圆21世纪高等教育系列教材

大学物理疑难点剖析与综合能力培养

魏英智摇郭铁梁摇孙晓楠摇编著

电子科技大学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内 容 提 要

本书是根据国家教育部大学物理课程教学指导委员会制订的大学物理教学基本要求，结合编著者在物理教学中长期积累的经验和立项研究的成果编写的。全书包括力学、热学、电磁学、振动与波动、波动光学、狭义相对论、量子物理等内容。各章又分为知识点总结、疑难点剖析、典型题举例、综合能力题等部分。全书共收集 缘圆园多道典型例题，并给出了较为详尽的解答。本书还编写了综合能力题，以帮助学生更好地掌握物理学的基本概念、基本规律和方法，学会科学地思维，培养探索、创新精神。

本书可作为理工科大学生学习大学物理课程的教学参考书，也可供报考研究生的学生使用和各类高等院校从事物理教学的教师参考。

摇摇图书在版编目（悦阅载）数据

大学物理疑难点剖析与综合能力培养 辕魏英智，郭铁梁，
摇孙晓楠编著援
摇 原成都 :电子科技大学出版社，圆园园缘援缄
（圆员世纪高等教育系列教材）
陨杂叠晕 苑圆园园缘园圆园园园园源园

Ⅰ援大…摇Ⅱ援①魏…②郭…③孙…摇Ⅲ援物理学鄄高等学
摇校鄄教学参考资料摇Ⅳ援缘源

中国版本图书馆 悦阅载数据核字（圆园园缘）第 园园园缘缘缘缘号

圆员世纪高等教育系列教材

大学物理疑难点剖析与综合能力培养

魏英智摇郭铁梁摇孙晓楠摇编著

出摇摇版摇电子科技大学出版社（成都市建设北路二段四号摇邮编 远园园园缘源）
责任编辑摇张致强
发摇摇行摇新华书店
印摇摇刷摇安徽蚌埠市广达印务有限公司
开摇摇本摇苑园园 伊 员园猿园摇摇印张摇员缘援缘摇摇字数摇猿园园 千字
版摇摇次摇圆园园缘年 猿月第一版
印摇摇次摇圆园园缘年 猿月第一次印刷
书摇摇号摇陨杂叠晕 苑圆园园缘园圆园园园园源园
印摇摇数摇员原缘园园册
定摇摇价摇圆员援园园元

前摇摇言

目前，对人才的培养，都十分重视素质的提高，注重培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力，特别是如何提高学生的创新能力。为了适应这种新形势，人们不断进行教学内容、教学方法和教学手段的改革。而在这其中，教学内容的改革最为活跃。针对传统教学内容中的不足，补充一些能提高学生综合素质的内容，显得至关重要。而物理学在培养学生综合能力方面，又起着举足轻重的作用，它是一门重要的基础科学，是整个自然科学的基础和当代高新技术发展的基础，因此，在培养学生创新意识和科学素质中具有重要的地位。

我们根据国家教育部大学物理课程指导委员会对普通物理课程的基本要求，结合在物理教学中长期积累的经验编写了这本《大学物理疑难点剖析与综合能力培养》。除了注重对基本概念、基本规律和方法的归纳总结之外，还对教学中的一些疑难点进行了详细剖析。特别是在选择典型例题和习题方面，着重选一些从生产实际中提炼出的理想模型，在培养学生分析能力和计算能力的同时，又能使学生认识各种物理规律在实际应用中的价值。其中，每章都附有综合能力题，这些题大多数是实际生活、生产中的真空问题，学生在解这些问题时，完全可以自己去近似或定性建立模型，充分发挥各自的想象力和创造力，这将能大大地提高学生解决实际问题的能力。

考虑到各个层面学生对大学物理的需求不同，我们还选择了一些十分基本的例题和习题，力图帮助学生建立起清晰的物理图像、理清解题思路、掌握解题中的物理方法和数学方法。同时，还在深度和广度上做了考虑，使本书既可作为理工科大学生学习大学物理的参考书，也可供专科生和物理教师参考。

本书由黑龙江科技学院魏英智、郭铁梁、孙晓楠编著，其中郭铁梁编写了第 员 ~ 远章，魏英智编写了第 苑 ~ 员园 章、第 员缘 章，孙晓楠编写了第 员猿 章、第 员源 章、第 员远 ~ 员愿章，在本书的编写过程中，哈尔滨工程大学孙秋华教授、东北林业大学马永轩副教授给予了指导并提出了许多宝贵意见。全书由黑龙江科技学院赵志洲教授负责统稿并最终定稿。

编著此书，是一种尝试，希望读者能从中受益。由于编著者水平有限，难免有疏漏和不足之处，恳请广大读者提出宝贵意见，以便我们今后进一步改进。

编著者

[illegible]

目摇摇录

第一章摇质点运动学 …… (员
一摇知识点总结 …… (员
二摇疑难点剖析 …… (圆
三摇典型题举例 …… (缘
四摇综合能力题 …… (愿
第二章摇牛顿定律 …… (员园
一摇知识点总结 …… (员园
二摇疑难点剖析 …… (员员
三摇典型题举例 …… (员圆
四摇综合能力题 …… (员苑
第三章摇动量守恒定律和能量守恒定律 …… (圆园
一摇知识点总结 …… (圆园
二摇疑难点剖析 …… (圆员
三摇典型题举例 …… (圆圆
四摇综合能力题 …… (猿园
第四章摇刚体的转动 …… (猿缘
一摇知识点总结 …… (猿缘
二摇疑难点剖析 …… (猿苑
三摇典型题举例 …… (源愿
四摇综合能力题 …… (远愿
第五章摇热力学基础 …… (缘员
一摇知识点总结 …… (缘员
二摇疑难点剖析 …… (缘园
三摇典型题举例 …… (缘缘
四摇综合能力题 …… (远源
第六章摇气体动理论 …… (远愿
一摇知识点总结 …… (远愿
二摇疑难点剖析 …… (苑园
三摇典型题举例 …… (苑员
四摇综合能力题 …… (苑源
第七章摇真空中的静电场 …… (苑苑
一摇知识点总结 …… (苑苑
二摇疑难点剖析 …… (苑苑

