

上海科技教育出版社 阅览

普通高中教科书

物理

必修

第一册

教师用书



上海科技教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

普通高中教科书物理必修第一册教师用书/束炳如,
何润伟主编. —上海:上海科技教育出版社,2019.9

ISBN 978-7-5428-7066-7

I. ①普… II. ①束… ②何… III. ①中学物理课—
高中—教学参考资料 IV. ①G633.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 167871 号

责任编辑 李桔青

封面设计 符 劼

普通高中教科书
物理 必修 第一册
教师用书

总主编 束炳如 何润伟

出版发行 上海科技教育出版社有限公司

(上海市柳州路 218 号 邮政编码 200235)

网 址 www.sste.com www.ewen.co

经 销 各地新华书店

印 刷 上海颀辉印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 12

版 次 2019 年 9 月第 1 版

印 次 2019 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5428-7066-7/G·4109

定 价 36.00 元

总 主 编 束炳如 何润伟

副总主编 母小勇 仲扣庄

本册作者 (按姓氏笔画为序)

王 高 卢向林

宋裕香 仲扣庄

顾俊琪 戴苾芬

海
科
教
育
出
版
社

亲爱的老师：

欢迎你使用新的沪科教版高中物理教材！

根据《普通高中物理课程标准(2017年版)》的要求,沪科教版高中物理教材编写组完成了普通高中教科书《物理 必修 第一册》《物理 必修 第二册》《物理 必修 第三册》《物理 选择性必修 第一册》《物理 选择性必修 第二册》《物理 选择性必修 第三册》的设计和编写,通过了国家教材委员会专家委员会的审核,并由上海科技教育出版社出版(以下简称“新‘沪科教版’高中《物理》”),已被教育部列入全国高中新教材用书目录。

新“沪科教版”高中《物理》,严格按照新的普通高中物理课程标准要求,坚持“立德树人”的指导思想,突出科学探究,通过生活情境、物理情境的创设,以问题串、问题链呈现教科书内容,力图全面发展学生的物理学科核心素养和为学生个性化发展创造条件。

本书是配合《物理 必修 第一册》而编写的教师用书。

我们认为,教师用书首先应该充分体现课程改革的理念,展示教科书的特点;要多为教师着想,为教师提供方便;既要提出切实可行的教学建议,又要给教师以充分施展自己才能的空间;既要为教师提供丰富的课程资源,又要帮助教师自己去开发课程资源……

本书努力体现《物理 必修 第一册》的特色,阐明编者编写本模块教材的思路,对教师组织“实验探究”“分析论证”“必做实验”等科学探究活动提供了一些参考建议,并在各章提供了教学案例供参考。本书力求体现师生互动、学生自主学习的新课程理念,旨在提升学生的核心素养,增强学生的创新意识,发展学生的自主学习能力和独立探究能力。

本书还十分重视评价改革,就如何实施过程性评价和总结性评

价,构建发展性的评价体系,与教师进行交流;并且就怎样更多地关注学生的个性差异,帮助学生认识自我、树立自信,促进学生在原有水平上发展,以及如何促进教师的提高与改进教学实践等方面的问题,提出了编者的看法。

教科书和教师用书的编写过程是一个合作、对话、协商、共建的过程,我们真诚地希望你加入到共建的行列里来,为编写有中国特色的教科书和教师用书而共同努力!

预祝你和你的学生在高中物理课程改革中获得成功!

编 者

2019 年 7 月

目 录 contents

第0章 本册教材编写思路与教材分析

- 本册教材的教学要求和学业要求 / 1
- 本册教材的地位与作用 / 2
- 本册教材在实现物理学科核心素养和课程目标方面的措施 / 2
- 本册教材的框架、结构和逻辑体系 / 4

开 篇 激动人心的万千体验

- 开篇教学目标 / 6
- 开篇教材分析 / 6
- 各节教材的说明与教学建议 / 7
 - 0.1 物理学——理性的追求 / 7
 - 0.2 物理学——人类文明的瑰宝 / 9
 - 0.3 学物理——探究求真 / 10
- 课程资源 / 10
- 教学案例 / 18

第1章 物体运动的描述

- 本章教学目标 / 21
- 全章教材分析与教学要求 / 22
- 各节教材的说明与教学建议 / 24
 - 1.1 运动与质点模型 / 24
 - 1.2 怎样描述运动的快慢 / 29
 - 1.3 怎样描述运动的快慢(续) / 31
 - 1.4 怎样描述速度变化的快慢 / 35
- 课程资源 / 39
- 补充习题及参考解答 / 49
- 教学案例 / 50

第2章 匀变速直线运动的规律

- 本章教学目标 / 53
- 全章教材分析与教学要求 / 55

各节教材的说明与教学建议	/ 57
2.1 伽利略对落体运动的研究	/ 57
2.2 匀变速直线运动的规律	/ 60
2.3 自由落体运动的规律	/ 64
2.4 匀变速直线运动规律的应用	/ 67
课程资源	/ 73
补充习题及参考解答	/ 79
教学案例	/ 83

第3章 力与相互作用

本章教学目标	/ 86
全章教材分析与教学要求	/ 87
各节教材的说明与教学建议	/ 89
3.1 重力	/ 89
3.2 弹力	/ 91
3.3 摩擦力	/ 96
3.4 分析物体的受力情况	/ 100
3.5 怎样求合力	/ 103
3.6 怎样分解力	/ 108
3.7 共点力的平衡及其应用	/ 114
课程资源	/ 121
补充习题及参考解答	/ 133
教学案例	/ 137

第4章 牛顿运动定律

本章教学目标	/ 142
全章教材分析与教学要求	/ 143
各节教材的说明与教学建议	/ 145
4.1 牛顿第一定律	/ 145
4.2 探究加速度与力、质量的关系	/ 149
4.3 牛顿第二定律	/ 151
4.4 牛顿第三定律	/ 154
4.5 牛顿运动定律的案例分折	/ 157
4.6 超重与失重	/ 162
课程资源	/ 166
补充习题及参考解答	/ 176
教学案例	/ 179

第0章

本册教材编写思路与教材分析

高中物理必修课程是全体高中学生必须学习的课程,是普通高中学生物理学科核心素养发展的共同基础,由必修1、必修2和必修3三个模块构成。在必修1中含“机械运动与物理模型”和“相互作用与运动定律”两个主题,这是力学的基础,同时为学生在整个高中阶段的物理学习打下基础。《普通高中物理课程标准(2017年版)》(以下简称《课程标准》)要求学生通过运动、力及其相互关系等内容的学习,引导学生建立质点、匀速直线运动、匀变速直线运动、自由落体运动等物理模型,自主建构位移、速度、加速度、力等重要概念,经历胡克定律、力的合成法则、牛顿运动定律等的探究过程,在机械运动情境下培养学生的运动与相互作用观,了解相关的物理学思想和研究方法,认识科学、技术、社会、环境的关系,提升学生的物理学科核心素养。

本册教材的教学要求和学业要求

本册教材有以下2个二级主题:

- 机械运动与物理模型
- 相互作用与运动定律

教学要求

本模块注重在机械运动情境下培养学生的运动与相互作用观念和模型建构等物理学科核心素养。教学中应根据本模块所学物理模型的特点,联系生产、生活实际,从多个角度创设情境,提出与物理学有关的问题,引导学生讨论、交流,让学生体会建构物理模型的必要性及方法;让学生经历速度、加速度、力等重要物理概念建构的过程,了解测量这些物理量的方法,进而学习定量描述生活中物体运动和相互作用的方法;通过探究物体运动的加速度与物体受力、物体质量的关系等实验,引导学生运用控制变量等方法设计实验方案,学会分析和处理实验数据,提高科学探究能力。引导学生结合物理学史,认识实验探究与数学、科学思维相结合对物理学发展的重要作用。

学业要求

能用位移、速度、加速度等物理量描述物体的直线运动。能用匀变速直线运动的规律解释或解决生活中的具体问题。能对物体的受力和运动情况进行分析,得出结论。能从物理学的运动与相互作用的视角分析自然与生活中的有关简单问题。

了解建立质点模型的抽象方法和质点模型的适用条件,能在特定情境下将物体抽象为质点,体会物理模型建构的思想和方法。通过瞬时速度和加速度概念的建构,体会物理问题研究中的极限方法和抽象思维方法。知道证据是物理研究的基础,能使用简单直接的证据表达自己的观点。

会做“探究加速度与物体受力、物体质量的关系”等实验。能明确科学探究实验所要解决的问题,知道制订实验方案是重要的,有控制变量的意识。会使用基本的力学实验器材获取数据,能用物理图像描述实验数据,能根据数据得出实验结论,知道实验存在误差。能表达科学探究的过程和结果。

通过直线运动和牛顿运动定律的学习,认识物理学是对学多自然现象的描述与解释,具有学习物理学的兴趣。

本册教材的地位与作用

本册教材与《物理 必修 第二册》《物理 必修 第三册》一起涵盖了物理学的基础内容,由于它是学生从初中到高中学习物理的第一个台阶,因此,从某种意义上说,更具有基础性的地位。

通过本模块的学习,学生在初中物理的基础上,经历建构速度、加速度、力等重要物理概念的过程,探究物体间相互作用与运动状态变化的关系,初步形成运动与相互作用观念,为后续的物理学习奠定基础。

通过本册教材的学习,使学生经历质点、自由落体运动等模型的建构过程,体会物理模型建构的思维方式,认识物理模型在探索自然规律中的作用。结合瞬时速度概念的建构、运用匀变速运动的 $v-t$ 图像求位移等,体会研究物理问题的极限方法。结合加速度概念的建构、理想实验的介绍等,体会物理学中的抽象思维方法。

通过“实验探究”“学生必做实验”等活动,使学生认识和领悟科学探究的问题、证据、解释、交流等基本要素,学会使用最基本的物理仪器,了解 DIS(数字化实验系统)等现代实验手段,学习实验归纳法、控制变量法、等效变换法等一些科学方法,认识物理实验与数学、科学推理在物理学研究中的作用。

通过本模块的学习,使学生进一步懂得实验操作规范,知道如何阅读教材,知道如何归纳整理知识,在解题中明了怎样分析、画图、列式等。通过“信息浏览”“STSE”“多学一点”“课题研究”“总结与评价:课题研究报告会”等栏目,让学生关注国内外科技发展的现状和趋势,理解科学、技术、社会、环境的关系,培养学生的科学志趣和将科学服务于人类的意识。

通过本册教材的学习,能较好地培养学生的物理学科核心素养,为后续模块的学习奠定良好的基础。

本册教材在实现物理学科核心素养和课程目标方面的措施

本模块教材力求体现《课程标准》的理念,落实立德树人的根本任务,提升学生的物理学科核心素养,为学生的终身发展奠定基础。在义务教育物理课程的基础上,为了达成高中物理课程目标,本模块教材采取了如下措施:

1. 精心创设情境,以问题串展开物理内容,引导学生形成运动与相互作用的观念

建构主义学习理论认为,情境是意义建构的基本条件,倡导创设含有真实事件或问题的情境,以学生为中心,促进学生与情境的交互作用,主动地建构知识。

本教材围绕各章核心内容,创设与真实的生活或高科技成果相关的情境,采取问题串的形式,环环相扣,通过一个个富有挑战性的问题展开物理内容,通过科学探究等展开教学,引导学生在问题解决的过程中,自主建构物理知识,形成物理观念。

例如,在《第1章 物体运动的描述》中,以“神舟”飞船为背景,引发出一连串问题:“怎样判断动与静?”“怎样描述运动的快慢?”“怎样描述速度变化的快慢?”接着,通过“实验探究”和“思考与讨论”等活动展开本章内容。

又如,在《第3章 力与相互作用》中,以斜拉桥为背景,提出问题:“怎样对物体进行受力分析?”“怎样求合力?”“怎样分解力?”基于问题的提出、分析和解决展开本章物理知识内容的教学,认识3种常见力及其矢量性。

2. 加强实验探究,注重科学探究与知识建构的统一

编者认真研究了国内外的物理教材,按《课程标准》的要求,安排学生必做实验,精心设计实验探究活动。必做实验和实验探究中用到的器材,是一般学校实验室内都配有的,或者是师生稍作努力,能够办得到、做得好的。随着我国经济的发展,不少学校引入了现代教育技术手段,本教材在“实验探究”中介绍了DIS物理实验系统、频闪照相方法等。

本教材关注用具体的问题作为引导,让学生设计实验,通过分析与论证、评估、交流等环节,使学生经历完整的科学探究过程,自主建构关于运动与相互作用的认识。为了有利于学生的主动学习,许多探究活动都结合学生的知识基础作了引导,有些让学生部分参与,有些让学生通过自学和讨论,自己铺设一条“跑道”,便于进一步的实验探究。

例如,对滑动摩擦力规律的探究。在学生已有的初中物理知识的基础上,引导学生先解决这样一些问题:滑动摩擦力跟压力与表面材料都有关,实验中如何探究?怎样测算压力和改变压力?怎样测量滑动摩擦力?当学生弄清楚这些问题后,自己完全可以设计出实验方案,完成探究活动。

又如,关于加速度与力、质量关系的探究。教材正文中要求学生通过“思考与讨论”“设计实验”“收集证据”“分析论证”等环节,经历完整的探究过程,在“家庭作业与活动”中还要求学生分析实验中误差产生的原因。

再如,关于作用力与反作用力关系的探究。在“比较拉力的大小”的实验探究活动中,以拔河比赛为背景,把两队运动员简化为一个男孩和一个女孩,运用常规的弹簧测力计,分4种情况观测两者的相互作用力。在“多学一点”栏目中,引入DIS物理实验,发挥其优势,动态展示物体间的相互作用力随时间变化的情况。

本册教材按《课程标准》的要求,安排了4个学生必做实验,设计了6个实验探究活动:探究变速直线运动的特点、测定重力加速度的大小、用悬挂法确定薄板的重心、探究滑动摩擦力的大小、比较拉力的大小、观察弹簧测力计示数的变化。

3. 关注科学、技术、社会、环境的互动关系

本教材关注贴近生活、联系实际、渗透现代科技的内容,以“STSE”“信息浏览”等栏目,展示了科学、技术、社会、环境的互动关系,以及科学技术的发展对社会的正面效应和可能产生的负面效应,旨在培养学生保护环境、节约资源、促进可持续发展的责任感。此外,教材还在旁批中适时地介绍了许多名人警句,以鼓励学生执着追求真理,勇于实践和陶冶情操。

例如,在《2.4 匀变速直线运动规律的应用》中,利用“案例分析”栏目,引导学生分析高速公路上发生追尾事故的原因,通过计算,明了保持安全车距的必要性,并探讨公安部门“严禁酒后驾车”背后的道理,以增进学生遵守交通安全法的意识。

又如,在《第4章 牛顿运动定律》中,用了航天员在太空舱中工作情境的图片,向学生展示了一个比较理想的、可视为不受力的环境;引用了我国首位航天员杨利伟与记者的对话实录,引入超重与失重的概念;在“STSE”和“信息浏览”中,展示了中国航天员所做的微重力实验,介绍了太空实验室的研究成果;在“家庭作业与活动”中,通过展示太空实验室中美丽的蜡烛火焰图片,鼓励学生设计微重力环境下的实验项目。恰当地把传统物理知识与高科技有机结合起来,散发出浓郁的时代气息。

4. 力求体现选择性和开放性

本教材设置了多个栏目,把一些重要物理内容的内在逻辑性和外在拓展性融为一体,使整个模块凸显出严谨性和发散性,努力引导学生勤于思考、自主学习,允许他们有不同的学习体验与认识,同时为教师对物理课程的再创造提供了较大的自由度和开放的空间。

例如,本教材多处安排了“多学一点”栏目,其内容作为知识的延伸和扩展,理论思维要求较高,旨在让那些学有余力的学生在物理知识的学习中,有拓展提高的机会。

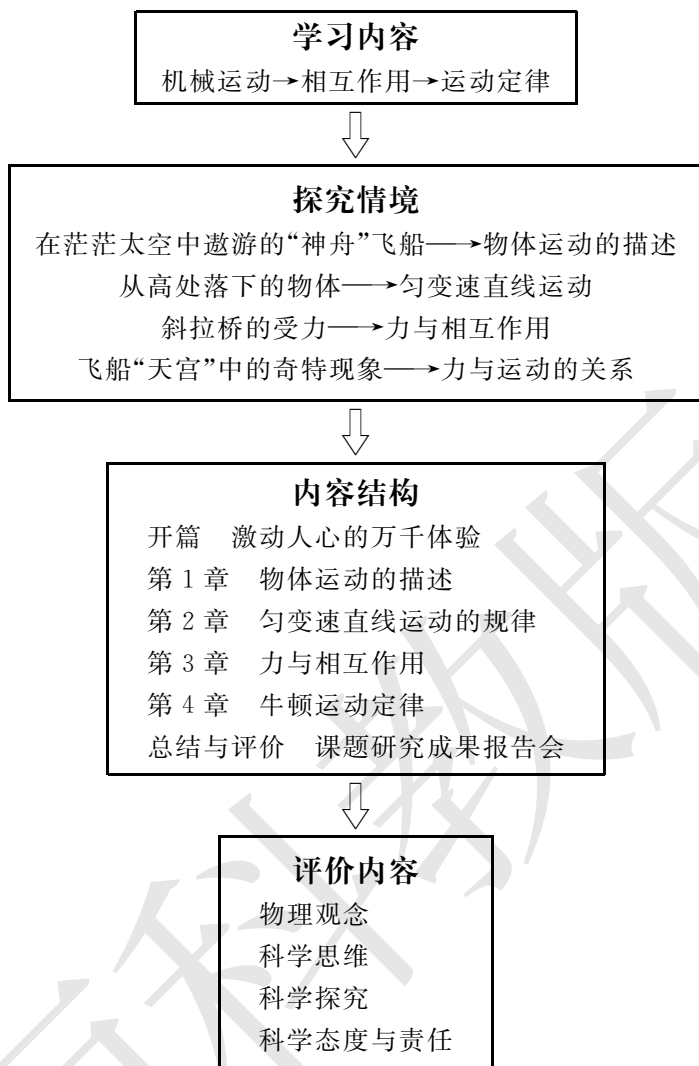
又如,在学习了“力的合成与分解及平衡”的内容后,教材要求学生开展一次以桥为主题的综合性课外活动。学生可以调查当地桥的历史,描绘或拍摄各种桥的风姿,抒发对桥的赞美,阐述桥的功能,对当地桥的建设提出建议;还可以收集世界各地著名的桥的资料、图片作汇总式的展示或比较、评述;最后,还要求学生自选材料,设计制作一座斜拉桥、拱券桥或其他形式桥的模型,交流活动的收获,开展对桥模型的评价等。

5. 重视以评价促进学生物理学科核心素养的发展

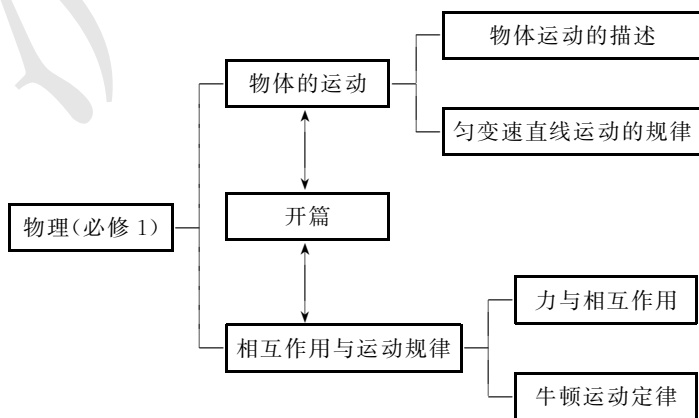
传统教材为适应考试把习题作为唯一的自我评价手段,而本教材不仅在教材内容叙述中,每节的家庭项目中都提供了许多联系生活、生产、社会的讨论题和实验探究题,还在课程结束时,专门安排一次课题研究报告会,要求学生展示自己最满意的作品,并专门提供一些课题让学生选择和探究。

本册教材的框架、结构和逻辑体系

根据《课程标准》的要求,本模块教材分为开篇、第1~4章。本册教材的基本框架如下框图所示:



本册教材的知识结构和逻辑体系如下框图所示：



开篇

激动人心的万千体验

开篇教学目标

- (1) 简述物理学的探索历程,彰显其科学本质。
- (2) 从人类文明发展的视角,展示物理学与技术、社会、环境的互动关系。
- (3) 基于物理学的学科特征,引领学生探究求真,学好物理。

开篇教材分析

本教材的开篇不同于传统教材的序言,其鲜明的特点主要表现在以下几个方面:

1. 提升了序言的地位

序言就是书的“灵魂”,是书的“统帅”,它反映了全书的概貌和特色,体现了作者的思想情感和精神向往。本教材在开篇中力争以满腔的激情,展示物理学丰富的内容,并且把它整合成依次相承的3节,提升了序言在整个物理教材和教学过程中的地位。

2. 强调物理学对人类文明的影响

传统教材的序言,往往仅侧重于从知识的层面介绍物理学对科学技术的影响,这是不全面的。本教材介绍了物理学与人类文明的互动关系后,专列一节:“物理学——人类文明的瑰宝”,介绍了物理学对人类思想观念的影响,并且从科学技术是把“双刃剑”的视角强调了科学的价值和责任。

3. 重视文理融合

长期以来,文理之间似乎总有一道不可逾越的鸿沟横亘在人们的面前,在传统教材的序言中,几乎不涉及文学艺术的内容,这显然是一个缺憾,也容易在我们的教学中形成误区,这与时代发展要求相悖。本教材充分注意到了这一点,在开篇中,从科学活动深层次的含义上沟通了“物理与艺术”的联系,使学生从进入高中物理学习开始,就领略到科学与艺术的美。

4. 强调以人为本,叙述亲切,指导具体

传统教材的序言,基本上采用了叙述式的呈现方式,学生阅读时感到不够亲切。

本教材强调以人为本,开篇的叙述亲切,呈现的形式多样、活泼,对学生的指导具体、详细。

例如,对学好物理的指导,本教材采用配合实验、辅以故事、穿插供思考的问题等不同的方式,把学好物理的要求贯穿在具体的情境之中,为使学生兴趣盎然,印象深刻,强化实验探究的地位和作用。

开篇共分3节,包含以下内容:

《0.1 物理学——理性的追求》 概要介绍物理学从形成到发展的过程,相当于一部浓缩的物理学简史,使学生在短时间内跨越千年时空,对物理学形成初步的认识。

《0.2 物理学——人类文明的瑰宝》 介绍了物理学与技术、社会、环境的互动关系,使学生初步认识物理学的作用。

《0.3 学物理——探究求真》 介绍了物理学的特点,向学生提出了学习物理的基本要求。

开篇的教学很重要。教学中,教师应饱含激情,结合引人入胜的开篇引言,激励学生学好物理。

课前可制作PPT,把“探索自然,驱动技术,拯救生命”这句口号打在屏幕上,并作适当的展示、介绍。希望这句口号能烙在学生头脑中,并以此为已任。

课时安排建议

开篇拟用1~2课时。

各节教材的说明与教学建议

0.1 物理学——理性的追求

教材说明与教学建议

这一节分为3个自然段:“一座金碧辉煌的大厦”是一部浓缩的经典物理学史;然后,从“两朵乌云的挑战”引入现代物理学;最后,在“物理学的探索无止境”中介绍了目前人们对时空的认识水平和跟物理学有关的交叉学科。在第一个自然段中,教材对“什么是物理学”这一问题先引用一位物理学家幽默的语句,然后介绍物理学的定义,接着对物理学的发展作了一个简短的回顾。

教学中,教师可先让学生结合初中物理的学习体验,谈谈对物理学的认识,然后可以撒手放下一本书幽默地引入课程,简单介绍伽利略通过对落体运动的研究,打开了通向经典物理学的大门,牛顿在前人工作的基础上,提出牛顿运动定律,并最终建立了经典力学体系。

谈论伽利略及其对力学发展所作出的贡献,应该突出伽利略对亚里士多德为代表的经院哲学的观点和方法的质疑,强调伽利略倡导的实验、数学和科学推理方法的意义。

关于热学的发展,教材从两个有典型意义的问题引入,两个问题反映了热学研究的两条线索:一是从宏观上研究系统的热功转化问题;二是从微观上根据分子运动论建立它跟宏观

量的关系。学生在初中对“永动机”已有耳闻,可将教材图 0-1-2 投影于屏幕,让学生自己分析。布朗运动如能采用实物投影显示,效果会更好。

对电磁学的发展,可作简单的回顾,基本线索如下框图所示:



“两朵乌云的挑战”涉及深奥的近代物理知识,不要求展开解释,侧重于“发现问题、提出问题”。

教学中,教师可在介绍经典物理大厦后,引用旁批,先展现当时物理学家自信满满的心态,然后从生活常识引出问题,让学生思考。例如,当人靠近燃烧着的煤炉、煤气灶或红外取暖器时,会感到一种扑面而来的灼热。从儿童画到宣传画,都把这种热辐射的情境画成缕缕细丝,教师可以追问学生:是否想过,热果真是这样辐射的吗?学生可能不会想到就是这样一个人人都经历的普通的物理学问题,却形成了动摇经典物理大厦的一朵“乌云”。爱因斯坦受科普读物启发在 16 岁时就提出“追光”问题,进而构筑起相对论大厦。

物理学家成功的奥秘在于“善于观察,重于实验,勤于思考,敢于创新”。通过介绍“两朵乌云的挑战”,希望能给学生以新的启示。关于两朵乌云的内容和电子的发现及电子衍射等内容,可查阅本书“课程资源”部分。

教材介绍了从 19 世纪末开始发现微观世界和高速运动世界及其特点,以及目前人们对时空尺度的认识。教学中,可利用教材图 0-1-4,通过对时空尺度的介绍,使学生体会到科学探索永无止境。为了使学生对物质世界时空尺度的关联性建立起生动的印象,也可采用由美国物理学家格拉肖(S. Glashow)于 1982 年 9 月 26 日在《纽约时报》上发表的一条怪蟒咬住自己尾巴的图(图 0-1-1),它把物理学研究最大对象和最小对象的两个分支——宇宙学和粒子物理奇妙地连接了起来。

教材图 0-1-4 是从时空尺度分别介绍了人类认识的发展,美国物理学家格拉肖的“怪蟒”则是从物质运动的更深层次上,把微观粒子的运动规律和宇宙的演化统一了起来,这是从更高的角度对物理理论进行更大范围综合的一个方向。有关所谓“大统一”理论的简单介绍,请参阅“课程资源”。

学习了教材这一节的内容后,可以给学生布置两个作业:

(1) 查找 2002 年世界物理学家评选出来的十大最美丽的物理实验,建议学生将此信息布置在教室的墙上,形成一个“物理角”,以营造浓郁的科学氛围。

(2) 要求每个学生找一个能反映物理学在技术、人类文明、文化艺术等方面的应用事例,并在课上交流。

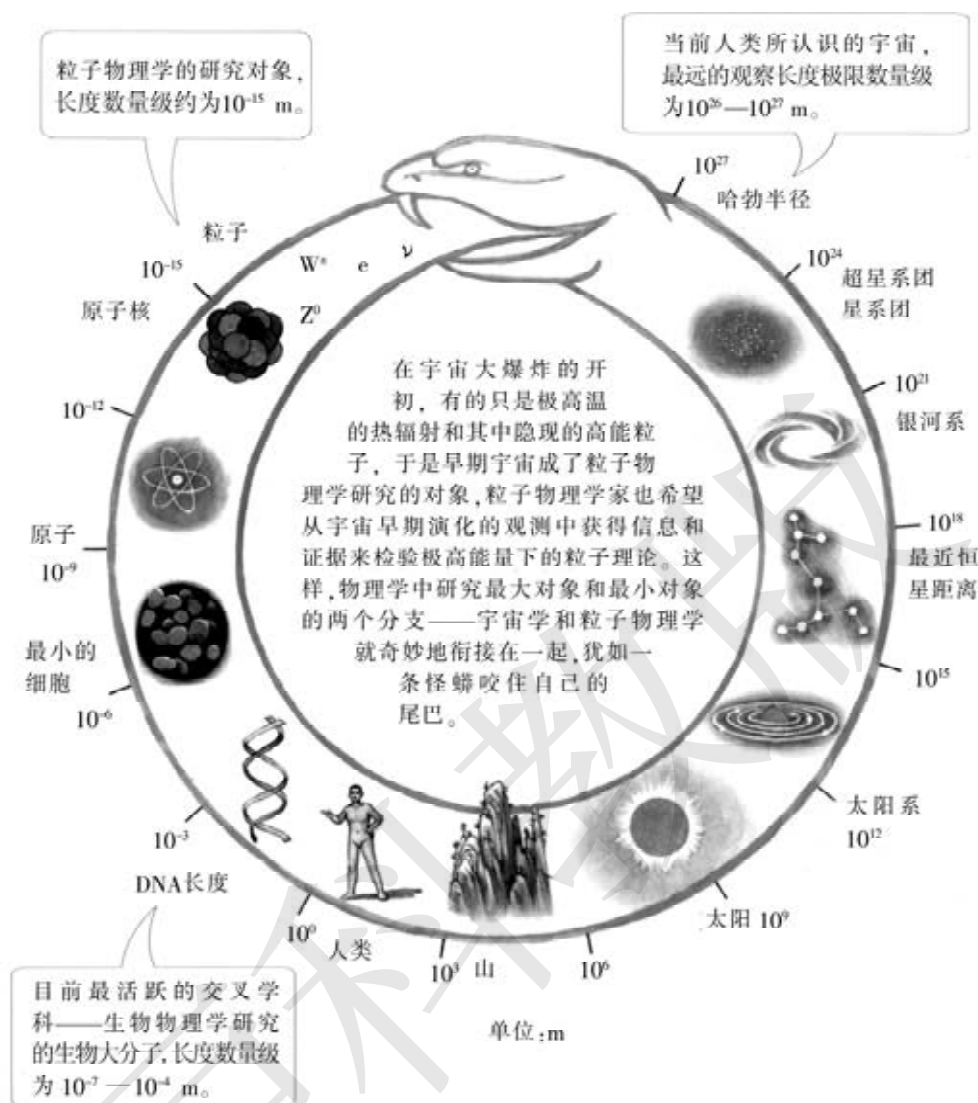


图 0-1-1

0.2 物理学——人类文明的瑰宝

教材说明与教学建议

本节分 3 个自然段, 分别介绍了物理学与技术的关系、物理学对人类思想观念的影响以及物理学与艺术的关系。

关于物理学与技术的关系, 可根据实际教学情况, 参阅“课程资源”中的内容, 酌情选取部分予以介绍。这部分内容较为显性, 学生经过初中的学习以及平时从电视、报刊和网络上能获得许多信息, 不少学生能对现代科技成就作绘声绘色的描述, 甚至还有着一些“畅想”。教学中, 可充分发挥学生的主动性, 通过学生的讨论交流, 强化学生对物理学与技术、社会、

环境的互动关系的认识。关于物理学与技术的更多资料,可参见《技术史》(牛津大学出版社授权上海科技教育出版社翻译出版)。

关于物理学对人类思想观念的影响内容较为隐性,有一些概念较为深奥,可采用以教师讲解为主的方法,侧重于对唯物主义基本观点的介绍,使学生对科学技术是一把“双刃剑”有一定的认识。

物理学研究的思想方法不仅指导着物理学的研究,同样也对整个社会生活产生着正向影响,教材中突出介绍了两条:一是统计思想;二是建立物理模型的思想。

关于物理与艺术的关系,由于内涵较为深刻,可侧重于介绍一些具体事例,使学生领悟物理与技术、艺术之间的互相渗透和巧妙结合。教学中,可介绍学生阅读相关书籍,如《魔镜——埃舍尔的不可能世界》(上海科技教育出版社)、《邮票上的物理学史》(清华大学出版社)等。

0.3 学物理——探究求真

教材说明与教学建议

这一节分为3段,从不同侧面对学好物理作了具体的指导。由于这三段的教学要求不同,教学中也应采取不同的方法。

“重视实验 勤于思考”突出了物理学是一门以实验为基础的自然学科,教材选用了两个效果明显、生动有趣的实验。教学中,必须做好实验,要求学生通过对现象的观察,发现、表述问题,为以后的学习埋下伏笔。

“经历过程 体验方法”,教材强调了学习中要亲身经历过程,正如学游泳“观看十遍不如下水一遍”。教学中,可先让学生介绍自己的体验,然后结合教材对经历过程的含义作出阐释。可以结合学生初中学过的物理知识,举一些具体的例子,如:对浮力大小的探究、对欧姆定律的探究等,唤起学生自主学习的意识,提高学习能力。

“格物致知 探究求真”,教材通过介绍第谷、开普勒、牛顿的研究工作,强调了学习中要有坚持不懈、刨根问底的勇气和毅力。这一段内容故事性很强,很有吸引力,学生又较为陌生,教学中,可作适当补充扩展,采用讲述的方法。如能配合图片、视频展示,效果会更好。

课程资源

物理学家简介

开篇中提到的众多物理学家,他们都会在教材后续相应部分一一介绍,这里按书中出现的先后次序以列表形式(见表0-4-1)对他们的主要贡献简单加以介绍。

表 0-4-1 开篇中物理学家的主要贡献

物理学家	国 籍	主 要 贡 献
第 谷 (1546—1601)	丹 麦	对行星的运动进行了精确观测
伽利略 (1564—1642)	意大利	阐明了惯性概念和运动的相对性原理,定义了匀速运动和匀加速运动,发现了自由落体规律、摆的等时性,用天文观测事实支持“日心说”,首先用望远镜观察月球,发现木星的卫星和太阳黑子,制成第一支温度计
开普勒 (1571—1630)	德 国	发现行星运动三定律
牛 顿 (1642—1727)	英 国	总结运动三定律,发现万有引力定律,出版了伟大著作《自然哲学的数学原理》(1687),建立了经典力学体系。发现了光的色散,首先制成反射望远镜
布 朗 (1773—1858)	英 国	发现“布朗运动”
卡 诺 (1796—1832)	法 国	提出卡诺热机理论
迈 耳 (1814—1878)	德 国	首先提出能的转化和守恒思想
焦 耳 (1818—1889)	英 国	测定热功当量,确定能的转化的数量关系,发现电流的热效应
克劳修斯 (1822—1888)	德 国	提出热力学第二定律的克劳修斯表述
库 仑 (1736—1806)	法 国	利用扭秤、电摆实验发现库仑定律
安 培 (1775—1836)	法 国	发现电流间的相互作用,提出磁性起源说
法拉第 (1775—1836)	英 国	发现电磁感应现象(1831)、法拉第电解定律,首先提出场的概念
麦克斯韦 (1831—1879)	英 国	提出电磁场理论,预言电磁波,认为光是一种电磁波
J. J. 汤姆孙 (1856—1940)	英 国	发现电子(1897)
G. P. 汤姆孙 (1892—1975)	英 国	获得电子的晶体衍射图样
普朗克 (1858—1947)	德 国	提出量子说(1900)
爱因斯坦 (1879—1955)	德 国	提出光子说(1905)、狭义相对论(1905)、质能关系公式(1905)、广义相对论(1916)
玻 尔 (1885—1963)	丹 麦	提出玻尔原子理论(1913)

(续表)

物理学家	国 籍	主 要 贡 献
德布罗意 (1892—1987)	法 国	提出物质波概念
戴维森 (1881—1958)	美 国	获得电子的晶体衍射图样
海森堡 (1901—1975)	德 国	建立矩阵力学
薛定谔 (1887—1961)	奥地利	建立波动力学
李政道 (1926—)	美籍华人	和杨振宁一起发现宇称不守恒
理查德·费曼 (1918—1988)	美 国	建立了现代量子电动力学

实验探究资料

布朗运动的观察与投影显示

布朗运动现象发现于1827年,当时人们并不能正确解释它。经过30年的研究,人们才认识到布朗运动是由液体分子撞击悬浮微粒所引起的,并发现静止气体中悬浮微粒也在做布朗运动。1905年,爱因斯坦对布朗运动作了理论研究。

布朗运动是证实分子运动的重要实验,通常用显微镜来观察悬浮在液体中颗粒的运动。下面的方法一详述了有关操作要点及注意事项;方法二简介了液体中布朗运动的投影显示法;方法三是观察悬浮在气体中颗粒的运动,因为气体分子运动的速度较大,所以布朗运动比较明显。

方法一

实验器材:显微镜,试管,载玻片,盖玻片,藤黄(或花粉,或碳素墨水),石蜡,酒精,移液管,电烙铁等。

实验操作:

(1) 配制悬浊液:用藤黄、碳素墨水、花粉均可配制悬浊液,但浓度要适中。

① 藤黄 有剧毒,在中药店或美术用品商店可买到。取1g藤黄先溶于20g左右的酒精中,然后再加入80g左右的蒸馏水稀释成浓度约为1%的悬浊液,使用效果较佳。

② 墨水 将碳素墨水以30—40倍的清水稀释后,静置几小时使炭粒在重力作用下沉降。然后用吸管吸取杯中中间部分作为检查液,既可排除上层的悬浮杂物,又可获得大小适度、颗粒较均匀的悬浊液。

③ 花粉(或蜂粮) 用镊子取下二三朵雄性黄瓜(或南瓜)花粉,放在玻璃片上,用移液管滴4—5滴清水,用玻璃棒稍加搅拌,形成许多微粒悬浮于水中,在强光照射下呈淡黄色的悬浊液。无花粉季节,亦可用蜂粮(蜜蜂采集的百花粉,可向蜂场购买贮备)。筛取50mg蜂粮加进1000mg蒸馏水稀释成约为5%浓度的检查液即可。

(2) 制作样片:用洁净的玻璃棒,取已配制好的悬浊液,滴入洗净揩干的载玻片凹坑内,

用盖玻片盖好,注意勿使凹坑中残留气泡。必须采用薄的盖玻片(厚约 0.12 mm 效果较好),将石蜡碎片放在盖玻片四周,用小功率电烙铁将蜡熔化,即可将悬浊液封于载玻片凹坑中。这样处理后一般可保存一星期左右。

(3) 选择显微镜的放大倍数:选择适当的放大倍数,对提高观察效果很重要。放大倍数不低于 500 倍,但也不超过 800 倍,一般以 600 倍左右为宜。在这样的视场下,实验时既便于观察,又便于调节(显微镜放大倍数越大,物距越短,调节越困难,很费时间)。

(4) 调节显微镜:调节时必须先使镜筒下降到和盖玻片接近但不接触处。然后边观察边将镜筒向上提。这时转动升降手轮必须非常缓慢,且要密切注意显微镜视场中发生的变化。等到从显微镜中观察到的一片亮区开始变化时,“布朗运动”即将出现。这时要更加缓慢转动手轮,直至看到像,再用微动螺旋使像清晰。

注意:

- (1) 在调焦成像时,不准将镜筒向下调,以免压碎盖玻片和损伤物镜。
- (2) 显微镜头,载、盖玻片等必须洁净,任何一点污染都会影响实验效果。
- (3) 盖上盖玻片时,要注意不使凹坑内残留气泡,溢出的多余液体可用滤纸吸干。
- (4) 若从显微镜中观察到小颗粒都向同一方向流动,这是因为载物台倾斜,应将其调成水平,室温过低时,可用间接加热法预热载玻片。
- (5) 显微镜的反光镜反射的光线应强弱合适,过强反而不易看清楚,太弱则颗粒颜色灰暗。也可采用侧向照明:用光阑板将下部光线全部挡住,用一只 45 W 白炽灯泡在载物台旁、略高于台面处照明(这时观察到的背景是暗的,微粒的被照面是亮的,微粒的无规则运动好似繁星闪烁)。在调焦的同时,可适当移动灯泡的位置与角度,直到微粒清晰可见。

方法二

实验器材:氦氖激光器(2 mW 左右),屏幕,其余同方法一。

实验操作:投影装置如图 0-4-1 所示。

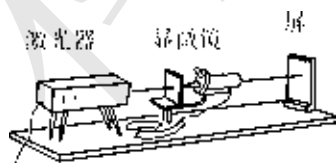


图 0-4-1

(1) 将封有悬浊液的载玻片置于显微镜上,按方法一调节,使在目镜中能清楚地观察到微粒的布朗运动。

(2) 把显微镜筒转到水平位置并加以固定,防止翻倒。显微镜固定后,需重新检查一下,使仍能观察到清晰的布朗运动。

(3) 接通电源点亮氦氖激光器,使发出的激光束透射过载玻片射到显微镜的物镜上,并使激光束跟显微镜透镜组的光轴重合。在屏上即可看到放大的布朗运动的像。

(4) 调节屏距,使像的直径约 3 cm 较好。

方法三

实验器材:自制烟室,低倍显微镜,投影仪,遮光板等。

烟室的制作方法:选一块直径约 1 cm、焦距约 2 cm 的凸透镜(可用旧显微镜的目镜镜

片),装在用塑料板或胶合板做成的长方形盒的一侧,盒的另一侧用废牙膏嘴装一烟门,盒的上下面装上透明有机玻璃片或普通玻璃片。烟室外形如图 0-4-2a 所示,它的长取决于透镜焦距,可用平行光聚焦法测得透镜焦距 f ,则烟室长为 $2f$,烟室高稍大于透镜直径,所有缝口用胶密封,以避免室外气流使烟粒产生定向运动。

实验操作:观察时将点燃的蚊香的烟灌入烟室,旋紧盖子后放在显微镜的镜台上,用投影仪的光束射向透镜,经凸透镜将光束会聚在烟室中心,将显微镜的物镜对准光束会聚点,经适当调节后就可见经强光照的悬浮的呈金色的烟粒,在空气分子的碰撞下急速穿梭、翻滚,时隐时现,实验装置如图 0-4-2b 所示。

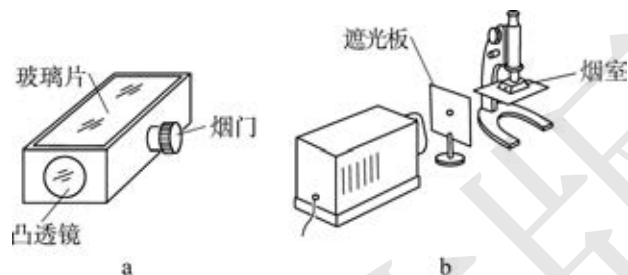


图 0-4-2

注意:

(1) 如果调节显微镜却始终观察不到烟粒的无规则运动,这是由于烟室的高度太高,使光束会聚点处于物镜有效工作距离外的缘故。因此烟室的高度必须做得小于 2 cm,用 16×10 显微镜观察,可保证实验成功。

(2) 烟室灌入烟后放置镜台上需要静止片刻,让内部气流稳定,观察时可减少烟粒的定向运动。

建议:

如果烟室做成上下面透明的,还可用投影法显示,可供更多人同时观察。

参考资料

两朵乌云

(1) 第一朵乌云是“以太漂移”的零结果。

19 世纪后期,对光本性的认识从波动说发展到电磁说后,有一个问题学者始终弄不明白:光是靠什么来传播的呢?为了解释光的传播,人们假设了一种称为“以太”的弹性介质。许多物理学家都试图通过实验来检验“以太”的存在和它的属性。1881 年,美国物理学家迈克尔逊和莫雷所做的希望测出地球相对于“以太”的速度——即所谓的“以太漂移”速度的实验,是其中最著名的一个实验。

迈克尔逊和莫雷的实验装置精度极高。他们在白天和夜晚,在一年的不同季节反复测量,始终没有探测到“以太风”的存在。1887 年 11 月,他们将这一结果公诸于世。

迈克尔逊和莫雷的实验揭示的“以太漂移”的零结果,使“以太”假设陷入严重的困境,英国著名物理学家开尔文把它称为物理学晴朗天空中的第一朵“乌云”,而且是一朵“非常稠密的乌云”。

(2) 第二朵乌云是热辐射中的“紫外灾难”。

所谓热辐射,就是物体受热后向外辐射能量的过程。

1860年,德国物理学家基尔霍夫引入称为“绝对黑体”的理想模型,这是一个在任何温度下都能全部吸收落到它上面的一切辐射的理想物体。基尔霍夫通过对绝对黑体的研究,找到了黑体表面亮度与单位体积内辐射能量之间的关系。

1893年,维恩找出一个规律(称维恩位移定律):辐射最大能量的波长 λ_m 与物体的热力学温度 T 成反比,即

$$\lambda_m T = \text{常数}。$$

1896年,维恩用半理论半经验的方法,导出一个能量随波长分布的辐射公式(称为维恩辐射定律),但这个公式仅在短波区与实验事实相符,在长波区则有明显偏差。

1900年,英国物理学家瑞利和金斯也推出一个辐射公式(称瑞利-金斯辐射定律),不过仅在长波区才与实验相符。波长越短,辐射强度越大,并且随着波长的缩短,辐射强度会无限增大,即在紫外区出现发散现象。荷兰物理学家埃伦菲斯特称它为“紫外灾难”,成为近代物理学的第二朵乌云。

这两朵乌云暴露了经典物理理论的缺陷,爱因斯坦提出狭义相对论和普朗克提出量子论,才给出了完满的解释。

阴极射线与电子发现

1858年,德国数学家、物理学家普吕克利用低压气体放电管和感应圈产生的高电压,对真空放电现象进行研究,发现从阴极会发出一种射线,这种射线称为阴极射线。接着许多物理学家研究了阴极射线,归纳出了它的一些特性:

- (1) 能激发荧光。
- (2) 沿直线传播。
- (3) 具有动量,能推动放在管中的叶轮转动。
- (4) 具有能量,能产生热效应。

但是,阴极射线究竟是什么?当时在物理学界展开了一场大争论,以德国物理学家赫兹为首的多数德国物理学家认为是一种电磁波;以英国物理学家克鲁克斯为主的一批英国和法国物理学家坚信阴极射线是一种带电的粒子流。

1897年,英国物理学家J. J. 汤姆孙通过多种精确的实验,测出了组成阴极射线粒子的比荷,认定这种粒子是电子,阴极射线就是从阴极发出的高速电子流,这场争论才最终平息下去。

J. J. 汤姆孙被后人誉为“最先打开通向粒子物理学大门的科学家”,并因此获得1906年度诺贝尔物理学奖。

电子衍射

1924年,法国巴黎大学年轻的研究生德布罗意在博士论文中提出一个大胆的假

设：“一般的物质粒子也具有波粒二象性。”这样，德布罗意就把光的波粒二象性推广到其他实物粒子上去了。他认为，每一个运动的粒子都有一个波与之伴随，这个粒子的动量 p 与它们对应的波长 λ 之间的关系是

