



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

Physics

普通物理学

第六版

学习指导

■ 胡盘新 汤毓骏 钟季康 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

04/10=6C

2008

普通物理学

第六版

学习指导

■ 胡盘新 汤毓骏 钟季康 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书是为配合程守洙、江之永主编(胡盘新、汤毓骏、钟季康修订)的《普通物理学》(第六版)而编写的同步学习指导书,旨在帮助读者正确掌握教材中所阐述的基本知识、基本概念、基本规律和基本方法,使读者在学习过程中更好地掌握学习主动权。

本书按主教材章节的顺序安排,各章由“学习要求”、“知识框图”、“内容导读”、“解题指导”、“自我检测”和“问题讨论”六个部分组成。

本书由主教材的编者亲自撰写,更好地把握要点,阐述透彻,简明扼要,由浅入深,便于掌握。

本书不仅适用于使用程守洙、江之永主编的《普通物理学》(第六版)的读者作为学习辅导用书,对授课教师也有参考价值。本书可作为高等学校非物理类专业学生学习大学物理课程的辅导书或自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

普通物理学(第六版)学习指导/胡盘新,汤毓骏,钟季康主编. —北京:高等教育出版社,2008.1

ISBN 978-7-04-022598-3

I. 普… II. ①胡…②汤…③钟… III. 普通物理学-高等学校-教学参考资料 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 178362 号

策划编辑 高 建 责任编辑 张海雁 封面设计 王凌波 责任绘图 尹文军
版式设计 王艳红 责任校对 朱惠芳 责任印制 毛斯璐

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 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京北苑印刷有限责任公司

开 本 787×960 1/16
印 张 14.75
字 数 270 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
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>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 1 月第 1 版
印 次 2008 年 1 月第 1 次印刷
定 价 17.40 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 22598-00

前 言

大学物理是一门重要的基础理论课。为什么重要？因为它是研究物质、能量及物质间的相互作用和转化的学科。人类为了生存，必须要和周围的物质世界打交道，要从物质世界获取生活所需的资源、能量和动力。物理学和人类的生活息息相关，密切相连。1999年国际纯粹与应用物理联合会(IUPAP)第23届代表大会通过一项决议，明确地指出：“物理学是研究物质、能量和物质间的相互作用的学科，是一项国际事业，它对人类未来的进步起着关键的作用。”为了引导读者去理解物理学的主题思想，我们认为有必要为程守洙、江之永主编的《普通物理学》(第六版)编写这本同步学习指导书。本书各章由“学习要求”、“知识框图”、“内容导读”、“解题指导”、“自我检测”和“问题讨论”六个部分组成。这些都是以主教材为中心展开的。

编写本书的目的，是希望读者在学习过程中更好地掌握学习的主动权。“学习要求”为读者指点各章的主要内容和学习的重点；“知识框图”有利于了解各章内容的层次与脉络；“内容导读”将引导读者掌握各章的基本知识和基本规律并指出它们与物理学主题思想的关系；“解题指导”则帮助读者培养分析问题的能力；“自我检测”将使读者及时掌握和了解自己对物理规律和物理方法的认识程度；“问题讨论”相对教材内容稍有扩展，有利于开拓思路 and 眼界，倡导创新思维。在学习大学物理课程时，如课前预习本书或课后复习本书，我们相信一定能够对读者有所裨益，在主教材的学习和钻研中发现物理学是多么有趣又多么有用。

上海交通大学物理系胡其图教授在百忙中抽空审阅了本书，高等教育出版社高建同志为本书的出版给予了大力支持，谨向他们表示衷心的感谢。

限于编者的水平，书中不当之处敬请使用本书的师生和同志们指正。

编 者

2007年6月

目 录

第一章	力和运动	1
第二章	运动的守恒量和守恒定律	14
第三章	刚体和流体的运动	29
第四章	相对论基础	37
第五章	气体动理论	45
第六章	热力学基础	55
第七章	静止电荷的电场	66
第八章	恒定电流的磁场	95
第九章	电磁感应 电磁场理论	125
第十章	机械振动和电磁振荡	153
第十一章	机械波和电磁波	168
第十二章	光学	188
第十三章	早期量子论和量子力学基础	204
第十四章	激光固体的量子理论	215
第十五章	原子核物理和粒子物理	218
自我检测参考答案		221