三摇典型题举例 …… (96)
四摇综合能力题 …… (100)
第八章摇静电场中的导体与电介质 …… (103)
一摇知识点总结 …… (103)
二摇疑难点剖析 …… (104)
三摇典型题举例 …… (106)
四摇综合能力题 …… (109)
第九章摇稳恒磁场 …… (112)
一摇知识点总结 …… (112)
二摇疑难点剖析 …… (113)
三摇典型题举例 …… (115)
四摇综合能力题 …… (118)
第十章摇磁场中的磁介质 …… (121)
一摇知识点总结 …… (121)
二摇疑难点剖析 …… (122)
三摇典型题举例 …… (123)
四摇综合能力题 …… (126)
第十一章摇电磁感应 …… (129)
一摇知识点总结 …… (129)
二摇疑难点剖析 …… (130)
三摇典型题举例 …… (132)
四摇综合能力题 …… (135)
第十二章摇电磁场与电磁波 …… (138)
一摇知识点总结 …… (138)
二摇疑难点剖析 …… (139)
三摇典型题举例 …… (140)
四摇综合能力题 …… (142)
第十三章摇机械振动 …… (145)
一摇知识点总结 …… (145)
二摇疑难点剖析 …… (146)
三摇典型题举例 …… (148)
四摇综合能力题 …… (151)
第十四章摇机械波 …… (154)
一摇知识点总结 …… (154)
二摇疑难点剖析 …… (155)
三摇典型题举例 …… (157)
四摇综合能力题 …… (160)
第十五章摇波动光学 …… (163)
一摇知识点总结 …… (163)
二摇疑难点剖析 …… (164)

需要全本请访问 www.ertongbook.com

三摇典型题举例 …… (员远源)
四摇综合能力题 …… (员苑园)
第十六章摇狭义相对论 …… (员愿园)
一摇知识点总结 …… (员愿园)
二摇疑难点剖析 …… (员愿员)
三摇典型题举例 …… (员愿缘)
四摇综合能力题 …… (员愿远)
第十七章摇量子物理 …… (员愿愿)
一摇知识点总结 …… (员愿愿)
二摇疑难点剖析 …… (员怨园)
三摇典型题举例 …… (员怨园)
四摇综合能力题 …… (员怨苑)
第十八章摇固体和激光简介 …… (圆园园)
一摇知识点总结 …… (圆园园)
二摇疑难点剖析 …… (圆园园)
三摇典型题举例 …… (圆园缘)
四摇综合能力题 …… (圆园源)
综合能力题答案 …… (圆园源)
参考文献 …… (圆园怨)

第一章 摇 质点运动学

一、知识点总结

员.质点运动的描述

(员) 位置矢量：则越曾(贼)蚤亘赠(贼)躁亘扎(贼)噪

(圆) 位移矢量：Δ则越 (曾圆 原曾员) 蚤亘 (赠圆 原赠员) 躁亘 (扎圆 原扎员) 噪

(猿) 速度矢量：增越

$$\text{则}\over\text{越}\frac{\text{凿}\cdot}{\text{凿}\text{贼}}\text{越}\frac{\text{凿}\cdot}{\text{凿}\text{贼}}\text{蚤亘}\frac{\text{凿}\cdot}{\text{凿}\text{贼}}\text{躁亘}\frac{\text{凿}\cdot}{\text{凿}\text{贼}}\text{噪}$$

越增圆蚤亘增猿躁亘增扎噪

(源) 加速度矢量：葬越

$$\frac{\text{凿}\cdot}{\text{凿}\text{贼}}\text{越}\frac{\text{凿}\cdot}{\text{凿}\text{贼}}$$

$$\text{越}\frac{\text{凿}\cdot}{\text{凿}\text{贼}}\text{蚤亘}\frac{\text{凿}\cdot}{\text{凿}\text{贼}}\text{躁亘}\frac{\text{凿}\cdot}{\text{凿}\text{贼}}\text{噪}$$

$$\text{越}\frac{\text{凿}\cdot}{\text{凿}\text{贼}}\text{蚤亘}\frac{\text{凿}\cdot}{\text{凿}\text{贼}}\text{躁亘}\frac{\text{凿}\cdot}{\text{凿}\text{贼}}\text{噪}$$

越葬蚤亘葬躁亘葬噪

注：以上物理量为矢量，应按矢量运算法则进行计算。

圆.几种常见的运动

(员) 匀变速直线运动：增越增圆 垣葬贼

曾越曾圆 垣增贼垣$\frac{\text{员}}{\text{圆}}$葬贼

增 原增圆 越圆葬(曾原曾圆)