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (h \text{ 为普朗克常量}),$$

与某种实物粒子所对应的波就称为物质波或德布罗意波。

1927 年，美国物理学家戴维森和英国著名物理学家 J. J. 汤姆孙的儿子——G. P. 汤姆孙，分别将电子束投射到单晶体和多晶体上，得到了电子的晶体衍射图样，证实了电子确有波动性，并根据电子衍射强度分布曲线证实了其波长满足德布罗意公式。因此，他们两人共同获得了 1937 年度诺贝尔物理学奖。

父亲汤姆孙因发现电子而获诺贝尔奖，儿子汤姆孙因证实电子有波动性而获诺贝尔奖，这在 20 世纪物理学界曾传为佳话。

“大统一”理论简介

在我们的物质世界中，共有四种相互作用。任何有质量的物体间都有万有引力作用；电荷之间、磁铁和电流之间存在着电磁相互作用；质子和中子依靠强相互作用构成原子核；中子等粒子衰变时，弱相互作用是决定性因素。最初，人们不得不用四种不同的理论去描述它们。早在 20 世纪上半叶，爱因斯坦根据物质世界是和谐的、统一的观点，曾为引力和电磁力的统一奋斗了几十年，虽未获成功，但这种“统一”理论的思想渊源已久。

直到 20 世纪 60 年代，美国物理学家格拉肖、温伯格和巴基斯坦的萨拉姆，完成了电磁相互作用和弱相互作用的统一，这极大地鼓舞了人们对“统一”理论的信心。在弱电统一的基础上，格拉肖等人又提出了把强相互作用和弱电相互作用统一的“大统一”理论。

“大统一”理论预言：当物质体系的温度升高，粒子能量增大时，强作用会变弱，弱作用会变强，电磁作用也会慢慢地增强。当粒子能量增大到 $10^{15}—10^{16}$ GeV 时，这三种作用可达到同样的强度，其性质也会统一起来。于是，就可以用统一的理论去描写它们。有些科学家还认为，当能量更高时，引力也可以统一考虑了，只要达到 10^{19} GeV，物质体系就只有一种统一的作用力了。

这种统一的作用力，在天体物理学上称为原始力。根据天体物理学家的研究结果，我们的宇宙是由一次“大爆炸”形成的。在爆炸后的一瞬间 (10^{-43} s 以内)，温度极高，粒子的能量达到 10^{19} GeV 以上，此时宇宙中只有一种统一的原始力和一些超重的粒子，宇宙处于完美无缺的对称状态。尔后，温度降低，引力分离出来；温度再降低些，弱力、电磁力、强力又相继分离出来。当 $t=1$ s 时，粒子已经经过了无数次形形色色的转化，能量降低到得以聚合成原子核，于是宇宙中就出现了物质。

从“大统一”理论的角度看，格拉肖的“怪蟒”就很自然了，它将使粒子物理学家和天体物理学家结成“联盟”，一起向物质的更深层次以及宇宙的更远年代挺进。粒子物理学和天体物理学殊途同归，二者将把物质世界蕴含着的、完美的对称性质探索得更为清楚，人们拭目以待。

关于物理学与技术

社会上习惯于把科学和技术联在一起,统称“科技”,实际上二者既有密切联系,又有重要区别。科学解决理论问题,技术解决应用问题。科学要解决的问题,是发现自然界中确凿的事实和现象之间的关系,并建立理论把这些事实和关系联系起来;技术的任务是把科学的成果应用到实际问题中去。科学主要是和未知的领域打交道,其进展,尤其是重大的突破,是难以预料的;技术是在相对成熟的领域内工作,可以作比较准确的规划。

历史上,物理学和技术的关系有两种模式。回顾以解决动力机械为主导的第一次工业革命,热机的发明和使用提供了第一种模式。17 世纪末发明了巴本锅和蒸汽泵;18 世纪末技术工人瓦特给蒸汽机增添了冷凝器,发明了活塞阀、气轮、离心节速器等,完善了蒸汽机,使之真正成为动力源。其后,蒸汽机被应用于纺织、轮船、火车。18 世纪末至 19 世纪初,那时的热机效率只有 5%—8%。1824 年,法国工程师卡诺提出他的著名定理,为提高热机效率提供了理论依据。到 20 世纪蒸汽机效率达到 15%,内燃机效率达到 40%,燃气轮机效率达到 50%。19 世纪中叶科学家迈耶、亥姆霍兹、焦耳确立了能量守恒定律,物理学家开尔文、克劳修斯建立了热力学第一、第二定律。这种模式是技术向物理提出问题,促使物理发展了理论,反过来提高了技术,即技术→物理→技术。电气化的进程提供了第二种模式。从 1785 年建立库仑定律,中间经过伏打、奥斯特、安培等人的努力,直到 1831 年法拉第发现电磁感应定律,基本上是物理上的探索,没有应用的研究。此后半个多世纪,各种交、直流发电机、电动机和电报机应运而生,蓬勃地发展起来。1862 年,麦克斯韦建立了电磁理论,1888 年,赫兹完成了电磁波实验,导致了马可尼和波波夫无线电的发明。电气化大大促进了物理学的发展。这种模式是物理→技术→物理。

20 世纪以来,在物理和技术的关系中,上述两种模式并存,相互交叉。几乎所有重大的新技术领域(如电子学、原子能、激光和信息技术)的创立,事前都在物理学中经过了长期的酝酿,在理论和实验上积累了大量知识,才突然迸发出来的。没有 1909 年卢瑟福的 α 粒子散射实验,就不可能有 20 世纪 40 年代以后核能的利用;只有 1917 年爱因斯坦提出了受激辐射理论,才可能在 1960 年诞生第一台激光器。当今对科学、技术,乃至社会生活各个方面都产生了巨大冲击的高技术,莫过于电子计算机,由之而引发的信息革命被誉为第二次工业革命。整个信息技术的发生、发展,其硬件部分都是以物理学的成果为基础的。大家都知道,1947 年贝尔实验室的巴丁、布拉顿和肖克莱发明了晶体管,标志着信息时代的开始,1962 年发明了集成电路,20 世纪 70 年代后期出现了大规模集成电路。殊不知,在此之前至少还有 20 年的“史前期”,有物理学中为孕育它的诞生作了大量的理论和实验上的准备:1925—1926 年建立了量子力学;1926 年建立了费米-狄拉克统计法,得知固体中电子服从泡利不相容原理;1927 年建立了布洛赫波的理论,得知在理想晶格中电子不发生散射;1928 年索末菲提出能带的猜想;1929 年派尔斯提出禁带、空穴的概念,解释了正霍耳效应的存在;同年贝特提出了费米面的概念,直至 1957 年才由皮帕得测量了第一个费米面,尔后剑桥学派编制了费米面一览表。总之,当前的第三次工业革命主要是按物理→技术→物理的模式进行的。

(摘编自赵凯华、罗蔚茵《力学》)

参考文献与网站

- 1 查尔斯·辛格、E. J. 霍姆亚德, A. R. 霍尔主编. 王前, 孙希忠主译. 技术史. 上海: 上海科技教育出版社, 2004
- 2 G. E. R. 劳埃德著. 孙小淳译. 早期希腊科学——从泰勒斯到亚里士多德. 上海: 上海科技教育出版社, 2005
- 3 布鲁诺·恩斯特著. 田松, 王蓓译. 魔镜——埃舍尔的不可能世界. 上海: 上海科技教育出版社, 2003
- 4 罗宾·J. 威尔逊著. 李心灿, 邹建成, 郑权译. 邮票上的数学. 上海: 上海科技教育出版社, 2002
- 5 郭奕玲. 发明之源——物理学与技术. 上海: 上海科技教育出版社, 2002
- 6 卡毓麟. 中国科普佳作精选 梦天集. 长沙: 湖南教育出版社, 1999
- 7 阿瑟·I. 米勒著. 方在庆译. 爱因斯坦·毕加索——空间、时间和动人心魄之美. 上海: 上海科技教育出版社, 2006
- 8 上海科技教育出版社高中物理教材频道: www.sste.com/physics

教学案例

0.1 物理学——理性的追求

【教学目标】

提高学生对物理学的兴趣, 初步了解物理学的形成与发展过程。

【教学方法】

讨论、讲解与演示相结合。

【教学过程】

欢迎你学习高中物理课程*

物理(必修1)、物理(必修2)、物理(必修3)是高中学生必须学习的内容。在这里, 我们将走过从伽利略到牛顿为建立经典力学体系而开辟的道路, 了解从经典力学到现代物理的变革, 学习物理学的基本原理, 体会物理学的思想观点和研究方法, 认识物理学在科学技术上的广泛应用, 及其对人类文明与社会发展的巨大影响

◆ 新课导入

(引导学生回顾初中物理, 要求学生说出在初中物理学习中, 自己印象最深、或最感兴趣、或最感神奇的一个现象、或一次实验、或一次讨论……接着, 请学生根据自己的理解, 用

* ____为字幕或板书内容, 全书同。

自己的语言说明“什么是物理学”“物理学有哪些分支”。)

介绍西方古代哲学家基于对自然现象的观察和思辨,形成一门称为“自然科学”的学问。

可用投影展示柏拉图、亚里士多德的头像或相关图片,旁白作些介绍:

柏拉图创立了著名的雅典学院,亚里士多德是柏拉图的学生,在学院里学习和工作了20年。亚里士多德的著作所论述的问题,几乎包含了当时人类知识的所有学科——逻辑、伦理、生物学、动物学、宇宙学、诗歌、物理、心理学等,对后世的科学发展产生了巨大的影响。

直到17世纪,物理学才从自然哲学中分离出来,成为一门独立的学科。其中,伽利略起了决定性的推动作用。

介绍一位物理学家幽默的说法:

“请拿起这本书并撒手,这就是物理学,它研究下落和自然界的一切其他普遍特征。”

请学生思考这种说法的道理。

指出近代意义上的物理学正是从伽利略对落体运动的研究开始的,然后沿着力学、热学、电磁学各个发展方向展开。

讲述力学发展,需突出伽利略对信奉亚里士多德学说的经院哲学的观点和方法的冲击;伽利略创导的实验、数学和科学推理方法的意义。其中可穿插介绍一下伽利略的科学研究观点,伽利略的两个最美丽的实验。

2002年,经世界上许多科学家评选出的2000多年来最美丽的十大物理实验,伽利略的落体实验和斜面实验都名列其中,分别排名为第二和第八。

在伽利略之后,牛顿接过伽利略手中的接力棒,完善了物体运动定律并把对地面运动的研究延伸到对天体运动的研究,完成了物理学史上第一次大综合,建立了经典力学体系。讲解过程中,可穿插一些问题让学生讨论。例如:你是否听说过牛顿因看见苹果落地而发现万有引力的故事?你如何评价这个故事?

在生活和学习过程中,你是否有过因受到突然触发而“茅塞顿开”的经历?请相互交流。

介绍热学发展,可以从布朗运动和热机研究中的问题谈起,有条件时可以演示并指出:蒸汽机发明促成第一次工业革命后,对热机研究提出了新的问题。例如:

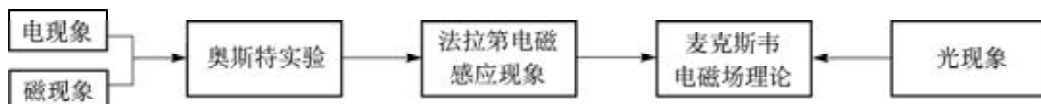
为什么无法制成永动机?

如果有一种完全没有摩擦等损耗的热机,它是否能够把燃料放出的热能全部转化为机械能呢?

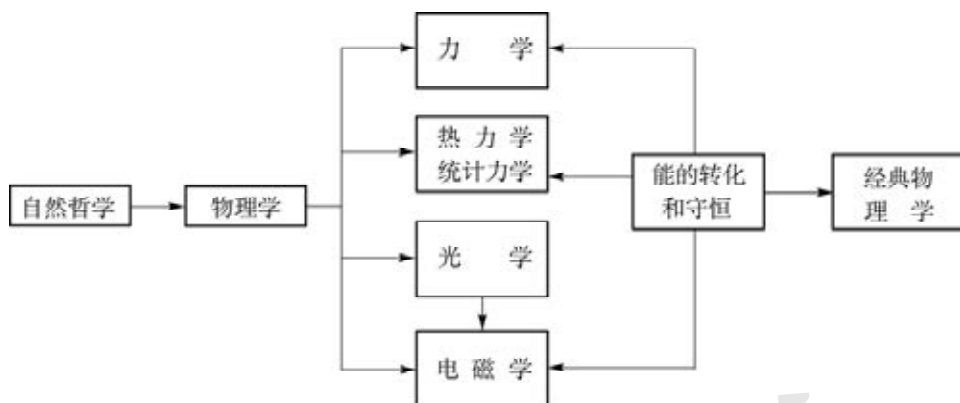
为什么热量可以自发地从高温物体传到低温物体,而不能自发地向相反方向传递呢?

牛顿力学面对小小的布朗粒子以及上述这些问题都束手无策,说明物质分子的运动及其宏观表现遵循着不同于牛顿力学的规律。

介绍电磁学发展,可作简单回顾,基本线索如下框图所示:



然后,物理学家们逐步构成了一座金碧辉煌的经典物理学大厦(如下框图所示)。



希望教师能饱含激情对待开篇的教学,并配合一些图片展示、演示实验和学生讨论等活动。相信教师在上高中物理第一课时,就能以物理学特有的魅力和教师们创造性的演绎,“征服”你的学生,激发起学生学习物理浓厚的兴趣。

第一节课后,可以布置学生查找 2002 年评出的十大美丽实验,还可以让学生在教室里布置一个物理角,营造一个科学氛围。同时,为了给学习教材第 0.2 节内容作铺垫,可要求每个学生找一个能反映物理学在科学技术、人类文明、文化艺术等方面应用的事例,准备在下一节课中相互交流。

第1章

物体运动的描述

本章教学目标

《课程标准》的要求及其解读

(1) 经历质点模型的建构过程,了解质点的含义。知道将物体抽象为质点的条件,能将特定实际情境中的物体抽象成质点。体会建构物理模型的思维方式,认识物理模型在探索自然规律中的作用。

解读 《课程标准》对质点的学习提出三个层次的要求,第一层次是“经历质点模型的建构过程,了解质点的含义”,属于“了解”水平;第二层次是“知道将物体抽象为质点的条件,能将特定实际情境中的物体抽象成质点”,属于“理解”水平;第三层次是“体会建构物理模型的思维方式,认识物理模型在探索自然规律中的作用”,属于体验性目标的“认同”水平。

质点模型是高中物理学习的第一个模型,学生不仅要知道质点的含义,还要明白建构这个模型的必要性,更要体会它给研究带来的方便和使研究变得更加严谨,这就需要学生联系生活实际,通过具体情境中真实问题的分析,建立有关质点的正确认知,杜绝死记概念。能否把物体简化成点,是判断物体是不是质点的关键。同样的情境,问题不同,物体能否被视为质点的判断不同。在了解物体抽象为质点的条件时,学生应该在具体情境中辨别问题的实质,分清主要因素和次要因素,抓准生活中的某个物体之所以能看成点的理由,体现科学推理的思维方式。

《课程标准》要求“体会建构物理模型的思维方式,认识物理模型在探索自然规律中的作用”,旨在突出物理学的研究方法和思想。将具体的物理对象或过程抽象为物理模型是物理学的重要研究方法,这种方法贯穿物理学习的全过程,学生对物理模型的认识应该不断深化。质点模型的建构是高中学生研究物理模型迈开的第一步,本模块的匀变速直线运动的过程也是一种物理模型,两者在研究中体现的物理思想和方法是一样的,学生应该将它们联系起来学习体会。

(2) 理解位移、速度和加速度。

解读 《课程标准》对位移、速度和加速度的学习要求属于“理解”水平。

理解位移、速度和加速度是学生能科学、准确地描述物体运动的基础。学生在初中科学或物理学习中已经对参照物、物体运动的路程和速度等概念有了初步了解,基本掌握描述物体运动的流程,本模块需要进一步拓展与深化。一要通过日常生活中常见运动案例的研究分析,知道位移、速度和加速度的准确含义,建立描述物体运动的基本思路 and 正确观念;二要通过位移、速度和加速度之间关系的辨析,渗透“物理量的变化”和“物理量的变化率”的认识;三要认识到位移、速度和加速度都是由大小和方向两个因素决定的,都可以用一个带箭

头的线段表示,对直线运动都可以用正、负号表示方向。

这部分内容涉及较多的物理研究方法,需要让学生认真学习体会。学习速度、加速度时,分别用位移与时间的比、速度变化与时间的比定义速度和加速度,渗透用比值法定义物理量的思想和方法;学习瞬时速度时,通过生活实例讨论和实验探究辨析平均速度和瞬时速度的概念,渗透物理问题研究的极限方法;研究直线运动规律时,引导学生用 $s-t$ 图像、 $v-t$ 图像去描述具体运动,体会用图像法描述物体运动的直观性和简捷性。

教学目标

(1) 通过具体事例,理解参考系、时间、时刻、路程、位移等概念,知道判断物体运动的基本方法;能用坐标系表示时间、时刻和位移,知道时间与时刻的区别、路程与位移的区别,能领悟“位移”具有方向性;进一步树立正确的运动观,经历“运动是相对的”科学思维过程。

(2) 经历质点模型建构的科学思维过程,体验物理模型建构的方法。知道在具体的情境中建立质点模型的条件,知道建立质点模型的物理意义,并能够在匀速直线运动和匀变速直线运动研究中尝试运用建构物理模型的方法分析问题。

(3) 通过实验和具体事例,理解速度、平均速度、瞬时速度、加速度等概念,知道它们所表示的物理意义;知道平均速度与瞬时速度、瞬时速度与加速度之间的基本关系,能领悟它们的“方向性”特点;经历用比值法定义速度和加速度、用极限法推导瞬时速度的思维过程,体会这些思维方法在物理学习中的作用;会用实验测量直线运动的平均速度和瞬时速度。

(4) 会用 $s-t$ 图像、 $v-t$ 图像描述直线运动过程,能根据图像分析物体运动的特点。通过“案例分析”的学习,学会分析运动过程,选用物理公式,养成分析问题、解决问题的良好习惯。

全章教材分析与教学要求

本章以“神舟”五号飞船发射升空为背景,引出一连串关于物体运动描述的问题,如“怎样判断动与静?”“怎样描述运动的快慢?”“怎样描述速度变化的快慢?”等等,接着通过“思考与讨论”“实验探究”“案例分析”“课题研究”等活动展开本章内容,从现实生活中常见的运动实例出发,引导学生经历分析论证、实验探究和实际应用的过程,产生对参考系、位移、速度和加速度等物理概念的准确认知,建构质点、匀速直线运动、匀变速直线运动模型,体验模型建构、比值定义、多元表达和极限思维的意义,形成正确的运动观。

本章的编写思路可以概括为:以科技前沿事件为背景,以逐层深入的问题链为线索,以多种活动形式为载体,把物理核心素养渗透在具体的学习活动中,引导学生主动、积极地思考和探索物理新知。

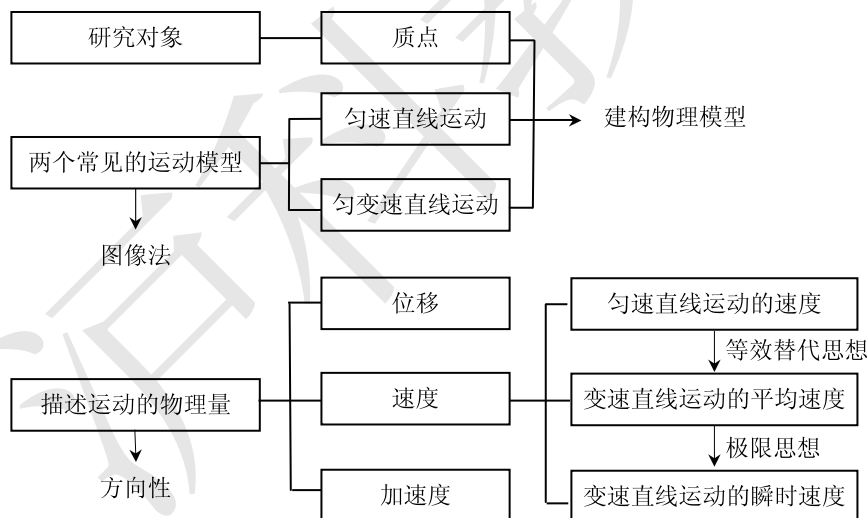
作为高中物理的第一章,教材凸显运动现象的分析与讨论,突出物理思想方法的应用价值,注重学生物理核心素养的启蒙教育。全章安排了 5 个思考与讨论活动、3 个案例分析、1 个学生必做实验、1 个实验探究和 1 个课题研究,设计出一系列具有挑战性的问题,激发学生在活动中思考,并给出必要的方法指导。如在《1.1 运动与质点模型》一节中,教材在引导学生分析各种物体特点得出质点的基本概念后,设计了 3 个问题给学生思考与讨论,让他们完整地经历把物体简化成质点的感性认知和理性思考过程,这一过程突出了理想模型的

建立方法和应用价值。再如在“匀变速直线运动”一段中,为了研究匀变速直线运动的特点,教材给出 1 个探究实验,让学生利用打点计时器对匀变速直线运动进行定量分析,通过实验让学生亲身经历探究过程,学会基于证据的实证思维,养成学习物理的基本习惯和科学态度。

与传统教材相比,本章教材注重贴近学生生活、联系社会实际,从生活现象、科技热点引入物理课题,设计多种多样的学习活动,引导学生把物理知识与其他学科知识结合起来研究身边的物理现象,体会科学、技术、社会的互动关系,促进思维发展,形成正确的物体运动观念。如在第 1.1 节关于质点的教学中,引入了地球公转与四季变化的内容,把物理与地理的学习内容有机地结合起来。在“STSE”栏目中介绍了风洞原理,使学生初步接触科技发展的前沿问题。

与前一版教材相比,本章在内容上做了一些调整,把“时间和时刻有什么不同”调到“位移与路程有什么不同”之前,把“用 DIS 研究匀速直线运动”调到速度图像之后,把打点计时器的说明安排在正文中,且明确“测量做直线运动物体的瞬时速度”为学生必做实验,删去了“哈勃定律”“用光电门测量瞬时速度”“用 DIS 测量加速度”等内容。这样做降低了学习难度,更加贴近大多数学校的教学实际,更加符合学生的认知规律,可让学生腾出更多时间思考领悟核心概念和关键问题,促进学生科学思维品质提升,有利于培养学生物理学科的核心素养。

本章教材的设计框架和知识逻辑结构如下框图所示:



本章知识中,质点和运动模型的建构以及描述物体运动物理量的理解与内化既是重点,又是难点。

在本章知识中,之所以把“质点和运动模型的建构”确定为重难点,是因为质点是高中力学问题中主要的研究对象,“匀速直线运动”和“匀变速直线运动”是物体运动的最基本形态,同时它们都是理想化的物理模型。在教学中,首先要让学生从具体生动的日常运动中,感悟到把一般物体简化成质点是有条件的,匀速直线运动和匀变速直线运动是理想化的物理模型,让学生形成正确的运动观,真实体验物理模型建构的价值。其次要通过思考与讨论,经

历去伪存真的思维过程,让学生对质点、匀速直线运动、匀变速直线运动的重要特征形成正确的认知。

在本章知识中,之所以把“描述物体运动物理量的理解与内化”确定为重难点,是因为位移、速度和加速度是力学中最基础也是最重要的三个物理量,是学生进一步研究物体运动乃至运动与力之间关系的前提,在这些概念的形成过程中既体现物理的矢量观,又包含物理量的变化和变化率等关系,比初中物理相关内容的难度明显增大。教学中不能停留在让学生对概念内容、公式的记忆和计算上,重要的是让学生参与概念形成过程的探究,从中把握物理思想和方法。

课时安排建议

本章拟用 9 课时,具体安排如下:

第 1.1 节 2 课时

第 1.2 节 1 课时

第 1.3 节 3 课时(含分组实验)

第 1.4 节 2 课时

全章复习和评价 1 课时

各节教材的说明与教学建议

1.1 运动与质点模型

教学目标

(1) 通过实例分析,知道参考系的概念和作用,理解运动的相对性,明确选择参考系的原则是使研究问题简便。

(2) 通过实例分析,经历质点概念的建构过程,了解质点的含义,知道把一般物体简化为质点的条件,领会建立物理模型的价值和意义。

(3) 通过实例分析,比较时间与时刻的不同,知道时间与时刻的不同含义。

(4) 通过实例分析,比较路程与位移的不同,知道位移概念,理解位移的方向性,会用坐标表示位移,初步形成矢量观念。

教材说明

本章教材以“神舟”五号飞船发射升空为背景,引出一连串关于物体运动描述的问题,让学生对运动概念的学习引起注意。章首语以“神舟”五号飞船发射升空的图片、诗人欧阳中石形象的诗句和著名物理学家海森堡富有哲理的名言为引子,提出了本章需要研究的主要问题,能够激发学生主动探究的兴趣和欲望,帮助学生了解学习要求,为学生学会研究运动的基本思路和方法奠定基础。

本节教材围绕研究物体运动的五个基本问题的讨论,即如何判断动与静、怎样把物体简化成质点、时间和时刻有什么不同、位移与路程有什么不同、如何用坐标表示位置和位移,引领学生通过实例分析建立起关于参考系、质点和位移等物理概念的正确认知,经历从生活走向物理的思维训练,学会研究运动的基本方法。本节内容注重学生运动观念和矢量观念的启蒙、建模思想的渗透和“归纳”“论证”等科学思维能力的培养,有利于促进学生物理核心素养的发展。

本节内容在编排上与传统教材不同,十分重视贴近学生生活事例的剖析和相关问题的启发与引导,突出引导学生经历分析论证的思维过程,培养学生良好的思维习惯和优秀的思维品质。在第一个段标中,教材创设了一个假想情境,使学生体会到物体的运动和静止是相对的,所以在研究物体的运动时需要选取参考系。在第二个段标中,以学生倍感亲切的“神舟”五号飞船和乒乓球的运动为例引入质点概念,实例的选择很具代表性。在第三和第五个段标中,要求学生能用坐标表示时间和时刻、位置和位移,比传统要求有了一定程度的跨越,更有利于跟后续学习的衔接。在第四个段标中,以上海航空港的航线分布情况为例引入位移概念,以上海到乌鲁木齐铁路与航线的比较说明路程与位移的不同,方法形象生动直观。

质点、位移是本节的重点,也是难点,教材在编排这一内容时,设置了三组“思考与讨论”,引导学生经历从事实到概念、从具体到抽象的思维过程,不仅加深对运动、质点和位移概念的理解,而且让学生学会归纳、分析等科学思维方法。通过质点的教学,应展示建立物理模型的方法;通过位移的教学,应从大小、方向两方面深化对物体位置变化的描述。

教学建议

本节教材提出了描述物体运动的几个基本概念,有些概念如参考系、路程、时间等,学生在初中阶段已经有所了解,有些概念如质点、时刻和位移,学生还比较陌生。教学过程中,要围绕“怎样描述物体的运动”这个基本问题组织教学,激发学生主动思考,让学生想清楚引入新概念的原因,理清各个物理量之间的关系,形成正确而又系统的认识。要用好“思考与讨论”中的问题,组织学生深入思考和研究,让学生学会抓住事物的本质特征和关键要素,发展学生的科学思维。

关于“章首语”

课题引入应充分展示教材章首语的意图,首先播放“神舟”五号飞船发射升空的视频和我国第一艘载人飞船从发射到返回的示意图,引导学生思考:怎样判断飞船是否运动?它们是怎么运动的?如何描述飞船的运动?接着组织学生分析诗人欧阳中石的诗句,体会用文学语言描述了飞船运动的优点:“凌云”“戏月”“游银汉”表示飞船的位置在变化;“转瞬”“过太空”表示飞船在短时间内通过了很长路程,说明运动得很快,形象生动,具有画面感。最后提出“如何用严谨的物理术语描述物体的运动”,顺利过渡到本节内容的教学。

关于“怎样判断动与静”

“怎样判断动与静”是研究物体运动的起点,可先引入身边的情境,引发学生思考,如:为什么火车里的乘客看到树木是后退的,而站在地面上的人看到树木是静止的?帮助学生树立“对于同一运动,选择的参考系不一样,描述的结果就不一样”的观念,让他们体会到选择参考系的意义和价值,最终说明物体的运动和静止是对于所选参考系而言的。

教学中可播放我国航天员在“天宫一号”站立的录像,并引导学生分别以太空站和地球为参考系,分析航天员动与静的情况。此后,提出一种设想,假如你和航天员站在一起,你能感觉到自己是运动的还是静止的吗?引导学生展开想象并结合日常生活经验作出合理推断。在上述研究的基础上,进一步提出“在具体的物理问题中,我们究竟该如何选择参考系”的问题,组织学生深入讨论,让学生明白参考系选取得当,会使物体运动的描述更为简单、方便。

关于“思考与讨论”

要引导学生真正讨论起来,第1个问题要让学生联系平时乘车时的感觉加以体验;第2个问题有一定难度,要引导学生分别对待。在地面上研究物体的运动时,通常选取地球为参考系。若乘坐飞船去访问火星,则应以太阳为参考系;在火星表面开展科研活动时,应以火星为参考系;在飞船中生活和操作仪器时,应以飞船为参考系。教学中应鼓励学生把自己看成是“火星访客”,展开想象的翅膀。

关于“怎样把物体简化为质点”

质点是经过科学抽象而建立起来的理想模型。科学抽象的含义是突出主要因素,忽略次要因素。对于什么样的物体可简化成质点,应该具体问题具体分析。如果物体的形状、大小以及物体上各部分运动的差异是次要的或者不必考虑的,那么就可把它视为质点。例如,“神舟”五号飞船的发射升空可分为两个阶段:竖直上升时,飞船上各点的运动情况相同;飞船变轨后飞行的圆形轨道距地球 343 km,飞船的大小与轨道半径相比可以忽略。因此,在描述飞船整体相对于地球运动时,可把飞船简化为质点。乒乓球尽管很小,但是在考察它的旋转时,球上不同部分的运动情况不同,所以不能把它简化为质点。

教学中,可放映“神舟”五号飞船升空的录像,同时提出“升空后,显示在指挥部荧光屏上的仅是一个小小的光点,那么研究它在空中的位置、离开地面的高度、飞行的速度、运动轨迹等问题时,需要考虑它本身的大小和形状吗”的问题,带领学生深入思考并说出理由。接着引导学生对教材中的乒乓球实例进行分析、讨论,逐步领会科学抽象的方法,明确物体能否被看成质点不是单单看它形状的大小。最后让学生自己列举生活中的实例,分析什么情况下可以将物体抽象成质点,什么情况下不能将物体抽象成质点。可以让学生尝试分析:沿一个方向推动桌面上的书本时,若要测量书本移动的距离和要测量书本经过桌面上某一定点所需时间这两种情况下能否将书本当成质点来处理。让学生明确,即使是同一物体,能否简化为一个点,也得依据问题的具体情况而定。

关于“思考与讨论”

第1个问题要通过播放录像或观看模型,让学生联系初中地理的相关内容进行合理推理,研究地球绕太阳的公转时,由于地球的直径与它到太阳的距离相比可以忽略,可以把地球视为质点。研究地面上各处季节变化时,由于地球自转轴与地球公转轨道平面成一定夹角,地球表面各点接受太阳辐射的情况不相同,故不能把地球视为质点。第2个问题要引导学生复习初中几何中的点是没有质量的,仅表示一个体积不计的空间位置。第3个问题要引导学生注意从具体实例中进行归纳,通过若干实例的分析得出:如果在研究物体运动时,可以不考虑物体的大小和形状,或者物体上各点的运动情况完全相同,那么就可以把这个物体视为质点。

关于“时间和时刻有什么不同”

建议先让学生学会在时间轴上表示具体的时刻和时间,如“第1 s末”“第3 s”,培养学生数形结合的思维方法,让他们充分理解时刻在时间轴上对应一点,而时间在时间轴上对应一段线段。然后要求学生在时间轴上表示出“2 s内”“第2 s”“第2 s初”,判断分别描述的是

时间还是时刻,体会时刻没有长短,两个时刻之间的间隔叫做时间。最后把学生带回到日常生活中,列举时间与时刻的实例,如时钟、手表上指针的位置指示时刻,前后两时刻之差为时间;再如上午 8 点开始上第一节课,8 点 45 分下课,8 点、8 点 45 分指时刻,这节课上 45 min,指的是时间。

关于“位移与路程有什么不同”

路程是指物体运动轨迹的长度,比较具体、直观。位移是从初位置指向末位置的有向线段,比较抽象。建议充分运用教材中为学生创设的真实情境,借助图 1-1-5 和图 1-1-6 帮助学生建立位移概念,分析位移与路程的关系。

教学中可补充学生身边的实例,比如:绕 400 m 跑道走一圈的路程和位移分别是多少? 启发学生讨论、鉴别,认识位移与路程的区别和联系。教材在位移的表述中首次提到了方向的概念,应给学生示范位移的图示表达方法,强调位移的方向性。尤其要通过实例引导学生理解位移方向表示的物理含义,如从上海到北京与从北京到上海发生的位移是不同的,事实上它们的运动效果就是不同的。要补充说明由上海到乌鲁木齐,可选择不同的交通工具,如可乘飞机、火车,甚至徒步旅行,几种情况下运动轨迹不同,行进的路程也不同,但位移相同。位移是学生首次接触的矢量,不必提出矢量与标量的概念,但一定要让学生明确其方向性是表达运动效果的。

关于“思考与讨论”

要注意培养学生严谨、细致的科学态度和思维习惯。第 1 个问题要让学生亲自经历测量和运算的过程,学会等效替代的测量方法。在 1:600 万的地图上测得上海市到乌鲁木齐市的直线距离为 54.0 cm,那么坐火车从上海市到乌鲁木齐市的位移大小为 $54.0 \times 6 \times 10^6 \text{ cm} = 3.24 \times 10^8 \text{ cm} = 3\,240 \text{ km}$ 。经过的路程求法为:用柔软的棉线沿地图上铁路线从上海市摆放到乌鲁木齐市,把棉线拉直后用刻度尺测出长度,由地图比例尺计算出路程,其参考值为 4 077 km。第 2 个问题要让学生在图上正确画出运动轨迹图,标出路程和位移,标注位移时要注明大小和方向,培养学生借助图像分析运动过程的良好习惯。第 3 个问题要留出时间由学生自己独立思考,培养学生思维的严谨性。特别是对“什么情况下位移的大小与路程相等”的表达,学生不容易说清楚。只有物体做单向直线运动的情况下,两者的大小才相等。

关于“用坐标表示位置和位移”

用坐标表示物体的位置,对学生来说并不困难,难就难在用坐标表示物体运动的位移。建议先让学生学会在一维运动时用坐标表示位置和位移,然后再把这种思想方法运用到二维运动和三维运动的情况。

教材结合图 1-1-8,讲清了汽车在 t_2 到 t_3 时间内的位移表示方法,学生不一定能懂。在具体的教学过程中,要给图 1-1-8 赋上具体的数据,让学生把各种过程的位移表示出来。特别要把汽车反向运动时某一过程的位移表示出来,让学生理解位移的正、负号与其方向之间的关系。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 不能把教材图 1-1-9 中的体操运动员视为质点,因为他腾空翻过程中身体的

各部分运动情况不相同,这种差异正是要研究的问题。

2.【解答】汽车、摩托车的里程表上记录的是行驶路程。我们出门乘坐出租车按行驶的路程付费。

3.【解答】如图 1-1-1 所示,图中表示了硬币沿直线滚动 1 圈后圆心和圆周上一点 A 的运动情况,测得 1 元硬币的直径为 2.5 cm,则:

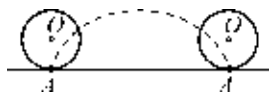


图 1-1-1

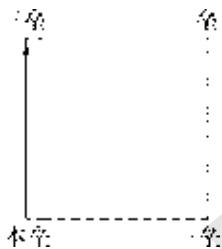


图 1-1-2

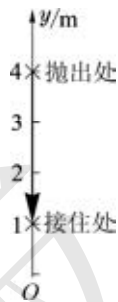


图 1-1-3

(1) 硬币沿直线滚动 10 圈后圆心的位移大小和路程相等,均为 $\pi \times 2.5 \times 10 \text{ cm} = 78.5 \text{ cm}$ 。

(2) 硬币圆周上每一点的位移大小为 78.5 cm,其运动轨迹为一曲线(称为摆线)。硬币沿直线滚动 10 圈时,圆周上每一点的路程为图中摆线长的 10 倍。所以硬币圆周上每一点的位移的大小和路程不相同。

4.【解答】如图 1-1-2 所示,运动员的位移大小为 16.77 m,方向由本垒指向三垒;经过的路程是 $16.77 \times 3 \text{ m} = 50.31 \text{ m}$ 。

5.【解答】抛出处 $y_1 = 4 \text{ m}$,接住处 $y_2 = 1 \text{ m}$,小球的位移 $s = y_2 - y_1 = (1 - 4) \text{ m} = -3 \text{ m}$ 。如图 1-1-3 所示,小球在这个过程中的位移大小为 3 m,方向竖直向下。

6.【解答】如图 1-1-4 所示。

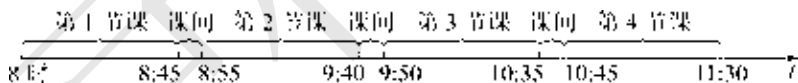


图 1-1-4

补充课堂检测题和参考解答

1. 站在铁路旁边的观察者看到客车车厢内某乘客随客车疾速驶过,而车厢内的人看到该乘客坐在座位上一动也不动。为什么对同一个现象的描述会有这样的不同呢?如果要研究该乘客在车厢内的走动情况,那么选择大地为参考系和选择车厢为参考系,哪个更方便?

【解答】在描述一个运动时,要先选择参考系,选择的参考系不同,描述的结果通常也不同。铁路旁边的观察者是以地面为参考系的,而车厢内的观察者是以车厢为参考系的,因此对同一个现象有不同的描述结果。如果要研究乘客在车厢内的走动情况,主要是相对于车厢的,所以以车厢为参考系更方便,有利于解决问题。

2. 京沪铁路全长约 1 500 km,假设有一列客车每小时行驶 100 km,问:

(1) 你能否求出这列客车从北京到上海所需要的时间?

(2) 你能否求出这列客车经过途中一座长为 200 m 的桥梁所需要的时间?

【解答】(1) 可以。这时可以把客车当作质点来处理,得到的时间为 15 h。

(2) 不可以。这时客车不能被视为质点,由于不知道客车的长度,无法求出这个时间。

3. A、B、C、D 四个物体各自在一条直线上运动,它们的过程示意图及起点和终点的坐标如图 1-1-5 所示。

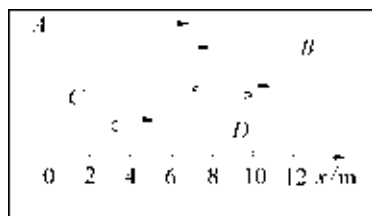


图 1-1-5

(1) 求出各物体的路程。

(2) 求出各物体的位移。

【解答】(1) A、B、C、D 四个物体的路程分别为 7 m、5 m、15 m、8 m。

(2) A、B、C、D 四个物体的位移分别为 7 m、-5 m、9 m、-4 m。

1.2 怎样描述运动的快慢

教学目标

(1) 通过实例分析,经历匀速直线运动的模型建构过程,知道匀速直线运动的特点,再次体会模型建构的思想方法。

(2) 经历用比值法定义速度和平均速度的过程,掌握描述物体运动快慢的基本方法,理解速度和平均速度的方向性。

(3) 通过案例分析,学会运用物理公式解决生活中的实际问题,提高学生分析运动过程、解决现实问题的能力。

教材说明

本节教材的核心内容是速度和平均速度。速度是初中物理学过的内容,教材增加了关于方向的说明,在匀速直线运动中速度的方向就是物体位移的方向。用平均速度描述物体运动快慢是日常生活常用的一种方法,教材对此进行了系统阐述,强调平均速度仅表示运动物体在某段时间(或某段位移)内的平均快慢程度。无论是速度还是平均速度,教材在给出定义时都以汽车运动为研究过程,通过记录不同时刻汽车运动的位移来分析运动的快慢,符合实际情境,贴近学生生活,有利于帮助学生建立正确的时空观和准确的物理概念。

本节内容在编排上与传统教材不同,增加了案例分析。案例以铁路与公路交叉道口为背景,引导学生讨论安全问题,设置的情境真实,具有很强的运动感。通过问题的讨论,可以帮助学生提高安全防范意识,提高运动过程分析能力,学会把生活情境转化为物理模型,把物理条件转化为解题依据。

本节内容注重学生时空观、比值定义方法、模型建构、实证分析等科学思维能力的培养,增强学生对科学本质的认知,促进学生物理核心素养的发展。

教学建议

与上一版教材相比,本节教材删除了“利用匀速运动公式的哈勃定律估算宇宙年龄”的

内容,并把“用DIS研究匀速直线运动”的课题研究移到后面,减轻了教学任务,教师可以留出更多时间带领学生进一步体验建立物理模型的过程,让学生学会分析和描述物体运动过程的方法。要充分利用教材图1-2-1、图1-2-2和图1-2-3给出的情境,让学生阅读、体验和分析,形成对运动过程的正确认知,特别是教材图1-2-2中位移关系的分析不能急于求成,更不能由教师包办代替,应该让学生亲自经历探究的过程。

关于“什么叫速度”

关于速度的教学,首先提出问题“怎样描述物体运动的快慢”,启发学生考虑判断运动快慢的依据是什么,从而总结出描述物体运动快慢离不开时间和空间两个因素。接着通过教材中图1-2-1提供的实例,让学生从大小和方向两个方面分析、讨论汽车的位移变化特点,得到匀速直线运动的定义。让学生注意到,汽车在相等的10 s内的位移大小都为300 m,方向都是向右。匀速直线运动定义中的“位移相等”的含义为位移大小和方向都相同。匀速直线运动是理想的运动模型,是忽略了现实运动中的次要因素而经科学抽象得到的。最后引导学生用位移与时间的比来定义速度,进一步体会比值定义法的特点。让学生明确用位移代替路程,关注了速度的方向性,使速度概念的定义更加严密、科学,有助于培养学生的科学意识。要让学生在教材图1-2-1中标出汽车位移的方向和速度的方向,形成正确认知。

关于“案例分析”

要充分用好案例分析,着重关注学生分析能力的培养,从阅读题目开始,指导学生审题,画出汽车与列车的运动过程草图,找到“已经越过停车线的汽车安全驶过道口”的物理条件,并用数学式子表示出来,培养学生良好的思考问题习惯和优秀的思维品质。

关于“平均速度”

关于“平均速度”的教学,基本流程与“速度”一样。先通过举例发现,在许多情况下物体运动的快慢会发生变化,引出变速直线运动的模型。物体沿直线运动,如果在相等的时间内通过的位移不相等,这种运动叫做变速直线运动。然后把变速直线运动等效为匀速直线运动,对变速直线运动的快慢进行粗略的描述,用定义速度的方法定义平均速度,让学生经历等效替代的思维过程。最后强调平均速度也是一个有方向的物理量,其方向与对应过程的位移方向相同。

教学中可结合教材图1-2-3进行,让学生计算出汽车在各个不同5 min时间内的平均速度和整个20 min时间内的平均速度,注意这些平均速度的不同,并作分析、讨论。明确计算变速直线运动的平均速度时,必须指明具体的时间间隔或位移区段,否则它们的意义不明确。在计算平均速度时,要不断提醒学生说出或标出平均速度的方向。

还要引导学生去探究教材图1-2-1中汽车在不同过程中的平均速度,归纳得出“如果物体做匀速直线运动,那么任意选取一段时间(或位移),计算出的平均速度相同”的结论。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 平均速度等于零并不表示物体一定处于静止状态。如果物体先向某一方向

运动一段距离,再向相反的方向运动相同的距离,那么该物体在整个过程中的位移和平均速度均等于零,但物体一直处于运动状态。

2.【解答】 A 错误。平均速度是针对一段时间而言的,而 10 s 末指一个时刻。

B 错误。汽车在某段时间内的平均速度是 5 m/s,并不表示它在这段时间每 1 s 内的位移都是 5 m。可举一反例说明:汽车在 2 s 内的平均速度是 5 m/s,它可能在第 1 个 1 s 内的位移是 3 m,而在第 2 个 1 s 内的位移是 7 m。

C 正确。汽车经过两路标间需要一定的时间,通过一定的位移,具有一定的平均速度。

D 错误。可举一反例说明:汽车在第 1 个 1 s 内以 2 m/s 的速度运动,在第 2 个 1 s 内以 6 m/s 的速度运动,在第 3 个 1 s 内以 7 m/s 的速度运动,汽车在整个 3 s 内的平均速度是 5 m/s,而它在这段时间内的最小速度与最大速度之和的一半为 4.5 m/s,不等于平均速度。

3.【解答】 见表 1-2-1。

表 1-2-1

位移 s/m	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
时间 t/s	0	1.88	2.96	3.88	4.71	5.61	6.46	7.30	8.13	9.00	9.86
通过每 10 m 的时间 $\Delta t/\text{s}$		1.88	1.08	0.92	0.83	0.90	0.85	0.84	0.83	0.87	0.86
每 10 m 内的平均速度 $\bar{v}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$		5.32	9.26	10.87	12.05	11.90	11.76	11.90	12.05	11.49	11.63

补充课堂检测题和参考解答

1. 汽车驾驶员从发现紧急情况到采取制动措施这一段时间,称为驾驶员的反应时间,通常为 0.7 s。在这段时间内,汽车仍做匀速直线运动,以后才开始减速。某汽车行驶速率计的示数如图 1-2-1 所示,则在反应时间内汽车将行驶多远?

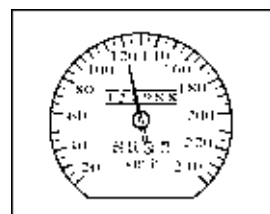


图 1-2-1

【解答】 在反应时间内,汽车将做匀速直线运动。已知 $v = 120 \text{ km/h} = 33.3 \text{ m/s}$, $t = 0.7 \text{ s}$, 得 $s = vt = 33.3 \text{ m/s} \times 0.7 \text{ s} = 23.3 \text{ m}$ 。

2. 一辆汽车沿直线运动,开始时以 $v_1 = 15 \text{ m/s}$ 的速度驶完全程的四分之三,余下的路程以 $v_2 = 20 \text{ m/s}$ 的速度行驶,则该辆汽车行驶全过程的平均速度 v 为多大?

