量. 求:

(1) 质点作圆周运动的速率; (2) 质点的加速度.

简要分析: 本题考查的是圆周运动各物理量的准确理解. 对于圆周运动同样需要区分速度与速率的关系, 圆周运动的加速度一般并不指向圆心, 只有在特殊的情况下才指向圆心, 比如匀速率圆周运动, 切向加速度为 0, 所以只有法向加速度, 指向圆心.

解: (1) 如图 1-6 所示, 质点作圆周运动的速率为

$$v = \frac{ds}{dt} = v_0 - kt$$

(2) 切向加速度和法向加速度分别为

$$a_t = \frac{dv}{dt} = -k, \quad a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(v_0 - kt)^2}{R}$$

因此质点的加速度大小为

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{k^2 + \frac{(v_0 - kt)^4}{R^2}}$$

如图 1-6 所示, 设其与速度方向的夹角为 θ , 则有

$$\theta = \arctan \frac{a_n}{a_t} = \arctan \left[-\frac{(v_0 - kt)^2}{Rk} \right]$$

质点的加速度大小和方向都是随时间 t 变化.

8. 一质点在半径为 0.10 m 的圆周上运动, 设 $t = 0$ 时质点位于极轴上, 其角

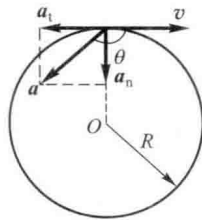


图 1-6 计算题 7 图

速度为 $\omega = 12t^2$ (SI 单位). (1) 求在 $t = 2.0$ s 时质点的法向加速度、切向加速度和角位置. (2) 当切向加速度的大小恰等于总加速度大小的一半时, 角位置 θ 值为多少? (3) t 为多少时, 法向加速度和切向加速度的值相等?

简要分析: 本题考查对于圆周运动加速度、切向加速度、法向加速度关系的正确理解和掌握. 特别是圆周运动过程中, 切向加速度、法向加速度与圆周运动的角速度及半径等物理量的对应关系.

解: (1) 已知 $\omega = 12t^2$, 所以 2 s 时法向加速度和切向加速度分别为

$$a_n = \omega^2 r = 144rt^4 = 230.4 (\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$$

$$a_t = r d\omega/dt = 24rt = 4.8 (\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$$

其角位置为

$$\theta = \theta_0 + \int_0^2 \omega dt = 4 \times 2^3 \text{ rad} = 32 \text{ rad}$$

(2) 由 $a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$ $a_t = a/2$, 可得

$$3a_t^2 = a_n^2$$

即

$$3 \times (24rt)^2 = (144rt^4)^2$$

解得

$$t^3 = 0.29 \text{ s}^3$$

所以

$$\theta = \theta_0 + \int_0^t \omega dt = 4t^3 = 1.16 (\text{rad})$$

(3) 由 $a_t = a_n$, 可得

$$24rt = 144rt^4$$

解出

$$t = 0.55 \text{ s}$$

9. 一架预警机 A 以 $v_A = 1\,000 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的速率相对于地面向南巡航, 飞机中雷达员发现一目标 B 以 $v_B = 1\,200 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的速率相对于地面向东偏南 30° 方向飞行. 求目标 B 相对于预警机 A 的速度.

简要分析: 本题考查的是对运动的相对性的理解. 根据运动的相对性, 绝对速度等于相对速度和牵连速度的矢量和, 需要注意的是建立合理的坐标系, 正确确定相对速度和牵连速度, 再利用对应关系求解.

解: 如图 1-7 所示, 已知飞机 A 的绝对速度 v_A 和目标 B 的绝对速度 v_B , 所以目标 B 相对于飞机 A 的相对速度 v_{BA} 为

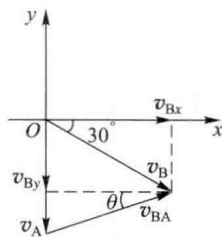


图 1-7 计算题 9 图

$$\boldsymbol{v}_{BA} = \boldsymbol{v}_B - \boldsymbol{v}_A$$

所以

$$v_{BAx} = v_{Bx} = v_B \cos 30^\circ = 1\,039.2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$v_{BAy} = v_A - v_{By} = v_A - v_B \sin 30^\circ = 400 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

因此, 相对速度 $\boldsymbol{v}_{BA}$ 的大小为

$$v_{BA} = \sqrt{v_{BAx}^2 + v_{BAy}^2} = \sqrt{1\,039.2^2 + 400^2} \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} = 1\,113.6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

方向为东偏北 θ 角, θ 的大小为

$$\theta = \arctan \frac{v_{BAy}}{v_{BAx}} = \arctan \frac{400}{1\,039.2} = 21^\circ$$

即相对速度 $\boldsymbol{v}_{BA}$ 的方向为东偏北 21° .

第二章 牛顿运动定律

重点难点

重点 理解自然界四种基本相互作用,掌握几种常见力如重力、弹性力、摩擦力、万有引力及流体阻力等;通过理解惯性与力这两个基本物理概念,掌握牛顿运动三定律的物理内涵,学会利用牛顿运动定律解决实际问题,灵活运用牛顿运动定律解决动力学中的两类问题;会处理变力作用下简单的质点动力学问题;理解非惯性系与惯性力。

难点 物体的受力分析;动力学中的二类问题;变力的处理问题;惯性力的理解;动力学中的相对运动问题。

解题思路

本章内容是运用牛顿运动定律解决质点的动力学和相关问题,解题中需要理解的是力是改变物体运动状态的原因,所以解决动力学问题的出发点就是对研究对象或研究系统进行有效的受力分析,然后根据牛顿运动三定律求解具体问题。在运用牛顿运动定律时一般遵循步骤是定对象、看运动、察受力、建坐标、列方程和求结果等步骤。在求解的过程中往往需要运用力的叠加原理来处理实际问题,具体求解时采用直角坐标系和自然坐标系等分量式把矢量运算转化为标量运算。

一、选择题

1. 关于惯性有下面四种说法,正确的为 ()
- A. 物体静止或作匀速运动时才具有惯性
 - B. 物体受力作变速运动时才具有惯性
 - C. 物体受力作变速运动时才没有惯性
 - D. 惯性是物体的一种固有属性,在任何情况下物体均有惯性

答案:D