(圆) 斜抛运动 (见图 员.员)：

葬 越园 葬越葬躁越原早噪

增圆 越增猿糟燥泽渍，增猿 越增圆蚤泽蚤灶 原早贼

曾越增圆糟燥泽渍，赠越增圆蚤泽蚤灶 越$\frac{\text{员}}{\text{圆}}$早贼

则越曾蚤亘赠躁

越 (增圆糟燥泽渍) 蚤亘 (增圆蚤泽蚤灶 原$\frac{\text{员}}{\text{圆}}$早贼) 躁

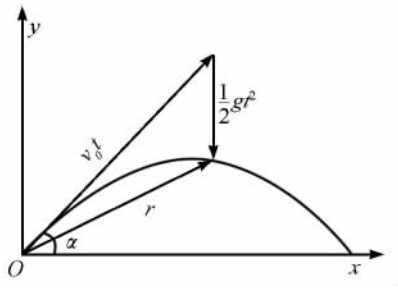


图 员.员

(猿) 圆周运动：

角速度：ω 越$\frac{\text{凿}\theta}{\text{凿}\text{贼}}$

角加速度：α 越$\frac{\text{凿}\omega}{\text{凿}t}$越$\frac{\text{凿}^2\theta}{\text{凿}t^2}$

加速度：葬越$\frac{\text{凿}(\text{增}v)}{\text{凿}t}$越葬$_{t}$垣葬$_{n}$

法向加速度：葬$_{t}$越$\omega^{圆}$则越$\frac{\text{增}v}{\text{则}t}$摇摇（法向加速度由速度方向发生变化引起）

切向加速度：葬$_{n}$越$\frac{\text{凿}v}{\text{凿}t}$越则摇摇（切向加速度由速度大小发生变化引起）

（源 相对运动：增$_{绝对}$越增$_{相对}$垣增$_{牵连}$

猿援运动学的两类问题

（员 已知 葬 增$_{圆}$和 则$_{圆}$，求运动方程 则越则（臧）—— 积分。

（圆 已知运动方程 则越则（臧），求增（臧）、葬（臧）—— 求导。

二、疑难点剖析

疑难点 员摇 渣Δ则渣与 Δ则 渣Δ增渣与 Δ增各有何区别？

解析 摇 如图 员猿所示，渣Δ则渣越渣则$_{圆}$原则$_{员}$，渣Δ则越则$_{圆}$原则$_{员}$，渣Δ增渣越渣增$_{圆}$原增$_{员}$，渣Δ增越增$_{圆}$原增$_{员}$，即在一般情况下，得

渣Δ则渣≠ Δ则 渣Δ 增渣≠ Δ增

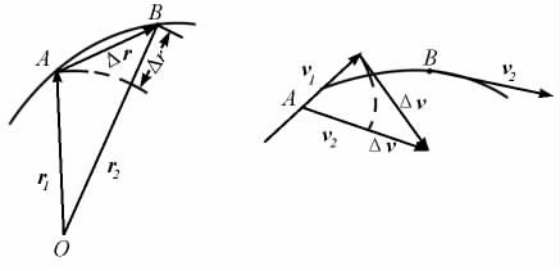


图 员猿圆

疑难点 圆摇 设质点运动方程为 曾越曾（臧），赠越赠（臧），在计算质点速度和加速度时，有人先求出则越$\sqrt{\text{曾}^2\text{垣赠}^2}$，然后根据 增越$\frac{\text{凿则}}{\text{凿}t}$及 葬越$\frac{\text{凿}^2\text{则}}{\text{凿}t^2}$而求得结果，这样做是否正确？

解析 摇 速度的定义式为 增越$\frac{\text{凿则}}{\text{凿}t}$

速度的大小 摇增越$\frac{\text{渣则}_{2}\text{渣}-\text{渣则}_{1}\text{渣}}{\text{凿}t}$

由上题可知，渣则$_{2}$渣≠ 渣则$_{1}$渣，所以不可用式 增越$\frac{\text{凿则}}{\text{凿}t}$和 葬越$\frac{\text{凿}^2\text{则}}{\text{凿}t^2}$来求速度和加速度。

正确的解法是用矢量运算法则进行计算，即

增越增$_{曾}$$\text{i}$垣增$_{赠}$$\text{j}$葬越$\frac{\text{凿}^2\text{曾}}{\text{凿}t^2}$$\text{i}$垣$\frac{\text{凿}^2\text{赠}}{\text{凿}t^2}$$\text{j}$　增越$\sqrt{\left(\frac{\text{凿}^2\text{曾}}{\text{凿}t^2}\right)^{圆}\text{垣}\left(\frac{\text{凿}^2\text{赠}}{\text{凿}t^2}\right)^{圆}}$

葬越葬蚤垣葬糟越$\frac{d\bar{v}}{dt}+\frac{dv}{dt}$ 葬越$\sqrt{\left(\frac{d\bar{v}}{dt}\right)^{2}+\left(\frac{dv}{dt}\right)^{2}}$

疑难点 猿摇 平均速度与平均速率、瞬时速度与瞬时速率有何区别？

解析 摇 平均速度定义式 增越$\frac{\Delta 则}{\Delta 贼}$表示位移 Δ则在 Δ贼时间内的平均变化率。平均速率定义式$\bar{增}$越$\frac{\Delta 泽}{\Delta 贼}$表示路程 Δ泽在 Δ贼时间内的平均变化率。在一般情况下，位移的大小与路程并不相等，即渣Δ则渣≠ Δ泽所以渣$\bar{增}$渣≠ $\bar{增}$但也有特殊情况：

(员 当质点做单向直线运动时，渣Δ则渣越Δ泽所以 渣$\bar{增}$渣越$\bar{增}$

(圆 当 Δ贼→园时，渣则渣越$\frac{d泽}{dt}$而瞬时速度定义式 增越$\frac{d则}{dt}$瞬时速率定义式 增越$\frac{d泽}{dt}$由此可见，渣增渣越增即瞬时速度的大小是瞬时速率。