【解答】 设汽车行驶全过程的位移为 s ,汽车以 v_1 行驶的时间为 t_1 ,以 v_2 行驶的时间为 t_2 。则 $\frac{3}{4}s = v_1 t_1$, $\frac{1}{4}s = v_2 t_2$, $s = v(t_1 + t_2)$, 得 $v = \frac{4v_1 v_2}{v_1 + 3v_2} = \frac{4 \times 15 \times 20}{15 + 3 \times 20} \text{ m/s} = 16 \text{ m/s}$ 。

1.3 怎样描述运动的快慢(续)

教学目标

(1) 通过实例分析,理解瞬时速度的含义,经历从平均速度到瞬时速度的推理过程,体验极限思维的作用和意义。

(2) 通过学生必做实验,学会使用打点计时器测量运动纸带的瞬时速度大小,加深对瞬时速度的理解。

(3) 学会用位移图像和速度图像描述物体的运动,学会根据运动图像分析物体的运动情况,了解物体的运动信息,提高获取信息、处理信息的能力。

教材说明

本节教材的核心内容是瞬时速度。教材通过列举生活中的许多事例说明瞬时速度是运动物体在某一时刻或经过某一位置时的速度,强调瞬时速度不仅有大小,而且有方向;瞬时速度的方向跟物体在某一时刻或经过某一位置时的运动方向相同。运用教材图 1-3-2 展示汽车运动的画面,帮助学生形象地理解瞬时速度的含义。教材在“思考与讨论”中,通过讲述笑话,引导学生对日常生活中不规范概念的比较辨析,可以加深对瞬时速度的理解。在本节内容中引入“用图像描述位移和速度”,是对位移、瞬时速度的进一步深化,也体现了描述物体运动形式的多样性和图像的直观性。

本节内容与上一版教材的不同之处是,把“测量做直线运动物体的瞬时速度”从探究实验改为学生必做实验,而且把“光电门”换成了“打点计时器”,实验仪器比较传统,便于选择使用,增加了学生设计实验方案、规范有序操作、亲自动手实践的机会。实验原理中巧妙地把极限法渗透进来,引导学生从平均速度自然过渡到瞬时速度,避免了理论推导的繁琐与枯燥。与传统教材相比,本节增加了龟兔赛跑的图像表示、速率计是怎样工作的、风洞、用 DIS 研究匀速直线运动等内容,这些内容注重物理与生产生活的联系,拓展了学生的视野,可以帮助学生提升收集处理信息、运用所学知识解决实际问题的能力。

本节内容的重难点是对瞬时速度的理解,教材设计了“学生必做实验”“思考与讨论”“案例分析”“信息浏览”“STSE”和“课题研究”等多种栏目,引导学生反复研磨,不断加深理解,形成关于瞬时速度的正确观念。

教学建议

瞬时速度是力学研究中较难理解的概念,需要有一个逐渐认识的过程。在本节课的教学中,要充分运用教材中提供的各种资源,特别是要通过具体实例的分析,引导学生弄清楚日常生活中所提及的各种速度的含义,严格区分“平均速度”与“瞬时速度”。要借助学生实验原理的分析,渗透极限思想,从“平均速度”逐步逼近“瞬时速度”,理解平均速度与瞬时速度的关系。从理论上说,靠近纸带上点的 Δs 趋于无限小时的平均速度即为该点的瞬时速度。建议新授课上不要忙于比较平均速度与瞬时速度的异同,以免冲散主题,引起思维混乱。

关于“什么叫瞬时速度”

首先组织学生围绕“如何精确地描述变速运动”进行讨论,引导学生联系生活实际,举例说明为什么要引入瞬时速度,认识引入瞬时速度的必要性。在此基础上,列举日常生活中遇到的瞬时速度实例,明确瞬时速度就是运动物体在某一时刻或经过某一位置时的速度,让学生了解汽车行驶中速率计上指示的数值就是瞬时速度的大小。接着要引导学生思考:公路上限速牌上标注的速度是指平均速度还是瞬时速度的大小?瞬时速度的方向如何确定?帮助学生联系生活实际,深入而又全面地理解瞬时速度。

关于“学生必做实验:测量做直线运动物体的瞬时速度”

实验之前,先要让学生认真阅读教材上关于打点计时器的说明,弄清其构造和原理,明白为什么打点计时器能够测量瞬时速度的道理。其实打点计时器不同于一般的计时器,它在记下时间的同时也记下了物体运动的位移。然后组织学生思考与讨论:如何尽可能准确地测出纸带上C点的瞬时速度大小?启发学生用离C点最近两点间的平均速度表示它的瞬时速度,让学生经历用极限法处理问题的体验。最重要的是,要留给足够的时间完成实验的设计和操作。

关于“思考与讨论”

不仅要关注交通警察与驾车女士表达的速度含义不一样,而且要把握各自思维方式的不同。交通警察指出轿车速度达到了60 km/h,超出了所在路段的限速,而驾车女士以为为交通警察说她开了1 h车,行驶了60 km路,没有理解交通警察所说车速的含义。

速率计是怎样工作的、风洞等内容可以安排学生在课外学习,要求学生通过网络等搜集资料,写出研究报告,在课上进行交流。

关于“用图像描述位移和速度”

描述物体的运动就是要告诉人们,运动物体在某个时刻具有怎样的位移、速度和加速度,图像法也能用来描述或研究物体运动的情况,帮助学生深化对运动的认识。无论是位移图像还是速度图像,都可以从“绘图”“识图”“用图”三个方面引导学生深入探究。绘图就是要明确如何建立坐标系、横轴表示什么、纵轴表示什么、怎么描点连线,识图就是要知道图像具有什么特征、表示怎样的运动,用图就是要根据图像寻找信息、作出推断。引导学生分析总结:从位移图像上不仅可以知道物体运动的方向、得出物体在某时刻的位置、某段时间内的位移等,还可得出速度大小,让学生根据教材图1-3-7的信息画出对应的速度图像。建议利用多媒体课件,展示物体的运动情况与 $s-t$ 图像中图线反映的动态关系,把具体的物体运动与运动图像联系起来,让学生明白位移图像并非物体的运动轨迹,发展学生的思维水平。

关于龟兔赛跑的位移图像,可组织学生自主探究,教师在学生遇到问题及时给予指导。先引导学生回顾故事情节,梳理龟兔赛跑的运动过程,然后理清两者速度大小关系,最后画出图像。应提醒学生,乌龟的运动、兔子在不同阶段的运动都可简化成匀速直线运动。图像画好后,可引导基础好的学生思考:为保证乌龟最终赢得比赛,兔子睡觉时间不应少于多少?这段时间长短与哪些因素有关?培养学生解后深化反思的习惯。

教材图1-3-10描述的汽车运动图像实际表示的是匀变速直线运动,由于学生还没有学习匀变速直线运动的规律,建议只要让学生知道汽车做变速直线运动就行了。依据是:该 $s-t$ 图像不是一条过坐标原点的倾斜直线,在相同的每个5 s内汽车的位移大小不相等。汽车在15 s到20 s时间内的平均速度最大。

关于“课题研究”

建议有条件的学校可组织学生到实验室研究。在实验过程中,让学生进一步深化对位移图像和速度图像的理解,加强物体运动与图像的联系,体会现代技术对物理研究带来的优越性。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 D。此运动员通过 100 m 用时 10 s, 平均速度的大小为 $\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{100}{10} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$ 。

2.【解答】 A、C。瞬时速度表示物体在某一时刻或经过某一位置时的运动快慢程度, 而物体经过某段时间或某段位移的运动快慢程度应该用平均速度表示。

3.【解答】 (1) 汽车在 15 min 时的瞬时速度

$$v_1 = \frac{s_1}{t_1} = \frac{20}{20} \text{ km/min} = 16.7 \text{ m/s}。$$

25 min 时的瞬时速度 $v_2 = 0$ 。

45 min 时的瞬时速度 $v_3 = \frac{s_3}{t_3} = \frac{30}{20} \text{ km/min} = 25.0 \text{ m/s}。$

(2) 汽车在 50 min 内的平均速度 $\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{50}{50} \text{ km/min} = 16.7 \text{ m/s}。$

4.【解答】 (1) 飞机的速度 $v = \frac{s}{t} = \frac{400}{40} \text{ km/min} = 10 \text{ km/min} = 166.7 \text{ m/s}。$

(2) 如这架飞机继续匀速飞行, 3 h 内的位移 $s' = vt' = 10 \times 3 \times 60 \text{ km} = 1.8 \times 10^3 \text{ km}。$

5.【解答】 这是一个有趣的课外实践活动。可使用一条拉直的白棉线, 沾上糖水或在其末端滴一点蜂蜜, 以吸引蚂蚁等向末端运动。本活动需对位移和时间同时进行读数, 难度较大, 为解决这一困难, 可在 0 cm、5 cm、10 cm、15 cm 等处做上标记, 测出蚂蚁等运动至这些标记处的时间。活动结束后组织学生汇报自己的研究结果。

6.【解答】 A、C。A、B 两个物体均做匀速直线运动。速度大小: $v_a > v_b$; v_a, v_b 均为正, 说明运动方向相同; 相同时间内位移不同, $s_a > s_b$; $t=0$ 时刻速度均不为零, 说明在 $t=0$ 以前, A、B 两个物体不可能是一直静止的。

补充课堂检测题和参考解答

1. A、B、C 三个物体的 $s-t$ 图像如图 1-3-1 所示, 试比较它们速度的大小。

【解答】 位移图像的斜率越大, 速度越大, 因此, A、B、C 三个物体的速度大小关系是 $v_A > v_B > v_C$ 。

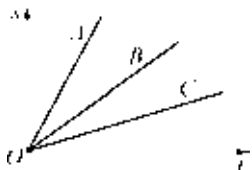


图 1-3-1

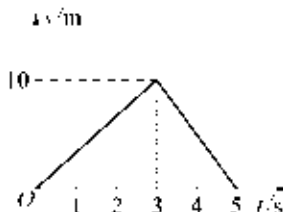


图 1-3-2

2. 根据图 1-3-2, 判断物体前 3 s 内的位移和后 2 s 内的位移。

【解答】 前 3 s 内的位移为 10 m, 后 2 s 内的位移为 -10 m。

3. 根据教材第 1.2 节“家庭作业与活动”第 5 题中刘易斯百米跑的有关数据,画出其位移图像,并由图像求出前 5 s 内的平均速度。

【解答】 图像如图 1-3-3 所示。

由图像可知,前 5 s 内的位移为 44 m,故 $\bar{v} = \frac{44}{5} \text{ m/s} = 8.8 \text{ m/s}$ 。

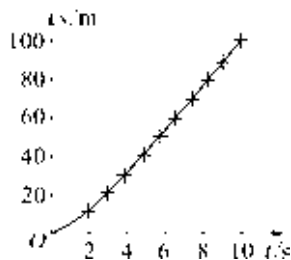


图 1-3-3

1.4 怎样描述速度变化的快慢

教学目标

(1) 通过实例分析,经历加速度概念建立的过程,理解加速度的定义、公式和物理意义,学会更加精准地描述物体的运动。

(2) 通过实验,探究匀变速直线运动的特点,加深对匀变速直线运动的理解,学会用实证法研究物理问题。

(3) 学会利用速度图像分析物体加速度的大小,能结合具体的生活情况运用公式计算加速度,提高分析问题解决问题的能力。

教材说明

本节教材从阅读汽车广告入手,引导学生分析比较不同汽车的启动性能,自然地引入加速度的概念,体现了把物理学与生活相联系的理念,突出了加速度所表示的运动学特征,有利于学生理解加速度的物理意义。教材对加速度作了系统介绍,从定义、公式、单位、物理意义以及方向表示,逐个说明,层次分明,还运用速度图像表示加速度大小,让学生对加速度概念的理解更加全面,为下一章匀变速直线运动的学习奠定了基础。

关于匀变速直线运动,教材中的图 1-4-4 呈现出了飞机起飞前匀加速滑行的画面,时间与速度大小标注非常清楚,直观明了,便于学生理解。此后通过探究实验,让学生经历实证研究的过程,归纳匀变速直线运动的特点,学习科学方法,训练科学思维,培养科学态度。本节的案例分析,要求学生能够把学到的物理知识运用于解决生活中遇到的问题,不仅有助于加深对加速度和匀变速直线运动的理解,而且有利于促进学生思维能力的提高。

加速度是力学中的一个重要概念,也是运动学的难点。为了降低学生学习的难度,本节仅限于通过生活实例引入加速度的概念,给出定义式,对它与速度的关系进行简单的定性讨论,这样可以把主要精力集中在“物体运动的精准描述”上。

教学建议

加速度是力学中较难理解的概念,需要有一个逐渐深入的过程,需在学习牛顿运动定律、曲线运动等内容后进一步加深理解,特别是加速度与速度关系的教学切不可一步到位。在本节课教学中,要充分运用教材中提供的各种实例,引导学生理清运动过程,准确表示每个时刻的速度,计算出物体的加速度,并与运动对象和运动过程结合起来加以解释,加深对引入加速度概念意图的理解。对于匀变速直线运动,只要求简单了解,在下一章中将会进一步深入学习。

关于“从汽车广告谈起”

通过设计一个生活情境引入课题。小明家需要购买一辆小汽车,需要对汽车的性能、价格等作出综合判断,其中启动性能、制动性能是重要的指标,那么如何比较不同汽车的启动性能、制动性能呢?引导学生分析教材图 1-4-1 所示跑车和轿车的运动情况:它们的初、末速度相等,即速度的变化相同,但所需时间不同,显然跑车的速度变化较快,即跑车的启动性能较好。同理可得,汽车在制动时,从某一速度变到静止的时间越短,制动性能越好。

关于启动性能和制动性能的比较,日常生活中还有另外一种方法,就是让两种车从静止开始同时启动,观察经过相同时间后谁的速度大。可启发学生结合平时经验再举一些例子加以说明,帮助学生学会用比较的方法处理物理问题,发展思维能力。

关于“什么是加速度”

首先要让学生明白,在变速直线运动中,仅仅用物体的位移和速度描述物体的运动是不够的,因为物体的速度也在发生变化,并且变化的快慢往往不同,需要引入一个新的物理量。加速度就是用于描述物体运动速度变化快慢的,引入加速度是精准描述物体运动情况的需要。接着启发学生将速度与加速度两个物理量作比较,速度表示运动物体位置变化的快慢,而加速度表示物体速度变化的快慢,因而可根据速度的定义方法,得出加速度的定义。

在加速度定义得出之后,可组织学生围绕定义去猜想加速度的公式,推算加速度的单位,培养学生的探究习惯和创造意识。再引导学生运用公式计算教材图 1-4-1 中跑车和轿车的加速度,计算教材图 1-4-2 中子弹的加速度,并把计算得到的三个加速度进行比较,强化对加速度物理意义的理解。随后让学生画出教材图 1-4-1 所示跑车和轿车的速度图像,分析得出速度图像的斜率反映加速度的大小,斜率越大表示加速度越大,斜率越小表示加速度越小。建议把加速度方向的研究放在“案例分析”后,让学生明白加速度为正,表示加速度的方向跟初速度的方向相同,物体做匀加速直线运动,运动速度越来越大;加速度为负,表示加速度的方向跟初速度的方向相反,物体做匀减速直线运动,运动速度越来越小。这样做能够帮助学生理解加速度方向的客观价值。

在加速度的教学中,一定要把抽象概念与鲜活事例结合起来。可结合学生在体育课上的体验说明,设法提高启动加速度是在短跑中取得好成绩的关键因素之一。同样,加速度也是研制新型武器的重要指标,在研制新型导弹时不断提高其加速度,使追及时间缩短,加上先进的制导技术,可迅速摧毁敌方目标。

关于“匀变速直线运动”

教学中,可以通过分析教材图 1-4-4 计算出飞机在第 1、第 2、第 3 个 10 s 内的加速度大小均为 3 m/s^2 ,方向均与它的运动方向相同。以这样的生活实例引入匀变速直线运动的定义,把抽象概念与具体情境结合起来,具体、形象、生动,促进学生思维转化。要让学生通过生活实例分析,明白匀变速直线运动也是一种理想的运动模型。

在探究实验的教学中,要引导学生思考:如何设计实验方案?如何比较准确地测量瞬时速度?如何利用数据概括物体运动的特点?通过一系列问题的思考,培养学生的证据意识和探究能力。

本节“案例分析”设置的情境,渗透了保护野生动物的教育,体现了教材关注生态文明的理念。教学中,要留出时间让学生认真阅读题目,独立思考,形成解决问题的思路。在解题指导方面,要引导学生关注正方向的设定和解题结果的表达。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】(1) 错误。加速度是速度的变化率(或变化的快慢),“加出来的速度”指的是速度的变化,而且两者的单位也不同。

(2) 正确。匀速直线运动的加速度保持为零且不变,可以说匀速直线运动也是加速度不变的运动。

(3) 错误。可用汽车在高速公路上行驶的例子说明:汽车在启动阶段速度较小,但有一定的加速度;在达到一定速度后,停止加速,汽车将做匀速直线运动,此时汽车的速度较大,但加速度为零。

(4) 错误。在减速运动中,加速度的方向就有可能同末速度的方向相反。

2.【解答】子弹的加速度大小 $a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{700 - 100}{0.0015} \text{ m/s}^2 = 4.0 \times 10^5 \text{ m/s}^2$,加速度的方向与运动方向相同。

3.【解答】一只鹰的加速度大小

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{22 - 15}{4} \text{ m/s}^2 = 1.75 \text{ m/s}^2。$$

4.【解答】该汽车的初速度 $v_0 = 30 \text{ km/h} = 8.33 \text{ m/s}$, $v_t = 0$,则

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{0 - 8.33}{1.6} \text{ m/s}^2 = -5.2 \text{ m/s}^2。$$

汽车制动时的加速度大小至少是 5.2 m/s^2 ,加速度的方向与汽车的运动方向相反。

5.【解答】速度图像上图线的斜率反映加速度的大小。

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{6 - 1.5}{12 - 2} \text{ m/s}^2 = 0.45 \text{ m/s}^2。$$

补充课堂检测题和参考解答

1. 载人航天器从太空返回地球,在减速伞的作用下接近地面时,速度仍有约 9 m/s 。为了能安全着陆,这时要启动反推火箭,使航天器的速度在约 0.2 s 的时间内减小到 2 m/s 。试求这个减速过程的加速度。

【解答】加速度为 $a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{2 - 9}{0.2} \text{ m/s}^2 = -35 \text{ m/s}^2$ 。即加速度的大小为 35 m/s^2 ,方向竖直向上。

2. 一名驾驶员驾驶一辆汽车从静止开始倒车,加速度为 1.4 m/s^2 ,速度达到 2 m/s 时立即制动,制动过程历时 0.8 s 。试画出这一过程的 $v-t$ 图像。

【解答】加速过程的时间为 $t = \frac{v}{a} = \frac{2}{1.4} \text{ s} = 1.4 \text{ s}$ 。图像如图 1-4-1 所示。

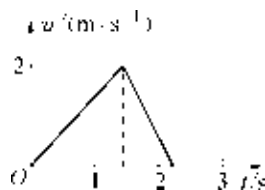


图 1-4-1

“第1章家庭作业与活动”参考解答

A 组

1.【解答】这位同学位移的示意图如图 1-5-1 所示,图中 AB 表示其位移,大小 $s=2\sqrt{2}$ m。

2.【解答】B。

A 错误。因为该车在任意 1 s 内的末速度比初速度大 2 m/s,并非 2 倍的关系。

B 正确。因为该车在任意 1 s 内末速度比初速度大 $\Delta v=at=2\times 1$ m/s=2 m/s。

C 错误。因为该车在任意 1 s 内的初速度与前 1 s 内的末速度实际上指的是同一时刻的速度。

D 错误。因为该车在任意 1 s 内的末速度一定比前 1 s 内的初速度大 $\Delta v=at=2\times 2$ m/s=4 m/s。

3.【解答】A、C。

A 正确。从教材图 1-A-1 可看出,甲小分队通过的路线较长,即甲小分队通过的路程较大。

B 错误。因为甲、乙两小分队行军的起点和终点均相同,故位移相同。

C 正确。因为甲、乙两小分队行军所用的时间相等,通过了相同的位移,所以平均速度相同。

D 错误。因为教材图 1-A-1 表示的是两小分队行军的路线,横轴不表示时间,纵轴不表示位移。

4.【解答】如图 1-5-2 所示,采用不同方法完成平时所经历的路程不一定相同,位移相同。

5.【解答】设汽车通过的整个位移为 s ,整个运动时间为 t ,通过第一段位移 s_1 和第二段位移 s_2 所用的时间分别为 t_1 和 t_2 。则有

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{s}{3v_1}, t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{2s}{3v_2}, t = t_1 + t_2 = \frac{s}{v},$$

解得第一段位移中的速度 $v_1 = \frac{vv_2}{3v_2 - 2v} = \frac{37.5 \times 50}{3 \times 50 - 2 \times 37.5}$ km/h=25 km/h。

B 组

1.【解答】A、C 的出发点相同,B 的出发点在 A、C 的前面;A、B 同时出发,经 t_0 时间后 C 才出发;A 的终点离出发点最远,B 次之,C 最近;三者均做匀速直线运动,C 的速度最大,A 次之,B 最小。

2.【解答】已知 $a=-5$ m/s², $v_t=0$, $t=3$ s,由 $a=\frac{v_t-v_0}{t}$ 得汽车的初速度

$$v_0 = v_t - at = [0 - (-5) \times 3] \text{ m/s} = 15 \text{ m/s}。$$

3.【解答】B。两次速度大小相等,方向相反。

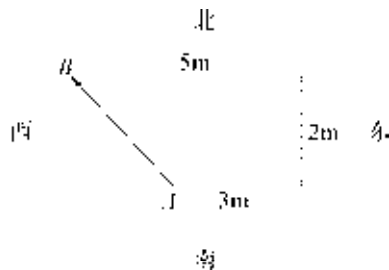


图 1-5-1

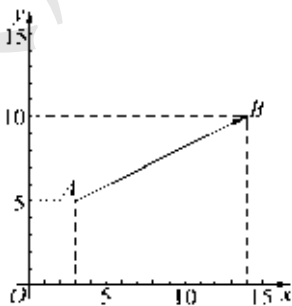


图 1-5-2

4.【解答】 规定乒乓球原来的运动方向为正方向,已知 $v_0 = 30 \text{ m/s}$, $v_t = -30 \text{ m/s}$, $t = 0.02 \text{ s}$,则这个过程加速度 $a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{-30 - 30}{0.02} \text{ m/s}^2 = -3 \times 10^3 \text{ m/s}^2$,负号表示加速度的方向与乒乓球原来的运动方向相反。

课程资源

物理学家简介

亚里士多德

生平简介

亚里士多德(Aristotle,前 384—前 322),古希腊著名的科学家和哲学家,公元前 384 年出生于爱琴海北岸的斯塔吉拉城。亚里士多德 17 岁那年前往雅典,成为古希腊著名哲学家柏拉图(前 427—前 347)的大弟子,在其师创办的雅典学院从事学习和研究长达 20 年之久。他好学多问,才华横溢,成绩突出,柏拉图夸他是“学院之灵”。公元前 343 年,亚里士多德担任了年仅 13 岁的马其顿王子亚历山大的宫廷教师。公元前 340 年亚历山大执政,亚里士多德回到家乡。公元前 335 年他重返雅典,创办了一所吕克昂学园,独树一个新的哲学学派。由于这个学派的教师和学生常常在花园里散步的时候讨论问题,当时人们就称它为“逍遥学派”。

公元前 323 年夏天,亚历山大大帝在从印度回师巴比伦的途中病故。从此,亚里士多德在政治上开始不得志,他决定离开雅典,离开吕克昂学园回到母亲的故地过隐居生活。公元前 322 年因病逝世,葬在卡尔基,终年 62 岁。

科学成就

亚里士多德是希腊古典文化的集大成者,恩格斯称他是最博学的人。他的著作是古代的百科全书,据说有 400 到 1 000 部,与物理学关系密切的有《物理学》《论天》《起源与衰灭》《气象学》。

在物理学方面,亚里士多德最重要的贡献是创造了这门学科的名称。“物理”一词的现代拉丁文 physica,就是从希腊文 φυσικη(自然)一词演变而来的。他初步提出以物质运动及其与时间、空间和周围物体的关系,以物质的本原为研究对象,形成一门独立的自然学科。他重视对身边事物的具体观察,强调逻辑思维的作用,首先尝试运用数学方法来考察具体物理定律,从而引起了众多的讨论与研究,这些都在一定程度上为欧洲文艺复兴以后物理学在实验基础上的奠基起了某些先导的作用。此外,亚里士多德还对虹、视觉、管长与乐音的关系等做过一些初步的观察和解释,从月食和星座的变迁中推证了地球是圆形的,对地球的大小做出了在当时条件下比较合理的估计。

亚里士多德运用科学的方法,对奇妙的生物世界进行了大量调查。他带领助手周游各地,搜集标本,分门别类,并且尽可能了解同动物和植物有关的各种知识。他是一位当之无愧的伟大生物学家。他一生最有价值的科学贡献也正是在动物学和解剖学方面。

历史的局限性

亚里士多德的物理学,今天看来,有几个根本性的缺陷。

第一,在方法论上,他只注意简单的观察和严格的推理。他认为研究“应从我们最明白

易知的事物开始”，但却错误地过分引申，以为从简单的感性知觉通过理性活动，可以一下子到达普遍抽象的顶点，从而对所谓的封闭而有限的宇宙给出一幅最终的科学图像。他这样的推断过程是错误的，不可避免地导致将生产水平很低的社会中人们积累的一些原始直觉经验和哲学思想，上升为绝对化的真理。因此，亚里士多德的物理学实质上只是一种经验科学性质的自然哲学体系。

第二，亚里士多德这种根据人的感觉经验和逻辑理性建立起来的体系，力图用生物机体（包括人体）有目的的运动现象来统一解释无生命物质的运动及其原因，例如，他列举出物质的运动变化有“四因”：质料因、形式因、动力因和目的因。一切物体都具有某种天赋的目的或“自然本性”；天体永远围绕地球这一宇宙中心做匀速圆周运动；组成地球上物体的四种基本元素（水、火、气、土）都“趋向于自己特有的空间”，具有寻找自己“天然处所”并停留在那里的本性，从而形成重者向下、轻者向上的“天然运动”（因为本性运动）。由此可见，亚里士多德的观点带有浓厚的目的论的拟人色彩，正是这一内在因素导致他的理论很容易为后来的经院哲学所利用。

第三，亚里士多德利用直觉经验和数学比例关系来研究物体的位移运动，建立了两条影响深远但不准确的比例定律。其一，他认为：“下落运动的快慢有两个原因：（1）运动所通过的媒质不同（如通过水或空气）；（2）运动物体自身轻或重的程度不同，如果运动的其他条件相同的话。”因此他关于落体运动的定律是：“物体下落的时间与重量成反比，如一物重量是另一物的两倍，则在同一下落中只用一半的时间。”“如果空气比水稀两倍，则同一运动物体在水中运动时要耗费两倍时间。”其二，他认为：除轻物上升、重物下落的运动以外，地上物体的其他一切运动，都是强迫运动，“任何运动着的事物都必然有推动者”。这种强迫运动的比例定律为：“设动力为 α ，运动物体重量为 β ，经过距离为 γ ，发生位置移动的时间为 δ ，则同一动力 α 在同一时间内将使 $\frac{\beta}{2}$ 移动 2γ ，或在 $\frac{\delta}{2}$ 内使 $\frac{\beta}{2}$ 移动距离 γ ”。由于教会的吹捧，这些定律在 16—17 世纪以前被认为是神圣不可侵犯的教条。

实验探究资料

DIS 实验系统简介

按照《课程标准》中“课程资源利用与开发建议”：“重视将信息技术应用到物理实验室，加快中学物理实验软件的开发和应用，诸如通过计算机实时测量、处理实验数据、分析实验结果等。”本教材在实验课题研究中引入了计算机辅助物理实验系统，即 DIS 实验系统，如图 1-6-1 所示，它利用计算机接口技术，进行物理量采集、测量、数据记录及处理等，实现了中学物理实验设备与计算机的组和使用。

DIS 实验系统由传感器、数据采集器和专用软件组成，数据采集器与计算机以串行方式通信，与传感器采用 4 路并行输入方式，可同时接插多个传感器。它同时具备电流表、电压表、示波器、数字毫秒计、温度计和气压计等仪器设备的功能，实现了测量结果的高精度和数字化；系列传感器具有即插即用、并行采集、放大倍数调节等功能，极大地方便了实验使用；软件提供了多种模式显示、



图 1-6-1

组合显示、视图放大、图线分析、自定义变量和表达式等有效手段,使实验数据处理、显示便捷。

用 DIS 实验系统探究瞬时速度和平均速度的关系

(1) 实验装置。

实验装置如图 1-6-2 所示,主要由 DIS 实验系统(光电门传感器、数据采集器、数据线)、计算机、气垫导轨、滑块、遮光片等组成。遮光片由不透明的硬塑料片制成,宽窄不同,分别是 2.0 cm、3.0 cm、…、24.0 cm,共计 12 张。把气垫导轨放在实验桌上,调节平衡,将光电门传感器固定在气垫导轨刻度的 $\frac{3}{4}$ 附近,用数据线把光电门传感器、数据采集器和计算机连接起来。在气垫导轨的另一端用垫圈垫高,使气垫导轨倾斜适当的角度。

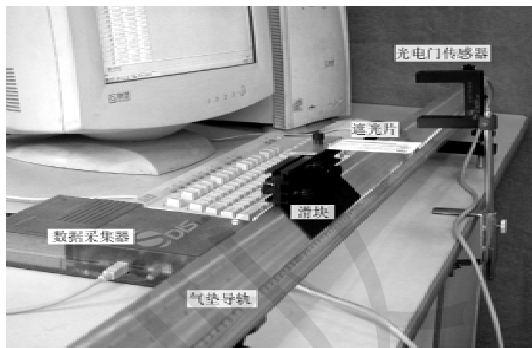


图 1-6-2

(2) 实验原理。

如图 1-6-3 所示, MN 表示倾斜放置的气垫导轨,光电门固定在 P 点处,滑块上遮光片 AB 的宽度为 Δx ,让滑块从气垫导轨上的固定位置 H 点无初速度自由下滑,经过光电门时,遮光片的遮光时间为 Δt , HP 间的距离为 L 保持不变。当改变遮光片的宽度 Δx 时,遮光时间 Δt 会随之发生变化。

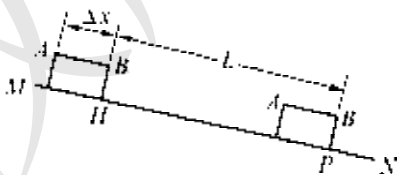


图 1-6-3

设滑块的加速度为 a ,遮光片的 B 端经过距离 L 所用的时间为 t_1 ,经过距离 $L + \Delta x$ 所用的时间为 t_2 ,遮光片的遮光时间 $\Delta t = t_2 - t_1$,由 $\frac{1}{2}at_1^2 = L$, $\frac{1}{2}at_2^2 = L + \Delta x$ 得

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \sqrt{\frac{2(L + \Delta x)}{a}} - \sqrt{\frac{2L}{a}}, \quad (1)$$

遮光片经过 P 点的平均速度为

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\sqrt{\frac{2(L + \Delta x)}{a}} - \sqrt{\frac{2L}{a}}} = \sqrt{\frac{aL}{2}} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{\Delta x}{L}} \right), \quad (2)$$

实验中保持 $\frac{\Delta x}{L} < 1$,利用级数展开,有

$$\sqrt{1 + \frac{\Delta x}{L}} = 1 + \frac{1}{2} \frac{\Delta x}{L} - \frac{1}{8} \left(\frac{\Delta x}{L} \right)^2 + \dots,$$

$$\text{当 } \Delta x \ll L \text{ 时} \quad \sqrt{1 + \frac{\Delta x}{L}} \approx 1 + \frac{1}{2} \frac{\Delta x}{L}, \quad (3)$$

把③式代入②式中,得到平均速度的表达式

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \approx \sqrt{\frac{aL}{2}} \left(1 + 1 + \frac{1}{2} \frac{\Delta x}{L} \right) = \sqrt{2aL} \left(1 + \frac{\Delta x}{4L} \right),$$

$$\text{即 } \bar{v} = \frac{\sqrt{2aL}}{4L} \Delta x + \sqrt{2aL}, \quad (4)$$

从④式可以看出,当遮光片的宽度 Δx 与 L 相比很小时,遮光片经过光电门 P 的平均速度 $\bar{v}$ 和 Δx 成线性关系,当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时(有 $\Delta x \rightarrow 0$)的平均速度即为遮光片 B 端经过光电门 P 点的瞬时速度

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{v} = \sqrt{2aL}. \quad (5)$$

(3) 实验过程。

数据采集的步骤如下:

① 启动 DIS 实验系统通用扩展软件,在工具栏中点击“表格”图标,通过“添加变量”,设置“公式”,建立记录数据的表格。

② 打开气源,把滑块放在气垫导轨上,让滑块从气垫导轨上一固定的位置(图 1-6-3 中的 H 点)无初速下滑,遮光片遮光,DIS 实验系统自动记录时间。

③ 更换不同宽度的遮光片,重复步骤②。最后得到如图 1-6-4 所示的实验数据。

在实验数据采集完成后,利用 DIS 实验系统通用扩展软件进行数据分析,在工具栏中点击“绘图”图标,在“坐标绘图”窗口的右边辅助工具中选择“增加”得到“图线设置”窗口,在该窗口的“数据来源”栏选择“计算表格”,在“ x 轴”的下拉菜单中选择“ s ”(即 Δx),在“ y 轴”的下拉菜单中选择“ v ”(即 $\bar{v}$),“放大倍数”均设置为 100 倍,在“绘图方式”栏中选择“画离散点”,然后点击“确定”。在“坐标绘图”窗口的右边辅助工具中选择“直线拟合”,得到如图 1-6-5 所示的图形,表示了平均速度 $\bar{v}$ 与遮光片宽度 Δx 的关系,拟合后的方程为

$$y = 0.288592x + 84.61, \quad (6)$$

记录			
☐ 自动	间隔 0.1s	☐ 手动	放大 缩小
	#1	s	v=s/#1
1	0.26285	0.240	0.913
2	0.21219	0.191	0.900
3	0.18384	0.165	0.898
4	0.16328	0.145	0.888
5	0.14198	0.125	0.880
6	0.11952	0.105	0.879
7	0.10355	0.090	0.869
8	0.09195	0.080	0.870
9	0.08079	0.070	0.866
10	0.06923	0.060	0.867
11	0.05821	0.050	0.859
12	0.04673	0.040	0.856
13	0.03542	0.030	0.847
14	0.02338	0.020	0.855

图 1-6-4

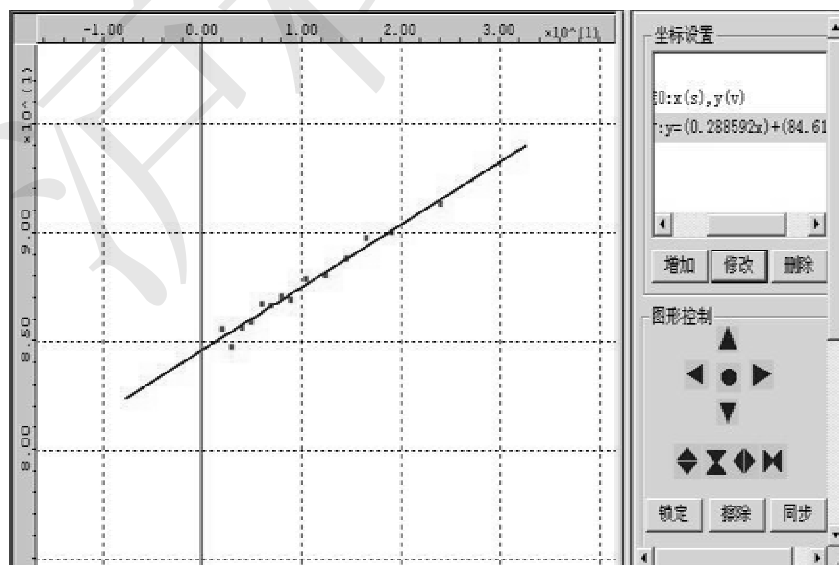


图 1-6-5

(4) 实验结果。

从图 1-6-5、⑥式和④式的比较中可以看出,实验结果和理论分析是一致的。当所用遮光片的宽度 Δx 逐次减小时,平均速度值 $\bar{v}$ 单调减小,并趋向于一个定值——瞬时速度 v 。 Δx 越小,平均速度与瞬时速度的差值就越小,这就说明:当遮光片的宽度 Δx 足够小时,遮光片经过光电门的平均速度可以看作是滑块通过光电门的瞬时速度。由⑥式可以看出,当 $x=0$ 时,即遮光片的宽度为零时,拟合直线在 y 轴上的截距反映了瞬时速度的大小,其值为 $y=84.61$ 。因为遮光片宽度的测量精确到毫米,所以取 3 位有效数字。又因为在作图时放大了 100 倍,所以遮光片的 B 端经过光电门 P 时的瞬时速度为

$$v = \frac{84.6}{100} \text{ m/s} = 0.846 \text{ m/s}.$$

从图 1-6-5 还可以看出,当遮光片的宽度 $\Delta x \leq 2 \text{ cm}$ 时,表示平均速度的点距离拟合直线较远,涨落较大,说明在利用气垫导轨等测量瞬时速度时,并不是遮光片越窄越精确。

本实验的 DIS 实验系统、气垫导轨可用数字计时器、木板代替,读者可根据所在学校的实验条件进行探究。

(本稿由南京师范大学物理科学与技术学院邓华、仲扣庄提供)

电火花打点计时器的电路原理

如图 1-6-6 所示,当按钮开关 S 闭合后,由 S 流入的电流,在 0 至 π 期间,经电阻 R_1 ($1 \text{ W}, 1 \text{ k}\Omega$)、二极管 D_1 、电容 C (CJ400 V, $0.2 \mu\text{F}$) 及二极管 D_3 将 C 充电约至 310 V 。在 π 相位后电流反向,反向电流经二极管 D_2 、电阻 R_2 (约 $50 \text{ k}\Omega$) 后,被稳压二极管 DW 稳压后,从另一路径由电阻 R_3 ($0.25 \text{ W}, 800 \Omega$) 进入可控硅 (3CT1B) BG 的控制极,这两路的电流会合后经二极管 D_4 流出,这一反向电流约在 1.1π 的一个固定的相位上,使晶闸管(俗称可控硅) BG 导通。 BG 的导通引起 C 经脉冲变压器 T 的原线圈 L_1 (120 匝) 及二极管 D_5 和 BG 放电。放电电流在 T 的副线圈 L_2 ($20\,000$ 匝) 上形成万伏高压。当 L_2 中的电流减小时,会产生反向自感电动势,二极管 D_5 导通而使 L_1 短路, L_2 上无电压输出。

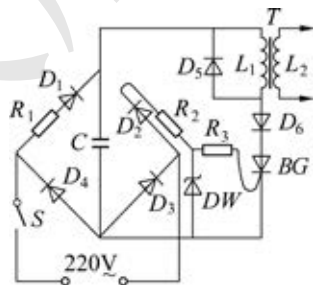


图 1-6-6

电磁打点计时器的工作原理、打点周期等时性的检测与调整

J0203 型电磁打点计时器为磁电式结构,其构造如图 1-6-7a 所示。当线圈通以 $6\sim 8 \text{ V}$ 、 50 Hz 的交变电流时,线圈产生的交变磁场使振动片磁化,振动片的一端位于永久磁铁的磁场中,由于振动片的磁极随着电流方向的改变而不断变化,在永久磁铁的作用下,振动片将上下振动,其振动周期与线圈中的电流变化周期一致,为 0.02 s ,图 1-6-7b 表示在半个周期中的情况。振动片的另一端装有打点针,当纸带从针尖下通过时,便打上一系列点,相邻两点间对应的时间间隔为 0.02 s 。

电磁打点计时器的打点周期是否等时,可通过做匀加速直线运动的纸带来检验。若打点的周期是等时的,则在纸带上任意两个连续打点周期内的位移差 Δs 是常数。一般采用自由落体运动的纸带来检验,当打点周期稳定在 0.02 s 时, Δs 应为 3.92 mm (g 取 9.8 m/s^2)。

若电磁打点计时器打点不稳定,则可通过调节振动片的长度来调整。方法是松开振动片的固定螺钉,改变振动片的长度,拧紧螺丝后再观察它的振幅,把它的长度固定在振幅最大的位置。

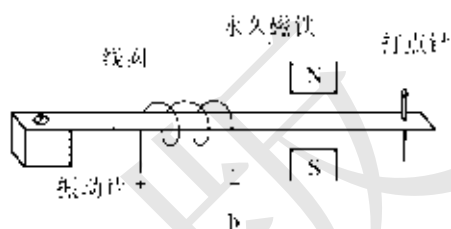
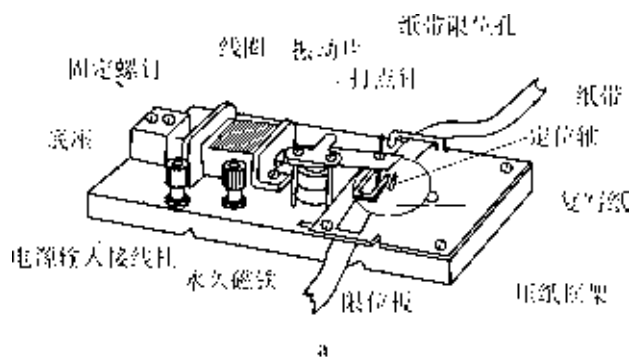


图 1-6-7

研究人的步行运动

如果你在一条直线上行进,并且保持最均匀的步伐,例如 1 s 跨两步,那么你一定认为你是在做匀速直线运动,是这样的吗?做了下面的实验,你就可能有更深的认识。

请一个学生协助你共同完成这一实验。把一条长 5 m 的纸带别在你的腰带上,纸带穿过桌上的打点计时器的带孔,启动打点计时器电源,你从背靠桌边开始均匀向前运动(图 1-6-8)。在行进中,纸带随同你前进,留下了一系列所打点的痕迹。

做完实验后取下纸带,用纸带上前面清楚可辨的一点作为计数零点,每隔 10 点圈一个计数点,标上计数点序号 n ,再用直尺测出各计数点到计数零点的位移 s_n 。计数周期 $T=0.02 \times 10 \text{ s}=0.2 \text{ s}$ 。



图 1-6-8

某一点 n 的瞬时速度可以这样来计算:测出某计数点 n 到其后 0.02 s 的另一点间的位移 Δs_n (注意:这一点并非计数点),求出其间的平均速度 $\frac{\Delta s_n}{\Delta t}$ ($\Delta t=0.02 \text{ s}$),由于所取的时间很短,可以把这个平均速度看作是第 n 点的瞬时速度。用这样的方法逐一计算出各计数点的瞬时速度。将上述测量数据记录在表 1-6-1 中,作出 $s-t$ 图像和 $v-t$ 图像,对步行运动的性质进行分析、讨论。

表 1-6-1

计数点序号 n	s_n/cm	$\Delta s_n/\text{cm}$	$v_n/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
.....			