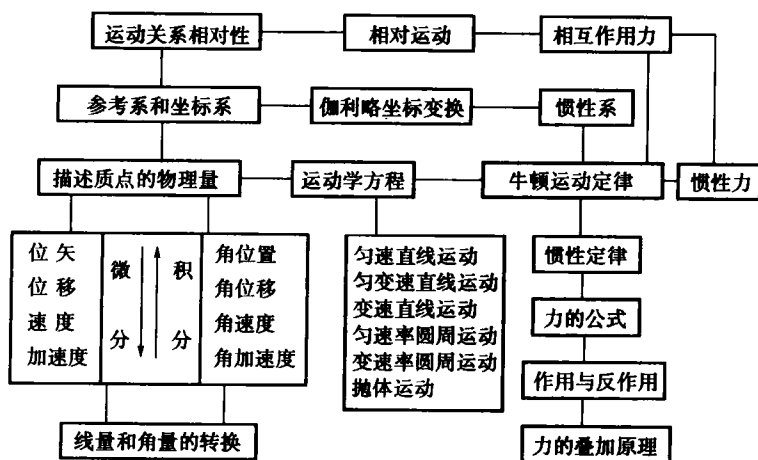
第一章

力和运动

一、学习要求

1. 掌握描述质点运动的物理量:位矢、位移、速度、加速度,以及角位移、角速度和角加速度.
2. 根据具体问题能用直角坐标系求运动学方程,并由运动学方程求质点的位移、速度、加速度;以及由速度或加速度求运动方程或速度.
3. 能计算质点作圆周运动时的角速度、角加速度、法向加速度和切向加速度.
4. 理解伽利略相对性原理,理解伽利略坐标变换和速度变换.
5. 通过常见力的介绍,了解相对运动和力的关系.
6. 掌握牛顿三定律及其适用条件,掌握用隔离体法分析质点受力和解题的基本方法.
7. 了解惯性力,知道其特点和应用.

二、知识框图



三、内容导读

1. 参考系

自然界的一切物质都处于永恒运动之中. 根据运动关系的相对性, 要了解物质的运动形式, 必须选用参考系. 物理学中的参考系, 不同于几何参考系那样抽象, 它是客观的物质. 选用了不同的参考系, 同一物体的运动会表现为不同的运动形式. 这就是说, 描述物体运动而使用的物理量, 如位矢、速度、加速度等都具有相对性, 都是对一定参考系而言的, 它们所反映的都是物体和该参考系间的相对运动. 这是学习物理学应该明确的基本认识.

2. 机械运动的特性

机械运动是最普遍而又最基本的运动. 直线运动、圆周运动和抛体运动都是比较常见的机械运动形式. 机械运动的基本特性, 除相对性外, 还有瞬时性和矢量性. 应通过这些常见运动的介绍, 加深对它们的认识.

3. 运动学方程

研究机械运动的核心是运动学方程. 通过运动学方程的介绍, 既要掌握用微分法求质点的速度和加速度, 又要能够用积分法从加速度或速度去求质点的速度和位置.

4. 牛顿运动三定律

物理学主要研究物质、能量和物质间的相互作用. 而对这个主题的研究, 却首先是从力学开始的. 物理学的进展表明, 力学既是物理知识之源, 也是物理方法之源. 物理学习必须以力学为基础. 经典力学的体系是由牛顿建立起来的, 牛顿的三条运动定律全面地阐明了关于力的基本概念、基本性质和基本公式, 极大地促进了力学以至物理学的发展. 第一定律揭示了物质惯性的存在. 惯性要维持状态不变, 而运动则意味着变化, 惯性与运动是一对矛盾, 但又和谐地统一于同一物体. 运动不一定是机械运动, 所以惯性也决非力学现象所独有. 第二定律给出了力的基本公式, 将平动惯性量化, 引入了质量的概念. 这个概念的重要性是不言而喻的. 爱因斯坦在相对论里用质速关系和质能关系, 使质量和能量挂起钩来, 就足以说明质量在整个物理学中的重要性和基本性. 第三定律揭示了力的相互作用性质, 但遗憾的是对力为什么会有这种性质未作进一步的解释. 第二定律给出的力的基本公式, 是用力的作用效果来计算力的大小的, 所以也不能解释第三定律. 这就是第三定律是个独立定律的原因. 没有第三定律, 许多力学问题将无法解决.