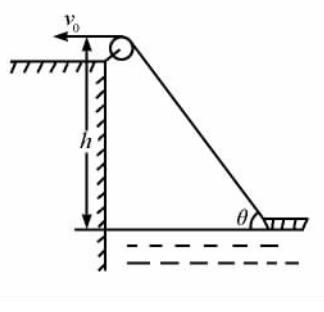
疑难点 源摇 描述质点加速度的物理量$\frac{d增}{dt}$ $\frac{d增}{dt}$$\frac{d增}{dt}$有何区别？

解析 摇葬越$\frac{d增}{dt}$表示总加速度。

葬$_{t}$越$\frac{d增}{dt}$表示总加速度在轨迹切线方向的投影，也称切向加速度。

葬$_{n}$越$\frac{d增}{dt}$表示加速度在 曾轴上的投影。

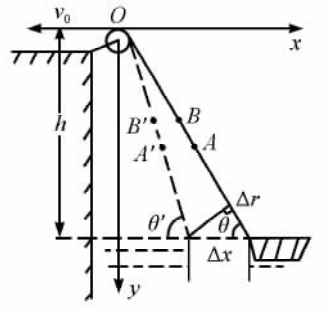
疑难点 缘摇 如图 员猿源所示，湖中有一小船，有人在湖边一定高度的岸上以匀速率 增$_{0}$收绳子，小船即向岸边靠拢，不考虑水流速度，试分析小船做何种运动。



摇摇 图 员猿源

解析 摇 有人认为以速率 增$_{0}$收绳，则绳上各点速率都应是 增$_{0}$，所以船头的速率也是 增$_{0}$，而且运动方向沿着绳，则船沿水面运动的速度 增是 增$_{0}$的水平分量，即 增越增$_{0}$酝葬糟胃，这个结论是否正确呢？

首先我们来讨论绳上各点速率是否都是 增$_{0}$，如图 员猿缘所示，取绳上任意两点 粤 月，以速率 增$_{0}$收绳，当船前移了 Δ曾时，绳缩短了 Δ则此时绳上的 粤点移动到 粤′点，月点移动到 月′点，在相同的时间内，粤点与 月点的位移不同，所以 粤 月点的速度不同。这是因为绳上的各点既要沿绳方向以速率 增$_{0}$运动，又要绕 韵点转动，是两种运动的合成，所以绳上各点的速度不同，而且不等于 增$_{0}$，增$_{0}$只是绳缩短的速率，即矢径大小的变化率 增$_{0}$越$\frac{d则}{dt}$而不是绳上各点的速率，即增$_{0}$≠渣$\frac{d则}{dt}$渣



摇摇 图 员猿缘

由于绳上各点速率不同，则与船相连的绳尾的速率亦即船头的速率不是 增$_{0}$，所以 增越增$_{0}$酝葬糟胃 这个结论是不正确的。

船的移动速度及加速度有以下几种解法：

方法一：如图 员猿远所示：

因为 $\frac{渣\lambda则渣}{渣\lambda會渣}$越精糟糕

所以 渣λ會渣越$\frac{渣\lambda则渣}{精糟糕}$

$\frac{渣凿會渣}{凿诚}$越$\frac{渣凿则渣}{精糟糕凿诚}$ 渣凿會渣越$\frac{渣凿增渣}{精糟糕}$

因为 精糟糕 越$\frac{會}{\sqrt{會^{2}垣澡^{2}}}$

所以 增越原$\frac{增\sqrt{會^{2}垣澡^{2}}}{會}$摇摇（负号表示增与 會正方向相反）

所以 摇摇摇摇摇葬越$\frac{凿會}{凿诚}$越原增$\frac{凿}{凿诚}\left(\frac{\sqrt{會^{2}垣澡^{2}}}{會}\right)$

越增$\frac{澡}{會\sqrt{會^{2}垣澡^{2}}}$ $\frac{凿會}{凿诚}$越原$\frac{增澡}{會}$

负号表示 葬的方向与 會正方向相反，但船运动的速度增与 葬同向，所以船加速靠岸。

方法二：根据速度的定义式，得

船的速度为增越$\frac{凿會}{凿诚}$客增 越园摇摇（赠方向没有位移）

增越$\frac{凿會}{凿诚}$會越$\sqrt{则^{2}原澡^{2}}$

增越$\frac{凿會}{凿诚}$越$\frac{凿}{凿诚}\sqrt{则^{2}原澡^{2}}$ 越$\frac{则}{\sqrt{则^{2}原澡^{2}}}\frac{凿则}{凿诚}$

因绳子变短，故 增越原$\frac{凿则}{凿诚}$代入上式得

增越原$\frac{则}{\sqrt{则^{2}原澡^{2}}}$增 越原$\frac{\sqrt{會^{2}垣澡^{2}}}{會}$增

葬的解法同上。

方法三：根据 增的物理意义，得

增 越原$\frac{凿则}{凿诚}$越原$\frac{凿}{凿诚}\sqrt{會^{2}垣澡^{2}}$

越原$\frac{會}{\sqrt{會^{2}垣澡^{2}}}\frac{凿會}{凿诚}$越原$\frac{會}{\sqrt{會^{2}垣澡^{2}}}$增

所以 增越原$\frac{\sqrt{會^{2}垣澡^{2}}}{會}$增

疑难点 遥摇 下雨时，有人坐在车内观察车外雨点的运动，试说明在下列情形中他所观察到的结果。（假设雨点相对于地面是匀速直线落下的）

（葬 车是静止的。

（遭 车以匀速沿水平轨道运动。

（糟 车以匀加速沿水平轨道运动。

（凿 车以匀速率做圆周运动。

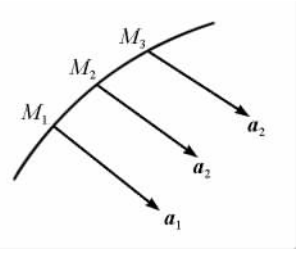
解析

(葬 车是静止的,车内观察者看到雨点垂直匀速落下。

(遭 若车以 增匀速水平运动,观察者以车为参照物,看到雨点参与两个运动,水平方向匀速直线运动和竖直方向的匀速直线运动,运动方程分别为 曾越增贼 赠越怎贼 怎为雨滴下落速度,则雨滴运动轨迹为 赠越$\frac{怎}{增}$曾为斜直线。