自制滴水计时器

取一个大饮料瓶,用缝衣针在瓶底钻一适当大小的小孔,在瓶中灌满水,用手提着,使水均匀滴出(图 1-6-9)。实验中可用旋紧、旋松瓶盖的方法开、关计时器。

- (1) 测出计时器的滴水周期。
- (2) 测定你在匀速步行时的速度。



图 1-6-9

自制加速度计

如图 1-6-10a 所示,取一根细线,在它的一端拴一泡沫塑料块(或小木块),另一端则固定在大可乐瓶的瓶盖上,在瓶中灌满水,旋紧瓶盖后使瓶倒置,就制成了一个加速度计。

(1) 把瓶抱在手中,当你站立不动、匀速、加速和减速运动时,注意观察泡沫塑料块和线的位置有何变化。

(2) 当你乘坐公交车时,注意观察汽车行驶、启动、制动以及转弯时,泡沫塑料块和线的位置有何变化。

(3) 当你以不同的加速度加速运动时,注意观察泡沫塑料块和线的位置有何变化。

加速度计的工作原理如图 1-6-10b 所示。当泡沫塑料块随瓶向右加速运动时,以瓶为参考系(非惯性系),设线与竖直方向的夹角为 α ,则其加速度 $a = g \tan \alpha$ 。通过线偏离竖直线的偏向和夹角,可了解瓶的加速度的大小和方向。由于学生的知识水平所限,该加速度计的工作原理可不作介绍。

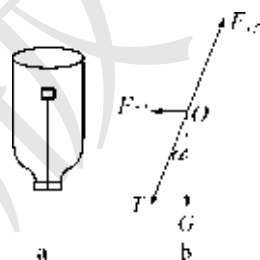


图 1-6-10

参考资料

“神舟”五号飞船数字集锦

- (1) “神舟”五号飞船直接花费不到 10 亿元人民币。
- (2) “神舟”五号飞船总长 9.2 m,总质量 7 790 kg。
- (3) “神舟”五号飞船的返回舱直径 2.5 m,体积约 6 m^3 ,是目前世界上可利用空间最大的载人飞船。
- (4) “神舟”五号飞船装有 52 台发动机,能精确调整飞船飞行姿态和运行轨道。
- (5) 用于“神舟”五号飞船发射的“长征”二号 F 型火箭,首次采用了 55 项新技术。
- (6) “长征”二号 F 型运载火箭的起飞质量 479.8 t,其乳白色船箭塔组合体高 58.3 m。
- (7) “神舟”五号飞船变轨后飞行的圆形轨道距地球 343 km。
- (8) 飞船在太空中大约每 90 min 绕地球一圈,其间要经受 180°C 的温差考验。
- (9) 分布在国内外的 9 个陆地测控站、三大洋上的 4 艘测量船跟踪测控“神舟”五号飞船。
- (10) 航天员杨利伟在太空展示的中华人民共和国国旗和联合国国旗尺寸相同,长 15 cm,宽 10 cm,质量约 10 g,为尼龙质地。飞船还同时搭载了一面未展示的大号联合国国旗,长 180 cm,宽 120 cm,质量约 330 g。
- (11) “神舟”五号飞船共绕行地球 14 圈,进行约 $6 \times 10^5 \text{ km}$ 的旅行。

(12) 5 架直升机、14 台专用车辆分别组成空中和地面搜救分队搜救飞船返回舱。

(13) “神舟”五号飞船实际着陆点与理论着陆点相距 4.8 km。

风洞

如今,“风洞”这个名词已为许多读者乃至广大青少年所熟悉。风洞,是指在一个管道内,用动力设备驱动一股速度可控的气流,用以对模型进行空气动力实验的一种设备。最常见的是低速风洞。风洞是发展航空航天事业的关键设备,研制任何飞机,包括军用飞机、民用飞机以及航天飞机,都必须首先在风洞中进行大量试验,试验飞机能不能飞起来,能飞多高多快和多远以及其他各项飞行性能等。

(1) 风洞——研制飞行器的先行官。

决定一架飞机或其他飞行器的飞行性能,如速度、高度等,除飞机所受的重力、发动机的推力等要素外,最重要的因素是作用于飞机的空气动力。空气动力主要决定于飞机的外形。在设计和研制飞机时,首先是设计其外形,由此就可以确定作用于飞机的空气动力并推算飞机的飞行性能。但是,这项工作必须做在最先,不能在飞机造出来以后才做。确定飞机空气动力的实验设备主要是风洞。人们把风洞和风洞试验叫做航空航天的先行官是恰如其分的。

风洞实验的基本原理是运动相对性原理和相似性原理。根据相对性原理,飞机在静止空气中飞行所受到的空气动力,与飞机静止不动、空气以同样的速度反方向吹来时飞机受到的空气动力是一样的,但飞机迎风面积比较大,如机翼翼展小的几米、十几米,大的几十米(波音 747 是 60 m),使面积如此大的气流以相当于飞行的速度吹过来,其动力消耗将是惊人的。根据相似性原理,可以将飞机做成与之几何相似的小尺度模型,气流速度在一定范围内也可以低于飞行速度,其试验结果可以推算出实际飞机在实际飞行时作用于飞机上的空气动力。

飞行器(包括飞机、直升机、巡航导弹等)在风洞中的试验内容主要有测力试验(测量作用于模型的空气动力,如升力、阻力等,确定飞行性能)、测压试验(测量作用于模型表面压力的分布,确定飞机载荷和强度)、布局选型试验(模型各部件做成多套,可以更换组合,选择最佳的飞机布局和外形)等。随着飞行器性能的提高和改进,风洞试验所需要的时间不断增加。20 世纪 40 年代,研制一架螺旋桨飞机,风洞试验时间是几百小时。至 20 世纪 70 年代初,一架喷气式客机的风洞试验时间是 $4 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4$ h。航天器(如洲际导弹、卫星、宇宙飞船等)大部分航行在大气层外,基本上与空气无关,但其发射和返回在大气层中,所以仍然需要在风洞中进行试验。如美国的航天飞机,在不同风洞中总共进行了 1×10^5 h 的试验。

(2) 风洞的发展。

世界上公认的第一个风洞是英国人于 1871 年建成的。美国的莱特兄弟于 1901 年制造了面积为 $0.56 \text{ m} \times 0.56 \text{ m}$ 试验段(风洞常以试验段尺度命名)、风速 12 m/s 的风洞,从而于 1903 年发明了世界上第一架实用的飞机。风洞的大量出现是在 20 世纪中叶。

为了试验炮弹的空气动力作用和研究超声速流动,瑞士的阿克雷特于 1932 年建成了世界上第一座超声速风洞,试验段面积为 $0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$,马赫数(风速与声速之比)为 2。为适应跨超声速飞行器的发展,1956 年,美国建成世界上最大的跨超声速风洞,试验段面积 $4.88 \text{ m} \times 4.88 \text{ m}$,马赫数为 0.8—4.88,功率为 $1.61 \times 10^5 \text{ kW}$ 。1958 年,美国航天局建成试验段直径为 0.56 m,马赫数可高达 18—22 的超高声速风洞。

为了提高风洞实验的雷诺数(描述空气等黏性流体流动状态的无量纲数),1980年,美国将一座旧的低速风洞改造成为世界上最大的全尺寸风洞,它可以直接把原形飞机放进试验段中吹风,试验段面积为 $24.4\text{ m} \times 12.2\text{ m}$,风速达 150 m/s ,功率为 $1 \times 10^5\text{ kW}$ 。1975年,英国建成了一座低速压力风洞,试验段面积为 $5\text{ m} \times 4.2\text{ m}$,风速 $95\text{—}110\text{ m/s}$,压强达 3 atm ,功率为 $1.4 \times 10^4\text{ kW}$,试验雷诺数为 8×10^6 。20世纪80年代,美国建成一座低温风洞,以氮气(氮气凝固点低,适于低温下工作)为工作介质,温度范围为 $78\text{—}340\text{ K}$,压强可达 9 atm ,试验段面积为 $2.5\text{ m} \times 2.5\text{ m}$,马赫数为 $0.2\text{—}1.2$,雷诺数高达 120×10^6 。

我国的风洞建设发展迅速。1977年,中国空气动力研究与发展中心建成亚洲最大的低速风洞,其串联双试验段面积为 $8\text{ m} \times 6\text{ m}$ 和 $16\text{ m} \times 12\text{ m}$,风速达 100 m/s ,功率为 $7\,800\text{ kW}$ 。1999年,我国建成具有世界规模的跨声速风洞,试验段口径为 2.4 m ,马赫数为 $0.6\text{—}1.2$ 。这样大尺度的跨声速风洞,以前世界上只有美国和俄罗斯等少数国家才有。 2.4 m 跨声速风洞的建成,表明我国已进入世界航空航天大国的行列。

(3) 风洞应用扩大到一般工业部门。

随着工业技术的发展,从20世纪60年代开始,风洞试验(主要是低速风洞)从航空航天领域扩大到一般工业部门。各行各业的发展越来越需要空气动力学和风洞试验的参与,已经形成了新的学科:“工业空气动力学”和“风工程学”。

例如,当汽车速度达到 180 km/h 时,空气阻力可占总阻力的 $\frac{1}{3}$ 。对小汽车模型进行风洞试验,合理修改汽车外形可使空气阻力减小 75% 。对建筑物模型进行风载荷试验,从根本上改变了传统的设计方法和规范,大型建筑物如大桥、电视塔、大型水坝、高层建筑群等,已规定必须进行风洞试验。这方面已有深刻教训,1940年,美国的一座大型钢索吊桥——塔科马(Tacoma)大桥,受到并不很大的风载荷,由于桥体发生受迫振动和共振,引起大桥断塌,这一事故引起建筑学界强烈震惊。

对于大型工厂、矿山群,也要做成模型,在风洞中进行防止污染和污染扩散的试验。为此,许多“大气边界层风洞”应运而生。在这种风洞中,试验段的气流并不是均匀的,从风洞底板向上,速度逐渐增加,模拟地面“风”的运动情况(称为大气边界层),我国已建成了十几座这样的风洞。

(4) 风洞试验模拟的不足及其修正。

风洞试验既然是一种模拟试验,不可能完全准确,例如,风洞试验中的边界干扰,不可避免的支架干扰,以及风洞与实际流场的不完全相同等,因此在应用中除了发展相应的修正方法外,还需要在实践中对风洞试验结果加以矫正。

地球自转与公转的关系

地球在自转的同时围绕太阳公转,因此,地球的运动是这两种运动的叠加。地球自转的平面叫赤道平面,地球公转的平面叫黄道平面。地球自转和公转的关系,可以用赤道平面与黄道平面的关系来表示。如图 1-6-11a 所示,地轴与黄道平面的交角为 $66^\circ 34'$,赤道平面与黄道平面的交角为 $23^\circ 26'$ 。

地球在公转的过程中,地轴的空间指向和黄赤交角的大小,在一定时期内可以看作是不变的。因此,地球在公转轨道的不同位置,地表接受太阳垂直照射的点(简称太阳直射点)是变化的。如图 1-6-11b 所示,从冬至到第二年夏至,太阳直射点自南纬 $23^\circ 26'$ 向北移动,经

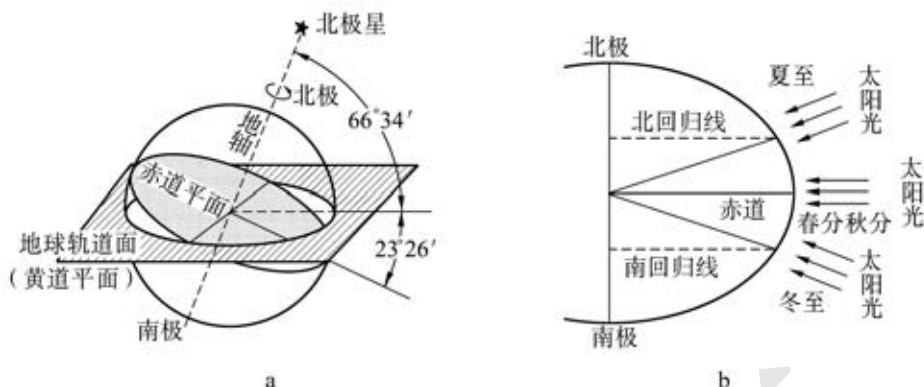


图 1-6-11

过赤道(春分时),到达北纬 $23^{\circ}26'$;从夏至到冬至,太阳直射点自北纬 $23^{\circ}26'$ 向南移动,经过赤道(秋分时),到达南纬 $23^{\circ}26'$ 。太阳直射点在赤道南北的这种周期性往返运动,称为太阳直射点的回归运动。

参考文献

- 1 中华人民共和国教育部制定. 普通高中物理课程标准(2017 年版). 北京:人民教育出版社,2018
- 2 中国大百科全书总编辑委员会《天文学》编辑委员会. 中国大百科全书. 天文学. 上海:中国大百科全书出版社,1980
- 3 中国中学教学百科全书总编辑委员会物理卷编辑委员会. 中国中学教学百科全书物理卷. 沈阳:沈阳出版社,1990
- 4 霍布森著. 秦克诚,刘培森,周国荣译. 物理学:基本概念及其与方方面面的联系. 上海:上海科学技术出版社,2001
- 5 国家教育委员会教学仪器研究所. 高中物理学生实验. 北京:人民教育出版社,1994
- 6 国家教育委员会教学仪器研究所. 高中物理课外实验. 北京:人民教育出版社,1994
- 7 王兴乃,罗栋国等. 教学仪器维修大全(第一册). 北京:电子工业出版社,1993
- 8 刘炳升,仲扣庄. 中学物理教师专业技能训练. 北京:高等教育出版社,2004
- 9 仲扣庄. 物理学史教程. 南京:南京师范大学出版社,2009
- 10 上海中小学课程教材改革委员会. 高级中学课本 物理 高中一年级第一学期(试验本). 上海:上海科学技术出版社,2002
- 11 人民教育出版社物理室. 全日制普通高级中学教科书(必修) 物理第一册教师教学用书. 北京:人民教育出版社,2003
- 12 人民教育出版社地理社会室. 全日制普通高级中学教科书(必修) 地理上册. 北京:人民教育出版社,2003

补充习题及参考解答

1. 下列情况中,不能把汽车视为质点的是()。

- A. 在驾驶学校学习驾驶的训练过程 B. 对汽车百米直线加速测试过程
C. 测试汽车环城一周的平均速度 D. 测量汽车百公里的耗油量

【解答】 A。驾驶训练中要把车移位,对车头和车尾在移动中都有要求,不能视为质点。

2. 短跑运动员在 100 m 训练中,前 5 s 跑完 47 m,速度达到 10.4 m/s,10 s 末到达终点,速度是 10.2 m/s,则运动员在后 5 s 内的平均速度是()。

- A. 10.2 m/s B. 10.6 m/s C. 10.4 m/s D. 10.3 m/s

【解答】 B。根据平均速度的定义知 $\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{100-47}{10-5} \text{ m/s} = \frac{53}{5} \text{ m/s} = 10.6 \text{ m/s}$ 。

3. 如图 1-7-1 所示,用打点计时器在纸带上记录了某物体的运动情况,打点计时器在纸带上打下 A 点时物体的瞬时速度为 v_A ,以下几个平均速度与 v_A 最接近的是()。

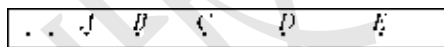


图 1-7-1

- A. AB 段的平均速度 B. AC 段的平均速度
C. AD 段的平均速度 D. AE 段的平均速度

【解答】 A。在某点附近极短位置内的平均速度接近于该点处的瞬时速度。

4. 下列说法中正确的是()。

- A. 质点速度越大,加速度必定越大 B. 质点速度变化越大,加速度必定越大
C. 质点速度逐渐增大,加速度可能减小 D. 速度逐渐增大,加速度可能为零

【解答】 C。如物体运动时加速度方向不变,加速度的大小减小时,速度仍不断增大。

5. 甲、乙两个物体的运动图像如图 1-7-2 所示,由图像可以知道()。

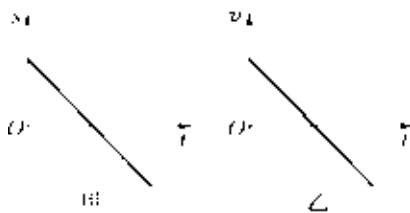


图 1-7-2

- A. 甲的速度方向不变
B. 乙的速度方向不变
C. 甲的加速度是变化的
D. 乙的加速度是变化的

【解答】 A。甲做匀速直线运动,加速度为零;乙做匀减速运动,加速度不变。

6. 一辆汽车沿平直公路做匀加速直线运动,已知其加速度为 2 m/s^2 ,那么在任意 1 s 内,

(1) 末速度一定比初速度大 _____ m/s,比前 1 s 内的初速度大 _____ m/s。

(2) 初速度比前 1 s 内的末速度大 _____ m/s。

【解答】 (1) 2;4。(2) 0。

7. 如图 1-7-3 所示,一位同学某时刻在操场上的 A 点,过一段时间后,发现他到了 B 点。根据图中的信息,你能得到该同学这段时间内的位移吗? 你能得到该同学在



图 1-7-3

这段时间内的路程吗？图中的方格边长为 20 m。

【解答】 由于起点和终点的位置都是明确的，故能得到在这段时间内该同学的位移大小为 100 m，方向为东偏北 37° 。由于不知道具体的路径，故无法知道该同学在这段时间内的路程。

教 学 案 例

1.1 运动与质点模型(1)

【教学目标】

(1) 通过实例分析，知道参考系的概念和作用，理解运动的相对性，明确选择参考系的原则是使研究问题简便。

(2) 通过实例分析，经历质点的建构过程，了解质点的含义，知道把一般物体简化为质点的条件，领会建立物理模型的价值和意义。

(3) 通过实例分析，比较时间与时刻的不同，知道时间与时刻的不同含义。

【教学器材】

“神舟”五号飞船发射、跟踪、回收的录像资料，地球自转公转演示仪，挂钟。

【教学过程】

◆ 新课导入

播放我国第一艘载人飞船成功升空的视频录像。

引发学生思考：2003 年 10 月 15 日，我国第一艘载人飞船成功升空，录像再现了飞船在茫茫太空中遨游的雄姿，生动地反映了飞船在各飞行阶段不同的运动形式。你是怎样判断飞船是在运动的？它是怎么运动的？如何描述飞船的运动？

带领学生诵读诗人欧阳中石的诗句“凌云戏月游银汉，转瞬翔天过太空”，体会诗人描述飞船运动的独到之处：“凌云”“戏月”“游银汉”表示飞船的位置在变化，“转瞬”“过太空”表示飞船在短时间内通过了很长的路程，运动得很快。诗人以文学语言生动地描述了飞船的运动，那么我们该怎样用物理术语来描述物体的运动呢？

让学生研读物理学家海森堡曾说过的名言：“为了理解现象，首要条件就是引入适当的概念。只有借助于正确的概念，我们才能真正知道观察到了些什么。”

组织学生讨论：为了描述物体的运动，一般需要研究哪些问题？引入哪些基本概念？

通过讨论明确：描述物体的运动，需要知道物体本身的特征、物体运动的时空关系、物体运动的快慢、物体运动快慢的变化，必须引入参考系、质点、时间、位移、速度和加速度等概念。

◆ 进入新课

问题 1：怎样判断动与静？

组织学生讨论：坐在“神舟”五号飞船内遨游太空的杨利伟是运动的还是静止的？坐在教室里听课的你是运动的还是静止的？怎样进行判断？依据是什么？

结论:物体的运动和静止是相对的。描述物体运动时,需要另外选取一个我们认为是不动的物体作为标准,否则就无法描述物体的运动,自然也就不可能判断物体的动与静。

参考系的定义:描述物体运动时,需要选取另外一个物体作为参照物,这个作为参照的物体叫做参考系。

相同的运动,参考系的选取不同,观测结果和对运动的描述一般是不同的。播放飞机空投物体的课件并提问:飞机上的人和地面上的人看到物体各做什么运动?

学生分析得出结论:飞机上的人以飞机为参考系,看到投下的物体沿直线竖直下落,地面上的人以地面为参考系,看到物体是沿曲线下落的。

引导学生思考:参考系的选择是人为的,具有主观性。那么参考系能否随意选择呢?

参考系选取原则:①要使人们对运动的观测方便;②要使描述出的运动规律尽可能简单。这是物理学研究的需要,今后我们还将把这种思维方法运用于其他方面的研究。

让学生阅读教材上“思考与讨论”的内容,联系平时乘车的感觉讨论并汇报结果。

1. “山迎”是以船为参考系,“船行”则是以河边的山为参考系。

2. 在地面上研究物体的运动时,通常选取地球为参考系。若有机会去访问火星,在飞船接近或飞离火星,以及在火星表面开展科研活动时,应以火星为参考系;在飞船中生活和操作仪器时,应以飞船为参考系。

讨论中鼓励学生把自己装扮成“火星访客”,展开想象的翅膀。

问题 2:怎样把物体简化为质点?

放映“神舟”五号飞船升空显示在指挥部荧光屏上的运行轨迹。

组织学生分析:当研究“神舟”五号飞船在空中的位置、离开地面的高度、飞行的速度、运动轨迹等问题时,需要考虑它本身的大小和形状吗?

继续讨论:旋转的乒乓球、行驶的火车,能否对它们进行简化处理?为什么?

经过讨论明确:物体能否被视为质点不是单单看它外形的大小,主要看形状和大小对研究的问题是否起作用。

质点的定义:用来代替物体的有质量的点叫做质点。

补充说明:质点是一种科学抽象,是对实际物体的近似描述,是一个理想模型。现实生活中找不到一种只有质量没有大小的物体。

提问:究竟在什么情况下才能把物体视为质点呢?

物体抽象为质点的条件:如果在研究物体运动时,可以不考虑物体的大小和形状,或者物体上各点的运动情况完全相同,那么就可以把它视为质点。

[点评:当物体的大小和形状对研究的运动来说是次要因素或无关因素时,该物体就能被视为质点。]

举例分析:在平直公路上运动的汽车,在研究它的运动特点时,汽车的大小、形状及车上各部分运动的差异是次要的,可把汽车视为质点。而在研究车轮的转动时,因为是研究汽车上部分器件的运动,就不能把汽车视为质点。

结论:即使是同一物体,能否简化为一个点,也得依据问题的具体情况而定。

让学生阅读教材上“思考与讨论”的内容,观看地球自转公转模型,回答相关问题。

1. 研究地球绕太阳的公转时,由于地球的直径与地球到太阳的距离相比可以忽略,可以把地球视为质点。研究地面上各处季节变化时,由于地球自转轴与地球公转轨道平面成

一定夹角,地球表面各点接受太阳辐射的情况不相同,故不能把地球视为质点。

2. 初中几何中的点是没有质量的,仅表示一个体积不计的空间位置。

3. 如果在研究物体的运动时,可以不考虑物体的大小和形状,或者物体上各点的运动情况完全相同,那么就可以把这个物体视为质点。

深化讨论:结合刚才若干事例,说明为什么要对物体进行简化处理。

结论:这是物理学上常用的方法,便于对自然规律进行探索和描述。

问题 3:时间和时刻有什么不同?

观察挂钟上的刻度,回答:在钟盘上怎样表示时刻?怎样表示时间?

总结:钟盘上某一刻度对应某一瞬间叫时刻,它没有长短;两个时刻之间的间隔叫做时间。

学生举例,如:上午 8 点开始上第一节课,8 点 45 分下课,8 点、8 点 45 分指时刻,这节课上 45 min,指的是时间。

让学生画时间轴,并在时间轴上标出“第 1 s 末”“第 3 s”。

分析:结合时间轴,说明“2 s 内”“第 2 s”“第 2 s 初”的含义。

◆ 反馈练习

下列情况中的物体能否简化为质点?为什么?

- (1) 木块——沿着斜面下滑。
- (2) 火车——从北京驶往广州。
- (3) 足球——边转边沿弧线向前。
- (4) 电风扇的叶片——正在旋转。

【教学小结】

本节课是本章的第一课时,用好章首图、教好章首语非常关键。本章开头以在茫茫太空中遨游的“神舟”五号飞船为背景,创设真实的物理情境,引出许多环环相扣的问题,引导学生形成关于运动描述的整体认识。教学设计抓住这一意图,设计多种学习活动,引导学生思考,让学生在掌握知识的同时学会整体思维和系统思维。

本节课也是运动与质点模型的第一课时,以质点为背景学会建构物理模型是本节课的重点。教学设计中,通过“怎样把物体简化成质点,把物体简化成质点的条件是什么,为什么要把物体简化成质点”等一系列问题的讨论,让学生结合实例分析,经历质点模型的建构过程,体会建构物理模型的思维方式,认识物理模型在物理学研究中的作用。

第2章

匀变速直线运动的规律

本章教学目标

《课程标准》的要求及其解读

(1) 了解近代实验科学产生的背景,认识实验对物理学发展的推动作用。

解读 《课程标准》包括两点要求,第一点是“了解近代实验科学产生的背景”,属于“了解”水平;第二点是“认识实验对物理学发展的推动作用”,属于“理解”水平。

“了解近代实验科学产生的背景”,就是要让学生明白近代实验科学产生的历史过程和当时的社会特征,懂得任何历史事件的发生都会有其社会根源。伽利略是近代实验科学的奠基者,他把科学实验和科学推理结合起来,开科学实验之先河,奠定了近代实验科学的基础。科学进步与社会发展密切相关,伽利略处于欧洲文艺复兴的历史时代,文艺复兴的精神打破了束缚人们思想的桎梏,激发起人们对自然的兴趣和对自然的探索。当时,人体解剖、绘画艺术等方面的进步,使观察实验和数学分析相结合的科学思维方法得到发展,远洋航行的成就与技术进步,促进了科学的研究。伽利略的发现以及他所应用的科学的推理方法,正是在这种背景下获得的伟大成就。

在了解了近代实验科学产生的背景之后,还要引导学生认识实验对物理学的重要性,突出实验科学的重要性。实验是人们运用科学仪器、人为地控制变化条件通过观测进行的一种探求自然规律的科学活动。通过实验,可以发现新的事实,从而为认识物理规律、建立新的物理理论提供条件。实践是检验真理的唯一标准,物理结论是否正确,都要经过实验的检验。实验是物理学研究的基础,实验对物理学的发展起了关键性作用。

“了解近代实验科学产生的背景,认识实验对物理学发展的推动作用”,要注意引导学生辩证地看待伽利略与亚里士多德对近代实验科学产生所作出的贡献。尽管亚里士多德关于力与运动的主要观点和研究方法存在局限性,但在那个时代、那种认识环境下他的思想还是有积极意义的。

(2) 能用公式、图像等方法描述匀变速直线运动,理解匀变速直线运动的规律,能运用其解决实际问题,体会科学思维中的抽象方法和物理问题研究中的极限方法。

解读 《课程标准》包括三点要求,一是“能用公式、图像等方法描述匀变速直线运动”,属于“应用”水平;二是“理解匀变速直线运动的规律,能运用其解决实际问题”,属于“应用”水平;三是“体会科学思维中的抽象方法和物理问题研究中的极限方法”,属于体验性目标的“认同”水平。

匀变速直线运动共涉及5个物理量:初速度、加速度、时间、位移、末速度。对于某一指定的匀变速直线运动来说,初速度和加速度是确定的,时间、位移、末速度是三个变量,这三

者之间的每两个都存在着相互制约的关系,既可以用公式描述,也可以用图像描述。用公式描述匀变速直线运动,就是要求学生能用匀变速直线运动的位移公式、速度公式、加速度公式描述匀变速直线运动的规律,让学生体会数学的简洁、抽象、准确。用图像描述匀变速直线运动,就是要求学生能用 $v-t$ 图像来表示匀变速直线运动的特点,让学生体会图像法在研究物理问题中的作用,感受到图像法的直观。

用公式、图像等方法描述匀变速直线运动,只是一种数学手段,只有引导学生把数学符号和图像信息与具体的运动过程结合起来加以运用,才能增强学生对匀变速直线运动规律的理解。从物理角度看,匀变速直线运动是加速度保持不变的运动,其速度随着时间的增加而均匀增加或均匀减小,其位移在连续相等的时间间隔里变化相同。要让学生通过具体实验和案例分析,反复揣摩其中的道理,对匀变速直线运动形成正确的认识。

匀变速直线运动是一种理想模型,是对质点运动特征的一种抽象。生活中很多实际的运动,如果忽略一些次要因素,那么则可以近似地看成匀变速直线运动。在用匀变速直线运动速度图像推导位移公式时,用一系列匀速直线运动代替匀变速直线运动,体现分割与逼近的思想。要引导学生经历这些思维方法的体验过程,体会运用物理方法的意义和作用,培养运用物理方法处理实际问题的自觉性。

本模块对匀变速直线运动进行了全面研究,旨在从物理概念、物理实验、物理模型、物理图像、数学规律、思维方法等各方面提升对质点运动的认识,为今后研究其他形式的运动(如平抛运动、圆周运动、简谐运动等),奠定良好的基础。

(3) 通过实验,认识自由落体运动规律。结合物理学史的相关内容,认识物理实验与科学推理在物理学研究中的作用。

解读 《课程标准》包括两点要求,一是“通过实验,认识自由落体运动规律”,二是“结合物理学史的相关内容,认识物理实验与科学推理在物理学研究中的作用”,都属于“理解”水平。

对自由落体运动的认识主要集中在两个问题上,一是自由落体运动模型的建构,二是自由落体运动性质的描述。日常生活中,人们观察到的落体运动是物体受到空气阻力后的结果,现在要求学生考虑没有空气阻力作用的情况,这是一个需要转变思想方法的过程。只有在理清影响落体运动的各种因素后,才能得到关于自由落体运动的正确认知。物体只在重力作用下从静止开始下落的运动叫自由落体运动,自由落体运动是加速度为 g 的匀加速直线运动。这两个结论都需要通过反复实验才能获得。让学生亲身经历实验过程,研究空气阻力对物体下落产生的影响,并在实验过程中发现问题、分析问题和处理问题,是“通过实验,认识自由落体运动规律”的关键所在,也是培养学生核心素养的需要。

伽利略研究自由落体运动的过程,充满艰辛,也充满智慧。“结合物理学史的相关内容,认识物理实验与科学推理在物理学研究中的作用”,就是要让学生全面准确把握历史事实,再现研究过程,理清伽利略研究自由落体运动的逻辑线索。在此基础上,引导学生分析伽利略研究取得成功的重要原因,了解伽利略对物理学发展所作出的贡献,认识物理实验与科学推理在物理学研究中的作用。

教学目标

(1) 了解伽利略研究落体运动的历史事实,经历自由落体运动过程的探究,理解伽利略

对落体运动的研究思路,懂得任何猜想和假说都要有实验验证的重要性,认识物理实验与科学推理在物理学研究中的作用。了解近代实验科学产生的背景,认识实验对物理学发展的重要作用,体会伽利略对近代实验科学的诞生所作出的贡献。

(2) 经历匀变速直线运动规律的推导过程,体会极限法在解决物理问题中所起的作用。会用公式和图像表示匀变速直线运动的规律,体会图像法表示物理规律的优点。通过物体运动过程的分析研究,理解匀变速直线运动的规律,养成科学分析物理过程的良好习惯。

(3) 通过实验,了解自由落体运动的特点。经历从一般到特殊的思维过程,推导自由落体运动的规律,能用公式和图像表示出来,简单运用自由落体运动规律解决问题。经历测定重力加速度的实验过程,理解重力加速度。

(4) 会将生活中的一些运动简化为匀变速直线运动,再次体验理想模型建构的过程,体会科学思维中的抽象方法。经历应用匀变速直线运动规律解决实际问题的过程,学会应用匀变速直线运动规律解决实际问题的基本思路和方法。知道保持“安全车距”的必要性,增强交通安全意识。

全章教材分析与教学要求

本章以“比萨斜塔”为背景,讲述伽利略在比萨斜塔上做落体运动研究的传说,详细介绍伽利略对落体运动的研究过程,揭示了伽利略对落体运动的研究思路,凸显数学推理和实验验证在研究物理问题中的作用。接着以汽车做匀加速直线运动为例,提出“匀加速直线运动速度和位移随时间如何变化”的问题,引导学生推导得到匀变速直线运动速度和位移公式,并且通过从一般到特殊的思维方法,得出自由落体运动的规律。全章逻辑线索清晰,知识体系完备,物理思想方法教育渗透其中。还特别注重物理公式在实际问题中的运用,培养学生建构模型、归纳小结、综合分析的能力,养成分析问题、解决问题的良好习惯。

本章的编写思路可以概括为:以历史事实为依据,以物理规律探究、表达和应用为线索,以物理思想方法渗透为重点,不断激发学生探究兴趣,启发学生深入思考,让学生在理解匀变速直线运动规律的同时,丰富对匀变速直线运动性质的理解,掌握物理研究方法和思维方法,发展他们的核心素养。

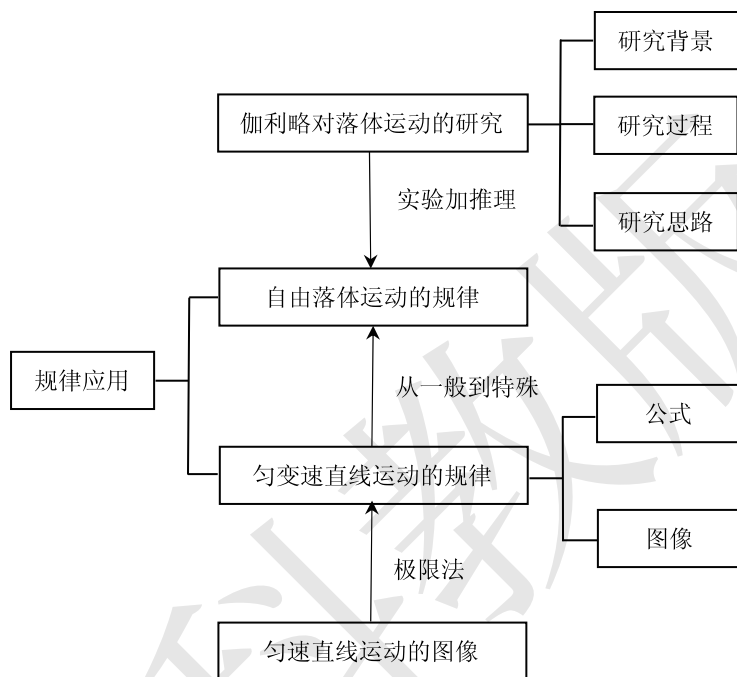
本章可读性强,人文气息浓厚。在内容的延伸和拓展上,显得更灵活、开放,在内容呈现的形式和方法上,显得更活泼、多样。教材本段标题富有吸引力,如“小石头诘难大哲学家”“拨开阻力的迷雾”等。教材十分注意激励学生探究,如在教材第2.1节中的“超越伽利略”节标下,引导学生用现代化的设备去研究落体运动的性质;在教材提供的三个“案例分析”后,反复启发学生思考“你能否用其他方法求解”,引领学生科学选择物理规律,学会灵活解决问题。教材还采用“旁批”“多学一点”“课题研究”等栏目,较灵活地延伸和拓展《课程标准》要求,以增强学生学习的选择性,满足不同层次学生的学习需求。

与传统教材相比,本教材更加注重伽利略落体实验的研究。长期以来,传统教材对伽利略落体实验研究的历史地位,以及它所蕴含的丰富的物理思想和方法没有引起重视,一般只是作为阅读材料,安排在正文后面,给学生的感觉似乎可有可无。本教材将伽利略落体实验研究作为正文,从落体佯谬开始,把伽利略对落体实验的思考与实验过程生动、完整地呈现在学生面前,并对有关内容采用“旁批”的形式给予画龙点睛,使学生从伽利略研究落体运动

的过程感悟到科学探究的强大魅力。

与前一版教材相比,本章在内容上做了较大调整,把“自由落体运动的规律”调到“匀变速直线运动的规律”之后,即先研究匀变速直线运动的一般规律,然后作为特例,介绍自由落体运动。这样做,降低了匀变速直线运动一般规律推导的难度,更加符合学生的认知规律,更加便于渗透科学的思维方法,有利于帮助学生形成正确认知,培养良好的分析问题的习惯。

本章教材的设计框架和知识逻辑结构如下框图所示:



本章知识中,伽利略对落体运动的研究方法和匀变速直线运动的规律是重点。本章的教学任务,是在研究《物体运动的描述》基础上,具体研究一种最简单的变速运动——匀变速直线运动。首先要求学生用位移、速度、加速度等概念去描述匀变速直线运动的特点,得到匀变速直线运动的规律,并学会在实际问题中应用这些规律。毫无疑问,在上述诸多内容中,匀变速直线运动的规律是重点。与此同时,本章还要求学生了解近代科学研究的基本史实和重要方法,知道伽利略对近代科学作出的贡献,体验抽象法、极限法和图像法等研究方法在研究物理问题中体现的价值和意义。伽利略的成功,不仅在于找出了落体运动的规律,更重要的是开辟了一条把物理实验与科学推理结合的物理学研究之路。追寻前人研究的成功道路,继承和发扬前人的优秀品质,是高中物理启蒙阶段学生必不可少的学习任务。

本章知识中,匀变速直线运动规律的推导与应用是难点。匀变速直线运动规律的推导,主要难在位移公式的推导。教材中给出了两种不同的方法,一种是由匀速直线运动的速度图像类比得到位移的大小就是速度图像与时间轴围成的面积,再通过极限法进行论证,最后解得面积即可;另一种是根据“默顿定理”结合速度公式推得。教学中,要帮助学生搭建从匀速直线运动到匀变速直线运动的研究桥梁,理解“默顿定理”的含义,让学生自己主动地推导出位移公式。匀变速直线运动规律的应用,主要难在物理规律的选用和解题方法的探索。匀变速直线运动规律涉及的公式比较多,包含初速度、加速度、时间、位移、末速度这5个物

理量在内的公式通常有三个,学习过程中还会碰到不少中间结论,让许多学生目不暇接。教学中,要精选例题,启发学生用好基础方法,理清运动过程,辨析不同解法之间的区别与联系,提高思维品质,真正把学生从题海中解救出来。

课时安排建议

本章拟用 7 课时,具体安排如下:

第 2.1 节 1 课时

第 2.2 节 1 课时

第 2.3 节 1 课时

第 2.4 节 2 课时

全章复习和评价 2 课时

各节教材的说明与教学建议

2.1 伽利略对落体运动的研究

教学目标

- (1) 通过实验,经历落体运动的探究过程,了解伽利略对落体运动研究的历史事实,知道落体运动的特点。
- (2) 分析伽利略对落体运动的研究思路,体会科学推理和实验验证在物理研究中的重要作用。
- (3) 了解近代实验科学产生的背景,认识实验对物理学发展的重要作用,体会伽利略对近代实验科学诞生所作出的贡献。

教材说明

本章教材以“比萨斜塔”为背景,引出伽利略在比萨斜塔上做实验的传说,指出“伽利略通过理论分析和实验探究,认识到轻重不是物体下落快慢的原因,从而动摇了 2000 多年来统治着人们头脑的旧观念”,激发学生学习的兴趣和求知欲。章首语最后一段,对学生学习提出了具体、明确的要求,提出的要求不仅包含物理知识的学习,也把物理思想方法的运用列入其中,特别是把物理实验与科学推理在物理学探索中的作用专门列出,更好地帮助教师明确培养学生核心素养的路径和方法。

本节教材内容传统的教材是没有的,新教材专辟这一节,目的是让学生了解到在当时实验条件比较差的情况下伽利略如何提出问题,探究中遇到什么问题,如何突破困难,并最终获得成功的全过程,使学生如临其境,领悟其科学精神、物理思想和研究方法,对提高学生的科学素养具有重要的意义。在材料呈现方式上,教材在给出了 16 世纪伽利略对落体运动探索的图片史料和相关表格的同时,穿插了“牛顿管实验”和“用频闪照相拍摄的小球做自由落体运动的相片”等现代实验资料,这种对比有助于学生加深对伽利略研究过程的理解。

本节教材的教学重点是让学生亲身经历对自由落体运动的探究过程;教学难点是如何引导学生巧妙设计斜面实验,引导学生在实验过程中进行合理猜想、数学推理等。教学中,要注意引导学生设身处地,主动融入探究全过程,特别是要正确理解探究过程遇到的困难和解决办法。

教学建议

本节教材的内容编排脉络清楚,推理严谨,文字表述生动,通俗易懂,适合学生自主学习。学生除阅读教材外,还可阅读课外资料。在学生自主阅读的基础上,组织学生围绕“伽利略对落体运动的研究经历了哪几个阶段,每个阶段解决的重点问题是什么,在解决问题的过程中遇到哪些困难,是用什么方法解决困难的”“伽利略取得成功的主要原因是什么,伽利略对物理学发展的主要贡献表现在哪些方面”等系列问题展开讨论,深化对落体运动研究历史的认识,培养学生逻辑思维能力。

关于“章首语”

课题引入应充分体现教材章首语的意图,首先播放“比萨斜塔”照片,激发学生联想,讲述伽利略在比萨斜塔做落体实验的传说,引发学生对伽利略研究过程的好奇,进而进一步回顾伽利略对落体运动研究的历史过程,去追寻前人的研究足迹,把握研究思路和研究方向。教学中,要让学生知道分析伽利略研究过程只是本章学习任务的一部分,在此基础上还要掌握匀变速直线运动规律并运用规律去解决实际问题。在分析伽利略对落体运动研究过程时,建议给学生介绍一些当时的时代背景,为学生理解伽利略的研究思路做好铺垫。

关于“小石头诘难大哲学家”

关于轻重不同的物体下落的快慢,是学生在初中物理学习中已有所闻的内容,但对如何用它来批驳亚里士多德的错误,可能并不清楚或不能给出符合逻辑性的表述。因此,教学中不要马上给出正确的结果。

建议先引导学生思考:重的物体真的比轻的物体下落快吗?你准备用什么方法来验证?然后带领学生做实验,看教材,引入伽利略佯谬。

引导学生讨论伽利略是如何利用这个佯谬批驳亚里士多德的说法的,从而培养学生逻辑推理的能力。

关于“拨开阻力的迷雾”

可以让学生讨论:亚里士多德的说法为什么能够流行那么久?我们在日常生活中看到的现象为什么又符合亚里士多德的说法呢?

从这些问题中,引导学生从表面现象中找出隐蔽在其中的原因——空气阻力的影响。可以让学生将纸片平放和捻成纸团从同一高度下落,定性比较一下减小空气阻力对下落快慢的影响。为了加深对空气阻力影响的认识,还可以做一个实验:先让羽毛和铁球从同一高度自由下落,看到铁球先落地;再取两个同样的铁球,在其中的一个铁球上粘上大量的羽毛,让它们从同一高度自由下落,可以看到没有羽毛的铁球将先落地。

然后进一步提出问题:如何完全消除空气阻力的影响?请同学们设计实验,并猜想一下在完全消除空气阻力影响后不同物体下落快慢会有怎样的结果。

牛顿管实验使学生首次亲眼看到真空中轻重不同的物体下落快慢一样这一不争的事实,会给学生留下终身难忘的印象,必须重视。牛顿管实验应至少做三次:未抽气时,小钱币与羽毛以不同的快慢下落;抽气后,小钱币与羽毛以同样的快慢下落;再次打开阀门,待管内

充满空气后,小钱币与羽毛又以不同的快慢下落。

关于“伽利略的探究之路”

这部分内容是本节的核心。教材从关于“运动性质”含义的讨论,引入伽利略的猜想,并通过伽利略所面对的三大困难及其解决方法,展示了他的研究过程。整个过程介绍条理清晰,细致入微。

(1) 关于“物体运动性质的含义”可引导学生回顾上一章中速度的概念,指出速度是描述物体运动性质的物理量,物体的运动可以由速度的变化情况进行分类。

(2) 关于 $v \propto t$ 的猜想,可引导学生先进行猜想和讨论,然后指出伽利略作出猜想的基础——观察以及客观规律的简单性原则。对 $s \propto t^2$ 可直接予以介绍,伽利略的数学推理参见本章的“课程资源”。

(3) 有条件时可当堂做一下斜面实验,其中时间的测量可直接改用秒表或打点计时器,并由此得出 $s \propto t^2$ 的结果。

(4) 指出合理外推是科学研究中的一种重要方法。为丰富学生的认识,教学中还可以举一些生活和实验中通过外推得出有用结论的事例。

(5) 关于伽利略研究思路的概括,应在引导学生回顾伽利略的研究过程的基础上,通过讨论,把它归纳出来。这样可以加深学生对实验验证和合理推理的认识,形成正确的学习物理的思路。

关于“超越伽利略”

这是一个激励性很强的标题,应该启发学生像当年伽利略不迷信亚里士多德的权威一样,树立勇于超越前人的勇气。在练习使用频闪照片进行研究时,必须强调从位置“0”开始,教学时可以结合“家庭作业与活动”中的第4题一起讨论。有条件的学校,可鼓励学生用DIS画出落体实验的 $v-t$ 图像,直接验证伽利略的猜想。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 如表 2-1-1 所示。

表 2-1-1

提出问题	落体运动的性质是什么
猜想	$v \propto t$
数学推理	$s \propto t^2$
实验验证	斜面实验
合理外推	$\frac{s}{t^2}$ 的数值随倾角增大而增大,当倾角等于 90° 时,变为自由落体运动
得出结论	自由落体运动是一种速度均匀增加的运动

在一般物理问题的研究中,并不都需要完整地经历这些步骤。

2.【解答】 两者基本上同时落地。当受到的空气阻力影响差不多时,不同物体将以同样的快慢下落。

3.【解答】 C。提示:虽然伽利略时代没有精确测量时间的仪器,但是对验证 $v \propto t$ 的关系而言,无法测出下落物体的瞬时速度是最大的困难(实际上,当时对瞬时速度的含义也是不清楚的)。

4.【解答】 (1) 正确。在频闪照片中,相同时间内下落的距离越来越大,由此可判断小球在下段时的速度大于在上段时的速度。

(2) 不正确。频闪照片仅是小球在各闪光瞬间一系列位置的记录,并不是小球的运动轨迹,小球做自由落体运动的轨迹是一条线段。

5.【解答】 如释放小球的时刻跟开始计时的时刻难以同步,无法保证小球在计时开始时是以静止开始运动的。

补充课堂检测题和参考解答

1. 试利用伽利略手稿中的一组数据,画出落体运动的 $s-t$ 图像。

【解答】 如图 2-1-1 所示。

2. 试讨论:亚里士多德的错误落体理论为什么能持续 2000 年之久?