5. 非惯性系和惯性力

经典力学不适用于高速运动, 因为它是绝对时空观的产物. 但它同样不适用于非惯性系, 因为牛顿定律只适用于惯性系. 为了使牛顿定律能够用于非惯性

系,引进了惯性力.但这样做,令人对惯性力的真实性产生了怀疑,它似乎是个虚拟的力.它给人的感觉是找不到相应的施力物体.把惯性力看作是在非惯性系中来自参考系本身加速效应的力,其实是说它是经典力学在选用参考系方面的很大局限性所带来的副产品,并不足以反映力的本质.

四、解题指导

大学物理的力学中常涉及的两类问题是:常力作用下的联结体问题和变力作用下的单体问题.这是就研究对象而分类的.还有按问题性质的分类,也有两类:一类是已知力求运动;另一类是已知运动求力.当然在实际问题中很可能是两者兼有.应用牛顿运动定律解决力学问题,不管哪一类,都要先注意三件事:

(1) 牛顿运动定律是个整体,不能只注意牛顿第二定律,而把其他两条定律置之脑后.第一定律说明第二定律只能在惯性系中使用.不能把 ma 误认为力.只有在处理非惯性系中的问题时,才需添加惯性力.第三定律为我们正确分析物体受力情况提供了依据.通常在力学问题中,对每个物体来说,除重力外,其他外力都可以在该物体和其他物体相接触处去寻找,以免把作用在物体上的一些力遗漏掉.

(2) 要能正确分析问题,特别要注意所提供的已知条件,列出足够的方程去求解.不能盲目地套用公式,避免答非所问.

(3) 要掌握微积分的运算方法和矢量运算的方法.在用微积分时,要会进行变量的换算,并能确定积分的上下限.在用矢量运算时,既要能分解,又要能合成.

其后,解题可按以下的方法和步骤进行:

1. 确定研究对象.对于联结体问题,往往涉及多个物体,可以分别隔离,分别研究.

2. 分析研究对象的受力情况,画出隔离体受力示意图.

3. 分析运动.根据研究对象的运动状态,找出相应物理量间的关系,例如速度、加速度间大小和方向关系,相对运动关系,联结体加速度方向的设定等等.

4. 根据受力和运动分析,对所取坐标系,列出文字方程.一般根据坐标系列出牛顿定律的分量式方程.在方程式足够的情况下,求解未知量.

5. 对解出的文字结果作必要讨论,既可增强对物理概念和规律的理解,还可收到举一反三,触类旁通的效果.

【例 1-1】 矿山升降机作加速运动时,其加速度可用下式表示:

$$a = C \left(1 - \sin \frac{\pi t}{T} \right)$$

式中 C 及 T 为已知常数, 当 $t=0$ 时 $v=v_0=0$. 试求运动开始经时间 t 后升降机的速度及其所走过的路程.

提示 熟悉由加速度求路程的积分法.

解 因为

$$a = \frac{dv}{dt}$$

$$dv = a dt$$

则

$$\begin{aligned} v &= \int_0^v dv = \int_0^t a dt = \int_0^t C \left(1 - \sin \frac{\pi t}{T} \right) dt \\ &= \left[Ct + \frac{TC}{\pi} \cos \frac{\pi t}{T} \right]_0^t = Ct + \frac{TC}{\pi} \cos \frac{\pi t}{T} - \frac{TC}{\pi} \\ s &= \int_0^t v dt = \frac{1}{2} Ct^2 + \frac{T^2 C^2}{\pi^2} \sin \frac{\pi t}{T} - \frac{TC}{\pi} t \end{aligned}$$

【例 1-2】一质点沿着一圆周运动, 其路程与时间的关系为 $s = 5 - 2t + t^2$

(SI) ①. 若 $t=2$ s 时, 其法向加速度 $a_n=0.5$ m/s. 试求:

(1) 圆周半径;

(2) $t=3$ s 时的速度、切向加速度、法向加速度及总加速度.

提示 熟悉由运动方程求速度、加速度的导数法.

解 (1) $v = \frac{ds}{dt} = -2 + 2t$

$$v \Big|_{t=2} = -2 \text{ m/s} + 2 \times 2 \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$$

$$R = \frac{v^2}{a_n} = \frac{2^2}{0.5} \text{ m} = 8 \text{ m}$$

$$(2) v \Big|_{t=3} = -2 \text{ m/s} + 2 \times 3 \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$$

$$a_t = \frac{dv}{dt} = 2 \text{ m/s}^2$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{4^2}{8} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$$

即

$$a = (2e_t + 2e_n) \text{ m/s}^2$$

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

$$\theta = \arctan \frac{a_n}{a_t} = \arctan \frac{2}{2} = 45^\circ$$

① 本书中方程之后括注 SI 表示方程中各量均采用 SI 单位. 在国际单位制中, 凡是没有加词头的单位 (kg 除外), 国际上统一称为“SI 单位”.