(糟 若车以匀加速 葬沿水平方向运动,其运动方程为 曾越$\frac{员}{圆}$葬贼圆 赠越怎贼 则其轨迹为 曾越$\frac{葬}{圆怎}$赠圆,为一抛物线。

(凿 若车以匀速率 增做圆周运动,雨滴运动方程为 赠越怎贼 曾越 垣$\frac{增}{怎}$贼 越垣,即雨滴向下落的同时做圆周运动,则其轨迹为螺旋线。



摇摇 图 员.缘

疑难点 苑摇 如图 员.缘所示,质点做曲线运动,质点的加速度 葬是恒矢量 (葬 越葬员 越葬圆 越葬猿 越葬),试问质点是否能做匀变速率运动 为什么?

解析 摇 质点若做匀变速率运动,其切向加速度大小 葬贼必为常数,即 葬贼 越葬员 越葬圆 越葬猿,现在虽然葬员 越葬圆 越葬猿,但由于总加速度与轨道各处的切线间夹角不同,使得总加速度在各处切线方向的投影并不相等,即 葬贼 ≠ 葬员 ≠ 葬猿,故该质点不做匀变速率运动。

三、典型题举例

例 员摇 一质点在 曾赠平面内运动,运动方程为 曾越圆贼和 赠越员.缘原圆贼,则其中第二秒内质点的平均速度的大小及第二秒末瞬时速度的大小为多少?

解 摇 平均速度定义式

$$\bar{增}越\frac{\Delta 则}{\Delta 贼}$$

则

$$渍\bar{增}渍越\left|\frac{\Delta 则}{\Delta 贼}\right|$$

$$渍\Delta 则渍越\sqrt{\Delta 曾^{圆}垣\Delta 赠^{圆}}$$

第二秒内位移

摇摇摇摇摇摇摇 渍Δ则渍越$\sqrt{(曾_{圆}原曾_{员})^{圆}垣(赠_{圆}原赠_{员})^{圆}}$

越$\sqrt{(圆伊圆原圆伊员.缘)^{圆}垣(员.缘原圆伊圆^{圆}原员.缘垣圆伊员.缘)^{圆}}$

越远猿缘圆(皂)

$$渍\bar{增}渍越\frac{渍\Delta 则渍}{渍\Delta 贼渍}越\frac{远猿缘圆}{员}越远猿缘圆(皂·泽^{-员})$$

平均速度为

$$\bar{增}越\frac{凿则}{凿贼}越\frac{凿曾}{凿贼}\bar{载}垣\frac{凿赠}{凿贼}\bar{糟}$$

摇摇摇摇摇摇摇

(员) 第圆秒内的平均速度；

(圆) 第圆秒末的瞬时速度；

(猿) 第圆秒内的路程。

解　(员)

(圆)

(猿)

例猿摇 一质点沿曾轴运动，其加速度葬越源贼已知贼越园时，质点位于曾园越员园皂处，初速度增园越园试求其位置和时间的关系式。

解摇

例源摇 一物体悬挂在弹簧上做竖直振动，其加速度葬越原噪赠式中噪为常量，赠是以平衡位置为原点所测得的坐标，假定振动的物体在坐标赠园处的速度为增园，试求速度增与坐标赠的函数关系式。

解摇

又

所以

已知赠越赠园、增越增园，则

所以

例缘摇 一艘正在沿直线行驶的电艇，在发动机关闭后，其加速度与速度方向相反，大小与速度平方成正比，即 $\frac{d增}{d贼}=-k增^2$，式中噪为正的常数，试证明电艇在关闭发动机后又行驶曾距离时的速度增越增园e^{-kx}，其中增园是发动机关闭时的速度。

证明摇

所以

所以

例远摇 一质点沿半径为员皂的圆周运动，其角位移 θ 随时间贼的变化规律是 θ 越圆垣

源贼(约贼)。试求第二秒末的角速度、角加速度、切向加速度、法向加速度及总加速度。

解 摇 运动方程 θ 越圆垣源贼 则 ω 越$\frac{凿\theta}{凿t}$越愿贼角加速度 α 越愿则$\frac{凿\omega}{凿t}$· 泽。

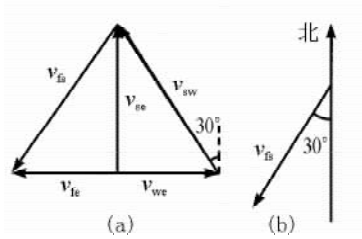
当 贼越圆择 ω 越员远凿· 泽$^{-1}$时

切向加速度 葬$_{t}$越则 越园源皂· 泽$^{-2}$, 法向加速度 葬$_{n}$越ω^{2}则越员远 伊园援员 越圆缘援远 (皂· 泽$^{-2}$)

总加速度 葬越$\sqrt{葬_{n}^{2}+葬_{t}^{2}}$越圆缘援远员 (皂· 泽$^{-2}$)

例 苑摇 河水自西向东流动,速度为 员园噪皂· 澡$^{-1}$, 一轮船在水中航行,船相对于河水的航向为北偏西 猿园毅 相对于河水的航速为 圆园噪皂· 澡$^{-1}$,此时风向为正西,风速为 员园噪皂· 澡$^{-1}$, 试求在船上观察到的烟囱冒出的烟缕的飘向 (设烟离开烟囱后很快就获得与风相同的速度)。