【解答】 可以从以下几个方面来认识:

(1) 亚里士多德的理论虽然是错误的,但是它毕竟是来自生活经验的总结,是有一定依据的,符合当时人们的常识。

(2) 鉴于当时的社会及科学发展的水平,这个理论虽然是错误的,但是还不足以明显影响人们的生活和生产。

(3) 人们对权威的盲从。

(4) 统治阶级的需要。

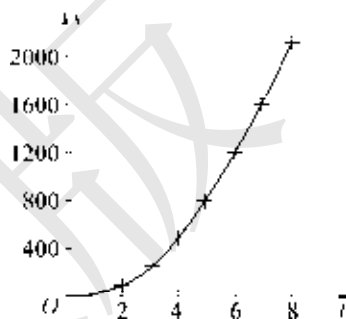


图 2-1-1

2.2 匀变速直线运动的规律

教学目标

(1) 经历匀变速直线运动速度公式和位移公式的推导过程,体会极限法在解决物理问题中所起的作用。

(2) 会用公式和图像表示匀变速直线运动的规律,体会图像法表示物理规律的优点。

(3) 经历物体运动过程的分析研究,理解匀变速直线运动的规律,学会物理过程的分析方法。

教材说明

本节教材的主要内容是关于匀变速直线运动规律三大公式的推导。教材以汽车从收费站驶出进入高速公路做匀变速直线运动为具体情境,引导学生探究匀变速直线运动速度、位移随时间变化的规律,这样的课堂导入非常自然。随后,由加速度的定义式推导得出速度公式,由匀速直线运动的速度图像结合极限法推导得出位移公式,再由速度、位移公式消去时

间参量得出匀变速直线运动速度与位移的关系式,整个过程一气呵成,贴近学生的认知规律,反映了三个公式之间的必然联系。

为了拓展学生的思维空间,使学生加深对匀变速直线运动规律的理解,本节内容在编排上,设计了“思考与讨论”和“案例分析”。“思考与讨论”围绕“默顿定理”及其应用,出示了两个问题,其中第一个问题关于“默顿定理”的证明,对学生思维有一定的挑战性,需要教师给予适当的提示。“案例分析”以运-20飞机降落为背景,引导学生分析飞机的运动过程,选用物理规律,求解物理问题。设置的情境真实,可以帮助学生学会根据情境建构物理模型,把物理条件转化为解题依据。

本节教材内容注重图像法、极限法、数学消元法等科学思维方法的运用,着力培养学生的思维能力,促进学生物理核心素养的发展。

教学建议

关于匀变速直线运动规律的教学,不能只关注最后的结论,要把着力点放在规律的探索推导上,在推导过程中渗透物理研究方法,增进学生智慧。特别是要让学生把枯燥的数学公式与鲜活的物理过程联系起来,形成对匀变速直线运动模型较为全面的认识。可以直接使用教材上给出的实例(汽车在高速公路上加速),也可以让学生列举一些实例,巧妙设计情境,引导学生建构运动模型,运用重要的物理研究方法,找出各个物理量之间的数学关系,得出物理公式,并运用物理语言对公式进行解释。在“思考与讨论”的教学中,一定要留给学生充足的时间去主动摸索,以提高他们的自主探究能力。在“案例分析”的教学中,要让学生充分讨论,发表意见和建议,学会分析问题的方法。

关于“速度和时间的关系”

首先要让学生明确,对于一个固定的匀变速直线运动来说,初速度和加速度是恒定的,所以速度和时间的关系应该是一一对应的。在形成这样一种认识的基础上,引导学生从加速度的定义式得到匀变速直线运动的速度公式。接着,让学生在坐标纸上画出做匀加速直线运动和匀减速直线运动的速度图像,并比较这两种不同运动速度随时间变化的不同趋势,感知速度图像中直线的斜率表示物体运动加速度的大小。

关于“位移和时间的关系”

在匀变速直线运动中,物体的位移和时间的关系比速度和时间的关系要复杂得多。在上一节课上,学生已经知道落体运动的 $\frac{s}{t^2}$ 是一个恒量,初步感觉到在自由落体运动中位移与时间的平方成正比。所以,在本节课上可以让学生对匀变速直线运动位移和时间的关系提出一些猜想,然后引导学生对自己提出的猜想进行论证。教材中给出了用速度图像推导位移公式的全过程,论述比较详细,教学时一定要启发学生思考选用这种方法的理由,在“为什么这样做”上下功夫,以提高学生的科学思维能力。特别要让学生明白,速度图像下方与时间轴围成的图形面积对应着物体在 t 时间内位移的道理,真正理解分割与逼近法的含义。

关于“思考与讨论”

教学中,关键要帮助学生理解“为什么速度随时间均匀增加,物体的平均速度就等于初速度和末速度之和的一半”。可以先启发学生计算“ $1+2+3+\cdots+100$ ”,让学生从中悟出道理。

关于“案例分析”

教学中,可以让学生在纸上画出飞机运动的过程草图,并标出对应的物理量,培养学生良好的解题习惯。解题任务完成后,要引导学生反思解题过程,寻找新的解题路径,增强思维的灵活性。

关于“速度跟位移的关系”

要让学生明白,在已经知道匀变速直线运动位移公式和速度公式之后,为什么还要推导速度跟位移的关系。教学中,要说明对于特定的匀变速直线运动而言,如果研究的问题不涉及时间这一变量,可以直接运用速度与位移的关系式解题。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 D。提示:加速度是有方向的量,匀加速直线运动是指加速度的大小、方向恒定不变的运动。

2.【解答】 根据速度公式和位移与速度的关系可知:

小轿车启动后达到 $v=20\text{ m/s}$ 的时间和通过的距离分别为

$$t_1 = \frac{v}{a_1} = \frac{20}{1.2} \text{ s} = 16.7 \text{ s},$$

$$s_1 = \frac{v^2}{2a_1} = \frac{20 \times 20}{2 \times 1.2} \text{ m} = 166.7 \text{ m}。$$

4 t 载重汽车启动后达到 $v=20\text{ m/s}$ 的时间和通过的距离分别为

$$t_2 = \frac{v}{a_2} = \frac{20}{0.22} \text{ s} = 90.9 \text{ s},$$

$$s_2 = \frac{v^2}{2a_2} = \frac{20 \times 20}{2 \times 0.22} \text{ m} = 909.1 \text{ m}。$$

8 t 载重汽车启动后达到 $v=20\text{ m/s}$ 的时间和通过的距离分别为

$$t_3 = \frac{v}{a_3} = \frac{20}{0.17} \text{ s} = 117.7 \text{ s},$$

$$s_3 = \frac{v^2}{2a_3} = \frac{20 \times 20}{2 \times 0.17} \text{ m} = 1\ 176.5 \text{ m}。$$

3.【解答】 空载时:已知 $v_0=20\text{ km/h}=5.6\text{ m/s}$, $s=3.8\text{ m}$, $v_t=0$ 。

制动时,由 $v_t^2 - v_0^2 = 2as$ 得

$$a = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2s} = \frac{0 - (5.6)^2}{2 \times 3.8} \text{ m/s}^2 = -4.1 \text{ m/s}^2,$$

即制动加速度的大小至少为 4.1 m/s^2 。

满载时:已知 $v_0 = 30 \text{ km/h} = 8.3 \text{ m/s}$, $s = 8.0 \text{ m}$, $v_t = 0$ 。

同理得
$$a = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2s} = \frac{0 - (8.3)^2}{2 \times 8.0} \text{ m/s}^2 = -4.3 \text{ m/s}^2,$$

即制动加速度的大小至少为 4.3 m/s^2 。

4. 【解答】 已知 $s = 100 \text{ m}$, $a = 30 \text{ m/s}^2$, $v_0 = 0$, 由 $v_t^2 - v_0^2 = 2as$, 得飞机起飞速度

$$v_t = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \times 30 \times 100} \text{ m/s} = 77.5 \text{ m/s},$$

加速运动的时间 $t = \frac{v_t}{a} = \frac{77.5}{30} \text{ s} = 2.6 \text{ s}。$

5. 【解答】 如图 2-2-1 所示。

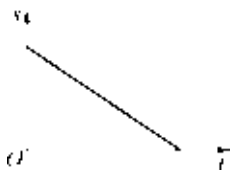


图 2-2-1

补充课堂检测题和参考解答

1. 一辆汽车以 20 m/s 的速度做匀减速制动, 制动过程中的加速度大小为 3 m/s^2 , 求 8 s 后该辆汽车的速度。

【解答】 汽车可能在 8 s 前就停止运动了, 而汽车在实际运动中停下后不会继续做匀减速运动, 也不会再反向做匀加速运动。所以, 此题必须先求出汽车停下来所用的时间 t' 。根据速度公式 $v_t = v_0 + at$, 得

$$0 = 20 + (-3) \times t',$$

解得 $t' = 6.67 \text{ s}$, 即汽车制动后 6.67 s 已停下, 速度为零, 因此 8 s 后的速度也为零。

2. 汽车在驶入高速公路行车道前, 要在加速车道上提高车速。假设有一辆汽车初速度为 10 m/s , 以 2 m/s^2 的加速度驶完长度为 200 m 的加速车道, 求这个过程持续的时间及末速度。我国规定在高速公路上行驶的车辆, 最低速度不得低于 60 km/h , 最高速度不得超过 120 km/h , 上面所得的末速度是否符合这一规定?

【解答】 由 $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$, 将 $s = 200 \text{ m}$, $v_0 = 10 \text{ m/s}$, $a = 2 \text{ m/s}^2$ 代入, 解得 $t = 10 \text{ s}$ (另一个解舍去)。

$v_t = v_0 + at = 10 \text{ m/s} + 2 \times 10 \text{ m/s} = 30 \text{ m/s} = 108 \text{ km/h}$, 这个末速度在规定的速度范围内。

3. 一辆汽车以 30 m/s 的速度行驶, 遇紧急情况突然制动, 制动过程中其加速度的大小为 6 m/s^2 。试求汽车制动后 4 s 内的位移和 6 s 内的位移。

【解答】 首先判断汽车速度减到 0 所需要的时间, 用 t 表示, 则

$$t = \frac{0 - v_0}{a} = \frac{-30}{-6} \text{ s} = 5 \text{ s}。$$

$$t_1 = 4 \text{ s 时}, s_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} at_1^2 = 30 \times 4 \text{ m} + \frac{1}{2} \times (-6) \times 4^2 \text{ m} = 72 \text{ m}。$$

$t_2 = 6 \text{ s}$ 时, 由于在这之前汽车已经停下, 末速度为 0, 汽车的实际运动时间为 5 s , 故

$$s_2 = \frac{1}{2} (v_0 + v_t) t = \frac{1}{2} \times 30 \times 5 \text{ m} = 75 \text{ m}。$$

4. 某物在光滑水平面上沿 x 轴做直线运动, 其位移与时间的关系是 $x = 0.16t - 0.02t^2$, 式中 x 以 m 为单位, t 以 s 为单位。从开始运动到 5 s 末物体所经过的路程和位移分别

为多少?

【解答】 由于物体的位移与时间是二次函数关系,可以判定物体做匀变速直线运动。

将 $x=0.16t-0.02t^2$ 和 $s=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 进行对照,

可知该物体的初速度 $v_0=0.16\text{ m/s}$,

加速度大小 $a=0.04\text{ m/s}^2$,方向跟速度方向相反。

由 $v=at$ 可知,在 4 s 末物体的速度减小到零,然后反向做匀加速运动,末速度大小 $v_5=0.04\text{ m/s}$ 。

前 4 s 内位移大小 $s=\overline{v}t=\frac{1}{2}(0.16+0)\times 4\text{ m}=0.32\text{ m}$,

第 5 s 内位移大小 $s'=\overline{v}'t'=\frac{1}{2}(0+0.04)\times 1\text{ m}=0.02\text{ m}$ 。

因此从开始运动到 5 s 末物体所经过的路程为 0.34 m,而位移大小为 0.30 m。

5. 设计实验,研究一个从约 10 m 高处下落的乒乓球(或泡沫塑料球)的运动过程是不是匀加速直线运动。

【解答】 先在乒乓球下落的路径上确定几个位置,然后测量下落的乒乓球到达各位置所需要的时间,作出 $s-t^2$ 图像,据此判断整个过程乒乓球是不是做匀加速直线运动。

测量时间时,可以利用频闪照相、视频或用秒表多次测量。

2.3 自由落体运动的规律

教学目标

(1) 经历从一般到特殊的思维过程,推导自由落体运动的规律,并能用公式和图像表示出来。

(2) 了解自由落体运动的特点,理解重力加速度,能运用自由落体运动规律分析实际问题,提高分析解决问题的能力。

(3) 会设计测定重力加速度的具体方案,经历完整的实验过程,掌握测定重力加速度的多种方法。

教材说明

本节教材按照从一般到特殊的逻辑线索,由匀变速直线运动规律的三大公式推导得到自由落体运动的规律,然后通过案例分析,让学生经历运用规律解决实际问题的过程,帮助学生树立学以致用的基本观念,培养学生分析解决问题的能力。随后安排了测定重力加速度大小的探究实验,让学生经历具体的科学探究,进一步加深对自由落体运动规律的理解。整个编排层次分明,脉络清晰,符合学生认知规律,体现新课标培养学生物理核心素养的要求。

教材在得出公式的同时,非常注重公式所蕴含物理意义的解释,这对刚进入高中物理学习的学生来说非常重要。数学公式如果离开物理情境就会失去价值。教材选用的“案例分析”创设的情境真实可靠,设计的问题难度不大,思路并不复杂,有利于学生突出自由落体运

动模型建构这一重点。“测定重力加速度的大小”是一个探究实验,实验方案多元,对拓展学生思维有很好的作用。

教学建议

在推导自由落体运动的规律时,建议按照教材体系,先结合自由落体运动的特点,将匀变速直线运动位移和速度公式中的 v_0 换成 0, a 换成 g , 得到自由落体运动的位移公式和速度公式,再由位移公式和速度公式得到自由落体运动速度与位移的关系式。在推导过程中,一定要注意对数学公式的物理意义的解释。

关于“案例分析”

要引导学生关注运动过程的分析,画出草图,并在草图上标清楚已知或者要求的各个物理量,培养学生良好的解题习惯。解题任务完成后,可根据学生掌握的程度引导学生思考:如果不是在比萨斜塔上做实验,而是在比萨斜塔两倍高度处做同样的实验,下落的时间和落地的速度将如何变化? 通过讨论加强学生的思维训练,提高学生的思维品质。

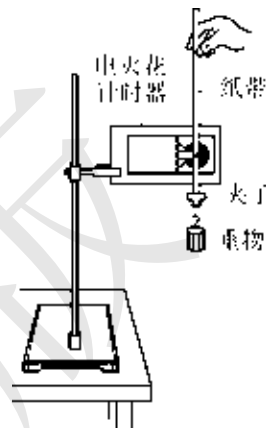


图 2-3-1

关于“实验探究 测定重力加速度的大小”

有条件的学校可作为学生分组实验,实验装置如图 2-3-1 所示,让学生利用打点计时器留在纸带上的点迹进行测算。通过实验测出重力加速度后,可结合教材中的重力加速度数值表,引导学生自己去发现重力加速度的大小随地理纬度变化的定性规律。

本节教学结束后,建议组织一次课外活动,介绍一下利用现有的知识测定重力加速度的几种方法,如频闪照相法、打点计时器法、光电门法等。还可以介绍一些资料,鼓励有兴趣的学生自己设计测定重力加速度值的方法。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1. 【解答】 在计算位移时用 $h=vt$, 是错误地把自由落体运动看成了匀速直线运动。
2. 【解答】 B。取释放 B 球的时刻 $t=0$, 则 A 球的速度 $v_A=g(t+1)$, B 球的速度 $v_B=gt$,

A 球的速度始终比 B 球的速度大 10 m/s, 故 A、B 球间的距离在不断增大。

或 A 球的位移 $h_A=\frac{1}{2}g(t+1)^2$, B 的位移 $h_B=\frac{1}{2}gt^2$,

A、B 间的距离 $\Delta h=h_A-h_B=gt+5$, Δh 随 t 增大而增大。

3. 【解答】 由 $h=\frac{1}{2}g_{\text{月}}t^2$ 得

$$t=\sqrt{\frac{2h}{g_{\text{月}}}}=\sqrt{\frac{2\times 196}{\frac{1}{6}\times 9.8}}\text{ s}=4\sqrt{15}\text{ s}\approx 15.5\text{ s}.$$

4.【解答】(1) 经历 1 s 石头落下的距离

$$h_1 = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 1^2 \text{ m} = 4.9 \text{ m}.$$

第 1 s 末的速度 $v_1 = gt_1 = 9.8 \times 1 \text{ m/s} = 9.8 \text{ m/s}.$

(2) 在第 2 s 内下落的距离

$$h_{\text{II}} = h_2 - h_1 = \frac{1}{2}g(t_2^2 - t_1^2) = \frac{1}{2} \times 9.8 \times (2^2 - 1^2) \text{ m} = 14.7 \text{ m}.$$

(3) 石头落地时的速度 $v_t = gt = 9.8 \times 8 \text{ m/s} = 78.4 \text{ m/s}.$

这个山峰的高度 $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 8^2 \text{ m} = 313.6 \text{ m}.$

(4) 考虑到声音传播需要一定的时间, 石头下落到地面的时间应小于 8 s, 因此落地速度和山峰高度都比上面算出的值小一些。

取声音速度为 340 m/s, 根据上面算出的高度, 声音传播的时间为 0.9 s, 因此落地速度和山峰高度可粗略地修正为

$$v' = gt' = 9.8 \times (8 - 0.9) \text{ m/s} = 69.58 \text{ m/s},$$

$$h' = \frac{1}{2}gt'^2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times (8 - 0.9)^2 \text{ m} = 247 \text{ m}.$$

5.【解答】实验原理: 自由落体运动规律。

实验器材: 小重物, 秒表。

需测量的物理量: 从释放到落地的时间 t 。

结果表达式: $h = \frac{1}{2}gt^2$ 。

补充课堂检测题和参考解答

1. 关于自由落体运动, 下列说法中错误的是()。

- A. 某段时间内的平均速度等于初速度与末速度之和的一半
- B. 某段时间内的平均速度等于正中间时刻的瞬时速度
- C. 在相等时间里速度的变化相同
- D. 在相邻两段相等的时间 T 内, 发生的位移的差为 $2gT^2$

【解答】D。

2. 如图 2-3-2 所示是一条研究物体做自由落体运动时打下的纸带。

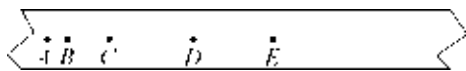


图 2-3-2

(1) 在接通电源后的某个时刻释放物体使之做自由落体运动, 图中 A、B 之间的时间间隔一定

是 0.02 s 吗? 如何判断这两点之间的时间间隔是否接近 0.02 s?

(2) 假设刚打完 A 点的瞬间, 物体恰好做自由落体运动, 求 A、E 之间的距离。

【解答】(1) A、B 之间的时间间隔不一定是 0.02 s, 一般都要小于 0.02 s。根据自由落体运动的位移公式可得, 在最初的 0.02 s 内物体下落的高度为

$$h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 0.02^2 \text{ m} = 0.002 \text{ m} = 2 \text{ mm}.$$

也就是说,当 A、B 之间的距离接近 2 mm 时,时间间隔接近 0.02 s。

$$(2) t=0.02 \times 4 \text{ s}=0.08 \text{ s}, h=\frac{1}{2}gt^2=\frac{1}{2} \times 9.8 \times 0.08^2 \text{ m}=0.031 \text{ m}。$$

3. 建筑工人安装塔手架进行高空作业时,有一名建筑工人由于不慎,将抓在手中的一根长 5 m 的钢管在竖直状态下脱落了,钢管在下落过程中经过某一楼层面的时间为 0.2 s,试求钢管下落时其下端到达该楼层面的高度。(g 取 10 m/s²,不计楼层面的厚度)

【解答】 钢管下落做自由落体运动,其运动经过下面某一楼层面的时间 $\Delta t=0.2 \text{ s}$,这个 Δt 也就是钢管的上端到达该楼层面下落的时间 t_A 与钢管的下端到达该楼层面下落的时间 t_B 之差。设所求高度为 h ,则由自由落体运动公式可得

$$h=\frac{1}{2}gt_B^2, h+5=\frac{1}{2}gt_A^2, t_A-t_B=\Delta t,$$

解得

$$h=28.8 \text{ m}。$$

2.4 匀变速直线运动规律的应用

教学目标

(1) 会将生活中的一些运动简化为匀变速直线运动,再次体验理想模型建构的过程,体会科学思维中的抽象方法。

(2) 经历应用匀变速直线运动规律解决实际问题的过程,学会应用匀变速直线运动规律解决实际问题的基本思路和方法。

(3) 通过案例分析,知道保持“安全车距”的必要性,增强学生交通安全意识。

教材说明

本节教材的主要内容是应用匀变速直线运动规律研究和解决一些实际问题,让学生把所学理论与生活实际结合起来。能否把生活中的某个运动看成匀变速直线运动是应用匀变速直线运动规律解决实际问题的前提,教材中介绍了平直的高速公路上汽车的运动和青少年喜爱的滑板车运动为匀变速直线运动,并强调匀变速直线运动是一种理想化的运动模型,让学生再次经历理想模型建构的过程,强化学生物理核心素养的训练。其实还有很多运动也能看成匀变速直线运动,要让学生形成这样的观点。

教材中提供的案例 1 和案例 2 分别以汽车“追尾”和“超速”为背景,引导学生分析高速公路上发生“追尾”事故的原因和是否超速的判定标准,通过计算,明了保持“安全车距”的必要性,并探讨公安部门“严禁酒后驾车”背后的道理,以增强交通安全意识。

在“多学一点”栏目里介绍了 $v-t$ 图像的应用,主要是让学生明白运用图像解决实际问题是一种很重要的方法,这有助于拓展学生分析问题解决问题的思路。

本节课的教学重点是匀变速直线运动速度公式、位移公式、速度位移公式、平均速度公式的选用。为使学生懂得物理公式的真实含义,理清物体运动过程,避免乱套公式,教材在两个案例后面都在完成解题任务的基础上进行适当拓展,从解题方法和物理模型方面给学生提出明确要求。

教学建议

关于“生活中的匀变速直线运动”

可以先展示一些飞机、火车、汽车等启动时的加速滑行和停止前减速滑行的图片,增加学生对匀变速直线运动的感性认识。有条件时,还可以用气垫导轨或长直斜面演示一下小车加速下滑运动的情况,学生可以明显地看到小车的运动越来越快。本章对生活中一些运动是否为匀变速直线运动的判断,主要从运动学角度,根据匀变速直线运动的特点,结合理想模型的建构思想展开的,不要过多地探究,等学过牛顿第二定律后再引导学生进行深入研究。

关于“案例分析”

关于案例1的教学,应侧重于对汽车“追尾”原因和刹车时运动过程的分析,引导学生充分讨论。例如,为什么严禁酒后驾车?酒后驾车容易造成“追尾”事故的主要原因是什么?雨后路面滑湿时容易造成“追尾”事故的主要原因是什么?对“追尾”问题作出定量计算后,根据学生的情况还可以对酒后驾车和路面湿滑时等情况作进一步研究。若酒后驾车使司机的反应时间延长到 $t'=1.2\text{ s}$,则案例中的安全车距为多少?若路面湿滑使汽车制动后的加速度变为 $a'=4\text{ m/s}^2$,则案例中的安全车距为多少?可以组织部分学生走访当地交警大队,了解有关酒后驾车和路面滑湿时造成“追尾”事故的具体案情,鼓励学生以此为题材,应用学到的物理知识写一篇小论文在班级内交流。

关于案例2的教学,应先作定性分析,使学生明确要判断汽车是否违章的关键在于求制动时的初速度。在这个基础上让学生讨论汽车初速度的计算方法。许多学生会沿着常规思路去分析:根据匀变速直线运动的三个公式,注意到每个公式中都有四个物理量,但题目中只知道 $v_t=0$, $t=1.5\text{ s}$, $s=9\text{ m}$ 三个条件,所以必须将其中两个公式结合起来求解。可以引导学生寻求更简捷的方法求解,如利用平均速度或 $v-t$ 图像去研究解决问题。

通过两个案例分析后,要让学生讨论并总结求解匀变速直线运动问题的基本步骤和求解方法。由于匀变速直线运动问题的求解十分灵活,必要时可以补充例题和一些基础练习给学生训练。补充的例题和习题,难度不能大,以利于学生对各种解题方法的认识更加具体、深入。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

- 1.【解答】 B。根据平均速度的定义得 $s=\bar{v}t$,当 t 一定时, $\bar{v}$ 越大,位移 s 一定越大。
- 2.【解答】 C。设每节车厢长 l ,火车的加速度为 a ,由题意得

$$l=\frac{1}{2}at_1^2, t_1=3\text{ s}, s=\frac{1}{2}at^2, t=9\text{ s},$$

$$s=\frac{t^2}{t_1^2}l=\frac{9\times 9}{3\times 3}l=9l,$$

即在9 s内能看到9节车厢从他身边经过,所以正确选项为C。

- 3.【解答】 由 $v_2^2-v_1^2=2as$ 得汽车滑行时的加速度

$$a=\frac{v_2^2-v_1^2}{2s}=\frac{4\times 4-10\times 10}{2\times 42}\text{ m/s}^2=-1\text{ m/s}^2。$$

由 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 得

$$\Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{0-4}{-1} \text{ s} = 4 \text{ s},$$

即汽车再经过 4 s 就会停止。

4. 【解答】 根据题意画出示意图,如图 2-4-1 所示。

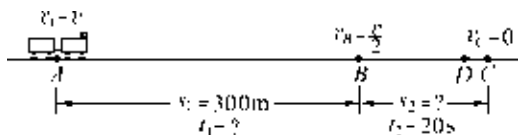


图 2-4-1

由于滑行至 B 处时速度减半, v_B 恰等于从 A 到 C 的滑行过程中的平均速度。根据匀

变速直线运动速度均匀变化的特点可知,货车在 AB 段和 BC 段的运动时间必定相等,即

$$t_1 = t_2 = 20 \text{ s},$$

可将货车所做的初速度为 v_0 、末速度为 0 的匀减速运动看作从 C 点出发,初速度为 0、末速度为 v_0 的匀加速直线运动。

又 $t_1 = t_2$,

所以

$$CB:AB = 1:3,$$

$$CB = \frac{1}{3}AB = \frac{1}{3} \times 300 \text{ m} = 100 \text{ m}.$$

设 CD 段用时 $t_3 = 10 \text{ s}$,

$$t_3 = \frac{1}{2}t_2,$$

所以

$$CD:CB = 1:(3+1),$$

$$CD = \frac{1}{4}CB = \frac{1}{4} \times 100 \text{ m} = 25 \text{ m}.$$

5. 【解答】 列车的运动示意图如图 2-4-2 所示。

列车临时停车延误的时间,是指它从 A 到 B 比原来匀速通过这段位移多花的时间。

设列车从制动到停止的时间为

t_1 , 滑行位移为 s_1 , 已知 $v = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$, 由匀变速直线运动规律得

$$t_1 = \frac{0-v}{a_1} = \frac{15}{0.3} \text{ s} = 50 \text{ s},$$

$$s_1 = \frac{0-v^2}{2a_1} = \frac{15^2}{2 \times 0.3} \text{ m} = 375 \text{ m}.$$

设列车从启动后至达到速度 v 的时间为 t_2 , 经过的位移为 s_2 , 同理得

$$t_2 = \frac{v}{a_2} = \frac{15}{0.5} \text{ s} = 30 \text{ s},$$

$$s_2 = \frac{v^2}{2a_2} = \frac{15^2}{2 \times 0.5} \text{ m} = 225 \text{ m}.$$

列车在中途停留时间 $t_0 = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$,

所以列车因中途停车从开始制动到恢复原车速的时间为

$$T' = t_1 + t_0 + t_2 = (50 + 60 + 30) \text{ s} = 140 \text{ s}.$$

列车匀速通过同样这段位移的时间

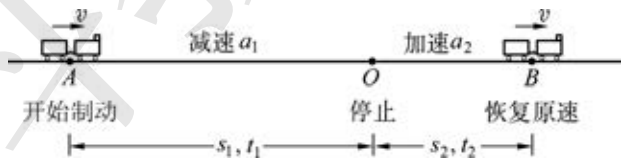


图 2-4-2

$$T = \frac{s_1 + s_2}{v} = \frac{375 + 225}{15} \text{ s} = 40 \text{ s}.$$

所以,列车因中途临时停车延误的时间

$$\Delta t = T' - T = 140 \text{ s} - 40 \text{ s} = 100 \text{ s}.$$

也可画出列车行驶的 $v-t$ 图像来分析,取开始制动时刻 $t=0$ 。

制动、停车、启动过程中用时 140 s,通过的位移为图 2-4-3 中阴影部分的面积

$$s = \left(\frac{1}{2} \times 50 \times 15 + \frac{1}{2} \times 30 \times 15 \right) \text{ m} = 600 \text{ m}.$$

后面的解答过程同上。

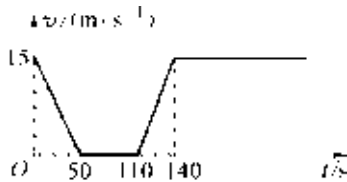


图 2-4-3

补充课堂检测题和参考解答

1. 一位长跑运动员到达终点时的速度为 9 m/s,以后以大小为 0.4 m/s^2 的加速度做匀减速直线运动。求这位长跑运动员到达终点后经过 15 s 的位移及末速度。

【解答】 $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 9 \times 15 \text{ m} + \frac{1}{2} \times (-0.4) \times 15^2 \text{ m} = 90 \text{ m},$

$$v_t = v_0 + a t = 9 \text{ m/s} + (-0.4) \times 15 \text{ m/s} = 3 \text{ m/s}.$$

2. 客车以 20 m/s 的速度行驶,突然发现同轨前方 120 m 处有一列货车正以 6 m/s 的速度同向匀速前进,于是客车紧急制动,制动产生的加速度大小为 0.8 m/s^2 ,问两车是否会相撞?

【解答】 两车不相撞的条件是:当客车减速到 6 m/s 时,位移差 $\Delta s = s_{\text{货}} + s_0 - s_{\text{客}} > 0$ 。

设客车制动后经时间 t 两车速度相同,即 $v_2 = 6 \text{ m/s}$ 。

由 $v_2 - v_1 = a t$ 得 $t = 17.5 \text{ s},$

此时两车相距为 $\Delta s = s_{\text{货}} + s_0 - s_{\text{客}} = -2.5 \text{ m}.$

因为 $\Delta s < 0$,故两车会相撞。

3. 车从静止开始以 1 m/s^2 的加速度前进,在车后 25 m 处,有一人同时开始以 6 m/s 的速度匀速追车,问:人能否追上车? 若追不上,求人、车间的最小距离。

【解答】 若人能追上车,则 $s_{\text{人}} - s_{\text{车}} = s_0$ 。

$$v_{\text{人}} t - \frac{1}{2} a_{\text{车}} t^2 = s_0,$$

代入数据得 $6t - \frac{1}{2} \times 1 \times t^2 = 25, t^2 - 12t + 50 = 0,$

解得 t 没有大于零的解,表示人追不上车。

人做匀速运动,初速度大于车的初速度,故开始时人、车间距在减小,直至人、车速度相等时,两者相距最近。

$$v_{\text{人}} = v'_{\text{车}} = a_{\text{车}} t, t = \frac{v_{\text{人}}}{a_{\text{车}}} = 6 \text{ s},$$

$$\Delta s = s_0 + s_{\text{车}} - s_{\text{人}} = s_0 + \frac{1}{2} a_{\text{车}} t^2 - v_{\text{人}} t = \left(25 + \frac{1}{2} \times 1 \times 6^2 - 6 \times 6 \right) \text{ m} = 7 \text{ m}.$$

所以,人、车间的最小距离为 7 m。

“第 2 章家庭作业与活动”参考解答

A 组

1. 【解答】 C、D。提示:甲、乙两球下落的加速度都等于 g , A 错误。由 $v^2 = 2gh$, $h_{\text{甲}} = \frac{1}{2}h_{\text{乙}}$ 知,甲落地速度 $v_{\text{甲}} = \frac{\sqrt{2}}{2}v_{\text{乙}}$, B 错误。由 $v = gt$ 和 $v^2 = 2gh$ 知, C、D 正确。

2. 【解答】 B、D。提示:乙下落时甲的速度为 $v_{\text{甲}} = g\Delta t = 10 \times 0.5 \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$,以乙作参考系,甲相对于乙以 $v_{\text{甲}} = 5 \text{ m/s}$ 做匀速直线运动,两球速度之差不变。两球间距越来越大, B、D 正确。

3. 【解答】 C。提示:画出列车从甲站到乙站的 $v-t$ 图像 (图 2-5-1),其中 $\bar{v} = \frac{v_t}{2}$,可以判断,只有 C 正确。

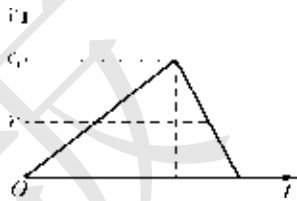


图 2-5-1

4. 【解答】 货车制动后的运动时间为

$$t = \frac{v_t - v_0}{a} = \frac{0 - 10}{-0.2} \text{ s} = 50 \text{ s}.$$

货车制动后 1 min 内的位移

$$s = \bar{v}t = \frac{v_0 + v_t}{2}t = \frac{0 + 10}{2} \times 50 \text{ m} = 250 \text{ m}.$$

5. 【解答】 设经时间 t 乙车追上甲车。在这段时间甲、乙两车的位移分别为

$$s_{\text{甲}} = v_{\text{甲}}t = 20t, s_{\text{乙}} = v_{\text{乙}}t + \frac{1}{2}at^2 = 4t + \frac{1}{2}t^2,$$

追上时的位移条件

$$s_{\text{乙}} = s_{\text{甲}} + s_0,$$

即

$$4t + \frac{1}{2}t^2 = 20t + 128,$$

$$t^2 - 32t - 256 = 0,$$

得合理值

$$t = 39 \text{ s}.$$

6. 【解答】 如图 2-5-2 所示。



图 2-5-2

B 组

1. 【解答】 D。提示:设小球自由下落的总位移为 h ,通过前一半位移和后一半位移的时间分别为 t_1 和 t_2 ,由

$$\frac{h}{2} = \frac{1}{2}gt_1^2, h = \frac{1}{2}g(t_1 + t_2)^2,$$

两式相比,得

$$t_2 = (\sqrt{2} - 1)t_1,$$

所以

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{t_1}{(\sqrt{2}-1)t_1} = \frac{1}{\sqrt{2}-1} = \sqrt{2}+1。$$

所以正确选项是 D。

2. 【解答】 (1) 由 $s = \frac{1}{2}at^2$ 知, $s \propto t^2$, 所以货车出发后在 10 s、20 s、30 s 内的位移之比为

$$s_1:s_2:s_3=1^2:2^2:3^2=1:4:9。$$

(2) 进一步推知, 货车出发后在第 1 个 10 s、第 2 个 10 s、第 3 个 10 s 内的位移之比为

$$s_{\text{I}}:s_{\text{II}}:s_{\text{III}}=1:(4-1):(9-4)=1:3:5。$$

(3) 初速度为零的匀加速直线运动, 物体通过的位移跟时间平方成正比。如用 s_1 、 s_2 、 s_3 ……分别代表时间 t 内、 $2t$ 内、 $3t$ 内……所通过的位移, 则

$$s_1:s_2:s_3:\dots=1^2:2^2:3^2:\dots=1:4:9:\dots。$$

初速度为零的匀加速直线运动, 从静止起在连续相等的各段时间通过的位移之比, 等于从 1 开始的连续奇数之比。如用 s_{I} 、 s_{II} 、 s_{III} ……分别表示第 1 段时间 t 内、第 2 段时间 t 内、第 3 段时间 t 内……所通过的位移, 则

$$s_{\text{I}}:s_{\text{II}}:s_{\text{III}}:\dots=1:3:5:\dots。$$

3. 【解答】 A、D。已知 1 s 后速度大小 $v_2=10$ m/s。

若 v_1 与 v_2 同向, 则物体的加速度和 1 s 内的位移分别为

$$a_1 = \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{10 - 4}{1} \text{ m/s}^2 = 6 \text{ m/s}^2,$$

$$s = \bar{v}t = \frac{v_1 + v_2}{2}t = \frac{4 + 10}{2} \times 1 \text{ m} = 7 \text{ m},$$

若 v_2 与 v_1 反向, 则物体的加速度和 1 s 内的位移分别为

$$a_2 = \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{-10 - 4}{1} \text{ m/s}^2 = -14 \text{ m/s}^2,$$

$$s = \bar{v}t = \frac{v_1 + v_2}{2}t = \frac{4 + (-10)}{2} \times 1 \text{ m} = -3 \text{ m}。$$

所以正确选项是 A、D。

4. 【解答】 若某次响声开始计数为“0”, 由“0”数到“100”的时间得出滴水下落的时间

$$t = \frac{40}{100} \text{ s} = 0.4 \text{ s}。$$

由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 得重力加速度 $g = \frac{2h}{t^2} = \frac{2 \times 78.6 \times 10^{-2}}{0.4 \times 0.4} \text{ m/s}^2 = 9.83 \text{ m/s}^2。$

5. 【解答】 设客车制动后的加速度大小为 a_2 , 经时间 t 后货车和客车的位移分别为

$$s_1 = v_1 t, s_2 = v_2 t - \frac{1}{2}a_2 t^2, v'_t = v_2 - a_2 t。$$

不相撞时应满足的位移条件和速度条件分别为

$$v_2 t - \frac{1}{2}a_2 t^2 \leq v_1 t + s_0, \quad \text{①}$$

$$v_2 - a_2 t \leq v_1。 \quad \text{②}$$

当制动加速度大小取最小值时, 上述两个不等式可改为等式。由②式得客车速度减小

到等于货车速度的时间

$$t = \frac{v_2 - v_1}{a_2},$$

代入①式,得 $v_2 \left(\frac{v_2 - v_1}{a_2} \right) - \frac{1}{2} a_2 \left(\frac{v_2 - v_1}{a_2} \right)^2 = v_1 \left(\frac{v_2 - v_1}{a_2} \right) + s_0,$

整理后得

$$a_2 = \frac{(v_2 - v_1)^2}{2s_0}.$$

已知 $v_1 = 28.8 \text{ km/h} = 8 \text{ m/s}$, $v_2 = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$, $s_0 = 600 \text{ m}$, 代入后得

$$a_2 = \frac{(20 - 8)^2}{2 \times 600} \text{ m/s}^2 = 0.12 \text{ m/s}^2.$$

当学生有了一定基础后,可介绍以货车为参考系的方法:

以货车为参考系,客车相对货车的初速度和末速度分别为

$$u_0 = v_2 - v_1 = 20 \text{ m/s} - 8 \text{ m/s} = 12 \text{ m/s}, u_t = 0.$$

由

$$u_t^2 - u_0^2 = 2a_2 s,$$

得

$$a_2 = \frac{u_t^2 - u_0^2}{2s} = \frac{0 - 12^2}{2 \times 600} \text{ m/s}^2 = -0.12 \text{ m/s}^2.$$

6. 【解答】如图 2-5-3 所示,运动员从 A 点自由下落,到 B 点时打开降落伞,在 C 点着地,则 $BC = h_2 = 125 \text{ m}$, $v_C = 5 \text{ m/s}$ 。

(1) 运动员在 AB 段做自由落体运动,下落高度

$$h_1 = \frac{v_B^2}{2g},$$

BC 段做匀减速直线运动,由 $v_C^2 - v_B^2 = 2ah_2$,

得 $v_B = \sqrt{v_C^2 - 2ah_2} = \sqrt{5^2 - 2 \times (-14.3) \times 125} \text{ m/s} = 60 \text{ m/s},$

代入①式,得 $h_1 = \frac{v_B^2}{2g} = \frac{60 \times 60}{2 \times 10} \text{ m} = 180 \text{ m}.$

所以运动员离开飞机时的高度

$$H = h_1 + h_2 = (180 + 125) \text{ m} = 305 \text{ m}.$$

(2) 运动员落至 B 的时间 $t_1 = \frac{v_B}{g} = \frac{60}{10} \text{ s} = 6 \text{ s},$

从 B 到 C 的时间 $t_2 = \frac{h_2}{\bar{v}} = \frac{2h_2}{v_B + v_C} = \frac{2 \times 125}{60 + 5} \text{ s} = 3.8 \text{ s},$

所以运动员离开飞机后至落地所需的时间

$$t = t_1 + t_2 = (6 + 3.8) \text{ s} = 9.8 \text{ s}.$$

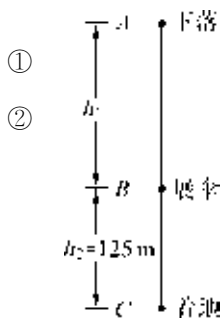


图 2-5-3

课程资源

物理学家简介

伽利略

伽利略(G. Galilei, 1564—1642), 意大利天文学家、哲学家、数学家和物理学家。

18 岁那年,伽利略一次到比萨教堂去做礼拜,发现了摆的等时性,后来荷兰科学家惠更

斯根据这个原理制成了摆钟。

1609年,伽利略研制成了放大倍数达32倍的天文望远镜。他用这架望远镜获得了一系列重大发现:月球的表面是凹凸不平的,不像亚里士多德所说的那样天体都是平滑光亮的,银河是由千千万万颗暗淡的星星所组成的,木星有四颗卫星围绕它旋转,这表明在地球以外存在着不以地球为中心的天体……这些发现是对哥白尼、布鲁诺观点的有力支持,是对教会有关观念的沉重打击。

天文学上的重大发现使伽利略声名大震。1610年,新国王科西摩二世(曾是伽利略的学生)邀他回到佛罗伦萨,并聘他为宫廷哲学家和大学里的首席数学家。就在这一年,伽利略出版了《星际使者》,向读者介绍他观察到的天空现象,宣传他的观点——比较隐晦地宣传哥白尼的观点。1611年,宗教裁判所向他发出警告,不准宣传他的学说。1615年,罗马教廷把他召去,当面又警告他,不准再宣传日心说。在教廷的压制下,他此时只能秘密地写作。

1632年,伽利略出版了《关于托勒密和哥白尼的两大世界体系的对话》。伽利略在这部著作中以三位学者对话的形式表明了他的观点。该书一经出版,立即受到广大读者的热烈欢迎,影响极大。这就再次触犯了教廷的尊严。才几个月,伽利略又被召到罗马受审。当时伽利略已年近70,经过连续的长时间的审讯,他被迫签字认错。当他颤抖地提笔签字时,心里还是默念着:“可是,地球还在转动着……”

1635年,伽利略在监禁中完成了另一部著作《关于两种新科学的对话》,该书于1637年底在荷兰秘密出版。这本书也是以三位学者在四天内的谈话形式写的。“第一天”是关于固体材料的强度问题,反驳了亚里士多德关于落体的速度依赖于其重量的命题;“第二天”是关于内聚作用的原因,讨论了杠杆原理的证明及梁的强度问题;“第三天”讨论了匀速运动和自然加速运动,构成本书的中心;“第四天”是关于抛射体运动的讨论。

伽利略对力学问题作出了一系列精辟的论述。

伽利略设计的实验,有的虽然是想象中的实验,但是它们是建立在可靠的事实基础上的,把实验事实和抽象思维结合起来,这正是伽利略工作的卓越之处。把研究的事物加以理想化,就可以更加突出事物的主要特性,化繁为简,易于认识其规律性。的确,伽利略创立的自然科学研究的新方法,是他留给后人的宝贵精神财富。爱因斯坦评论说:“伽利略的发现,以及他所用的科学推理方法,是人类思想史上最伟大的成就之一,而且标志着物理学的真正的开端。”

伽利略的晚年一直过着监禁生活,年过70的时候双目失明,但仍在他的学生托里拆利和维维安尼的帮助下,继续研究。1642年1月8日,伽利略含冤逝世,终年78岁。直到300多年后的1979年11月10日,罗马教皇在公共集会上才承认伽利略在17世纪30年代受到的教廷审判是不公正的。1980年10月,教皇又在梵蒂冈举行的世界主教会议上提出需要重新审理这个冤案。在教廷作了上述宣布之后,一个由不同宗教信仰的著名科学家组成的委员会在罗马成立。这个委员会由意大利核物理研究院院长吉基齐教授任主席,六名委员包括杨振宁、丁肇中在内全都是诺贝尔奖获得者。科学巨人伽利略的沉冤昭雪,说明真理是不可抗拒的!