【例 1-3】河宽为 d , 靠岸处水流速度为零, 中流的速度最快为 v_0 . 从岸边到中流, 流速按正比增大, 即 $v = ky$. 有人以不变的划速 u 垂直于流水方向向对岸划去 (图 1-1). 试求:

- (1) 船的运动方程;
- (2) 船的轨道方程;
- (3) 任一时刻船的切向和法向加速度.

提示 运动方程可由 x 和 y 两个方向上分别求出, 消去时间即得轨道方程.

解 (1) 船相对岸的速度在 x, y 方向上的分量分别为

$$v_x = ky \quad \left(0 < y < \frac{d}{2}\right) \quad ①$$

$$v_y = u = \frac{dy}{dt} \quad ②$$

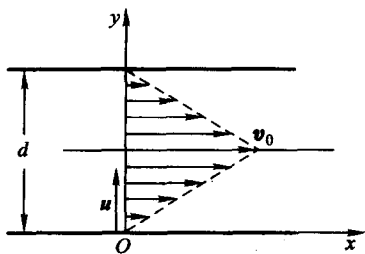


图 1-1

由题意在河流中心处

$$y = \frac{d}{2}, \quad v_x = v_0$$

所以

$$k = \frac{v_0}{d/2}$$

$$v_x = \frac{2v_0}{d}y = \frac{dx}{dt} \quad ③$$

由式②

$$dy = u dt$$

$$y = \int_0^y dy = \int_0^t u dt = ut \quad ④$$

由式③、④

$$\frac{dx}{dt} = \frac{2v_0}{d}ut$$

$$\int_0^x dx = \int_0^t \frac{2v_0}{d}ut dt$$

$$x = \frac{v_0 u}{d}t^2$$

船的运动方程为

$$\begin{cases} x = \frac{v_0 u}{d}t^2 \\ y = ut \end{cases}$$

(2) 从上两式消去 t 可得轨道方程

$$x = \frac{v_0}{ud} y^2$$

(3) 由图 1-2 可知

$$a_x = \frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{2v_0 u}{d}$$

$$a_y = 0$$

并由式⑤

$$\tan \theta = \frac{dy}{dx} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{ud}{v_0 x}}$$

根据三角关系,有

$$\cos \theta = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \theta}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{ud}{4v_0 x}}} = \frac{2\sqrt{v_0 x}}{\sqrt{4v_0 x + ud}}$$

$$\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - \frac{4v_0 x}{4v_0 x + ud}} = \sqrt{\frac{ud}{4v_0 x + ud}}$$

故

$$a_t = a_x \cos \theta = \frac{2v_0 u}{d} \cdot \frac{2\sqrt{v_0 x}}{\sqrt{4v_0 x + ud}} = \frac{4v_0 u}{d} \sqrt{\frac{v_0 x}{4v_0 x + ud}}$$

$$a_n = a_x \sin \theta = \frac{2v_0 u}{d} \sqrt{\frac{ud}{4v_0 x + ud}}$$

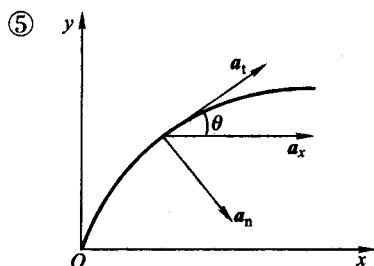


图 1-2

【例 1-4】 用两根长为 a 的绳子连住一质量为 m 的小球,两绳的另一端分别固定在相距为 a 的棒的两点上(图 1-3). 今使小球在水平面内作匀速圆周运动,求:

(1) 当转速 ω 为多大时,下面一根绳子刚好伸直?

(2) 在此情形下,上面一根绳子内的张力是多少?