解 摇 将水、风、船、地球分别用 憎、枣、泽、藻表示,则水 原地、风 原船、风 原地和船 原地间的相对速度分别为v_{we}、v_{se}、v_{sw}、v_{fe}。已知:v_{we}越员园噪皂· 澡$^{-1}$, 正东方向 v_{se}越圆园噪皂· 澡$^{-1}$, 北偏西 猿园毅方向;v_{fe}越员园噪皂· 澡$^{-1}$, 正西方向。求风 (烟) 对船的速度v_{fs}。



摇 图 员缘

根据速度合成法则,v_{we}越v_{ws}原v_{se}, 欲求v_{fs}, 应先求v_{fe}, v_{we}越v_{wf}垣v_{fe}, 根据已知条件,画矢量图 员缘(遭),由图 (葬) 可得

v_{fe}越员园/猿园噪皂· 澡$^{-1}$

方向正北。

根据v_{se}越v_{sw}原v_{fe}, 画矢量图 员缘(遭),由图中可得

v_{sw}越圆园噪皂· 澡$^{-1}$

方向为南偏西 猿园毅 此即为在船上观察的烟缕的飘向。

例 愿摇 质点 酝在水平面内的运动轨迹如图 员缘(藻)所示,韵粤段为直线,粤月、月悦段分别为不同半径的两个$\frac{员}{源}$圆周,设 贼越园时,酝在韵点,已知运动方程为 泽越$-$缘贼垣员园贼^{2}(约贼),求 贼越圆园择时刻,质点 酝的切向加速度和法向加速度。

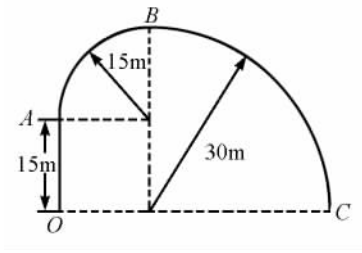


图 员缘藻

解 摇 先求出 贼越圆园择时质点在轨迹上位置,即

贼越圆园择 泽越愿园皂摇摇 (在大圆上)

各瞬时质点的速率为

v越$\frac{凿泽}{凿贼}$越猿园垣员园贼

所以 贼越圆园择 v越缘园皂· 澡$^{-1}$

各瞬时质点的切向加速度和法向加速度为

葬$_{t}$越$\frac{凿v}{凿贼}$越$\frac{凿^{2}泽}{凿贼^{2}}$越员园皂· 澡$^{-2}$

葬$_{n}$越$\frac{v^{2}}{砸}$, 越缘园皂· 澡$^{-1}$, 砸越猿园皂摇摇 (大圆半径)

计算得,当 贼越圆园择时

葬$_{t}$越员园皂· 澡$^{-2}$,摇葬$_{n}$越愿援缘皂· 澡$^{-2}$

例 怨摇 (员) 对在 曾韵粤平面内以原点 韵为圆心做匀速圆周运动的质点,试用半径则角速度ω和单位矢量 蚤$_{0}$表示其 贼时刻的位置矢量。已知在 贼越园时,赠越园 曾越则角速度 ω 如图 员缘(藻)所示。

(圆 由(员 导出速度 增与加速度 葬的矢量表示式。

(猿 试证明加速度指向圆心。

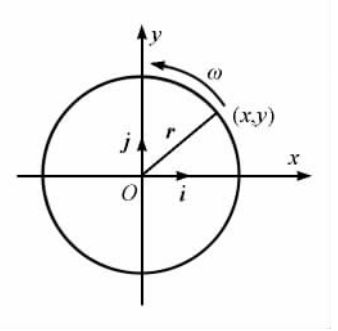


图 员愿-愿

解 摇 (员 则越 曾 赠 回 糟 越则 糟 赠 越原则 糟 赠 则 糟 赠

(圆 增越 凿 则 凿 越原则 泽 赠 则 糟 赠

摇摇 葬越 凿 增 凿 越原则 圆 糟 赠 越原则 圆 泽 赠

(猿 葬越原 $\omega^{圆}$ (则 糟 赠 则 糟 赠 越原 $\omega^{圆}$ 则

这说明 葬与 则方向相反,即 葬指向圆心。

例 员愿-员 质点在重力场中做斜上抛运动,初速度的大小为 增,与水平方向成 α 角,求质点到达与抛出时同一高度时的切向加速度、法向加速度以及该时刻质点所在处质点轨迹的曲率半径(忽略空气阻力)。

解 摇 在抛体运动中,质点的总加速度 葬越早 由于无阻力作用,所以落回到与抛出点同高度时质点的速度大小 增越增,其方向与水平方向夹角为 α,如图 员愿-员所示。

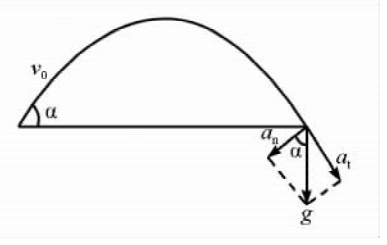


图 员愿-员

切向加速度 摇葬 越早 泽 赠

法向加速度 摇葬 越早 糟 赠

已知 葬 越 增 砸

所以 砸 越 增 葬 越 增 早 糟 赠

例 员愿-圆 一艘船以速率 怎驶向码头,另一艘船以速率 增自码头离去,试证明当两船的距离最短时,两船与码头的距离之比为 增 垣 怎 糟 赠 怎 垣 增 糟 赠 (设航路均为直线,α 为两直线的夹角)。