实验探究资料

用DIS实验系统研究匀变速直线运动

实验目的:研究匀加速直线运动的规律。

实验原理:物体做变速直线运动中,单位时间内速度的增加量相等,即为匀加速直线运动。

实验器材:DIS 实验系统,微机,运动滑板,运动小车,双面胶等。

实验过程及数据分析:

(1) 取运动接收传感器,接入数据采集器。

(2) 将运动发射传感器与运动小车固定在一起,调节滑板一端的高度,使小车在滑板上做匀加速直线运动。将运动接收传感器固定在滑板的高端,使传感器的发射口与接收口相对。

(3) 打开“坐标绘图”窗口,点击“增加”,选择 x 轴为“时间”, y 轴为“位移”。

(4) 小车置于滑板的高端,打开运动发射传感器的电源开关,并施加外力,让小车下滑,窗口将显示出 $s-t$ (位移与时间) 曲线(图 2-6-1)。

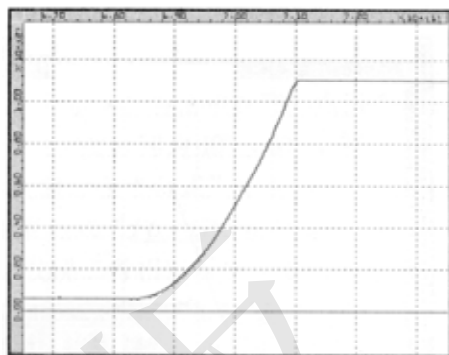


图 2-6-1 $s-t$ 图

(5) 用鼠标左键“选择有效区段”(图 2-6-2),单击“二次多项式拟合”按钮,图中显示所选区域 $s-t$ 图线与拟合图线完全重合,表明在匀加速直线运动中,运动物体的位移与时间为二次多项式关系(图 2-6-3)。

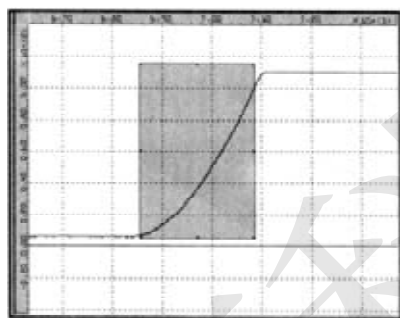


图 2-6-2 选择有效区段

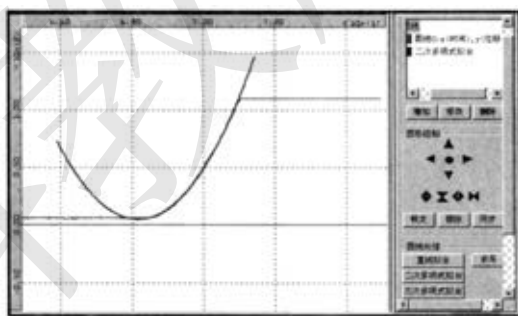


图 2-6-3 二次多项式拟合

(6) 对拟合的二次多项式图线进行求导(由 $s-t$ 图像转为 $v-t$ 图像),导数图线显示为直线,说明速度与时间为线性关系(图 2-6-4)。

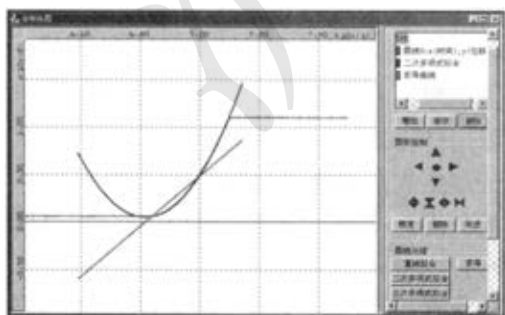


图 2-6-4 求导

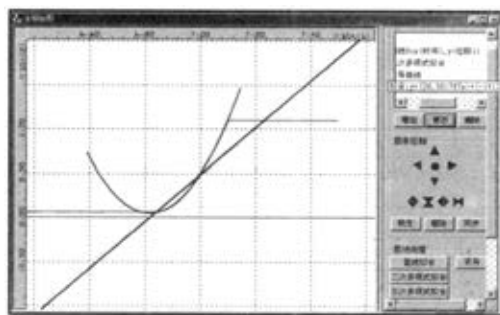


图 2-6-5 直线拟合

(7) 对求导曲线进行直线拟合,显示直线的斜率即为运动物体的加速度值(图 2-6-5)。

用 DIS 实验系统测定自由落体的加速度

实验目的:测量自由落体的加速度。

实验原理:由 $v_t^2 - v_0^2 = 2as$, 得加速度 $a = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2s}$ 。

把铁皮加工成如图 2-6-6 所示形状的挡光片,作为自由落体。设挡光片的两前沿距离为 s ,挡光片上下两臂的宽度都为 l_0 (用卡尺精确测量),两臂挡光时间分别为 t_1 、 X_0 。由于 l_0 足够小,故认为两臂通过光电门的瞬时速度分别是 $v_0 = \frac{l_0}{t_1}$ 、 $v_1 = \frac{l_0}{X_0}$,本次实验中 $l_0 = 0.01 \text{ m}$, $s = 0.1 \text{ m}$ 。

实验器材:DIS 实验系统,微机,铁架台,挡光片等。

实验装置:如图 2-6-7 所示。

实验过程及数据分析:

(1) 将光电门传感器接入数据采集器,把光电门水平放置并用转接器固定在铁架台上。

(2) 打开“计算表格”,点击“自动”按钮。

(3) 手持挡光片由光电门上方垂直下落,观察计时记录,使挡光片上下两臂顺利通过光电门挡光。

(4) 取消“自动”记录,增加一般变量“ X_0 ”,把 t_1 中第二行的值“复制”“粘贴”到变

量“ X_0 ”的第一行。输入自由表达式“ $g = \frac{\left(\frac{0.01}{X_0}\right)^2 - \left(\frac{0.01}{t_1}\right)^2}{0.2}$ ”,得到第一行的计算结果即为自由落体的加速度。

(5) 可重复步骤(2)–(4),得到一组实验数据(图 2-6-8)。

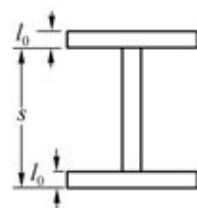


图 2-6-6 用薄铁皮加工成的挡光片

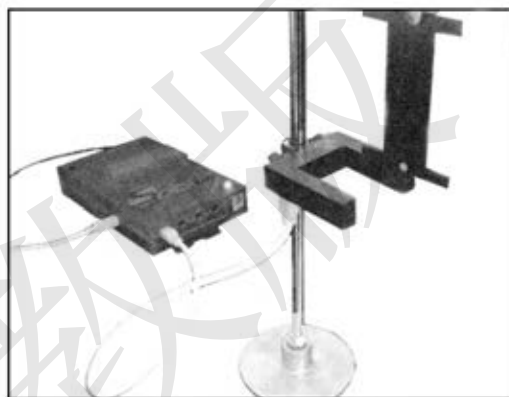


图 2-6-7

记录				
☐ 自动	间隔 0.1	☐ 手动	放大 缩小 绘图	变量 公式
	t1	X0	$g = ((0.01/x0)^2 - (0.01/t1)^2) / 0.2$	
1	0.01628	0.0065		9.8026
2	0.00654	0.0000		0.0000
3	0.01763	0.00665		9.6980
4	0.00665	0.0000		0.0000
5	0.01565	0.00650		9.7923
6	0.00650	0.0000		0.0000
7	0.01601	0.00653		9.7756
8	0.00653	0.0000		1.#INF

图 2-6-8 重力加速度测量结果(注:图中 t_1 即为 t_1)

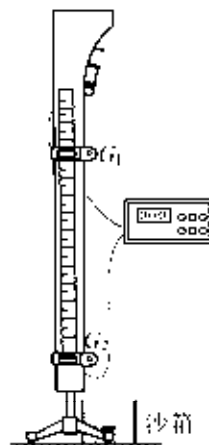


图 2-6-9

用光电门法测定重力加速度的值

实验装置如图 2-6-9 所示。先将小钢球用电磁铁吸住,从标尺上读出小钢球到两光电门 G_1 、 G_2 的距离 s_1 、 s_2 。切断电源,使小钢球自由下落,从计时器读出小钢球经过上下两光电门之间距离的时间 t 。由

$$s_1 = \frac{1}{2}gt_1^2, s_2 = \frac{1}{2}gt_2^2,$$

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{\sqrt{s_2}}{\sqrt{s_1}}, \quad \frac{t_2 - t_1}{t_1} = \frac{\sqrt{s_2} - \sqrt{s_1}}{\sqrt{s_1}},$$

$$\text{即} \quad \frac{t}{\sqrt{\frac{2s_1}{g}}} = \frac{\sqrt{s_2} - \sqrt{s_1}}{\sqrt{s_1}},$$

$$\text{得} \quad g = \frac{2s_1}{t^2} \left(\frac{\sqrt{s_2}}{\sqrt{s_1}} - 1 \right)^2。$$

参考资料

伽利略对落体运动的猜想

伽利略研究落体运动时,从自然界“总是习惯于运用最简单的和最容易的手段”的信念出发,认为落体运动的速度的变化也应该以极简单和为人们十分容易理解的方式进行,因此他最初猜想:“落体运动的速度和所经过的距离成正比。”(图 2-6-10)这一猜想与实际观察不符合。于是,伽利略紧接着作出一个大胆的猜想:物体下落的速度是均匀增加的,也就是说,物体下落时速度与下落的时间成正比,因此,下落物体是一种速度均匀增加的运动。他根据这个猜想,用速度的增量 Δv 和运动时间 Δt 的比定义出匀加速运动:“若一个物体从静止状态出发,在相等的时间内获得相等的速度增量,称这个物体的运动为匀加速运动。”科学上曾把加速度的单位 cm/s^2 称为“伽”,正是纪念伽利略的意思。

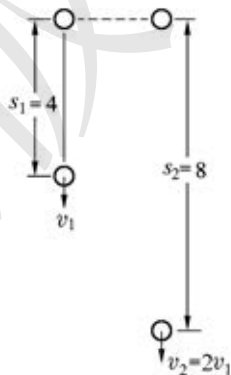


图 2-6-10 v 正比于 s 的猜想

伽利略关于匀加速运动中 $s \propto t^2$ 的证明

如图 2-6-11 所示,假设某一物体由 C 点静止出发匀加速地通过一段距离 CD ,通过这一段距离所用的时间用线段 AB 表示,作垂直于 AB 的线段 EB 表示这段时间的末速度,连接 AE ,所以从 AB 上等距离的点(A_1 、 A_2 、 A_3 ……)引出的平行 BE 而终于 AE 上的线段($A_1A'_1$ 、 $A_2A'_2$ 、 $A_3A'_3$ ……)都表示经相等时间后的速度数值,这些速度数值是和与时间成正比的,即

$$\frac{A_1A'_1}{t_1} = \frac{A_2A'_2}{t_2} = \frac{A_3A'_3}{t_3} = \dots\dots$$

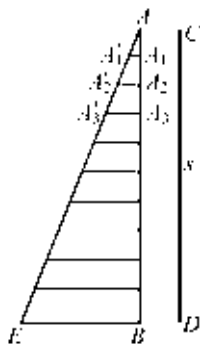


图 2-6-11 $v \propto t$ 的图解

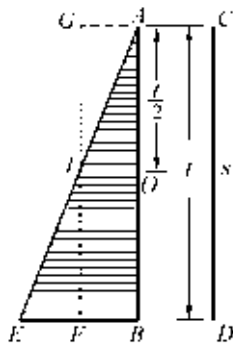


图 2-6-12 初速度为零的匀加速运动的距离

或者

$$v \propto t$$

①

由于物体做匀加速运动时,速度是连续地每时每刻在增大,要将各个不同时刻的速度都表示出来,必须想象从 AB 上各点引出无限多条逐渐加长的平行线段(图 2-6-12)。这样,三角形 AEB 的面积就代表了在 AB 这段时间内通过的距离 s 。由图中还很容易看出,一半运动时间的速度大小(线段 OI)正好等于初速度(为零)和末速度大小(线段 BE)的平均值,以这个平均值在同样时间内做匀速运动通过的距离(矩形 $ABFG$ 的面积)和初速度为零的匀加速运动通过的距离($\triangle ABE$ 的面积)相等,即

$$s = \bar{v}t = \frac{1}{2}vt。 \quad ②$$

由①②两式立即可得到 $s \propto t^2$ 的结论。

参考文献

- 1 格雷厄姆·沃安著,喀兴林译,剑桥物理公式手册,上海:上海科技教育出版社,2006
- 2 丹尼斯·奥弗比著,冯承天译,恋爱中的爱因斯坦——科学罗曼史,上海:上海科技教育出版社,2003
- 3 沙伦·特拉维克著,刘珣珣译,物理与人理——对高能物理学家社区的人类学考察,上海:上海科技教育出版社,2003
- 4 艾萨克·阿西莫夫著,朱子延译,亚原子世界探秘——物质微观结构巡礼,上海:上海科技教育出版社,2005
- 5 伊利亚·普利高津著,湛敏译,确定性的终结——时间、混沌与新自然法则,上海:上海科技教育出版社,2005
- 6 约翰·格里宾著,卢炬甫译,大爆炸探秘——量子物理与宇宙学,上海:上海科技教育出版社,2001
- 7 罗杰·G. 牛顿著,李香莲译,探求万物之理——混沌、夸克与拉普拉斯妖,上海:上海科技教育出版社,2002
- 8 李新洲,追寻自然之律——20 世纪物理学革命,上海:上海科技教育出版社,2006
- 9 施滕·奥登瓦尔德著,赵君亮译,重返天文咖啡馆,上海:上海科技教育出版社,2006
- 10 杰克·B. 齐克尔著,傅承启译,日全食,上海:上海科技教育出版社,2002
- 11 约翰·施塔赫尔著,范岱年译,爱因斯坦奇迹年——改变物理学面貌的五篇论文,上海:上海科技教育出版社,2005
- 12 阿尔伯特·爱因斯坦著,郝建纲译,相对论的意义,上海:上海科技教育出版社,2005
- 13 格雷厄姆·法米罗著,涂泓译,天地有大美——现代科学之伟大方程,上海:上海科技教育出版社,2006
- 14 吴鑫基,宇宙佳音——天体物理学,上海:上海科技教育出版社,2006

补充习题及参考解答

1. 列车在启动过程中做变速直线运动,假设在时间 t 内的运动规律是相同的,从列车启动开始计时,记录了几个不同时刻的速度,如表 2-7-1 所示。

表 2-7-1

时间 t/s	0	5	10	15	20	25
速度 $v/(m \cdot s^{-1})$	0	1	2	3	4	5

若用 v_t 表示 t 时刻的速度,请写出 v_t 与 t 的关系式。

【解答】 $v_t = 0.2t$ 。

2. 请估算一个物体从 2 层楼楼面做自由落体运动落到地面时的速度和所用的时间。

【解答】 2 层楼楼面高度约为 3 m,由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 和 $v = gt$ 得

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 3}{9.8}} \text{ s} = 0.78 \text{ s}, v_1 = gt_1 = 9.8 \times 0.78 \text{ m/s} = 7.64 \text{ m/s}.$$

3. 一个做自由落体运动物体的 $v-t$ 图像如图 2-7-1 所示,试求物体在前 2 s 内的位移和在第 2 s 内的位移。

【解答】 用“面积”表示位移。

前 2 s 内的位移 $s_1 = \frac{1}{2} \times 20 \times 2 \text{ m} = 20 \text{ m}$ 。

第 2 s 内的位移 $s_2 = \frac{1}{2} \times (10 + 20) \times 1 \text{ m} = 15 \text{ m}$ 。

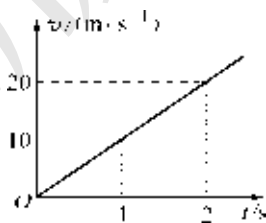


图 2-7-1

4. 如图 2-7-2 所示是利用自由落体运动规律来测定重力加速度的实验装置示意图。小钢球自由下落,经过光电门 1 位置时开始计时,经过光电门 2 位置时停止计时,测出时间为 t_1 ,测得两光电门之间的距离为 h_1 ;把光电门 1 的位置往下移动一段距离,光电门 2 的位置不变,让小钢球从同一位置自由下落,用同样的方法测出小钢球在两光电门之间的运动时间为 t_2 ,测得两光电门之间的距离为 h_2 。试导出重力加速度的表达式。

【解答】 由 $v_t = v_0 + gt$ 和 $h = v_0t + \frac{1}{2}gt^2$,得 $h = v_t t - \frac{1}{2}gt^2$,

所以有 $h_1 = v_{t1}t_1 - \frac{1}{2}gt_1^2, h_2 = v_{t2}t_2 - \frac{1}{2}gt_2^2$,

消去 v_t ,整理得 $g = \frac{2(h_2t_1 - h_1t_2)}{t_1t_2(t_1 - t_2)}$ 。

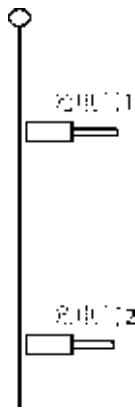


图 2-7-2

5. 平直公路边有一排等距离的电线杆,汽车做匀变速直线运动,经过第一、第二根电线杆的平均速度为 v_1 ,经过第二、第三根电线杆的平均速度为 v_2 ,则汽车经过第二根电线杆时的瞬时速度为多大?

【解答】 设经过第一根电线杆时的瞬时速度为 v_A ,经过第二根电线杆时的瞬时速度为 v_B ,经过第三根电线杆时的瞬时速度为 v_C ,则

$$v_1 = \frac{1}{2}(v_A + v_B), \quad ①$$

$$v_2 = \frac{1}{2}(v_B + v_C)。 \quad ②$$

设相邻两根电线杆之间的距离为 s , 经过第一、第二根电线杆的时间为 t_1 , 经过第二、第三根电线杆的时间为 t_2 , 则 $s = v_1 t_1$, $s = v_2 t_2$ 。

经过三根电线杆的平均速度为

$$\frac{1}{2}(v_A + v_C) = \frac{2s}{t_1 + t_2} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2}, \quad ③$$

解①②③式得 $v_B = \frac{v_2^2 + v_1^2}{v_1 + v_2}。$

6. “附着系数”是交通工程上的一个专业术语, 表示汽车轮胎在路面上附着的能力, 附着系数越低, 表示这种能力越差。当汽车制动(车轮滑动)时, 其加速度大小就等于自由落体加速度与滑动附着系数的乘积。表 2-7-2 是几种路面的平均滑动附着系数。

表 2-7-2

路 面	滑动附着系数
沥青或混凝土(干)	0.75
沥青(湿)	0.45—0.6
混凝土(湿)	0.7
砾石	0.55
土路(干)	0.65
土路(湿)	0.4—0.5
雪(压紧)	0.15
冰	0.07

试由表 2-7-2 分析, 同一种路面, 干路与湿路相比, 哪种更容易停车? 如果要求汽车具有相同的制动距离, 那么在干燥的沥青路面允许以最大速度 60 km/h 行驶的汽车, 在压紧的雪地上正常行驶时的速度不得超过多少? (不考虑反应时间)

【解答】 由于干燥路面的附着系数比湿路面的附着系数大, 汽车制动时产生的加速度也大, 更易停车。

在干燥的沥青路面上, 汽车制动时产生的加速度大小为 $a_1 = 0.75 \times 10 \text{ m/s}^2 = 7.5 \text{ m/s}^2$; 在雪地上制动时能产生的加速度大小为 $a_2 = 0.15 \times 10 \text{ m/s}^2 = 1.5 \text{ m/s}^2$ 。

$$v_1 = 60 \text{ km/h} = 16.7 \text{ m/s}。$$

制动距离 $s_1 = \frac{0 - v_0^2}{-2a_1} = \frac{16.7^2}{2 \times 7.5} \text{ m} = 18.6 \text{ m}。$

在雪地上行驶时制动距离 $s_2 = s_1 = 18.6 \text{ m}。$

由 $0 - v_2^2 = -2a_2 s_2$ 得允许的最大初速度

$$v_2 = \sqrt{2a_2 s_2} = \sqrt{2 \times 1.5 \times 18.6} \text{ m/s} = 7.5 \text{ m/s} = 27 \text{ km/h}。$$

7. 一辆汽车以 90 km/h 的速度在公路上正常行驶, 在其前方约 60 m 处有一个小孩突然快速横穿公路, 司机发现后立即采取紧急制动措施。小孩的速度约为 2 m/s, 要穿过的路宽为 9 m。试查找有关资料, 说明这个小孩的行为是否有危险。

【解答】 司机的反应时间约为 $t_0 = 0.7 \text{ s}$, 制动时的加速度大小约为 $a = 7 \text{ m/s}^2$, $v_0 = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}。$

反应时间内的行车距离为 $s_0 = v_0 t_0 = 25 \times 0.7 \text{ m} = 17.5 \text{ m}。$

制动过程的行车时间 $t_1 = \frac{0 - v_0}{-a} = \frac{25}{7} \text{ s} = 3.57 \text{ s}。$

制动过程的行车距离为 $s_1 = \frac{v_0}{2} t_1 = \frac{25}{2} \times 3.57 \text{ m} = 44.6 \text{ m}。$

$$s=s_0+s_1=17.5\text{ m}+44.6\text{ m}=62.1\text{ m}.$$

由此可知,汽车在停下来时已经过了小孩过公路的位置。

汽车停止前运动的总时间 $t=t_0+t_1=0.7\text{ s}+3.57\text{ s}=4.27\text{ s}$ 。

小孩要穿过公路所需要的时间为 $\frac{9}{2}\text{ s}=4.5\text{ s}$ 。

由此可知,即使到汽车停下来,小孩还是不能安全越过公路。

这个小孩的行为是很危险的。

8. 一名自行车运动员在到达终点前进入冲刺阶段。冲刺时的初速度为 11.5 m/s ,并以 0.5 m/s^2 的加速度加速行驶了 7 s 。

(1) 求运动员加速行驶的末速度。

(2) 运动员加速后,将保持这个速度到达终点。已知他开始加速时距终点 300 m ,那么,这个加速过程将使他的成绩提高多少?

(3) 在这名运动员开始加速时,另一名运动员在他前面 5 m 处,并一直以 11.8 m/s 的速度匀速前进。当这名运动员到达终点时,超过另一名运动员多远?

【解答】 (1) $v_t=v_0+at=11.5\text{ m/s}+0.5\times 7\text{ m/s}=15\text{ m/s}$ 。

(2) 如果不加速,那么所用时间 $t_1=\frac{300}{11.5}\text{ s}=26\text{ s}$ 。

加速过程的位移 $s_1=v_0t+\frac{1}{2}at^2=11.5\times 7\text{ m}+\frac{1}{2}\times 0.5\times 7^2\text{ m}=92.75\text{ m}$ 。

加速之后的路程所用的时间为 $t_2=\frac{300-92.75}{15}\text{ s}=13.8\text{ s}$ 。

所以,成绩提高了 $t_1-t-t_2=26\text{ s}-7\text{ s}-13.8\text{ s}=5.2\text{ s}$ 。

(3) 在 $t+t_2$ 的时间内,另一名运动员前进的距离为 $11.8\times (7+13.8)\text{ m}=245\text{ m}$,

这名运动员超越另一名运动员的距离为 $300\text{ m}-5\text{ m}-245\text{ m}=50\text{ m}$ 。

9. 啄木鸟的头骨中有特殊的结构可以保护其大脑免受剧烈的冲击。啄木鸟在啄木时,它的头部的速度为 0.6 m/s ,并在 2 mm 的距离内停下来,假设这一过程是做匀减速运动。

(1) 计算这个减速过程的加速度。

(2) 计算这个减速过程持续的时间。

(3) 由于啄木鸟头部的特殊结构的缓冲,在这个减速过程中,它的大脑的移动距离增加为 4.5 mm ,求其大脑的加速度。

【解答】 (1) 由 $v_t^2-v_0^2=2a_1s_1$ 得 $a_1=\frac{-v_0^2}{2s_1}=\frac{-0.6^2}{2\times 0.002}\text{ m/s}^2=-90\text{ m/s}^2$ 。

(2) $t=\frac{0-v_0}{a}=\frac{-0.6}{-90}\text{ s}=0.0067\text{ s}$ 。

(3) 由 $v_t^2-v_0^2=2a_2s_2$

得 $a_2=\frac{-v_0^2}{2s_2}=\frac{-0.6^2}{2\times 0.0045}\text{ m/s}^2=-40\text{ m/s}^2$ 。

10. 一个物体运动的速度图像如图 2-7-3 所示。试判断:这个物体的运动是不是匀变速直线运动? 如果不是,请说明理由。如果是,请求出它的加速度及位移。

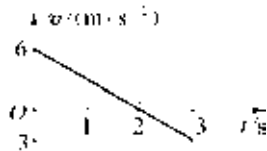


图 2-7-3

【解答】 速度是连续均匀变化的,经过任意相等的时间,速度的变化量都相同,因此这是一个匀变速直线运动。

由于是匀变速直线运动,可取其中任何一段计算加速度。在前 2 s 内,速度由 6 m/s 变为 0,所以,其加速度为 $a = \frac{0-6}{2} \text{ m/s}^2 = -3 \text{ m/s}^2$ 。

计算位移时,可以有几种方法。

方法一:分段计算。前 2 s 内物体沿正方向运动,第 3 s 物体反向运动,故前 2 s 内物体的位移大小 $s_1 = \frac{6+0}{2} \times 2 \text{ m} = 6 \text{ m}$ 。

第 3 s 内物体的位移大小 $s_2 = \frac{0+3}{2} \times 1 \text{ m} = 1.5 \text{ m}$ 。

总位移 $s = s_1 - s_2 = 6 \text{ m} - 1.5 \text{ m} = 4.5 \text{ m}$ 。

方法二:作为一个过程计算。

$v_0 = 6 \text{ m/s}$, $v_t = -3 \text{ m/s}$, $a = -3 \text{ m/s}^2$, 由 $v_t^2 - v_0^2 = 2as$ 得

$$s = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a} = \frac{(-3)^2 - 6^2}{2 \times (-3)} \text{ m} = 4.5 \text{ m}。$$

方法三:用图像的“面积”表示。

$$s = \frac{1}{2} \times 2 \times 6 \text{ m} - \frac{1}{2} \times 1 \times 3 \text{ m} = 4.5 \text{ m}。$$

11. 某同学设计了一个实验:用焊有细钢针的音叉(固有频率为 f_0),熏有煤油灯烟灰的均匀金属片和刻度尺来测定自由落体的加速度。他的实验步骤有:

(1) 将熏有煤油灯烟灰的均匀金属片静止悬挂,调整音叉的位置,使音叉不振动时,针尖刚好能水平接触金属片,如图 2-7-4 所示。

(2) 轻敲音叉,使它振动,同时烧断悬线,使金属片自由下落。

(3) 从金属片上选取针尖划痕清晰的一段,从某时刻起,测出针尖每次经过平衡位置的坐标 $x_1, x_2, x_3, \dots$

你认为该实验能够测出自由落体的加速度吗?

如果“不能”,请说出理由。

如果“能”,请简单说明实验原理,在图 2-7-4a 上画出实验图线(图中 $x_1 = 0$)。

【解答】 能。

针尖振动过程中经过平均位置的时间间隔为 $t = \frac{1}{2f_0}$ 。

因此, $\Delta x = (x_3 - x_2) - (x_2 - x_1) = (x_4 - x_3) - (x_3 - x_2) = (x_5 - x_4) - (x_4 - x_3) = (x_6 - x_5) - (x_5 - x_4) = (x_7 - x_6) - (x_6 - x_5) = gt^2$,

所以 $g = \frac{\Delta x}{t^2}$ 。

实验的图线如图 2-7-5 所示。

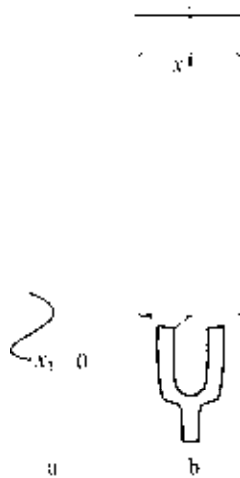


图 2-7-4

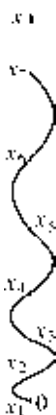


图 2-7-5

教 学 案 例

2.1 伽利略对落体运动的研究

【教学目标】

(1) 通过实验,经历落体运动的探究过程,了解伽利略研究落体运动的历史,知道落体运动的特点。

(2) 分析伽利略对落体运动的研究思路,体会科学推理和实验验证在物理研究中的重要作用。

(3) 了解近代实验科学产生的背景,认识实验对物理学发展的重要作用,体会伽利略对近代实验科学的诞生所作出的贡献。

【教学过程】

◆ 新课导入

播放章首图比萨斜塔的照片。

引发学生思考:回顾物理学的发展历史,重温物理学家经历过的种种挫折与成功,会使我们对物理世界的认识更科学、合理,更富于创见。今天,让我们从比萨斜塔出发,来了解伽利略对落体运动的认识,并从中寻求启迪吧!

请大家阅读教材,思考以下两组问题:

问题 1:伽利略对落体运动的研究经历了哪几个阶段?每个阶段解决的重点问题是什么?在解决问题的过程中遇到了哪些困难?他是用什么方法解决困难的?

问题 2:伽利略取得成功的主要原因是什么?伽利略对物理学发展的主要贡献表现在哪些方面?

◆ 进入新课

1. 伽利略的探索之旅

(1) 亚里士多德的观点。

公元前 4 世纪,古希腊哲学家亚里士多德根据对生活中现象的观察,得出结论:重的物体比轻的物体下落得快。这符合人们的常识。

交流与讨论:亚里士多德为什么会有这样的认识呢?学生思考问题,交流体会。

小结:根据直接观察所得出的结论往往是不可靠的,它们有时会将人们引入歧途。亚里士多德的观点 2000 多年来一直统治着人们的思想。将“观察加直觉”作为物理研究的基本方法,显然是有缺陷的。

(2) 伽利略佯谬。

伽利略首先通过落体佯谬的思想实验,否定了亚里士多德的重物下落快的结论。

伽利略佯谬:根据亚里士多德的论断,一块大石头的下落速度要比一块小石头的下落速度大。当我们把两块石头捆在一起时,大石头会被小石头拖着,下落速度变小;小石头会被大石头拉着,下落速度变大,因此两块石头捆在一起时的下落速度应该介于大石头和小石头原来的速度之间。可是,两块石头捆在一起,总的受到的重力比大石头受到的重力还要大,因此整个

系统下落的速度要比大石头还大。可见,亚里士多德的结论自相矛盾,不能成立。

为了摆脱这种困境,伽利略认为只有一种可能性,那就是,重物与轻物应该下落得同样快。

(3) 伽利略的探究过程。

伽利略猜想,落体运动一定也是最简单的变速运动,而最简单的变速运动,它的速度应该是均匀变化的。他通过观察与思考,提出一个大胆的猜想:下落物体的速度是随时间均匀增加的,即 $v \propto t$ 。

思考与讨论:要验证伽利略的猜想,需要设计一个怎样的实验?在伽利略时代,会遇到怎样的困难?

困难之一:瞬时速度怎么测?

要用实验来观察和验证 $v \propto t$,需要测量不同时刻的瞬时速度,而直接测量瞬时速度,在当时是很不容易的。

为了解决这个困难,伽利略寻求间接验证的途径,把注意力放在物体下落的距离与时间的关系上,因为距离是容易测量的。

于是,他求助于数学,得到物体做最简单的变速直线运动时通过的位移一定与运动时间的平方成正比,即 $s \propto t^2$ 。

困难之二:下落时间怎么测?

物体下落很快,当时还没有准确的计时工具,很难测定物体通过不同位移的时间。为了减缓物体下落速度,伽利略设计了著名的“冲淡重力”的斜面实验。

讨论:用斜面上小球的运动模拟落体运动的好处有哪些?有没有缺陷?

困难之三:斜面上小球的运动总是满足 $s \propto t^2$,落体运动也符合这个规律吗?

伽利略认为, $\frac{s}{t^2}$ 的数值随着倾角的增大而增加,当倾角等于 90° 时,这个关系也成立。

即物体下落时, $\frac{s}{t^2}$ 是常数,且数值最大。

总结归纳:伽利略研究落体运动的思路是“发现问题→提出猜想→数学推理→实验验证→合理外推→得出结论”。

伽利略的贡献不只是建立了一个新的法则,而且将物理学研究导向正确的轨道,开启了物理学突飞猛进的研究进程。

2. 对落体运动的再研究

(1) 拨开阻力的迷雾。

问题:为什么在日常生活中,我们看到轻重不同的物体下落快慢会不同呢?

做一做:让一张纸片 and 一个小球从同一高度下落,看谁先落到地面。把纸片搓成团,再让它和小球从同一高度下落,看谁先落到地面。

结论:纸团下落的快慢与小球差不多。

演示:牛顿管实验(做三次对比:未抽气时、抽气后、再次打开阀门后)。

小结:若能排除空气阻力的影响,则轻重不同的物体下落快慢完全一样,即下落速度的变化与物体的质量无关。

(2) 超越伽利略。

问题:伽利略在当时有限的实验条件下,研究出初速度为零的匀加速直线运动中位移和

时间的关系。现在我们可以使用什么仪器比较精确地记录时间和位移来进行研究呢？

学生讨论并设计实验。

方案一：使用打点计时器研究。

把小车轨道的一端垫高，组成斜面，把打点计时器固定在斜面最高点。让纸带穿过打点计时器的限位孔连在小车的尾部。打开打点计时器开关，把小车从某一位置由静止开始释放，打出一条纸带。从纸带第一点开始，测量从开始到每一个点的时间和位移。改变轨道的倾角，把小车从同一位置由静止开始释放，重复上述实验，探索 s 与 t^2 的关系。

方案二：用频闪照相的方法研究。

用频闪照相的方法拍摄小球做自由落体的照片，从照片上第一点开始，测量从开始到每一个点的时间和位移，探索 s 与 t^2 的关系。

结论：与 300 多年前伽利略使用简单仪器做实验得到的结论完全一致。

活动建议：去图书馆或上互联网查找有关亚里士多德、伽利略的资料，写一篇关于这两位伟大学者的科学观念、方法、态度等内容的研究报告。

【教学小结】

本节课的教学顺序与教材不完全一致，先把伽利略研究落体的过程独立出来专门探究，然后用现代实验技术对落体运动再研究。这样做，一方面可以强化对伽利略研究背景的认识，更加关注研究思路的整理与提炼，让学生掌握物理研究的思想方法，夯实物理学科基本素养；另一方面可以强化对自由落体运动性质的理解，更加精准地表述自由落体运动规律。通过基于现代实验技术的研究，对伽利略在物理学发展史上所作出的贡献会有更加深刻的体会。

第3章

力与相互作用

本章教学目标

《课程标准》的要求及其解读

(1) 认识重力、弹力与摩擦力。通过实验,了解胡克定律。知道滑动摩擦和静摩擦现象,能用动摩擦因数计算滑动摩擦力的大小。

解读 《课程标准》包括了四点要求,第一点是“认识重力、弹力与摩擦力”,属于“认识”水平;第二点是“通过实验,了解胡克定律”,属于“了解”水平;第三点是“知道滑动摩擦和静摩擦现象”,属于“了解”水平;第四点是“能用动摩擦因数计算滑动摩擦力的大小”,属于“理解”水平。

学生在日常生活和义务教育科学课程或物理课程中已初步了解重力、弹力与摩擦力,也有比较丰富的感性认识。本主题在学生已有知识的基础上,要求学生进一步认识上述三种力产生的条件、方向及大小。教材中安排了两个探究实验:一个是“探究弹簧弹力与形变量的关系”,《课程标准》已明确列为学生必做实验;另一个实验是“探究滑动摩擦力的大小”,让学生体验科学探究的过程,学习科学研究的方法,自主发现和提出物理问题,形成猜想与假设,进而设计实验,获取和处理数据,基于证据得出结论,构建物理概念,形成物理观念。

在弹力教学中,可以引导学生调查日常生活和生产中所用的弹簧及其使用目的,还可以启发学生制作一个简易弹簧测力计,用胡克定律解释其工作原理等。在胡克定律的教学中,不必出现繁难的计算。

在摩擦力教学中,要求学生认识滑动摩擦、静摩擦,知道动摩擦因数及最大静摩擦力的概念。

(2) 通过实验,了解力的合成与分解,知道矢量和标量。能用共点力的平衡条件分析生产生活中的问题。

解读 《课程标准》包括了三点要求,第一点是“通过实验,了解力的合成与分解”,对合成与分解的要求属于“了解”水平;第二点是“知道矢量和标量”,对矢量和标量的要求属于“了解”水平;第三点是“能用共点力的平衡条件分析生产生活中的问题”,对共点力的平衡条件的应用要求属于“理解”水平。

修订后的《课程标准》对力的合成与分解的要求由“理解”降低为“了解”,即知道合力与分力的概念,初步体会等效方法,了解用等效法是物理解决问题的常用方法。通过实验,知道两个力的合成与分解遵循平行四边形定则;学生能用平行四边形定则把两个已知力合成一个合力或把一个已知力分解为两个分力。会用作图法求合力、分力,会根据直角三角形知识求合力、分力。不要求用平行四边形定则求解现实情境中复杂的受力问题。现实情境中

的受力问题用共点力的平衡条件来解决。

知道矢量与标量的概念及运算法则;知道平行四边形定则是一切矢量合成的普遍法则。让学生认识到物理量的加减是否遵循平行四边形定则是判断是否是矢量的重要标志。

教学目标

(1) 知道重力、重心的概念,渗透“等效替代”的思维方法。

(2) 知道弹力产生的原因;知道压力、支持力、绳的拉力都是弹力;知道胡克定律。通过探究胡克定律的实验,初步掌握探究实验的方法,会测量弹力的大小;尝试用图像法处理数据,体现推理、论证的科学思维;认识到弹力的应用价值;从任何物体都能发生形变入手,通过观察“微小形变”,体会“转化放大”的思维方法,培养学生实事求是的科学态度。

(3) 认识滑动摩擦、静摩擦的现象,能用动摩擦因数计算摩擦力;会根据物体的平衡条件简单地计算静摩擦力的大小。会采用控制变量法定量探究滑动摩擦力的大小;通过动手实验,培养学生分析、解决问题的能力。能从事物的两方面认识摩擦的利与弊,知道如何趋利避害,领悟摩擦力在实际生活和生产中的应用价值,培养学生的实践意识。

(4) 知道受力分析的基本方法,会对物体进行正确的受力分析。

(5) 知道合力与分力的概念,了解力的合成遵循平行四边形定则,会用力的图示求合力。通过实验感悟等效的思维方法,探究力的合成遵循的规律,尝试与同学合作交流,培养推理、论证的思维能力,形成物理观念。

(6) 会根据实际需要分解力,会用平行四边形定则进行力的分解,会用力的图示求分力,对力的分解的应用价值有初步认识。

(7) 知道平衡的意义,知道共点力的平衡条件。会通过对物体的受力分析及根据平衡条件解释和解决生活生产中的实际问题。能从平衡的普遍性体会平衡条件的价值,认识物理模型在探索自然规律中的作用,理解科学、技术、社会、环境的关系。

全章教材分析与教学要求

本章教材以生活中常见的斜拉桥为背景,提出了一系列与力相关的问题,用实验探究、分析论证及呈现物理学相关史料等手段,激发学生学习的兴趣与欲望,让学生认识重力、弹力和摩擦力及力的相互作用规律;学会对物体进行受力分析;为进一步学习力学以及电学、电磁学等打下良好的基础。让学生体验等效的思维方法,通过实验,分析归纳得出力的平行四边形定则,并明确矢量与标量的概念。知道共点力平衡的条件,能联系实际,用力的平衡条件分析日常生活中的问题。知道科学探究是人们探索自然、获得知识的主要方法。

本章的编写思路是:以日常生活现象为情境,以一系列问题串为线索,以多种活动形式为载体,把物理核心素养渗透在师生互动的活动过程中,引导学生主动思考,积极探索和构建相互作用的物理观念。

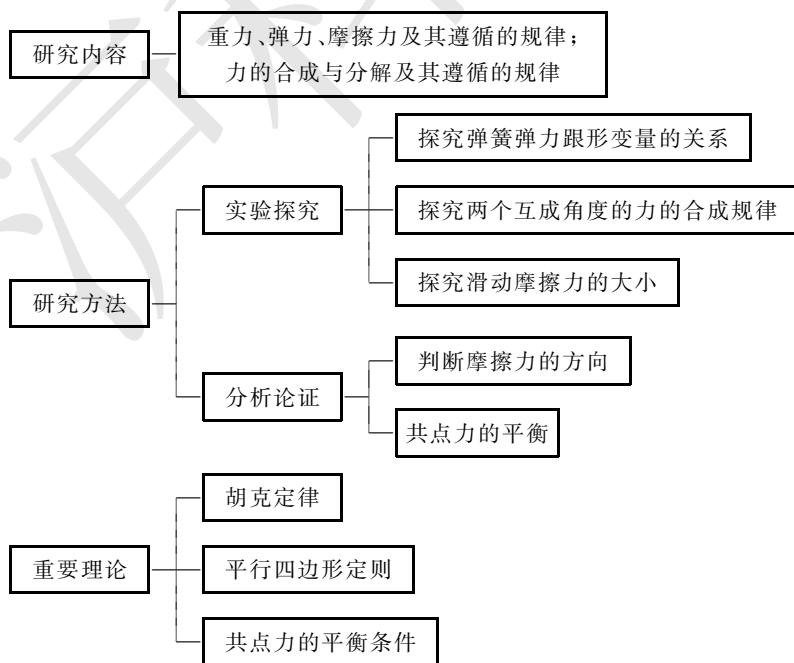
本章内容凸显探究过程和方法,关注学生物理核心素养的发展。全章安排六个不同层次的科学探究活动,其中的三个探究活动(用悬挂法确定薄板的重心、静摩擦力、三个共点力的平衡)以观察现象和体验过程为主,另外三个探究活动(探究弹簧弹力跟形变量的关系、探究滑动摩擦力大小的规律、探究两个互成角度的力的合成规律)要求经历较为完整的过程,

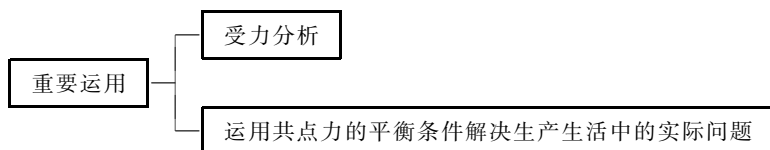
并且要求也逐步有所提高。每个活动之后,精选出一些具有挑战性的问题,来激发学生在活动中思考,并给出必要的方法指导。例如“探究两个互成角度的力的合成规律”实验中,教材提出一连串的问题,引导学生边做边想。让学生在主动探索的同时掌握知识、了解科学研究的基本环节,循序渐进,步步深入,让学生在掌握知识的同时,培养科学探究的能力。

本章教材充分运用背景材料,使学生懂得怎样对一座现代化大型桥梁钢索受力的情况、塔柱的受力平衡条件等作简化的研究,突出了理想模型的建立方法。此外,平衡的问题在实际生产生活中有很多应用,教材充分体现了这一点,提供了形形色色的实例,引导学生用不同的方法,从不同的侧面来理解和学习这些知识,切实体会物理知识在实际问题中的应用价值,注重培养学生理论联系实际的科学素养和社会责任。

本章在内容的延伸和拓展上,显得更灵活、开放,在内容呈现的形式和方法上,显得更加活泼、多样。如采用“旁批”“多学一点”“信息浏览”“STSE”“课题研究”等栏目,较灵活地延伸和拓展《课程标准》的要求,以促进学生学习方式多样化,满足不同学生的学习需求。又如,在本章第3节的“家庭作业与活动”中,要求学生通过变换实验方法,对滑动摩擦力再做一次探究。再如在全章结束时,教材还要求开展一次以桥为主题的综合性课外活动。学生可以去调查当地桥的历史,描绘或拍摄各种桥的风姿,抒发对桥的赞美,阐述桥的功能,对当地桥的建设提出建议,也可以通过收集世界各地著名的桥的资料、图片作汇总式展示或比较研究……最后,还要求学生自选材料,设计制作一座斜拉桥、拱券桥或其他形式的桥的模型,交流各人的活动收获,开展对“桥”的评比——谁制作的桥用料最省,跨度最长,承重最大,外观最美。这样一次综合性活动,几乎综合了学生的各科知识,将使参加活动的每一个学生都得到锻炼,每个人的才智都得到充分展示。像这样的活动,虽然在教材版面上仅占寥寥几行字,却渗透了编者独具的匠心,也是本章的一个亮点。

本章教材的设计框架和知识逻辑结构如下框图所示:





本章的教学重点:重力、弹力、摩擦力,通过实验探究胡克定律、平行四边形定则及共点力的平衡条件。

本章的教学难点:有关弹力、摩擦力方向的判断;利用共点力的平衡条件解决具体问题。

课时安排建议

本章拟用 10 课时,具体安排如下:

第 3.1 节 1 课时

第 3.2 节 1 课时

第 3.3 节 1 课时

第 3.4 节 1 课时

第 3.5 节 1 课时

第 3.6 节 1 课时

第 3.7 节 2 课时

全章复习和评价 2 课时

各节教材的说明与教学建议

3.1 重力

教学目标

- (1) 知道重力产生的原因及重力的大小和方向。
- (2) 知道重心的概念,渗透“等效替代”的科学思维方法。
- (3) 通过实验探究判断物体重心的位置,加深对重心概念的理解。

教材说明

本节教材主要内容是重力的三要素。对于重力的大小和方向,学生在初中已有了初步认识。重心的概念对学生而言比较抽象,教材通过图示,让学生能了解重心的含义,感悟物理学中利用“等效替代”解决问题的思维方法。教材通过实验探究,利用“悬挂法”找出不规则薄板的重心位置,让学生加深对重心的理解,促进学生物理观念的形成。

本节教材与传统教材不同的是通过大量的生活实例,让学生了解重心在生活中的应用,培养学生用物理知识解决实际问题的意识与能力,促进学生物理核心素养的发展。

本节教材的重点是重力、重心的概念,难点是重心及其位置的判断。

教学建议

关于“万有引力和重力”

通过阅读教材了解什么是万有引力。知道重力是由于地球吸引而产生的,但不能说重力就是地球对物体的万有引力。“重力”与“万有引力”的关系将在后面进一步学习。在地球表面附近的物体都要受到重力作用,与物体的运动状态和是否受到其他力等情况无关。

重力的大小可以根据公式 $G=mg$ 计算,其中 g 是我们前面所学的自由落体的加速度,它的大小与物体所处的高度和纬度有关,当高度增加时 g 的值减小,当纬度增加时 g 的值增大。重力的大小用弹簧测力计测量,在操作的过程中要注意弹簧测力计要保持竖直、静止状态时读数。

可以让学生观察生活中“利用重力方向”工作的实例,培养学生的实践意识和社会责任感。

关于“重心”

(1) 了解重心的概念。

物体的各部分都受到重力的作用,从效果上看,我们可以认为物体的各部分受到的重力集中于一点(即重心)。重心是重力的等效作用点。例如,为了便于学生掌握,可以让学生用手指把一支钢笔水平支起,学生观察后,思考钢笔的各个部分都受到重力作用,但在上面实验中,钢笔为什么没有掉下来呢?引导学生根据二力平衡分析,支持力的作用点在支点上,重力的作用从效果上看,也可认为就集中在这一点上,这个点就是重心。这种处理问题的思想就叫做等效思想。

(2) 重心位置的确定。

① 质量分布均匀(也称匀质物体)且形状规则的物体,重心就是其几何中心。如:均匀细直棒的重心在棒的中点,均匀球体的重心在球心,均匀圆柱的重心在轴线的中心。非匀质物体和不规则的物体的重心,不仅与形状有关,而且与物体内的质量分布有关。

② 实验探究:用悬挂法确定薄板的重心。用悬挂法确定不规则形状物体的重心的原理是二力平衡,拉力与重力是一对平衡力,绳的反向延长线必过重心。

③ 一个固定物体的重心位置与放置的位置、放置方法及运动状态无关;质量分布均匀的物体,形状变化时,重心位置会变化;物体的重心位置可以在物体上,也可以在物体外(如圆环、三角板、篮球、排球和足球)。

④ 教学过程中,可以结合实际让学生研究“重心”在生活中的应用,体会物理知识的应用价值。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】重力是由于地球的吸引而使物体受到的力。重力的方向竖直向下。用公式 $G=mg$ 求重力的大小。

2.【解答】当球内装满水时,球与水整体的重心在球心;由于球内的水不断流出,整体的重心由球心不断下降;当水全部流完后,重心又回到球心。

3.【解答】由于倾斜轨道两边的距离随着高度的增加而加大,当双圆锥体放在轨道最低端向上滚动时,其重心一直是在降低的,实际上双圆锥体的重心自始至终是由高向低运动的。

补充课堂检测题和参考解答

1. 跳高运动员分别采用如图 3-1-1 所示的跨越式、剪式和背越式过杆姿势过杆,重心最接近甚至低于横杆的是()。



图 3-1-1

- A. 跨越式 B. 剪式 C. 背越式 D. 以上选项均不正确

【解答】 C。

2. 如图 3-1-2 所示,“马踏飞燕”是汉代艺术家集高度智慧、丰富想象、浪漫主义精神和高超的艺术技巧的结晶,是我国古代雕塑艺术的稀世之宝。飞奔的骏马之所以能用一只蹄稳稳地踏在飞燕上,是因为()。

- A. 马跑得快
B. 马蹄大
C. 马的重心在飞燕上
D. 马的重心位置和飞燕(视为质点)在一条竖直线上

【解答】 D。



图 3-1-2

3.2 弹力

教学目标

- (1) 知道形变、弹性形变的概念,通过观察“微小形变”的实验,体会物理研究中“转化放大”的思维方法。
- (2) 知道什么是弹力及弹力产生的条件,知道确定弹力方向的方法。
- (3) 通过探究实验,了解胡克定律。初步掌握设计实验方案、收集数据、用图像处理数据和总结规律的能力。

教材说明

本节教材从演示“微小形变”入手,让学生认识到任何物体受到外力作用后都会产生形变,了解弹性形变及弹性限度,形成弹力的概念。通过探究弹簧弹力与形变量的关系,让学生体验探究过程,培养学生有依据猜想、设计实验方案、收集数据、用图像处理数据并归纳总结的能力。最后分析弹力的产生、弹力的大小、弹力的方向,物理观念的呈现逐次递进,引导学生思维螺旋上升,形成对弹力的全面认识。