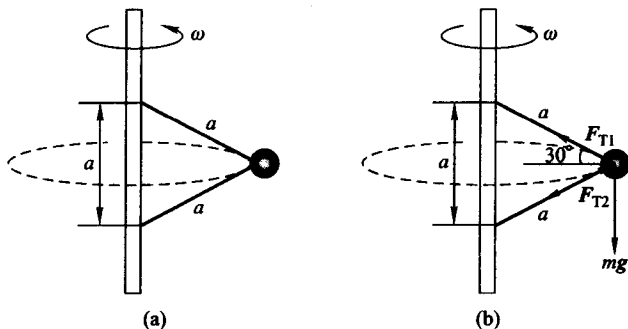


图 1-3

提示 注意绳子伸直的力学条件,用第二定律求解.

解 由题意,当下面的绳将要伸直而还未受力时,有 $F_{T2} = 0$ 则

$$\begin{cases} F_{T1} \sin 30^\circ - mg = 0 \\ F_{T1} \cos 30^\circ = m a \cos 30^\circ \cdot \omega^2 \end{cases}$$

$$F_{T1} = \frac{mg}{\sin 30^\circ} = 2mg$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2g}{a}}$$

【例 1-5】一圆台可绕其轴在水平面内转动,圆台半径为 R ,甲、乙两物体质量分别为 m_1 与 m_2 ($m_1 > m_2$),它们与台面间的静摩擦因数都是 μ ,现用一根长度 $l < R$ 的绳子将它们连接.

(1) 将甲放在圆心,乙放在距圆心为 l 处,要使物体与圆台不发生相对滑动,圆台旋转的最大角速度是多少?

(2) 如将甲与乙互换位置,(1)的结果又将如何?

(3) 如果两物体均不放在圆心但连线经过转轴时,又将如何?

提示 由摩擦力提供向心力,注意运动趋势,用第二定律求解.

解 (1) 由图 1-4,有

$$\begin{cases} F_T - F_{n1} = 0 \\ F_T + F_{n2} = m_2 \omega^2 l \\ F_{n1} = \mu m_1 g \\ F_{n2} = \mu m_2 g \end{cases}$$

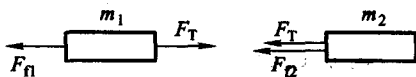


图 1-4

解得

$$\omega = \sqrt{\frac{\mu(m_1 + m_2)g}{m_2 l}}$$

(2) 甲与乙互换位置后(图 1-5),有

$$\begin{cases} F_T - F_{n1} = 0 \\ F_T + F_{n2} = m_1 \omega'^2 l \\ F_{n1} = \mu m_1 g \\ F_{n2} = \mu m_2 g \end{cases}$$

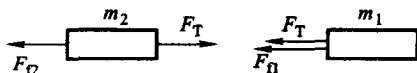


图 1-5

解得

$$\omega' = \sqrt{\frac{\mu(m_1 + m_2)g}{m_1 l}}$$

因为 $m_1 > m_2$, 故 $\omega > \omega'$.

(3) 若系统有向 m_2 一侧运动的趋势(图 1-6), 则有

$$\begin{cases} F_D + F_T = m_2 \omega^2 (l - x) \\ F_T - F_D = m_1 \omega^2 x \\ F_D = \mu m_1 g \\ F_D = \mu m_2 g \end{cases}$$

解得

$$\omega = \sqrt{\frac{\mu g (m_1 + m_2)}{m_2 l - (m_1 + m_2) x}}$$

在此情况下必须满足 $m_2 l > (m_1 + m_2) x$.

若系统有向 m_1 一侧运动的趋势, 则有

$$\begin{cases} F_T - F_D = m_2 \omega^2 (l - x) \\ F_T + F_D = m_1 \omega^2 x \\ F_D = \mu m_2 g \\ F_D = \mu m_1 g \end{cases}$$

解得

$$\omega = \sqrt{\frac{\mu (m_1 + m_2) g}{(m_1 + m_2) x - m_2 l}}$$

在此情况下必须满足 $(m_1 + m_2) x > m_2 l$.