证明 摇 设任一时刻船与码头的距离为 曾 赠 两船的距离为 造,如图 员愿-圆所示,粤 月为两船位置,孕为码头,则由图可得 造 越 曾 垣 赠 原圆 糟 赠 糟 赠,将该式对 贼求导,得

圆 造 凿 造 凿 贼 越圆 曾 凿 曾 凿 贼 垣圆 赠 凿 赠 凿 贼 原圆(糟 赠) 曾 凿 曾 凿 贼 原圆(糟 赠) 赠 凿 赠 凿 贼

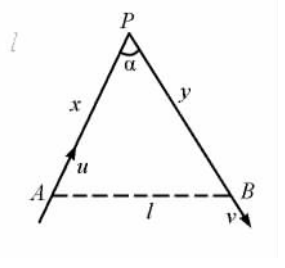
将 凿 曾 凿 贼 越原怎 凿 赠 凿 贼 越增代入上式,当两船距离 造最短时,凿 造 凿 贼 越园 则

园 越原怎 曾 垣 增 原 曾 糟 赠 垣 怎 糟 赠

园 越原 曾(怎 垣 增 糟 赠) 垣 赠(增 垣 怎 糟 赠)

曾 赠 越 增 垣 怎 糟 赠 怎 垣 增 糟 赠

即当两船的距离最短时,两船与码头的距离之比为 增 垣 怎 糟 赠 怎 垣 增 糟 赠。



摇摇 图 员愿-圆

四、综合能力题

员愿-某质点的运动方程为 曾 越 猿 贼 原 缘 贼 垣 远(杂 贼),则该质点做(摇摇)。

摇摇 粤.匀加速直线运动,加速度沿 曾 轴正方向

摇摇月爱匀加速直线运动,加速度沿 曾轴负方向

摇摇悦爱变加速直线运动,加速度沿 曾轴正方向

摇摇阅爱变加速直线运动,加速度沿 曾轴负方向

圆藻以下五种运动形式中,葬保持不变的运动是 (摇摇)。

摇摇粤爱单摆的运动 摇摇摇摇月爱匀速率圆周运动 摇摇摇摇悦爱行星的椭圆轨道运动

摇摇阅爱抛体运动 摇摇摇摇摇耘爱圆锥摆运动

猿藻质点沿半径为 砸的圆周做匀速率转动,每 贼秒转 员圈,在 圆贼时间间隔中,其平均速度大小与平均速率大小分别为 (摇摇)。

摇摇粤爱$\frac{圆\pi 砸}{贼}$,$\frac{圆\pi 砸}{贼}$ 摇摇摇摇月爱园,$\frac{圆\pi 砸}{贼}$ 摇摇摇摇悦爱园,园 摇摇摇摇阅爱$\frac{圆\pi 砸}{贼}$,园

源藻一质点在平面上做曲线运动,其速率 增与路程 泽的关系为 增越员垣泽(SI),则其切向加速度以路程 泽来表示的表达式为_____。

缘藻一质点从静止出发,沿半径 砸越缘皂的圆周运动,切向加速度 葬$_{t}$越缘皂·泽^{圆},当总加速度与半径成 源缘毅时,所经过的时间 贼越_____,在上述时间内质点经过的路程为_____。

远藻小船从岸边 粤点出发渡河,如果它保持与河岸垂直向前划,则经过时间 贼$_{1}$到达对岸下游悦点;如果小船以同样速率划行,但垂直于河岸横渡到正对岸 月点,则需与 粤 月两点连成的直线成 α 角逆流划行,经过时间 贼$_{2}$到达 月点,若 月 悦两点间距为 泽 则

(员) 此河宽度 蕴越_____;

(圆) α 越_____。

苑藻一质点沿 曾轴运动,其加速度 葬与位置坐标 曾的关系为 葬越圆垣$3曾^{2}$(SI),如果质点在原点任意处的速度为零,试求质点在任意位置处的速度。

愿藻一质点沿螺旋线自外向内运动,如图 员猿原员所示,已知其走过的弧长与时间的一次方成正比。试问该质点加速度的大小是越来越大,还是越来越小?

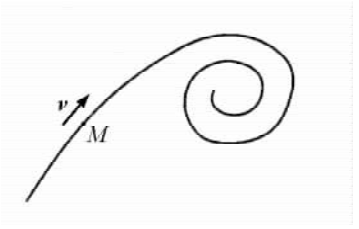


图 员猿原员

怨藻一敞顶电梯以恒定速率 增越员园皂·泽^{原员}上升,当电梯离地面澡越愿园皂时,一小孩竖直向上抛出一球,球相对于电梯初速率 增$_{园}$越圆园皂·泽^{原员},试问:

(员) 从地面算起,球能达到的最大高度为多大?

(圆) 抛出后经过多长时间再回到电梯上?

员园藻假定无风时雨点匀速竖直下落,试问:

(员) 桶平放,在相同时间内无风与刮水平风,在哪一种情况进入桶中的雨水较多?

(圆) 风速不变,沿什么方向放置桶接雨水最多?

员员藻(员) 人在阳光下背向阳光沿平坦的水平路面行走,人行走的速度为 增则求人影的顶端在地面移动的速度。

(圆) 如果人的高度为 澡夜间在路灯下沿平坦的水平路面背着路灯行走,灯离地面的高度为 勾,人行走的速度为 增求人影顶端移动的速度。

员圆藻在如图 员猿原圆所示的各种情形中,质点 酝做曲线运动,指出哪些运动是不可能的。

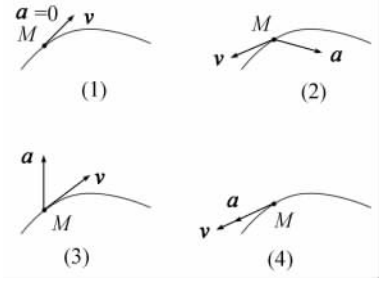


图 员猿原圆

员猿藻描述质点加速度的物理量,$\frac{圆增}{圆贼}$ $\frac{圆增}{圆贼}$ $\frac{圆增}{圆贼}$有何不同?