本节教材与传统教材的不同之处是:“探究弹簧弹力与形变量的关系”由原来的演示实验改为学生必做实验,让学生尝试用不同方法分析、处理信息,数形结合,描述分析结果。

本节内容基本上围绕弹力的产生、弹力的大小和方向等内容展开,突出探究问题的实验过程与“转化放大”的科学思维方法,提升学生对科学本质的认知,促进学物理核心素养的

发展。

本节的教学重点是弹力有无的判断、弹力方向的判断、胡克定律；教学难点是弹力有无的判断及弹力方向的判断。

教学建议

关于“形变与弹力”

这部分教学可从展示宏观的形变引入，而演示微小的形变是关键。通过演示微小的形变，使学生确信微小形变的存在，从而认识到任何物体受到外力作用后都会产生形变的事实，让学生感悟物理研究中“放大”的思维方法和严谨、实事求是的科学态度。

(1) 用激光笔显示微小形变。

① 如图 3-2-1 所示，在讲台上放置两块平面镜，调整激光笔的角度，使激光经两次反射照射到天花板上。当用力压讲台时，讲台发生微小形变，由于平面镜的作用，对形变进行了两次放大，演示效果非常显著。

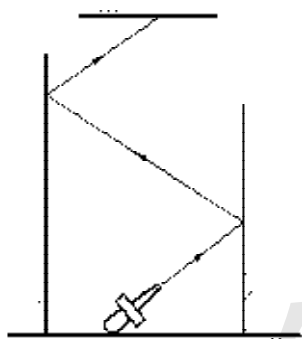


图 3-2-1

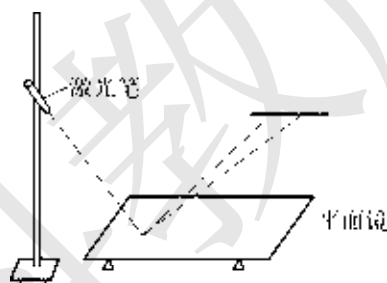


图 3-2-2



图 3-2-3

② 如图 3-2-2 所示，用激光照射平面镜使它反射到天花板上，然后在平面镜上放上铅笔等小物体，可观察到反射光斑的移动。

(2) 玻璃瓶显示微小形变。

如图 3-2-3 所示，在盛有红色水的玻璃瓶里通过软木塞插一根细管，用手挤压瓶壁，可看到细管内的液柱上升。

为了排除学生可能认为细管内的液柱上升是由于手的传热作用的影响，可以改用横截面为椭圆形的玻璃瓶。先用手沿短轴方向挤压，使细管内的水柱升高；然后双手摩擦后用手沿长轴方向挤压，可以看到细管内的水柱非但没有升高，反而下降了。由此足以说明，细管内水柱高度的变化不是由于手的传热作用，而的确是玻璃瓶的微小形变造成的。

关于“思考与讨论”

讨论“压力、托力、支持力、拉力、推力”的共同特点，可通过举例分析各力的施力物体、受力物体及其形变情况。

首先让学生“拉”“压”橡皮筋、橡皮泥等，感受形变的不同种类，学会识别弹性形变。再

举重物压在海绵上的例子:海绵的形变对重物产生向上的弹力(支持力);重物的形变对海绵产生向下的弹力(压力)。再举手拉弹簧(教材上的图 3-2-2)的例子:弹簧的形变对手产生沿弹簧收缩方向的弹力(拉力),手的形变对弹簧产生弹力(拉力)。

分析过程应强调弹力的产生条件、施力者、受力者。通过“观察、体验、感受、归纳”突出弹力的性质与定义。弹力是由发生弹性形变的物体产生的(即由施力物体的形变而引起的),作用在使它发生形变的其他物体或物体的其他部分上。教学中应该多举几个具体事例,分析产生弹力的条件,并指出施力者、受力者。

关于“胡克定律”

胡克定律的实验探究是学生必做实验,采用学生分组实验的方法进行。由于教材上的图 3-2-3 已经提供了部分器材,因此实验探究并不困难,学生容易想到只要用刻度尺测量出悬挂不同钩码时每次弹簧的长度就可以了。

根据实际情况,可以不同组使用不同规格的弹簧。实验探究设计的数据记录表如表 3-2-1 所示。

表 3-2-1

实验序号 物理量	1	2	3	4	5
弹簧的弹力 F/N	0				
弹簧的长度 l/mm					
弹簧的形变量 x/mm	0				

根据测量数据,让学生在方格纸上画出弹簧的弹力 F 与弹簧的形变量 x 的关系曲线。然后,在学生探究的基础上,结合教材内容对胡克定律作介绍,并让学生利用自己测量的实验数据,求出弹簧的劲度系数。通过不同组所得比值不同,说明不同规格的弹簧劲度系数不同。

在学生对胡克定律有了初步认识的基础上,应该向学生着重指出:

- ① 胡克定律的适用条件是在弹簧的弹性限度内。
- ② 胡克定律公式中的 x 是弹簧的形变量,即弹簧的伸长量或压缩量,不是弹簧的长度。
- ③ 教材中指出,劲度系数反映了某根弹簧的一种力学性质, k 的大小跟具体的弹簧有关。同一根弹簧,如果把它截成几段,就变成几根不同的弹簧,它们的 k 值都跟原来的弹簧不同,绝不可把劲度系数混同于反映物质性质的量(如密度、比热容等)。
- ④ 在研究弹簧的弹力时,要注意其中的两个因果关系(图 3-2-4)。

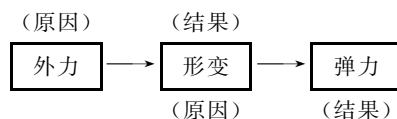


图 3-2-4

初中物理关注的是图 3-2-4 中的前一个因果关系,它比较直观,表述为“弹簧的形变量

跟它受到的外力有关(成正比)”。高中物理中胡克定律指出的是图 3-2-4 中的后一个因果关系,表述为“在弹性限度内弹簧的弹力跟它的形变量成正比”。

关于“弹力的方向”

弹力的方向跟各种不同物体的形变情况有关,教材中要求学生掌握两类物体产生弹力的方向:

① 平板状物体受压后产生的弹力一定垂直于平板,指向被支撑的物体;被支撑的物体产生的弹力垂直于平板,指向被压的物体。

② 绳子被拉后产生的弹力一定沿着绳索指向绳索收缩的方向。

教学中可以做一些演示实验或实例,对弹力的方向有全面的认识,引导学生思维螺旋上升,建构物理观念,渗透思维方法。

关于“思考与讨论”

书和桌面产生的弹力分别如图 3-2-5 中的 N_1 和 N_2 所示。

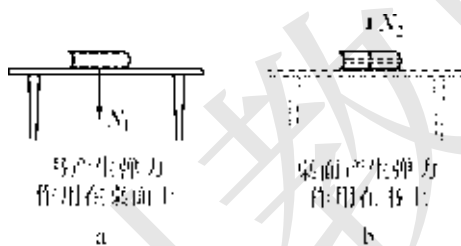


图 3-2-5

关于“多种多样的形变”

为了显示形变的情况,可以取一块圆柱形的橡皮,在它的侧面均匀地画上正方形的小格子(最好能涂以颜色),当它发生拉伸与压缩形变、弯曲形变或扭转形变时,可以由小方格的变化获知物体不同部分的形变情况。

教材的旁批是运用日常生活中的小细节来培养学生良好的道德风尚的好素材,应该好好地加以利用。教学中,可以组织学生到其他班级做一次问卷调查,看看有多少学生有此习惯,或者可以在学校(或其他公共场所)的弹簧门边统计一下,在 0.5 h(或 1 h)内经过该弹簧门的人中,有多少人会这么做。然后,可以在班级里请大家讨论或向全校同学发出倡议:良好的习惯从小事做起。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 沙发、自行车坐垫、床垫等所使用的弹簧,主要起支承和缓冲等作用;机械式钟表所使用的弹簧,主要起储存弹性势能的作用。

2.【解答】 (略)

3.【解答】 斜面形变产生的弹力如图 3-2-6 所示(垂直斜面,指向书本)。

4.【解答】如图 3-2-7 所示。

5.【解答】拉弹簧时,弹力 $F_1=15\text{ N}$ 。

伸长量 $x_1=l_1-l_0=(24-20)\text{ cm}=4\text{ cm}=0.04\text{ m}$ 。

劲度系数 $k=\frac{F_1}{x_1}=\frac{15}{0.04}\text{ N/m}=375\text{ N/m}$ 。

压弹簧时,弹力 $F_2=30\text{ N}$ 。

压缩量 $x_2=\frac{F_2}{k}=\frac{30}{375}\text{ m}=0.08\text{ m}=8\text{ cm}$ 。

所以弹簧长 $l_2=l_0-x_2=(20-8)\text{ cm}=12\text{ cm}$ 。

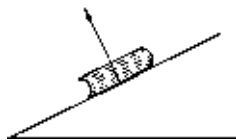


图 3-2-6



图 3-2-7

补充课堂检测题和参考解答

1. 关于弹力的产生,下列说法中正确的是()。

- A. 木块放在桌面上受到向上的弹力,是由于木块发生微小形变而产生的
- B. 木块放在桌面上受到向上的弹力,是由于桌面发生微小形变而产生的
- C. 挂在悬线下的物体受到向上的拉力,是由于悬线发生微小形变而产生的
- D. 挂在悬线下的物体受到向上的拉力,是由于物体发生微小形变而产生的

【解答】 B、C。

2. 如图 3-2-8 所示为一轻质弹簧的长度和弹力大小的关系,根据图像判断,正确的结论是()。

- A. 弹簧的劲度系数为 1 N/m
- B. 弹簧的劲度系数为 100 N/m
- C. 弹簧的原长为 6 cm
- D. 弹簧伸长 0.2 m 时,弹力的大小为 4 N

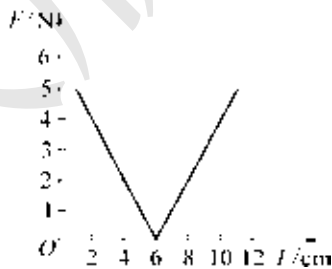


图 3-2-8

【解答】 B、C。弹簧处于原长时,弹簧的弹力应为 0,由此可知弹簧原长为 6 cm 。由图像可知:当拉长 2 cm 时,弹力为 2 N ,可得劲度系数为 100 N/m ,因此正确选项为 B、C。

3. 在弹性限度内对一根弹簧施加 30 N 的拉力时,其长为 20 cm ,对其施加 30 N 的压力时,其长为 14 cm ,试求该弹簧的自然长度和劲度系数。

【解答】 设弹簧的自然长度为 x_0 ,劲度系数为 k ,根据 $F=kx$, x 为弹簧伸长(或缩短)的长度,由此得 $30=k(20-x_0)$, $30=k(x_0-14)$,解此两方程即得 $x_0=17\text{ cm}$, $k=100\text{ N/m}$ 。

4. 如图 3-2-9 所示,一根弹性杆的一端固定在倾角为 30° 的斜面上,杆的另一端固定一个重为 2 N 的小球,小球处于静止状态,则弹性杆对小球的弹力()。

- A. 大小为 2 N ,方向平行于斜面向上
- B. 大小为 1 N ,方向平行于斜面向上
- C. 大小为 2 N ,方向垂直于斜面向上
- D. 大小为 2 N ,方向竖直向上

【解答】 D。

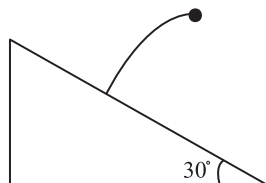


图 3-2-9

3.3 摩擦力

教学目标

(1) 知道滑动摩擦力产生的条件,会判断滑动摩擦力的方向。通过探究实验,得到滑动摩擦力的计算公式,掌握控制变量的科学研究方法。

(2) 知道静摩擦力产生的条件,会判断静摩擦力的方向,知道最大静摩擦力的概念。会用二力平衡条件判断静摩擦力的大小和方向。理解“相对”和“相对运动趋势的含义”。

(3) 知道生产和生活中增大摩擦和减小摩擦的实例,有将物理知识应用于生产和生活的意识,培养学生的科学态度与责任感。

教材说明

本节内容是在初中摩擦力知识的基础上的延伸和拓展。由于摩擦力问题的复杂性,且在具体问题中表现出“动中有静,静中有动”,尤其静摩擦力在许多情形下似乎又是“若有若无”,使得学生在学习过程中难以理解。因此教师要高度重视,在生活经验和课堂实验的双重引导下,让学生基于物理学的角度形成概念,真正理解并掌握摩擦力的规律。

教材对滑动摩擦力大小规律的探究要求较高,要求学生能够自己设计方案,选择器材,拟定步骤,完成探究活动,感受科学探究的一般方法,培养合作交流的意识。教材对静摩擦力的要求并不高,只需要学生了解静摩擦力,知道它具有会变化的特点,知道最大静摩擦力,会根据二力平衡条件计算静摩擦力。

本节内容通过探究实验和科学的推理,让学生深刻理解摩擦力产生的条件,知道影响摩擦力大小的因素及摩擦力的方向;让学生从具体的形象思维上升到抽象的逻辑思维,从定性分析上升到定量计算。

本节内容注重基于事实进行“推理”“论证”“概括”等科学思维和科学探究能力的培养,促进学生物理核心素养的发展。

本节的教学重点是滑动摩擦力大小的计算、方向的判断,静摩擦力的有无的判断及静摩擦力方向的判断;教学难点是静摩擦力有无的判断及静摩擦力方向的判断,尤其是静摩擦力产生的条件中相对运动趋势和相对运动趋势方向的判断。

教学建议

关于“滑动摩擦力”

首先,应该让学生感受到滑动摩擦的存在。其次,要通过实验让学生体会不同物体间滑动摩擦力的大小不同,从而激发学生思考“滑动摩擦力的大小跟哪些因素有关”。这部分的教学是初中物理关于摩擦力教学的深化。

在探究滑动摩擦力大小的规律中,教材的指导作用体现在三个问题上:

第一个问题要求学生明白这是一个多因数问题,应该采用控制变量法。

第二个问题跟实验装置有关。在水平面上做实验时,压力的大小等于物块所受的重力大小,因此,通过改变物块重力(或改变加在物块上的砝码数量)就可以很方便地改变压力。

第三个问题涉及数据的采集。根据二力平衡知识,物块沿水平面匀速滑动时,它受到的

摩擦力等于拉力,因此读出拉力,就可以得到摩擦力。

通过对以上三个问题的讨论,学生就能在头脑中勾勒出一幅运动图景,也就不难设计实验了。

上述探究实验中,木块必须做匀速直线运动,这个条件较难严格保证,我们可以用图3-3-1所示的实验装置规避这个问题。

先调节木板水平,用手拉木板向右运动,让木块相对桌子静止,弹簧测力计的示数为木板与木块间的滑动摩擦力的大小。改变砝码质量、木板的粗糙程度,多次实验得出相应规律。

这个实验装置还可以用来研究物体之间的滑动摩擦力大小与物体之间相对运动快慢有无关系。

滑动摩擦力方向的判断是一个教学难点。所谓“相对运动”,指的是两个物体分别以对方为参照物所表现出来的运动,而不是指相对地面或其他物体的运动,教学中可通过图3-3-2的小实验来说明:以较快的速度向右抽出A下方的B,A、B均向右运动,但B的位移比A的位移大,引导学生分析A、B间的滑动摩擦力,体会“相对运动”的含义。

滑动摩擦力是否一定作为阻力,认识上也是一个容易模糊的地方。结合上述小实验,同样有助于学生得以澄清。

教学中,可通过对一些具体问题的讨论,加深学生对上述两个问题的认识。例如:

图3-3-3中木块滑上固定的小车,木块相对于小车向右运动,小车阻碍木块相对它运动的滑动摩擦力方向向左,这个滑动摩擦力 f 显然是阻力。

图3-3-4中木块滑上可滑动的小车。开始时,木块相对于小车向右运动,小车阻碍木块相对它运动的滑动摩擦力 f_1 方向向左,小车相对木块向左运动,木块阻碍小车相对它运动的滑动摩擦力 f_2 方向向右。显然,这里 f_1 是阻力, f_2 是动力,但两者都阻碍着木块与小车之间的相对运动,直到木块与小车相对静止,一起滑动为止。

关于“思考与讨论”

不对。动摩擦因数由材料特性、表面状态决定,跟滑动摩擦力和压力无关。

关于“静摩擦力”

教材安排图3-3-2所示活动的目的,是使每个学生都亲身感受一下静摩擦力,其原因只需要简单解释。由于摩擦面的增加和对书页的压力逐渐加大,可使每本书受到的静摩擦力达到很大。

教材图3-3-3所示的活动应达到这样几个目的:使学生知道,当物体间出现相对滑动趋

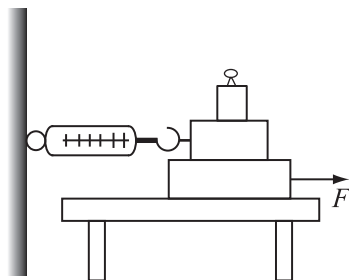


图 3-3-1



图 3-3-2



图 3-3-3

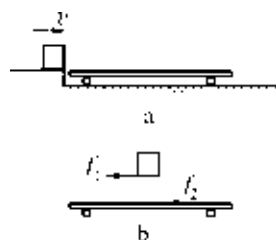


图 3-3-4

势时会产生静摩擦力;静摩擦力是一个变力;静摩擦力的大小和方向可根据二力平衡条件确定,它跟使物体产生相对滑动趋势的外力等值反向;静摩擦力的最大值的大小等于物体刚开始滑动时的拉力。

关于静摩擦力的方向,教材中明确了“它的方向跟相对滑动趋势方向相反始终阻碍着相对滑动趋势”。教学中,学生对“相对运动趋势”常常感到不好理解,可以用长毛刷显示静摩擦力的方向。如图 3-3-5 所示,两把长毛刷毛相对放置,用力 F 向右拉上面的毛刷,由图可得,上面毛刷受到的静摩擦力方向向左,下面毛刷受到的静摩擦力方向向右,逐渐增大 F ,毛的形变也加大,说明当外力增大时静摩擦力也增大。

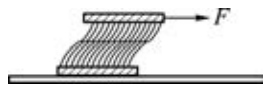


图 3-3-5

一般情况下,在分析物体所受的静摩擦力及其方向时,有时不是从分析有无相对运动趋势及方向来确定的,而是从物体所受其他力和物体的运动状态来判断的,因此,可为后面牛顿运动定律的教学埋下伏笔,教学中不要涉及过多、过难的情境。

关于“案例分析”

本节中的案例,可以看成是通过受力分析列式解题的入门教学。因此,从一开始就需要对学生提出严格要求。首先应该认清研究对象,进行受力分析并画出示意图。然后列式求解。通常应该先得出结果的文字表达式,统一单位后代入数值,得出最后结果。

例如,对第(1)小题,画出受力示意图如图 3-3-6 所示。根据初中物理学习的二力平衡条件知

$$F = f,$$

$$N = G,$$

$$f = \mu N,$$

又有

$$\text{所以水平拉力 } F = \mu_A G_A = 0.4 \times 20 \text{ N} = 8.0 \text{ N}.$$

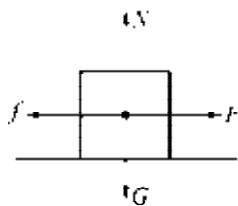


图 3-3-6

对第(2)小题,解法中渗透着整体法的思想。同时应该向学生强调,木块 A 与桌面之间的压力变化时,动摩擦因数不变。

对案例后的思考题,可以根据初中物理学过的力的作用效果、本节中摩擦力的产生条件等方面引导学生进行讨论,从而使学生认识到 A 与 B 之间的摩擦力等于零,即此时两个物体之间没有摩擦。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 当以 f 为纵坐标, N 为横坐标时, $f - N$ 图像的斜率表示接触面的动摩擦因数。

由于每个实验小组器材各异,各接触面的材料性质不同,因此各组 $f - N$ 图像的斜率也不应该相同。

2.【解答】

$$f_1 = F_1 = 10 \text{ N}.$$

$$f_{\max} = F_2 = 50 \text{ N}.$$

推动后的滑动摩擦力

$$f = F = 45 \text{ N}.$$

由

$$f = \mu N = \mu G,$$

得

$$\mu = \frac{f}{G} = \frac{45}{200} = 0.225。$$

3. 【解答】 A、B、C、D。由静摩擦力产生的条件可知,选项 A、B 错误。静摩擦力总是阻碍物体相对滑动的趋势,也可以推动物体运动,选项 C 错误。由于静摩擦力可在 $0 \sim F_{\max}$ 之间变化,只有最大静摩擦力才一定大于滑动摩擦力,选项 D 错误。

4. 【解答】 D。因为物体所受的重力作用线仍垂直落在桌面内,对桌面的压力大小仍为 $N = mg$,故滑动摩擦力大小 $f = \mu N = \mu mg$ 。

5. 【解答】 由于滑动摩擦力的大小跟相对运动的速度大小无关,用教材中的图 3-3-12 进行探究时,可不受匀速拉动条件的限制,且读数比较方便,实验的准确性会更高。

补充课堂检测题和参考解答

1. 如图 3-3-7 所示,在动摩擦因数为 $\mu = 0.1$ 的水平地面上向右运动的物体,质量为 20 kg 。物体在运动过程中,还受到一个水平向左、大小为 10 N 的拉力作用,则物体受到的滑动摩擦力为(g 取 10 m/s^2)()。

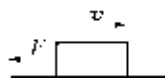


图 3-3-7

A. 10 N , 向右

B. 10 N , 向左

C. 20 N , 向右

D. 20 N , 向左

【解答】 D。提示:这个问题学生容易犯的错误是认为滑动摩擦力与物体受到的拉力 F 有关,从而选错答案。出现错误的原因是学生搞不清楚滑动摩擦力到底与物体受到的其他力有没有关系。

2. 如图 3-3-8 所示,物体 A 叠放在小车 B 上,小车置于水平面上,分下列几种情况判断物体 A 所受摩擦力的方向。

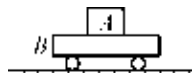


图 3-3-8

(1) A、B 一起以相同的速度向右匀速运动。

(2) A、B 原来静止,当小车 B 突然向右启动时,A、B 仍相对静止。

(3) A、B 原来一起向右匀速运动,当小车 B 突然制动时,A、B 仍相对静止。

【解答】 (1) 由于 A 匀速运动,如果受 B 对它向右的摩擦力的作用,则必有一个力去抵消这个摩擦力,但无论如何都找不到这个力,故 A 不受摩擦力的作用。

(2) A 受到的摩擦力方向向右。采用“假设法”分析,当小车 B 向右启动时,若 A、B 接触面光滑,则 A 将相对 B 向左运动,所以 A 有相对 B 向左运动的趋势,故 A 受到方向向右的静摩擦力作用。

(3) 因 A 相对小车有向右运动的趋势,故 A 受到的摩擦力方向向左。

3. 汽车的 ABS 系统(即防抱死系统),是防止制动时车轮停转的电脑控制系统,通过检测车轮的转动情况来随时自动调整制动的松紧程度,可以保证在紧急制动时车轮恰能在地面上滚动而不打滑。试从摩擦力的角度说明这一系统对制动效果的作用。

【解答】 ABS 系统使汽车在制动时靠最大静摩擦力来制动,而最大静摩擦力大于相同条件下的滑动摩擦力,所以,具有 ABS 系统的汽车制动性能更好。(需要说明的是,提高制动性能并不是 ABS 系统的主要功能,它的主要功能是在制动过程中控制行车的方向。)

3.4 分析物体的受力情况

教学目标

- (1) 初步掌握对物体进行受力分析的一般方法。通过分析论证加深对常见三种力的认识。
- (2) 能准确画出单一物体的受力示意图,培养学生的逻辑思维能力。
- (3) 通过对物体进行受力分析,体验“模型法”“隔离法”等物理研究问题的科学方法。

教材说明

物体受力情况的分析是前几节知识的综合。学生学习了三种力后,对如何分析物体受力比较陌生,尤其是对多个力的分析有困难,教材特地增加了这节内容,旨在帮助学生能顺利掌握这部分内容,为今后学习牛顿运动定律打下基础。

本节的编写思路是,先介绍受力分析的一般方法,然后根据对两个具体问题的分析,进一步引导学生体会对物体正确进行受力分析的基本步骤。

本节内容围绕如何对物体进行受力分析展开,注重“模型法”“隔离法”等物理方法的渗透,提升学生分析问题、解决问题的能力。

本节的教学重点是会根据力的产生条件判断物体的受力情况,画出受力示意图;教学难点是判断弹力、摩擦力的有无及其方向。

教学建议

关于“怎样对物体进行受力分析”

所谓受力分析,就是分析研究对象受到的力,而不是其他物体受到的力,也不是研究对象施出的力,所以必须先明确研究对象。研究对象通常是指某个物体或某个物体中的某一部分。在较复杂的问题中,常可以把研究对象从周围环境或整体中隔离出来,这是物理学中研究问题的一个重要方法。确定了研究对象,按照已知力、重力、弹力、摩擦力的顺序逐一研究对象所受的力,并画出受力的示意图。

对物体进行受力分析的要求:①明确研究对象;②将研究的受力对象“隔离”出来;③只分析“隔离”出来的研究对象所受的力;④学会略去一些次要因素。

关于“物体受力分析的实例”

关于案例1中拔河时运动员的受力示意图,可结合教材第70页的旁批向学生指出,这里把运动员简化为质点,即不考虑运动员的转动情况,因此可把各个力都画在重心上。

案例2中,对水平输送带上的物体的受力情况比较容易判断,它相当于教材第66页的图3-3-6两块叠放的物体,匀速移动时输送带与物体之间没有摩擦力。

输送带倾斜时,应该提请学生注意:虽然物体仍然随输送带匀速移动,但是它时有沿输送带下滑的趋势,因此输送带与物体之间有摩擦力。

当学生对这两种情况中物体的受力分析搞清楚以后,还可以把它们跟物体静止在水平

面上和斜面上的情况相“类比”(图 3-4-1),使学生对水平面上和斜面上物体的受力情况有一个初步的认识,为以后的进一步学习作铺垫。

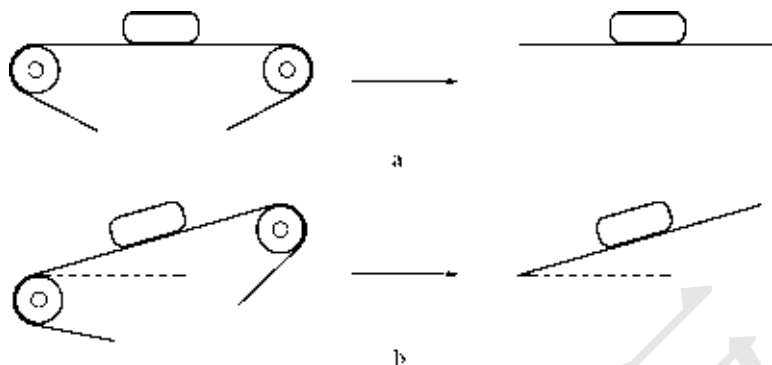


图 3-4-1

通过两个案例的分析后,可引导学生做好归纳总结:

(1) 正确进行受力分析的步骤:

① 明确研究对象。

② 找出关联物体。即找出与研究对象有联系的各个物体,才能确定研究对象可能受到哪几个力作用。

③ 按顺序进行受力分析。由易到难,循序分析。在实际问题中,往往某些力一眼就能看出来,比较容易确定,如已知的外界作用力、物体所受的重力等。而另一些力,如弹力或摩擦力等,由于形变难以察觉或相对运动方向不甚明显,常难以判断。因此,可选择容易判断的力为突破口,考察物体在它们的作用下对关联物可能产生的影响,从而依次确定其他各个力。

④ 防止“漏力”“添力”。牢记力不能脱离物体而存在。每一个力都有一个明确的施力者,如找不出施力者,意味着这个力不存在。通常受力分析是根据力的性质确定研究对象所受到的力,不能根据力的性质指出某个力后又从力的命名重复这个力。

必须注意,在一些较复杂的问题中,受力分析不能孤立地进行,往往要根据研究对象的运动状态,结合相应的物理规律,才能最后作出正确的判断。

关于“思考与讨论”

为纠正学生的这个错误认识,可以联系前面的归纳总结,再次强调:①受力分析是根据力的性质确定研究对象受到的力,不能再从力的命名重复分析;②所谓“下滑力”,仅是人们对重力沿斜面向下分力的一个通俗的称呼,这在以后学习《力的分解》会对“下滑力”有进一步的认识。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1. 【解答】 桌子受到四个力的作用:重力,竖直向下;地面弹力,竖直向上;水平推力,沿

推动方向;地面摩擦力,与推力方向相反。

2.【解答】 磁性元件受到四个力的作用:重力 G 、磁力 F 、黑板弹力 N 、黑板静摩擦力 f ,如图 3-4-2 所示。

3.【解答】 铅笔受到重力、两个手指的压力(弹力)、两个手指的摩擦力,如图 3-4-3 所示。

4.【解答】 A 物体受到四个力的作用:重力 G_A 、绳子拉力 T_A 、地面给它的支持力 N_A 和静摩擦力 f ,如图 3-4-4 所示。 B 物体受到两个力的作用:重力 G_B 、绳子拉力 T_B ,如图 3-4-5 所示。

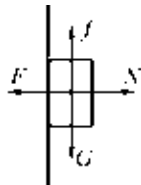


图 3-4-2

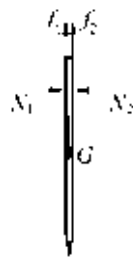


图 3-4-3

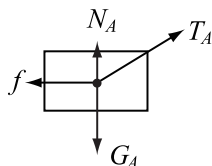


图 3-4-4



图 3-4-5

补充课堂检测题和参考解答

1. 如图 3-4-6 所示,细绳竖直拉紧,小球与光滑斜面接触,则小球受到的力是()。

- A. 重力、绳的拉力
- B. 重力、绳的拉力、斜面的弹力
- C. 重力、斜面的弹力
- D. 绳的拉力、斜面的弹力

【解答】 A。

2. 如图 3-4-7 所示,质量均为 m 的 A 、 B 两个物体被水平力 F 挤压在墙上处于静止状态,画出 A 、 B 两个物体受到的力。

【解答】 先分析 B 物体受到的力(图 3-4-8),再分析 A 物体受到的力(图 3-4-9)。



图 3-4-8



图 3-4-9

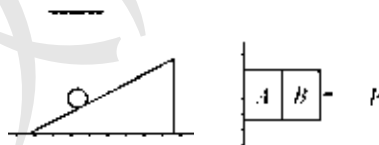


图 3-4-6

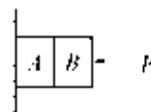


图 3-4-7

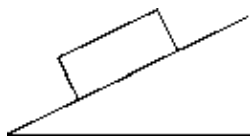


图 3-4-10

3. 如图 3-4-10 所示,一个物体静止在斜面上,试分析它所受的各个力。

【解答】 物体所受的力有:竖直向下的重力、垂直于斜面向上的支持力、平行于斜面向上的静摩擦力。

4. 上题中,对物体施加一个与斜面平行向上的拉力,该力从 0 开始逐渐增大,但仍使物体保持静止。分析这一过程中物体所受摩擦力的变化情况。

【解答】 当拉力逐渐增大时,物体向下滑动的趋势变小,所以静摩擦力也变小,直到消失;当拉力继续增大时,物体有向上运动的趋势,所受的静摩擦力沿斜面向下并逐渐增大。

3.5 怎样求合力

教学目标

- (1) 知道合力、分力的概念,领悟“等效替代”解决问题的思维方法。
- (2) 通过探究实验,观察、概括出平行四边形定则。让学生经历实验探究过程,基于事实进行概括归纳,培养学生科学探究的素养。
- (3) 知道矢量与标量的概念,知道平行四边形定则是矢量运算的普遍法则。
- (4) 知道共点力的概念,会用力的图示及直角三角形的知识求共点力的合力。

教材说明

本节教材的核心内容是合力、分力及平行四边形定则。合力和分力的概念是从斜拉桥钢索中拉力的作用效果入手,并结合“等效替代”的思维方法建立的。“等效替代”是高中学生学习物理知识时常用的一种思维方法,学生在初中学习时已经接触过,如总电阻与串并联电阻的等效替代等。在“探究两个互成角度的力的合成规律”实验中,教材提出一连串的问题,引导学生边做边想,让他们在主动探索的同时掌握知识、了解科学研究的基本环节,并通过如“这个实验的依据是什么”等一连串的问题,引发、鼓励学生讨论,让学生主动思索,培养学生猜想、观察、推理、论证、概括的探究能力。教材通过“思考与讨论”“案例分析”中各种形式的问题介绍了求力的图示法和计算法,并且把力的合成与日常生活中的实例紧密联系起来,引导学生在熟悉的情境中构建物理规律,让学生了解物理来源于生活又服务于生活,增强社会责任感。在“STSE”中,又一次介绍了斜拉桥,既与引言相呼应,又拓展了学生的视野。

本节内容注重学生“等效替代”“科学探究”、真实情境中构建物理模型、由特殊到一般等科学思维的渗透,促进生物理学科核心素养的发展。

本节的教学重点是力的合成、平行四边形定则及其简单应用;教学难点是从实验中发现平行四边形定则。

教学建议

关于“合力与分力”

“等效替代”是物理学习中常用的一种思维方法。教学中,可从学生身边的事例,或从学生已熟悉的串、并联电阻等引入等效替代思想。如:百元大钞与100个1元小钞的等效替代;几个小砝码与一个大砝码的等效替代(图3-5-1);著名的曹冲称象故事中一头大象与许多石块总重的等效替代等。通过这些事例,让学生感受到等效替代的普遍意义,并在客观事实的基础上引出合力和分力的概念。

从等效观点引入合力概念可以有两种实验思路。

- ① 根据力产生的作用效果说明“等效”,方法见教材。
- ② 利用平衡力说明“等效”,演示方法如图3-5-2所示。先如图3-5-2a所

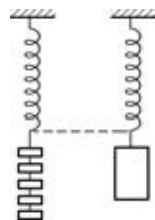


图 3-5-1

示,当整个装置平衡时,记下结点 O 的位置和 F_1 、 F_2 的大小及方向,再如图 3-5-2b 所示换用弹簧测力计拉重物 G ,使结点仍在 O 处时整个装置处于平衡状态,则弹簧测力计对 O 点的拉力 F_3 与 F_1 、 F_2 同时作用的力等效(都与物重 G 平衡),即 F_3 就是 F_1 与 F_2 的合力。

教学中要注意,在力的合成中,分力是实际存在的,每一个分力都有对应的施力物体;而合力虽然有实际意义,但是是个假想的力,合力没有与之对应的施力物体。

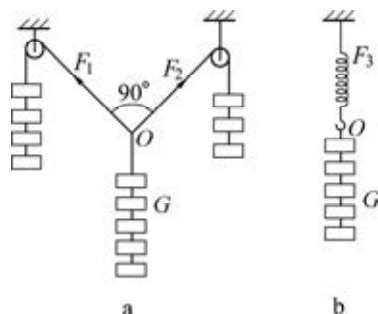


图 3-5-2

关于“用平行四边形定则求合力”

(1) “探究两个互成角度的力的合成规律”是学生必做实验。

本节教学可采用实验为基础的讨论式方法。平行四边形定则是根据力的作用效果从实验中得到的,无法通过演绎推理得出。教学中要引导学生做好实验,让学生信服。教学中可作如下安排:由“等效替代”明确了合力、分力的概念,知道了共点力后,直接提出问题:“合力与分力之间有什么关系?”让学生大胆猜想与假设,并把想法一一记录下来。接着可追问:“如何验证你的想法?”让学生以小组为单位,共同讨论,制订计划,设计实验,寻找规律。教学中,引导学生先按教材中图 3-5-4 的方法进行实验,让学生用力的图示法画出合力、分力。当学生从实验中发现合力并不等于分力的代数和时,可引导学生在描述实验结果的力的图示中进一步寻找答案。在得出对称情况下拉动时的平行四边形定则后,再过渡到一般情况。同时应该指出,我们必须用进一步多次精确实验来检验猜想是否正确,并说明“实验的误差是不可避免的”。让学生在经过自己探索获得知识的同时,更能提高学习物理的兴趣和培养严谨的科学态度。

如果有条件,“验证两个互成角度的力的合成规律”的演示实验可采用课程资源介绍的 DIS 实验系统进行。

(2) 教材中关于平行四边形定则的实验探究,遵循着从特殊到一般的认识规律。实际操作中,由于拉动两侧的弹簧测力计时不容易保持严格的对称,即两侧的弹簧测力计的拉力方向跟标记线之间的夹角不容易保持相等。因此,在实际教学中进行这个实验探究时,也可以改用从一般到特殊的认识规律,把教材中的实验变动一下。先找出两侧的弹簧测力计的拉力方向跟标记线之间的夹角不相等时合力的规律,再推理到教材中的特殊情况。

(3) 实验步骤:

- ① 在桌子上平放一块木板,在木板上铺上一张白纸,用图钉把白纸固定好。
- ② 用图钉把橡皮筋的一端固定在板上的 A 点(A 点的位置应该靠近顶端中点),在橡皮筋的另一端拴上两条细绳,细绳的另外一端各系成一个绳套。
- ③ 用两个弹簧测力计分别钩住绳套,互成角度地拉橡皮筋,使橡皮筋伸长,结点达到某一位置 O 点。
- ④ 用铅笔记下 O 点的位置和两条细绳的方向,分别读出两个弹簧测力计的示数(在同一条条件下)。
- ⑤ 用铅笔和三角板在白纸上从 O 点沿着两条细绳的方向画直线,按照一定的标度作

出两个力 F_1 和 F_2 的图示。

⑥ 只用一个弹簧测力计,通过细绳把橡皮筋的结点拉到相同的位置 O 点,读出弹簧测力计的示数 F ,记下细绳的方向,按与作 F_1 、 F_2 时一样的标度作出这个力 F 的图示。

⑦ 探究 F_1 、 F_2 、 F 这三个力的大小及方向的关系。

(4) 注意事项。

① 首先检查不受拉力时弹簧测力计的指针是否指在零刻度线上,如果指针不指在零刻度线上,应调节顶端的螺母或上下拉动弹簧测力计面板,使指针指在零刻度线上。

② 同一实验中两个弹簧测力计的选取:将两个弹簧测力计钩好后对拉应该选用示数相同的两个。若不同,应另换,直至相同为止。

③ 使用弹簧测力计的时候,弹簧测力计的面板应与木板的板面平行,橡皮筋、细绳所在的平面与木板的板面平行,为此应使橡皮筋固定端离板面的高度与弹簧测力计挂钩的高度相等。

④ 尽可能不要使弹簧测力计的弹簧、指针、拉杆与刻度板或限位卡发生摩擦。

⑤ 描绘结点的位置和细绳的方向应力求准确。画图时,拉力的方向一定要沿着弹簧测力计的中轴线方向,拉力的大小应该在统一的标度下按比例用有向线段的长度表示。尽量把图画得大一些(但不要太大而画出纸外)。画出平行四边形后,同样以对角线的方向表示合力的方向,以对角线的长度按比例表示合力的大小。

⑥ 本实验中,一般情况下, F 与 F' 大小的误差不要超过 5%,方向偏差不要超过 5° 。

⑦ 处理实验数据时,除了按比例在纸上画出力的矢量图外,如果有条件,可以用计算机软件作出更准确的图形。

关于“矢量和标量”

对矢量的概念,应该使学生明确,矢量不仅有大小和方向,而且必须能按平行四边形定则进行合成。例如,电流虽有大小和方向,但并不遵守平行四边形定则,电流不是矢量。

关于矢量的合成,还可以从“加法”的意义上向学生指出已经学到了三种不同的加法:算术加法(小学只有正数的加法);代数加法(初中有正负的加法);几何加法,也就是矢量的加法(用平行四边形定则的加法)。

由于学生第一次接触矢量运算,对平行四边形定则理解不深,容易按他们熟悉的标量运算规律来想问题。例如,认为合力一定大于分力或至少大于其中一个分力;求合力时也容易忘求合力的方向等。对此,在强调矢量加减特点的同时还可借助模拟平行四边形定则的教具,形象地引导学生去发现两个分力大小一定时,合力如何随两个分力间夹角的增大而减小的规律。对于两个分力在一直线上的合成,可以看成是平行四边形定则的特例。

教具的结构如图 3-5-3 所示。活动的四边形和对角线用木条制成,把两个邻边和对角线等分成小格,相间地涂上不同的颜色。四边形的四角各穿过一个螺钉作为活动转轴;在对角线的上端套入一个可滑动的箭头 A (金属片制成),其下面与成夹角的邻边的转轴连在一起。该演示器可以模拟说明分力间的夹角从 0° 到 180° 逐渐变化时合力的大小和方向的变化情况。

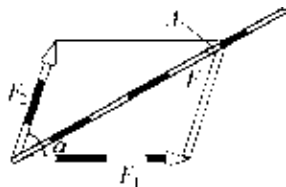


图 3-5-3

关于“案例分析”

教材编写此案例是为了明确求共点力合成的两个基本方法：图解法和计算法。在教学中引导学生比较两种方法的特点（图解法直观、简单，但不够精确；计算法精确，但比较麻烦）。

用计算法求合力，只要求用直角三角形知识。教学中可适当扩展到两个大小相等的或任意夹角的共点力的合成，如图 3-5-4 所示。由于画出的平行四边形实际是菱形，其对角线互相垂直平分，取菱形的 $\frac{1}{4}$ 部分，就转化为一个解直角三角形的问题。

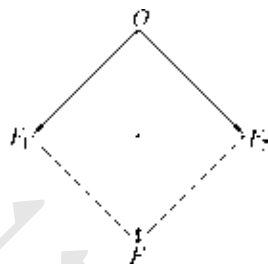


图 3-5-4

必须提请学生注意：在力的平行四边形中，各边长应按同样比例表示力的大小。因此，取菱形的 $\frac{1}{4}$ 部分考虑时，直角边为原对角线长的一半，它所表示的力的大小也减半。

关于“思考与讨论”

问题 1 解答：不正确。把对角线长的一半误认为合力。

问题 2 解答：不会得出不同的结果。因为在平行四边形定则中，各边长按比例表示力的大小，所以与画出平行四边形的大小无关。

根据学生的实际情况可补充如下内容：

① 力的多边形法则。

如果物体受到几个力的合力为零，那么这几个力按照力的图示首尾相接，可以组成一个封闭的矢量多边形。例如，三个共点力 F_1 、 F_2 、 F_3 ，若合力为零，则组成如图 3-5-5 所示的封闭三角形。

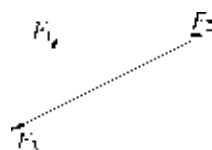


图 3-5-5

② 多个力的合力范围的求解方法。

一般来说，根据合力大小的取值范围： $|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$ ，先求出两个力的合力范围，再求这个合力与第三个力的合力范围，依次做下去，便可求出几个力的合力范围。

物体不受力是指物体不受任何外力的作用。这是一种理想化的状态，在自然界中找不到不受外力作用的物体。

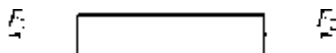


图 3-5-6

合力为零是指物体虽然受到力，但是力不会改变物体的运动状态，也无法找到跟它等效的某一个力。如图 3-5-6 所示，物体受 F_1 、 F_2 两个力作用，当这两个力等值反向时，它们的合力为零，物体将保持静止或匀速直线运动状态。但它与不受力不同，因为物体会发生伸长形变，也无法找到与 F_1 、 F_2 的作用等效的一个力。

力的矢量和为零是指把力作为矢量，这些力可能不共点，甚至可以是作用在几个物体上的力，我们仍依矢量相加的运算得到结果为零。如图 3-5-7 所示，作用在一个绕固定轴转动的圆盘上的两个力 F_1 、 F_2 ，若大小相等、方向相反，则它们的矢量和为零，此时同样找不到一个合力跟它们等效。

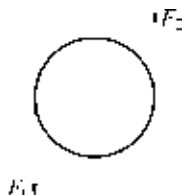


图 3-5-7

只有当研究对象只有一个，且物体可以视为质点时，“合力”和“力的矢

量和”才等价。

关于“STSE”的教学,可引导学生在图书馆、阅览室、互联网上搜寻相关资料或实地考察各种桥梁,以图片、照片、科普小论文的形式在课堂上或主题海报的形式相互交流。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1. 【解答】 重力是矢量。时间、体积、质量、密度、功都是标量。
2. 【解答】 如图 3-5-8 所示,可在电线杆的两侧装两根钢索,它们对电线杆形成竖直向下的压力,同时又不容易被风吹向某一方向。
3. 【解答】 E。
4. 【解答】 D。提示:根据合力的变化范围 $|F_1 - F_2| \leq F \leq |F_1 + F_2|$, 3 N 和 4 N 的合力 F 的大小范围为: $1 \text{ N} \leq F \leq 7 \text{ N}$ 。

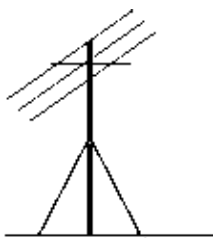


图 3-5-8

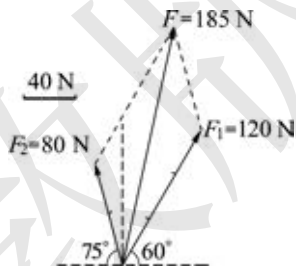


图 3-5-9

5. 【解答】 设 $F_1 = F_2 = f$, 当两个力的夹角为 90° 时,

$$F^2 = F_1^2 + F_2^2 = 2f^2, \quad f = \frac{\sqrt{2}}{2} F,$$

当两个力的夹角为 120° 时,合力的大小与分力的大小相等,即 $F' = f = \frac{\sqrt{2}}{2} F$ 。

6. 【解答】 如图 3-5-9 所示。

补充课堂检测题和参考解答

1. 已知 $F_1 = 5 \text{ N}$, $F_2 = 4 \text{ N}$, F_1 与 F_2 之间的夹角为 90° 。试分别用作图法和计算法求出这两个力的合力。

【解答】 (1) 作图法。如图 3-5-10 所示,若用 1 cm 表示 1 N,作出力的合成的平行四边形,则量得对角线的长度为 6.4 cm,所以,合力大小为 $F = 1 \times 6.4 \text{ N} = 6.4 \text{ N}$ 。

- (2) 计算法。由于两个力互相垂直,由勾股定理得

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{5^2 + 4^2} \text{ N} \\ &= 6.4 \text{ N}. \end{aligned}$$