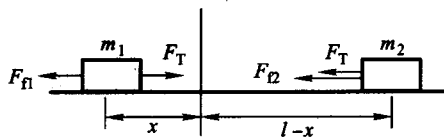


图 1-6

五、自我检测

(一) 选择题

1. 一质点的运动方程为 $x = 4t + 2$ (SI), $y = 3t^2 - 6t + 5$ (SI), 则质点速度最小的位置在 []

- A. (6,1) B. (5,2) C. (2,6) D. (6,2)

2. 一物体以与水平方向成 60° 角的初速度被抛出, 经过 4 s, 速度的垂直分量 $v_y = 84$ m/s, 则物体从抛出点到落地点的水平距离是 []

- A. 183 m B. 83 m C. 283 m D. 383 m

3. 一质点在平面上运动, 已知质点位矢的表达式为 $\mathbf{r} = at^3\mathbf{i} + bt^3\mathbf{j}$ (a, b 为常量), 则该质点作 []

- A. 匀速直线运动 B. 变速直线运动
C. 抛物线运动 D. 一般曲线运动

4. 如图 1-7 所示, 一质量为 m 的物体 A 用平行于斜面的轻绳拉着, 置于光滑的斜面上, 若斜面向左作减速运动, 当绳子中的拉力为零时, 物体 A 的加速度 a 的大小为 []

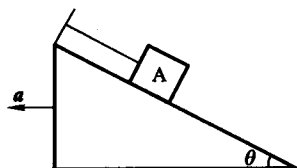


图 1-7

- A. $g \sin \theta$ B. $g \cos \theta$ C. $g \tan \theta$ D. $g \cot \theta$

5. 如图 1-8 所示,一只质量为 m 的小猴,原来抓住一根用线吊在天花板上的质量为 m' 的直杆,悬线突然断开,小猴则沿杆子竖直向上爬以保持它离地面的高度不变,此时直杆下落的加速度为 []

- A. g B. $\frac{m}{m'}g$ C. $\frac{m' + m}{m'}g$ D. $\frac{m' + m}{m' - m}g$ E. $\frac{m' - m}{m'}g$

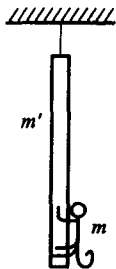


图 1-8

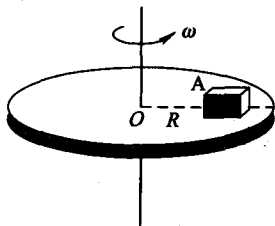


图 1-9

6. 在作匀速转动的水平转台上,与转轴相距 R 处有一体积很小的工件 A 如图 1-9 所示. 设工件与转台间静摩擦因数为 μ ,若使工件在转台上无滑动,则转台的角速度 ω 应满足 []

- A. $\omega \leq \sqrt{\mu g/R}$ B. $\omega \leq \sqrt{3\mu g/2R}$
C. $\omega \leq \sqrt{3\mu g/R}$ D. $\omega \leq 2 \sqrt{\mu g/R}$

7. 质量为 m 的质点沿 Ox 轴方向运动,其运动学方程为 $x = A \cos \omega t$. 式中 A 、 ω 均为正的常量, t 为时间变量,则该质点所受的合外力 F 为 []

- A. $F = \omega^2 x$ B. $F = m\omega^2 x$ C. $F = -m\omega x$ D. $F = -m\omega^2 x$

8. 质量为 $m = 10 \text{ kg}$ 的物体在力 $F = (120t + 40)i \text{ (SI)}$ 作用下沿 Ox 轴运动,在 $t = 0 \text{ s}$ 时,速度 $v_0 = 6 \text{ m/s}$,则 $t = 3 \text{ s}$ 时,其速度大小为 []

- A. 120 m/s B. 66 m/s C. 72 m/s D. 126 m/s

9. 质量 $m = 10 \text{ kg}$ 的木箱放在光滑的地面上,在水平拉力 F 的作用下由静止开始沿直线运动,其拉力随时间的变化关系如图 1-10 所示,则在 $t = 7 \text{ s}$ 时,其速度大小为 []

- A. 12 m/s B. 16.5 m/s C. 7 m/s D. 2.5 m/s

10. 如图 1-11 所示,绳子跨过两个定滑轮,两端分别挂一个质量均为 m 的完全相同的物体,开始时它们处于同一高度. 现将右边的物体在平衡位置附近来回摆动,则左边的物体将 []

- A. 向上运动 B. 向下匀速运动

C. 向下加速运动

D. 时而向上,时而向下运动

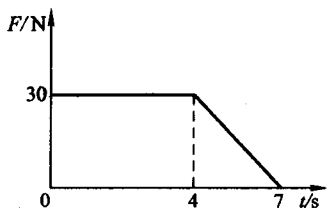


图 1-10

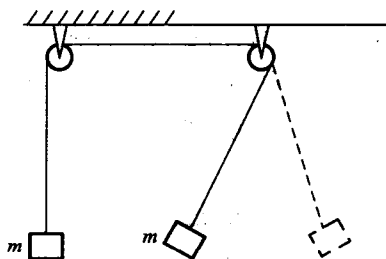


图 1-11

(二) 填空题

1. 一质点沿直线运动,其运动学方程为 $x = 12t - 2t^2$ (SI),则在 t 由 0 至 4 s 的时间内,质点的位移大小为_____,在 t 由 0 到 4 s 的时间内质点走过的路程为_____.