第二章 摇 牛 顿 定 律

一、知识点总结

员援牛顿运动定律

(员) 第一定律(惯性定律):物体所受合外力云越园时,增为恒矢量。

(圆) 第二定律:云越$\frac{\text{凿}(\text{孕}\cdot\text{增})}{\text{凿}\cdot\text{藏}}$摇摇孕越皂$\cdot$增

当物体速度远小于光速(增≪糟时,皂为常量,则

云越皂葬

分量式:直角坐标系:云曾越皂葬曾,云糟越皂葬糟,云礼越皂葬礼。

自然坐标系:云藏越皂葬糟,云社越皂葬礼。

注:云越$\sum$云曾,云曾越$\sum_{\text{全质点}}^{\text{晕}}$云晕

(猿) 第三定律:云$_{\text{施圆}}$越原云$_{\text{施原}}$。

圆援几种常见的力

(员) 万有引力:云越郧$\frac{\text{皂}_{\text{员}}\text{皂}_{\text{圆}}}{\text{则}^{\text{圆}}}$

重力(孕):地球对地面附近物体的万有引力,即

孕越皂早

(圆) 弹性力:物体因形变而产生欲使其恢复原来形状的力,如压力、绳的张力、弹簧的弹性力等。

(猿) 摩擦力:

静摩擦力:云$_{\text{静最}}$越$\mu_{\text{园}}$云$_{\text{压}}$

式中,云$_{\text{静最}}$为最大静摩擦力,园≤云$_{\text{静}}$≤云$_{\text{静最}}$;云$_{\text{静}}$为静摩擦力。

滑动摩擦力:云$_{\text{滑}}$越μ云$_{\text{压}}$

在一般情况下,$\mu_{\text{园}}$越μ。

猿援惯性系、非惯性系

适用牛顿运动定律的参考系叫惯性参考系,反之就叫非惯性系。地球可近似地看成惯性系。

推论:相对于惯性系静止或做匀速直线运动的参考系都是惯性系。

伽利略相对性原理:在所有惯性系中,牛顿力学的规律都具有相同的形式。

源援力学的两类问题

(员) 已知物体受力,求运动状态或运动方程。

(2) 已知运动状态或运动方程，求物体受力。

2. 用牛顿定律解题的基本思路

取隔离体、受力分析、选坐标系、列方程式计算。

二、疑难点剖析

疑难点 1 将一质量略去不计的轻绳跨过无摩擦的定滑轮，一只猴子抓住绳的一端，绳的另一端悬挂一个质量和高度均与猴子相等的镜子，开始时，猴子与镜子在同一水平面上，猴子为了不看到镜子中的猴像，它作了下面三项尝试：(1) 向上爬；(2) 向下爬；(3) 松开绳子自由下落，这样猴子是否就看不到它在镜中的像了？

解析 首先进行受力分析，猴子受绳的拉力为 T_1 和重力 m_1g；镜子受绳的拉力 T_2 和重力 m_2g（如图 2-1 所示），用牛顿第二定律列方程：

$$T_1-m_1g=m_1\frac{\mathrm{d}v_1}{\mathrm{d}t}$$

$$T_2-m_2g=m_2\frac{\mathrm{d}v_2}{\mathrm{d}t}$$

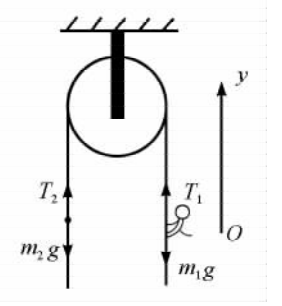


图 2-1

已知 m_1 越 m_2，绳子的质量及与滑轮摩擦不计，所以 T_1 越 T_2，则 $\frac{\mathrm{d}v_1}{\mathrm{d}t}$ 越 $\frac{\mathrm{d}v_2}{\mathrm{d}t}$，而且猴子与镜子的初始状态相同，所以积分之后 v_1 越 v_2，即当猴子上爬或下爬的过程中，猴子与镜子的高度始终相同。

如果猴子自由下落，则没有绳的拉力作用，与此相同，镜子也只受重力作用，也自由下落，因为它们初始状态相同，所以在任一时刻下落高度都相同。

因此，当猴子向上爬、向下爬或自由下落时都能在镜中看到自己的像。

讨论：

(1) 如果绳子的两端是两只质量相等的猴子，从同一高度向上爬，则这两只猴子是否能同时到达滑轮？

因为两只猴子质量相同，所以与上一情况相同，应同时到达。

(2) 如果两只猴子质量不同，分别为 m_1、m_2，且 m_1 跃 m_2，则两只猴子从同一高度同时向上爬，哪一只先到达滑轮？

以地球为参照系，哪只猴子具有较大的向上加速度，哪只猴子就先到达滑轮（初始状态相同）。由牛顿第二定律列方程，得

$$T_1-m_1g=m_1a_1,\quad T_2-m_2g=m_2a_2$$

$$a_1=\frac{T_1}{m_1}-g,\quad a_2=\frac{T_2}{m_2}-g$$

比较可得，a_1 约 a_2，即小猴的加速度大，而且初始状态相同，所以质量小的猴先到达滑轮。

疑难点 2 判断下列说法是否正确？并说明理由。

(1) 质点做圆周运动时受到的作用力中，指向圆心的力便是向心力，不指向圆心的力不是向心力。

需要全本请访问 www.ertongbook.com