2. 一质点沿半径为 R 的圆周运动,在 $t=0$ 时经过 P 点,此后它的速率 v 按 $v = A + Bt$ (A, B 为正的常量)变化.则质点沿圆周运动一周再经过 P 点时的切向加速度 $a_t =$ _____,法向加速度 $a_n =$ _____.

3. 当一列火车以 10 m/s 的速率向东行驶时,若相对于地面竖直下落的雨滴在列车的窗子上形成的轨迹偏离竖直方向 30° ,则雨滴相对于地面的速率是_____,相对于列车的速率是_____.

4. 质点作半径为 0.10 m 的圆周运动,其角位置满足关系式 $\theta = 5 + 2t^3$ (SI), $t = 1$ s 时,切向加速度_____,法向加速度_____,总加速度_____.

5. 一质点作半径 R 的圆周运动,路程随时间的变化规律为 $s = v_0 t + \frac{1}{2}bt^2$,则 t 时质点的速率_____,加速度的大小_____.

6. 质量为 m 的木块在水平面上作直线运动,当速度为 v_0 时仅在摩擦力作用下开始作匀减速运动,经过距离 s 后停止,则木块加速度的大小为 $a =$ _____,木块与水平面间摩擦因数为 $\mu =$ _____.

7. 质量为 $m = 5$ kg 的质点在 Oxy 平面内运动,其运动学方程为 $\mathbf{r} = 6t\mathbf{i} - 3t^2\mathbf{j}$ (SI),则质点所受的合力 $\mathbf{F}$ 的大小为 $F =$ _____ N,其方向为_____.

8. 质量为 $m = 0.25$ kg 的质点,受力 $\mathbf{F} = t\mathbf{i}$ (SI)的作用,式中 t 为时间.在 $t = 0$ 时质点以 $\mathbf{v} = 2\mathbf{j}$ m/s 的速度通过坐标原点,则质点任意时刻的位矢 $\mathbf{r} =$ _____.

9. 在光滑水平桌面上,有一自然长度为 l_0 ,劲度系数为 k 的轻弹簧,其一端

固定,另一端系一质量为 m 的小球.若小球在桌面上以角速度 ω 绕固定端作匀速圆周运动,则该圆周的半径 $R = \underline{\hspace{2cm}}$,弹簧作用于质点的拉力 $F = \underline{\hspace{2cm}}$.

10. 如图 1-12 所示,系统放在 $a = g/2$ 的加速上升的电梯内.设 A、B 两物体的质量相等均为 m ,A 放在水平桌面上,绳和定滑轮的质量不计,A 与桌面的摩擦因数为 μ ,若物体 A 在桌面上加速运动,则绳中张力为 $\underline{\hspace{2cm}}$.

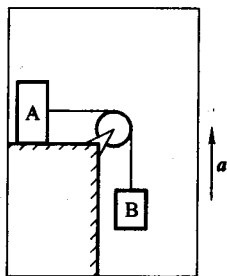


图 1-12

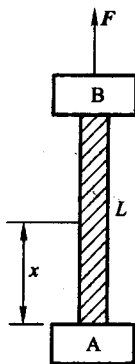


图 1-13

(三) 计算题

1. 一质点以半径 $R = 6 \text{ m}$ 作圆周运动,其在自然坐标系中的运动学方程为

$$s = bt + \frac{1}{2}ct^2 \text{ (SI)}$$

式中, $b = 2.0 \text{ m/s}$, $c = 1.0 \text{ m/s}^2$. 试求质点切向加速度与法向加速度大小相等之前,其所经历的时间.

2. 如图 1-13 所示,质量 $m = 2.0 \text{ kg}$ 的均匀绳子,长 $L = 1.0 \text{ m}$,两端分别连接重物 A 和 B, $m_A = 8.0 \text{ kg}$, $m_B = 5.0 \text{ kg}$. 今在 B 端施以大小为 $F = 180 \text{ N}$ 的竖直拉力,使绳和物体向上运动,求距离绳的下端为 x 处绳中的张力 $F_T(x)$.

六、问题讨论

1. 牛顿运动定律和参考系

牛顿第一定律揭示了任何物体都具有保持其原有运动状态的特性,这就是惯性,它是物体的固有属性. 从而定律提示人们要区别两类运动;一类是在惯性支配下的运动;另一类是在力作用下的运动. 前者作匀速直线运动,而后者的运动状态却要改变. 为了维持物体的运动,不但不需要力的作用,相反地应不受合外力. 力的作用只是改变物体的运动状态,即力是改变物体运动速度,产生加速

度的原因. 于是, 第一定律就这样定义了力的概念.

根据牛顿第一定律, 对于一个不受力作用的物体, 一定存在一个参考系, 如地面参考系, 相对于这个参考系, 该物体保持静止或匀速直线运动状态. 而且, 其他所有不受力作用的物体, 相对于地面参考系也都保持静止或匀速直线运动状态. 凡是相对于它, 所有不受力作用的物体都保持自身的运动速度不变, 这种参考系就叫惯性参考系. 所以, 应用牛顿定律, 对选择参考系是有特殊要求的, 这种特殊性在很大程度上反映了牛顿定律的局限性, 它不是普遍适用的.

2. 惯性力

由于选择了非惯性系, 要使牛顿定律在形式上有效, 要引入惯性力. 下面我们介绍的科里奥利力就是一种惯性力. 地球虽说是个良好的惯性系, 但它却在自转着, 地球的自转对地面上物体的运动有没有影响呢? 法国学者科里奥利根据研究证明, 如果物体相对于旋转着的地球, 作匀速直线运动, 而不是静止时, 该物体将受到一个与运动方向相垂直的作用力, 它叫科里奥利力. 在这个力的影响下, 物体的运动方向要出现偏差. 这个力因选择旋转地球这个非惯性系而出现, 所以是惯性力. 这种力不能用牛顿第二定律解释. 试想物体作匀速直线运动, 它在运动方向上是没有加速度的, 在和运动垂直的方向上, 也没有加速度. 该力似乎不存在. 但事实使人很感意外. 在北半球河流的右岸(按运动方向)被严重地冲刷, 在南半球河流的左岸也被大量冲刷, 这些证明了科里奥利力确实存在, 是实际存在的力. 下面利用图 1-14, 通过分析给出科里奥利力的表达式. 如图 1-14 所示, 在一个绕轴线 O 以角速度 ω 转动的水平圆盘上, 有一物体原来在 A 点, 沿盘半径 OC 相对于盘以 v' 匀速移动. 在时间 Δt 内, 物体走过距离 $\overline{AB} = v' \Delta t$, 圆盘则转过一角度 $\Delta \varphi = \omega \Delta t$. 由于此时半径 OC 转到了 OC' 位置, 实际上物体是由 A 沿曲线 $\widehat{AB'}$ 到达 B' 点. 这种运动的结果可看作是径向运动和

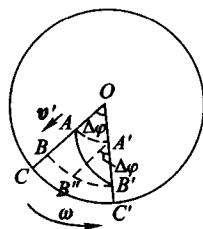


图 1-14

横向运动的叠加. 物体的横向路程不是 $\widehat{AA'}$, 而是 $\widehat{BB'}$. 物体在 Δt 时间内由于矢径的增大而多走了一段距离 Δs , 即

$$\begin{aligned}\Delta s &= \widehat{BB'} - \widehat{AA'} = \widehat{B''B'} = \overline{AB} \Delta \varphi \\ &= v' \Delta t \omega \Delta t = v' \omega (\Delta t)^2\end{aligned}$$

在 Δt 很小的情况下, Δs 可以看成是一直线, 由于 Δs 正比于时间 Δt 的平方, 所以 $\overline{B''B'}$ 这段直线运动可看作匀加速直线运动, 从此求出加速度 a_c , 即令 $\overline{B''B'} = \frac{1}{2} a_c (\Delta t)^2$. a_c 是决定切向速度变化的科里奥利加速度. 从以上两式消去 $(\Delta t)^2$, 得 $a_c = 2v'\omega$, 方向与 v' 垂直, 指向右方. 这时为了由加速度去求出力, 用牛顿定律