2. 两个共点力的大小分别为 3 N 和 4 N,试作出两力夹角分别为 30° 、 60° 、 90° 、 120° 和 150° 时两力合力的平行四边形,总结合力变化的规律,并说出当夹角分别为 0° 和 180° 时合力的大小。

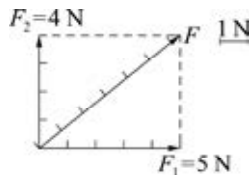


图 3-5-10

【解答】 由图 3-5-11 可知,随着夹角的增大,合力减小。当夹角为 0° 时,合力为 7 N;夹角为 180° 时,合力为 1 N。

3. “探究力的平行四边形定则”的实验装置如图 3-5-12 甲所示,橡皮筋的一端固定在 A 点, O 为橡皮筋与细绳的结点, OB 和 OC 为细绳。图 3-5-12 乙所示的是在白纸上根据实验结果画出的力的图示。

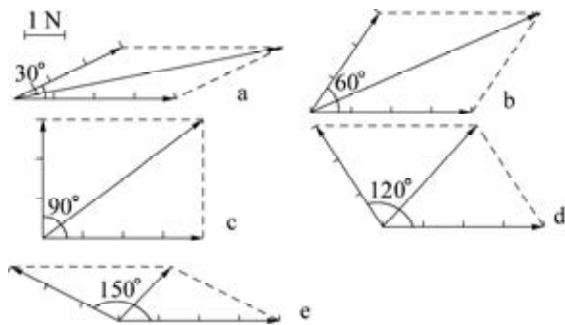


图 3-5-11

(1) 图乙中 _____ 是力 F_1 和 F_2 合力的理论值, _____ 是力 F_1 和 F_2 合力的实际测量值, _____ 一定沿 AO 方向(均选填“F”或“F’”)。

(2) 关于本实验的注意事项,下列说法中正确的是 _____。

- A. 两细绳之间的夹角越大越好
- B. 弹簧的轴线应与细绳在同一直线上
- C. 细绳、弹簧测力计的面板应与木板板面平行
- D. 弹簧测力计使用前应调零

【解答】 (1) F、F’、F’; (2) B、C、D。

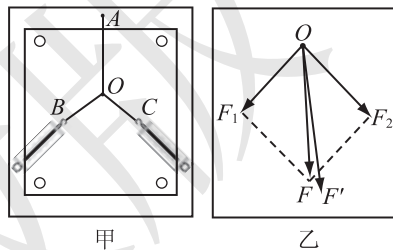


图 3-5-12

3.6 怎样分解力

教学目标

(1) 通过实验,了解力的分解。知道力的分解是力的合成的逆运算。领悟“等效替代”的思维方法。

(2) 会根据实际需要对力进行分解,会用平行四边形定则作图并计算分力。培养运用数学工具解决物理问题的能力。

(3) 了解力的分解具有唯一性的条件,加深对力的分解有多种可能性的认识。

(4) 会用力的分解分析生活生产中的问题,体会物理模型建构的思想和方法,促进学生科学思维的发展。

教材说明

本节教材从生活实例斜拉桥入手,通过简化分析一根钢索的受力情况,让学生经历基于事实建构物理模型的抽象过程。再结合学生实验感受力的作用,由于利用了学生身边随手可得的器材,人人动手,使学生真切地感受到悬挂物体竖直向下的重力所形成的两个方向力的作用:一个是沿绳子方向向下的力,另一个是沿杆子方向挤压手心的力。也可以换个角度思考:对斜向细线来说,它产生了竖直向上和水平向右的两个作用(如图 3-6-1 所示),从而跟斜拉桥钢索拉力的作用相对应。

教材利用图示让学生了解力的分解有多种可能性,让学生在多个真实情境中概括事物的共同属性,抽象事物的本质特征,总结出按实际需要分解力的方法。

教材介绍了物理学常用的正交分解法。教材利用“多学一点”栏目让学生了解可以利用平衡和正弦定理进行力的合成与分解,培养学生运用数学工具解决物理问题的能力。

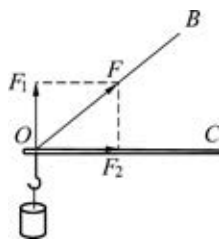


图 3-6-1

本节教材与传统教材不同的是把生活中的真实情境呈现在学生面前,让学生通过简化、建模,体会力的分解过程中的科学思维方法,促进学生物理核心素养的发展。

本节的教学重点是掌握力的分解;教学难点是分力方向的确定及力的分解的唯一性条件。

教学建议

关于“钢索拉力的效果”

教材设计了结合斜拉桥实例的讨论式教学方法,让学生从具体的实例中认识力的作用,再由浅至深过渡到抽象分析。

许多实际问题求悬挂物产生的力的作用时,常需对悬绳的拉力进行分解,如图 3-6-2 所示。本节只需学生对此有初步的认识,等学过共点力的平衡条件后,可以再作进一步分析。

教学中要重视学生的亲自感受,可结合图 3-6-3 的实验,让每一个学生都亲身感受一下:用不同长度的细线和铅笔组成不同形状的三角支架,即可感受到手指受到的是拉力,又可感受到铅笔受到的是压力。

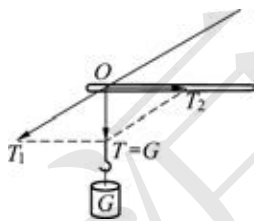


图 3-6-2

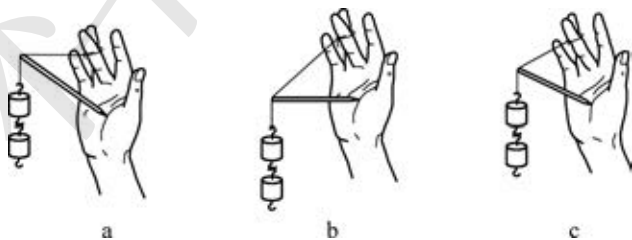


图 3-6-3

关于“力的分解”

这部分的教学重点应侧重于分力方向的确定,画出力的平行四边形。学生会对如何确定分力的方向有困难。为帮助学生理解可采用以下实验:

① 台秤实验。

如图 3-6-4 所示,将一个物体放在台秤上,让学生注意指针的位置即台秤的示数,然后在物体上作用一个水平拉力,再使拉力的方向从水平方向缓缓向上偏转,可以看到台秤的示数逐渐减小,说明拉力有竖直向上提物体的作用。

② 海绵实验。

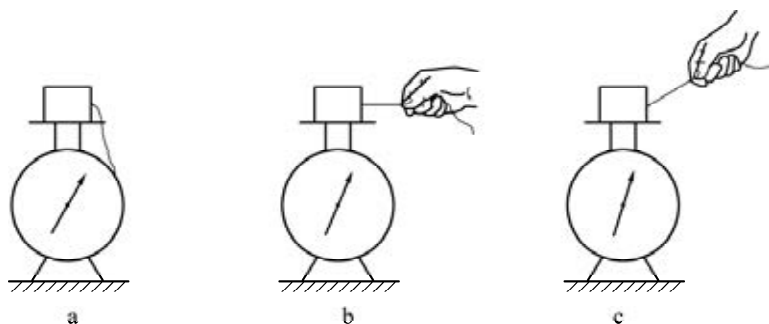


图 3-6-4

如图 3-6-5 所示,在 A 、 B 两块挡板和圆柱体之间垫上海绵,从海绵的形变情况可以粗略地判断圆柱体所受的重力 G 产生的两个作用:垂直压向 A 板的分力 F_1 和垂直压向 B 板的分力 F_2 。

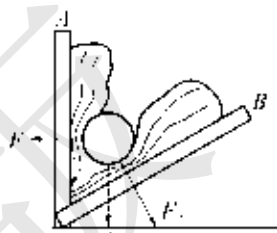


图 3-6-5

③ 薄木片实验。

利用一条薄木片、一根细橡皮筋和一块木块进行实验,可以帮助学生理解物体所受的重力沿斜面和垂直于斜面方向产生的力的作用。如图 3-6-6 所示,当薄木片水平放置时,薄木片的弯曲形变最大,橡皮筋不伸长;当薄木片倾斜放置且与水平面的夹角增大时,薄木片的弯曲形变减小,橡皮筋的伸长量变大;当薄木片呈竖直状态时,薄木片不发生弯曲形变,橡皮筋的伸长量最大。

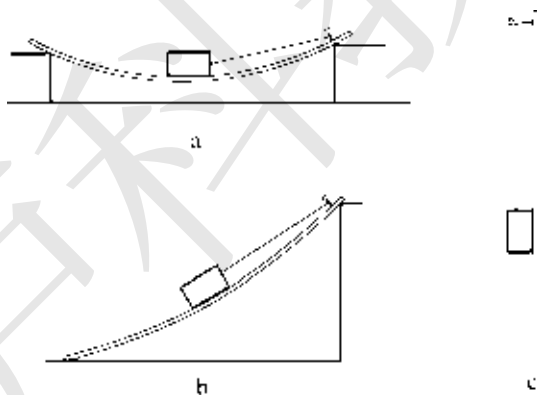


图 3-6-6

教学中可以选择图 3-6-7 中的典型问题进行分析。

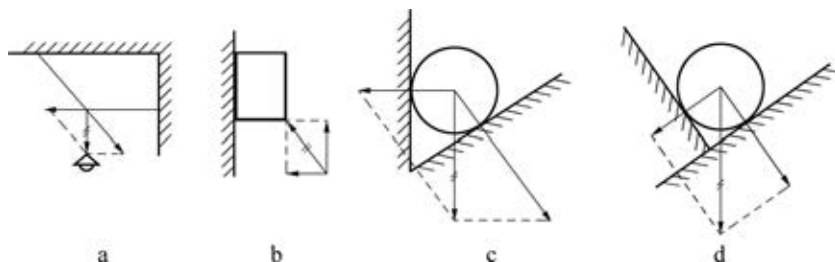


图 3-6-7

教学中,应该强调合力和它的分力的等效替代关系。有的学生认为,斜面上的物体所受的重力沿垂直斜面方向的分力就是物体对斜面的压力,要注意纠正这种错误认识。有的学生还把分力作为分析物体受力时物体实际受到的力,应该强调力和被分解的力是等效替代关系,分析时两者只能取其一。

关于“正交分解法”的教学。把一个力分解到两个互相垂直的坐标轴上的方法,称为正交分解法。力的正交分解法作为平行四边形定则的一个特例已包含在教材中。

如图 3-6-8 所示,设有两个共点力 F_1 、 F_2 ,为了求它们的合力,可以通过 O 点取一正交坐标系 xOy 。设 F_1 、 F_2 与 x 轴的夹角分别为 α 、 β ,它们在 x 轴、 y 轴上的分力可表示为

$$F_{1x} = F_1 \cos \alpha, F_{1y} = F_1 \sin \alpha, F_{2x} = F_2 \cos \beta, F_{2y} = F_2 \sin \beta。$$

这两个力在 x 轴、 y 轴上的合力分别为 F_x 、 F_y ,则

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} = F_1 \cos \alpha + F_2 \cos \beta,$$

$$F_y = F_{1y} + F_{2y} = F_1 \sin \alpha + F_2 \sin \beta。$$

这样,最终的合力大小为 $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$ 。

使用正交分解法时必须注意:

- ① 分清每个分力的正、负,分力与坐标轴正方向相同的,取为正值;反之,取为负值。
- ② 正交坐标系的选取是任意的,其原则是应使每个力易分解,最终结果与坐标系的选取无关。为了解题方便,往往把一根坐标轴沿一个力的方向取,这样这个力就不必再分解了。

关于“力的分解的唯一性条件”的教学。由于同一条对角线可以作出无数个不同的平行四边形,因此,条件不明确时分力会有不确定值。在实际问题中,下列情况的分力是唯一确定的:

- ① 已知两个分力的方向。
- ② 已知一个分力的大小和方向。
- ③ 已知一个分力的大小和另一个分力的方向。

其中,第③种条件还可分不同情况。如图 3-6-9 所示,已知力 F 的分力 F_2 的大小及另一个分力 F_1 的方向(设 F_1 与 F 成 θ 角):

当 $F_2 > F \sin \theta$ 时,有两解,如图中 F_1 、 F'_1 ;

当 $F_2 = F \sin \theta$ 时,只有一解;

当 $F_2 < F \sin \theta$ 时,无解。

在教学中为丰富学生视野,还可解以下拓展:

- ① 一个用小力产生大力的实例。

汽车陷入泥坑中后,驾驶员一个人能把它拉出来吗?如果车上有一根结实的长绳,离车不远处有一棵大树(或牢固的桩),驾驶员可以采用“小力产生大力”的办法拉出汽车。

如图 3-6-10 所示,把长绳紧紧地拉在车与大树之间,然后在绳的中点横向拉绳,就可以对汽车产生很大的拉力。其原因如下:

横向施力 F 后,沿绳子方向产生的分力设为 F_1 、 F_2 ,由对称性知, $F_1 = F_2$,画出的平行四边形为菱形,如图 3-6-11 所示。由相似三角形知识得

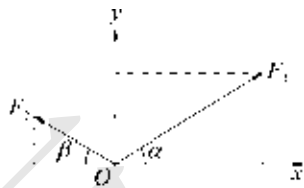


图 3-6-8

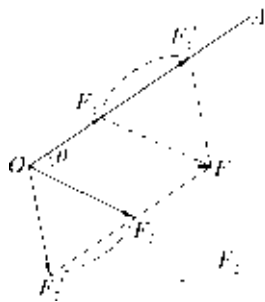


图 3-6-9



图 3-6-10



图 3-6-11

$$\frac{F_1}{F} = \frac{AO'}{OO'}$$

则

$$F_1 = \frac{AO'}{OO'} F$$

当绳子较长,绷得足够紧时,施力 F 后使 O 点拉过的距离 OO' 极小,即比值 $\frac{AO'}{OO'}$ 很大,因此形成对汽车的拉力 F_1 会很大。绷紧的链条或琴弦,受到横向推力时容易断裂,就是这个道理。

② 逆风使帆的奥秘。

逆风能使帆,这也是力分解的神奇作用。

如图 3-6-12 所示,把帆面张在航向(船头指向)和风向之间,因风对帆面的压力 F 垂直帆面,它会形成两个分力 F_1 、 F_2 。其中 F_2 垂直船轴(“龙骨”),会被水很大的横向阻力平衡; F_1 就可作为使船前进的动力。

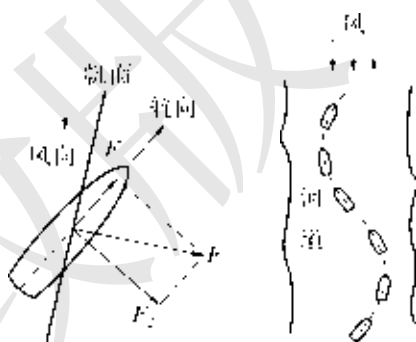


图 3-6-12

图 3-6-13

聪明的舵手,遇到逆风时采用走“之”字形的航线,同样可以借助风力航行(图 3-6-13)。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】教材图 3-6-5a 中,垂直斜面的分力 F_2 仅是数值上等于物体对斜面的压力 N ,不能说它就是物体对斜面的压力。

2.【解答】教材图 3-6-10 中左图的斜杆、中图的水平杆、右图中左边的杆子,它们都可以用绳子代替。

因为鸟笼悬绳的拉力所产生的效果分别如图 3-6-14a、b、c 所示,上述这些杆子都受到拉力作用,所以可用绳子代替。

3.【解答】牵引汽车向前的力是牙齿拉力的水平分力,其大小为

$$F_1 = F \cos 30^\circ = 1900 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ N} = 1645 \text{ N}.$$

4.【解答】同一根绳子中,各处受到的力相同,均为

$$T = mg = 5 \times 9.8 \text{ N} = 49 \text{ N}.$$

对这位同学脚的水平牵引力为

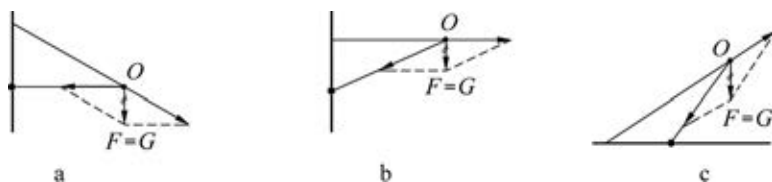


图 3-6-14

$$F_x = T + T \cos 30^\circ = T(1 + \cos 30^\circ) = 49 \times (1 + 0.87) \text{ N} = 91.6 \text{ N}.$$

这个牵线装置作用于脚和腿总的向上的力为

$$F_y = T + T \sin 30^\circ = T(1 + \sin 30^\circ) = 49 \times (1 + 0.5) \text{ N} = 73.5 \text{ N}.$$

5. 【解答】 (1) 风吹向帆面时对帆面的压力如图 3-6-12 中的 F 所示。(2) 风对帆面的压力可以分解成沿着航向的分力 F_1 和垂直航向的分力 F_2 。其中, 分力 F_2 会被水很大的横向阻力平衡, F_1 就可作为使船前进的动力。所以, 有经验的艄工借助逆风也能使帆船前进。

说明: 题目中老师说的“一定条件”, 指的是帆面应该有合适的位置(需要把帆面张在航向与风向之间, 如图 3-6-12 所示), 同时, 实际操作中需要走“之”字形的航线, 如图 3-6-13 所示。

补充课堂检测题和参考解答

1. 在图 3-6-15a、b 中, 已知合力 F 和两个分力的方向(在虚线上), 作出各图中的分力。



图 3-6-15

【解答】 如图 3-6-16a、b 所示。

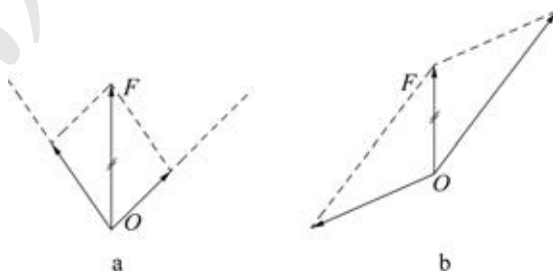


图 3-6-16

2. (1) 如图 3-6-17 所示, 已知合力 F 和一个分力 F_1 , 作出另一个分力 F_2 。

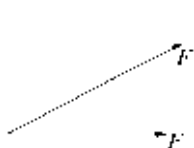


图 3-6-17

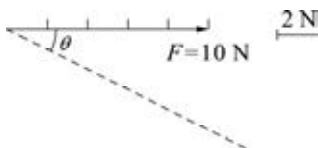


图 3-6-18

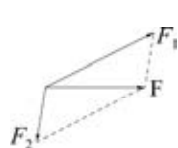


图 3-6-19

(2) 如图 3-6-18 所示,已知合力 $F=10\text{ N}$,一个分力 F_1 的大小为 8 N ,方向未知;另一个分力 F_2 的方向在图示虚线上,试作出 F_2 。思考:如果 $F_1 \leq F \sin \theta$,结果如何?

【解答】(1) 如图 3-6-19 所示。

(2) 由图 3-6-20 可知,本题有两个解。

当 $F_1 = F \sin \theta$ 时,结果只有一种可能,即只有一个解,这时两个分力垂直;当 $F_1 < F \sin \theta$ 时,本题无解。

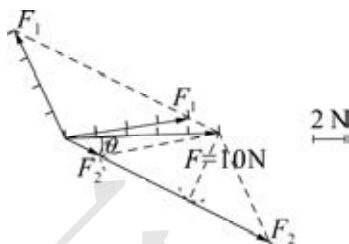


图 3-6-20

3.7 共点力的平衡及其应用

教学目标

- (1) 知道什么是平衡状态,知道共点力的平衡条件。
- (2) 会用共点力平衡的条件解决平衡问题,培养学生分析问题、解决问题的能力。
- (3) 能用共点力的平衡条件分析生产生活中的问题,培养学生的科学态度、社会实践意识和社会责任感。

教材说明

本节教材内容丰富,对学生的能力要求较高,对学生在思维层次上的要求更高。本节教材综合了前面学习的力及力的合成与分解的相关内容,由“生活离不开平衡”入手,列举了生活中的平衡现象,让学生感受物理源于生活,认识到物理规律对解决生活问题的作用。通过本节的学习,能使學生初步学会研究力学问题的方法,为进一步研究动力学问题打好基础。

本节内容与传统教材不同的是:在“从二力平衡到共点力平衡”一节中,改变了以往教材的模式,再次让学生动手探索,先研究其中某两个力的合力跟第三个力的关系,然后找出三个共点力平衡时满足的条件,在实验探究的基础上,引导学生自己完成分析论证,得出共点力平衡的条件。

本节内容通过实验探究和生活实例,循序渐进,步步深入,使学生树立将生活情境与物理知识相联系的意识,让学生在掌握知识的同时,领悟科学的本质,培养科学探究的能力,提升学生的思维能力。

本节的教学重点是共点力的平衡条件;教学难点是共点力平衡条件的应用。

教学建议

关于“生活离不开平衡”

关于平衡状态的定义,实际上还应该包括“匀速转动”状态,教材中简化为“如果物体保

持静止或者做匀速直线运动,在物理学上就称物体处于平衡状态”。

在平衡的这个简化定义中隐含着一个深刻的道理:静止和做匀速直线运动在物理学上具有等价性。物体保持静止或做匀速直线运动,称为处于平衡状态。处于平衡状态的物体加速度一定等于零,这是平衡的基本物理特征,但其运动速度可以不等于零。例如:跳伞运动员张伞后匀速下降($v \neq 0$),处于平衡状态($a = 0$)。今后,通过对相关平衡问题的研究,应使学生对此形成更深刻的认识。

关于“从二力平衡到共点力平衡”

(1) 本节的实验探究以小环为研究对象,找出两个力的合力跟第三个力的关系。实验中,三个测力计的拉力应在同一平面内,分别根据拉力的方向画出各个力,并按比例用力的图示表示各个力的大小,利用平行四边形定则,研究分析论证出三个力平衡的条件。

建议:实验探究中,要求学生改变力的大小、方向至少做两次。为了便于用力的图示表示力,其中两个力的大小可取整数值。在每一次实验中,可以分别选取任意两个力合成,比较其合力跟第三个力的关系。通过这个实验,应使学生认识到,物体受几个共点力作用平衡时,每一个力一定跟其他各个力的合力等值反向。在实验探究的基础上,学生可以自己完成相关的分析论证,并得出共点力的平衡条件。

(2) 共点力平衡条件的演示实验。

实验时使用两个圆形测力计和数个钩码(如图 3-7-1 所示)。演示时应当注意,要使三条拉线在同一竖直平面内。为使作图和计算简化,其中两个力之间的夹角可取特殊值。例如,当 $\alpha = 90^\circ$, $F_1 = 4 \text{ N}$, $F_2 = 3 \text{ N}$ 时, $F_3 = 5 \text{ N}$; 当 $\alpha = 120^\circ$, $F_1 = 2 \text{ N}$, $F_2 = 2 \text{ N}$ 时, $F_3 = 2 \text{ N}$ 。

(3) 在“共点力平衡条件”的教学中,建议指导学生把握以下几点:

① 物体受共点力作用平衡时,在任何方向上的合力一定都等于零。因此,实际问题中可以根据需要,列出某方向上合力为零的方程。最常用的是建立一个直角坐标系,把各个力分解到 x 轴和 y 轴上,然后列出两个坐标轴上合力为零的方程,即

$$F_{\text{合}} = 0 \begin{cases} F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + \cdots + F_{nx} = 0, \\ F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + \cdots + F_{ny} = 0. \end{cases}$$

② 物体受几个共点力作用平衡,其中任何一个力一定跟其他各个力的合力等值反向。因此,任何一个力都可称为其他各个力的平衡力。

③ 共点力的平衡条件,可以作为下一章牛顿第二定律的特例,即由 $a = 0$,得 $F_{\text{合}} = ma = 0$ 。

关于“案例分析”

(1) 案例 1 和案例 2 都是共点力平衡的典型问题,它们较好地概括了求解共点力平衡问题的基本步骤:

选对象——从问题中选取处于平衡状态的物体。

画受力图——画出研究对象的受力示意图。

取坐标——在共点力平衡问题中常取两个互相垂直的方向进行考察。

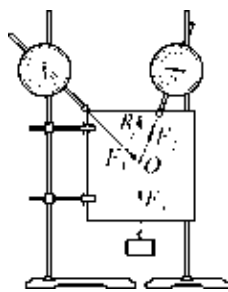


图 3-7-1

列方程——列出在 x 、 y 两个方向上的力平衡方程。

教学中不宜求快,应引导学生在讨论中完成求解过程并进行归纳。必须注意,平衡时,物体在任何方向上的合力都等于零。在具体问题中,可以根据方便选取合适的方向,列出平衡方程。

(2) 这里的教学重心应该是平衡条件的应用。应指导学生先进行受力分析,画出示意图,并找出各个力之间的方向关系,教学中必须在这两点上多下功夫,不要先忙于介绍各种方法。

(3) 共点力平衡问题的解法灵活多样,正交分解法是最基本、最普遍的方法,适用于任何受力的情况,它与前后力学知识间又紧密联系。教学中要突出正交分解法,通过较典型的例题,使学生能较为熟练地掌握。在确保正交分解法核心地位的基础上,精选某些典型的多解题,采用比较分析的方法,使学生体验不同方法的应用特点,提高选用不同方法的能力。这样,既有利于打好基础,又有利于培养学生思维的深刻性和灵活性。

关于“课外活动”

在教学中除指导学生制作桥模型外,还可以以“桥梁中的力学”为主题,引导学生开展探究活动,具体的活动过程见表 3-7-1。

表 3-7-1

步骤	学生活动	教师指导	目的
1	到图书馆、上互联网查阅有关桥梁的结构知识,有条件的话可以请教相关问题的专家	介绍相关网站和书籍	1. 了解桥梁的知识,扩展中学生的视野 2. 培养学生从实际问题中抽象出物理知识的能力 3. 让学生了解生活离不开物理,增加学习物理的兴趣
2	根据查阅的资料,确定在桥梁中哪些部分用到了力学知识,用了什么样的力学知识,写出相关的总结报告	解答学生提出的具体问题	
3	交流各自的看法,学生之间相互提出对方可以改进的地方,可以汇总较好的材料,写出全班的一个书面材料	把优秀文章推荐给校报或更高层次的报纸或杂志	

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 20 N。跟原来 10 N 的力方向相反(或向西)。提示:平衡时,每一个力一定跟其他各个力的合力等值反向。

2.【解答】 B。由力的示意图知 4 N 和 3 N 的合力为

$$R = \sqrt{4^2 + 3^2} \text{ N} = 5 \text{ N},$$

所以平衡力

$$F = R = 5 \text{ N},$$

其方向指向西南(图 3-7-2)。

3.【解答】 B。提示:因为两个共点力的合力大小范围为

$$|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2。$$

题目中选项 B 的每一个力无法跟其他两个力的合力平衡。

4.【解答】 A。提示:根据匀速直线运动跟静止的等价性,物体 b 沿三角形木块 a 下滑时,可以把它们看成一个整体。如图 3-7-3 所示。

这个整体仅受竖直方向两个力的作用:重力 $G = G_a + G_b$, 水平面支持力 N 。它在水平方向无滑动趋势,不会受到水平面的摩擦力。

5.【解答】 A。以悬挂处的绳子结点为研究对象,它受到三个力作用,如图 3-7-4 所示。由

$$F = 2T \cos \alpha,$$

即 $15 = 2 \times 20 \cos \alpha,$

得 $\cos \alpha = \frac{15}{40} = 0.375,$

$$\alpha = 68^\circ,$$

所以 $\theta = 90^\circ - \alpha = 22^\circ。$

6.【解答】 (1) 用共点力的平衡条件求解。

取 O 点为研究对象,它受到三个力作用而平衡:演员的拉力 $F = G = 600 \text{ N}$, 绳 OA 、 OB 的弹力 T_A 、 T_B , 如图 3-7-5 所示。取水平方向和竖直方向为正交坐标轴方向,由平衡条件得

$$T_A \cos \theta - T_B = 0,$$

$$T_A \sin \theta - G = 0。$$

联合两式得

$$T_A = \frac{G}{\sin \theta},$$

$$T_B = G \cot \theta。$$

(2) 用力的分解方法求解。

把人的拉力 F 沿 AO 方向和 BO 方向分解成两个分力。如图 3-7-6 所示,由画出的平行四边形可知

$$F_1 = \frac{G}{\sin \theta}, \quad F_2 = G \cot \theta。$$

7.【解答】 设绳即将断裂时 AO 段跟竖直方向的夹角为 θ 。

取 O 点为研究对象,它受到三个力作用:水平力 F , BO 段绳子拉力 $F_1 = G = 50 \text{ N}$, AO 段绳子拉力 $F_2 = F_{\max} = 100 \text{ N}$ (图 3-7-7)。由平衡条件知

$$F_2 \cos \theta = F_1,$$

即 $100 \cos \theta = 50,$

得 $\cos \theta = \frac{1}{2}, \theta = 60^\circ,$

所以绳子即将断裂时, AO 绳跟竖直方向的夹角为 60° 。

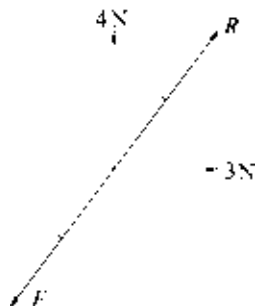


图 3-7-2



图 3-7-3

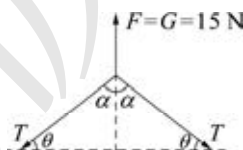


图 3-7-4

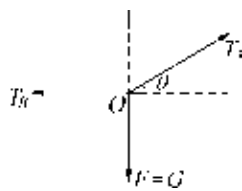


图 3-7-5

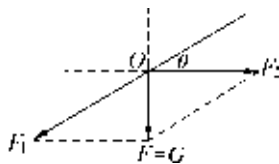


图 3-7-6

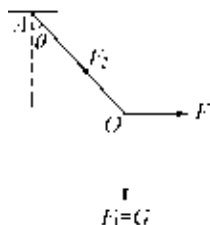


图 3-7-7

补充课堂检测题和参考解答

1. 如图 3-7-8a 所示, 倾角为 θ 的三角形木块 a 放在粗糙水平面上, 质量为 m 的物体 b 沿 a 的表面匀速下滑。

(1) 分析 b 所受的各力的大小。

(2) 求 b 对 a 的各个作用力的大小和方向。

(3) 根据 b 对 a 的作用力, 分析 a 在水平方向上是否有运动的趋势。

(4) 如果先让 b 停在斜面上再释放, b 是否还会沿斜面滑动? 这时它所受的各力的大小和方向是否有变化?

【解答】 (1) b 的受力如图 3-7-8b 所示: 重力 (大小为 mg)、支持力 N 和摩擦力 f 。

由于物体 b 处于平衡状态, 故

$$F_{x\text{合}} = f - mg\sin\theta = 0, \quad F_{y\text{合}} = N - mg\cos\theta = 0。$$

由此得

$$f = mg\sin\theta, \quad N = mg\cos\theta。$$

(2) 根据牛顿第三定律, b 对 a 的作用力有两个, 分别为

垂直于斜面向下的压力 $N_1 = N = mg\cos\theta$,

平行于斜面向下的摩擦力 $f_1 = f = mg\sin\theta$ 。

(3) 将 N_1 和 f_1 在水平方向和竖直方向分解, 如图 3-7-9 所示,

N_1 在水平方向上的分力为 $N_1\sin\theta = mg\cos\theta\sin\theta$,

f_1 在水平方向上的分力为 $f_1\cos\theta = mg\sin\theta\cos\theta$ 。

由此可知, 这两个力在水平方向上的分力大小相等, 方向相反, 故 a 在水平面上没有运动的趋势。

(4) b 将静止。 b 所受的力大小和方向均不变。

2. 工地上的塔吊如图 3-7-10 所示。当塔吊的操作人员把物体放到接近地面时, 由于位置不一定很准确, 地面的工人通常会对物体又施加一个水平推力, 使物体在水平方向缓慢偏移而正好到达目的位置。已知某次悬挂物体的绳子竖直部分长 20 m, 物体质量为 1 t, 要使物体偏移 10 cm, 需要加多大的水平力?

【解答】 物体的受力如图 3-7-11 所示: 有重力 mg , 绳子的拉力 T 和人的推力 F 。设绳子偏离竖直方向的角为 θ , 则

由 $F_{x\text{合}} = T\sin\theta - F = 0, \quad F_{y\text{合}} = T\cos\theta - mg = 0,$
得

$$F = mg\tan\theta。$$

由几何关系可知, $\tan\theta \approx \frac{0.1}{20} = 0.005,$

所以, $F = mg\tan\theta = 1000 \times 10 \times 0.005 \text{ N} = 50 \text{ N}。$

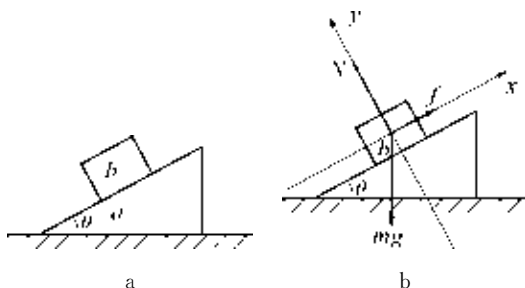


图 3-7-8

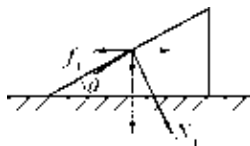


图 3-7-9

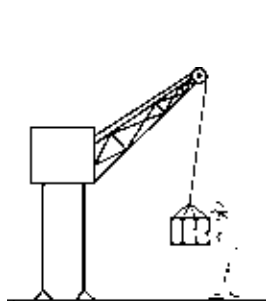


图 3-7-10

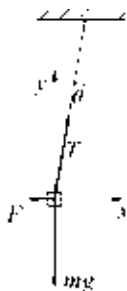


图 3-7-11

“第3章家庭作业与活动”参考解答

A 组

1. 【解答】 D。设弹簧原长为
- x_0
- ,

$$F_1 = k(x_1 - x_0), \text{ 即 } 50 = k(15 - x_0),$$

$$F_2 = k(x_2 - x_0), \text{ 即 } 60 = k(17 - x_0),$$

解得 $x_0 = 5 \text{ cm}$, $k = 500 \text{ N/m}$ 。

2. 【解答】 D。提示:滑动摩擦力大小为

$$f = \mu N = \mu mg = 0.1 \times 20 \times 10 \text{ N} = 20 \text{ N}。$$

由于物体相对水平面向左运动,因此水平面对它的摩擦力水平向右。

3. 【解答】 C。提示:梯子受力示意图如图 3-8-1 所示。

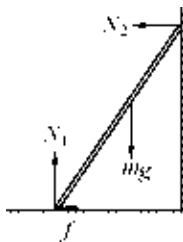


图 3-8-1

4. 【解答】 d。提示:施拉力 F 后,开始时,木块没有被拉动,木块受到的静摩擦力大小跟拉力 F 相等,且随着拉力的增大而变大;当拉力达到最大静摩擦力时,木块开始滑动。开始滑动后,木块受到的是滑动摩擦力,将比最大静摩擦力小一些。所以摩擦力 f 随拉力 F 的变化图像如图 d 所示。

5. 【解答】 C。由合力大小变化范围

$$|F_1 - 40| \leq 100 \leq F_1 + 40,$$

得

$$60 \text{ N} \leq F_1 \leq 140 \text{ N}。$$

6. 【解答】 已知
- $F_1 = G_1 = 4 \text{ N}$
- ,
- $x_1 = l_1 - l_0 = (12 - 10) \text{ cm} = 2 \text{ cm}$
- ,
- $F_2 = G_2 = 3 \text{ N}$
- ,

$$\text{由 } \frac{F_1}{F_2} = \frac{x_1}{x_2}, \text{ 得 } x_2 = \frac{F_2}{F_1} x_1 = \frac{3}{4} \times 2 \text{ cm} = 1.5 \text{ cm},$$

所以弹簧长

$$l_2 = l_0 + x_2 = 11.5 \text{ cm}。$$

7. 【解答】 由对称性知 $F_1 = F_2$, 作出力分解的平行四边形 (实际为菱形), 如图 3-8-2 所示。根据相似三角形对应边的比例关系得

$$\frac{F_1}{F} = \frac{AC}{AB},$$

所以

$$F_1 = F_2 = \frac{AC}{AB} F = \frac{l}{d} F。$$

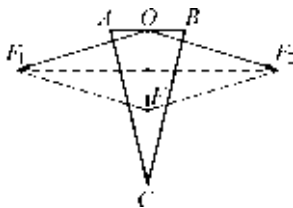


图 3-8-2

B 组

1. 【解答】 C。沿水平方向和竖直方向取正交坐标,则

$$F_x = (30 - 25 \sin 45^\circ) \text{ N} = 12.3 \text{ N}, F_y = (10 - 25 \cos 45^\circ) \text{ N} = -7.68 \text{ N}。$$

所以

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 14.5 \text{ N}。$$

2. 【解答】 B。提示:足球的受力情况可简化为受三个力作用,即重力 G 、墙面支持力 N 、绳子拉力 T ,这三个力都作用于球心 O ,如图 3-8-3 所示。绳子 PQ 加长,它跟墙面的夹角 θ 变小,由画出的力矢量图知, T 和 N 都变小。

3. 【解答】 设
- $F_1 = 20 \text{ N}$
- ,
- $F_2 = 30 \text{ N}$
- ,
- $F_3 = 40 \text{ N}$
- 。常用的方法有:

(1) 直接合成法,如图 3-8-4a 所示。

(2) 正交分解法,如图 3-8-4b 所示。取正交坐标系,则

$$F_x = F_1 - F_2 \sin 30^\circ - F_3 \sin 30^\circ = \left(20 - 30 \times \frac{1}{2} - 40 \times \frac{1}{2} \right) \text{ N} = -15 \text{ N},$$

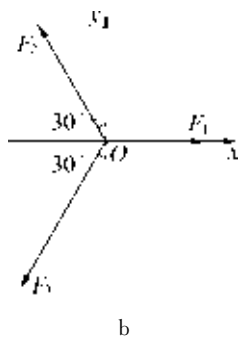
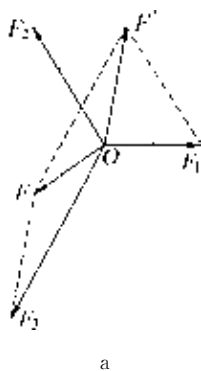
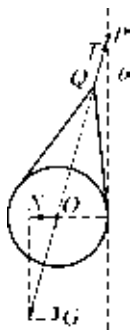


图 3-8-3

图 3-8-4

$$F_y = F_2 \cos 30^\circ - F_3 \cos 30^\circ = (30 - 40) \cos 30^\circ \text{ N} = -10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ N} = -5\sqrt{3} \text{ N}.$$

这样把原来的三个力简化为两个力,如图 3-8-5 所示,所以最终的合力的大小和方向角分别为

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{225 + 75} \text{ N} = 10\sqrt{3} \text{ N} = 17.3 \text{ N},$$

$$\tan\theta = \frac{F_y}{F_x} = \frac{5\sqrt{3}}{15} = \frac{\sqrt{3}}{3}, \quad \theta = \arctan \frac{\sqrt{3}}{3} = 30^\circ.$$

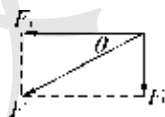


图 3-8-5

(3) 等效替代法。把 F_2 分解成 20 N 和 10 N 的两个力, 把 F_3 分解成 20 N 和 20 N 的两个力, 原来的三个力变成五个力。其中三个力的大小都是 20 N, 且夹角互成 120° , 它们的合力等于零。因此最终的合力可由 $F'_2=10\text{ N}$, $F'_3=20\text{ N}$ 合成, 如图 3-8-6 所示。其大小为

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{F_2'^2 + F_3'^2 + 2F_2'F_3'\cos 120^\circ} \\ &= \sqrt{100 + 400 - 2 \times 10 \times 20 \times \frac{1}{2}} \text{ N} \\ &= 10\sqrt{3} \text{ N} = 17.3 \text{ N}_0 \end{aligned}$$

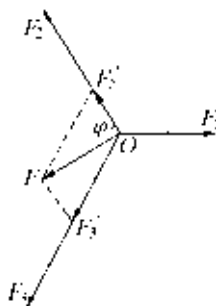


图 3-8-6

设合力 F 与 F_2 的夹角为 φ , 由

$$\frac{F'_3}{\sin\varphi} = \frac{F}{\sin 60^\circ},$$

得 $\sin\varphi = \frac{F'_3}{F} \sin 60^\circ = \frac{20}{10\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 1, \quad \varphi = 90^\circ。$

4.【解答】有可能。

设从中点沿着垂直车和大树连线 AB 方向施拉力 F , 由对称性知, 两侧绳子张力相等, 设 $T_1 = T_2 = T$ (图 3-8-7)。由共点力的平衡条件知

$$2T\cos\theta=F.$$

得 $T = \frac{F}{2\cos\theta}$ 。

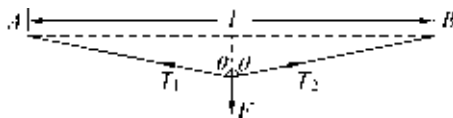


图 3-8-7

为了直观地看出绳子受到的拉力随夹角 θ 变化的数值关系, 以 $F=100\text{ N}$ 为例计算, 见表 3-8-1。

表 3-8-1

θ	0°	30°	45°	60°	80°	85°	87°	89°	90°
$T_1 = T_2 / N$	50.0	57.7	70.7	100.0	288	574	915	2865	∞

由此可见,当绳子绷得很紧时,施力后形成的 θ 角很大,用一般的力就可以产生对绳子极大的拉力,有可能把汽车拉出。

5.【解答】拉旅行箱时,能形成一个竖直向上的分力,它会减小箱子对地面的压力,有利于减小箱子的摩擦力,所以同样情况下拉旅行箱比推旅行箱省力。

设拉力和推力分别为 F_1 和 F_2 ,两情况中箱子的受力情况如图 3-8-8 和图 3-8-9 所示。

$$\begin{aligned} \text{拉箱子时} \quad & F_1 \cos \alpha - f_1 = 0, \\ & F_1 \sin \alpha + N_1 - G = 0, \quad f_1 = \mu N_1, \end{aligned}$$

$$\text{联立得} \quad F_1 = \frac{\mu G}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}.$$

$$\begin{aligned} \text{推箱子时} \quad & F_2 \cos \alpha - f_2 = 0, \quad F_2 \sin \alpha + G - N_2 = 0, \\ & f_2 = \mu N_2, \end{aligned}$$

$$\text{联立得} \quad F_2 = \frac{\mu G}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} > F_1.$$

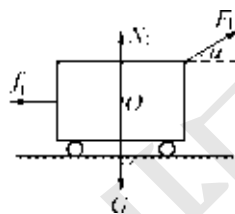


图 3-8-8

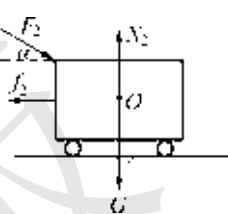


图 3-8-9

课程资源

物理学家简介

胡克

胡克(Robert Hooke, 1635—1703),英国物理学家、天文学家。10岁时,胡克就对机械学发生了强烈的兴趣,为日后的发展打下了良好的基础。

胡克于1653年进入牛津大学学习,毕业后,胡克当了玻意耳的助手,在玻意耳的实验室工作。他协助玻意耳改进了真空泵,参与完成了气体的玻意耳定律的实验。

1658年,胡克提出用弹簧摆轮代替单摆的新设想,与惠更斯在同一时期内,对钟表的结构作了重大的改进。

胡克于1662年被推荐为英国皇家学会实验所的评议员。他心灵手巧,人们称他为“皇家学会的台柱”。由于胡克和玻意耳都对学会起着积极的作用,因而人们还这样称颂他们:“如果说玻意耳是皇家学会幕后的灵魂,那么胡克提供给学会的就是双眼和双手了。”

1665年,胡克发表了《显微照相》一书,这是在他全部成就中最重要的一部著作。他开始把显微镜应用于生物研究。胡克对细胞学的发展作出了极为重大的贡献。

约在1665年前,胡克就对光学问题进行了研究。他把光的传播同水波相比较,提出了光的波动学说。在1672年前,他还研究过光的干涉现象。他观察和研究了肥皂水形成的薄膜和云母片的颜色,发现它们的颜色跟薄膜的厚度和云母片的厚度有关。

1676年,胡克出版了《论刀具切削》一书。书中发表了后来以他的名字命名的弹性定律。

胡克虽然没有发现万有引力定律,但是他的某些想法对于牛顿完成万有引力的研究可能起着积极的启示作用。

1679年,胡克已想到了行星受到的太阳吸引力跟它到太阳的距离的平方成反比的关系,并与牛顿通了信。

胡克在《地震讲义》和《关于地面经常发现贝壳和其他海栖动物残骸的原因》等论著中,提出了地貌变化的思想,并且认为由于地貌变化引起了生物的变化,化石则是古动物的残骸,人们根据这些化石,有可能认识地球的历史。

胡克研究的面十分广,诸如建筑、化石、气象等方面,他都有所涉猎和贡献。胡克的重要著作还有《灯和水平衡某些机械运动的描述》《哲学实验与观察》等。

1677年,42岁的胡克被任命为皇家学会的秘书。1703年,这位多才多艺的科学家逝世于格雷萨姆学院。

实验探究资料

显示物体的微小形变

实验器材:平行光源,小平面镜2块,铁架2只,铁夹2只等。

实验操作:

(1) 将中心开孔的黑纸片放在平行光源的透镜前面,使平行光线从纸孔射出,如图3-9-1所示。

(2) 调整两块平面镜的位置和方向(两块平面镜的距离尽可能远一些),使上述光线经过两块平面镜反射后,在屏幕或墙上得到一个明亮的光斑。

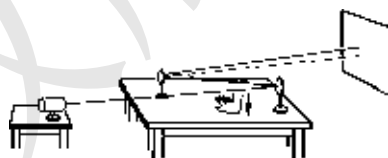


图 3-9-1

(3) 在两块平面镜中间向桌面施加向下的压力,可以明显地见到光斑向下移动;撤去压力光斑又移回原处。说明桌面受力时发生了肉眼无法觉察到的微小形变。

说明:

(1) 放两块平面镜是为了增加光斑移动的距离。

(2) 如果将氦氖激光器放在桌面上,使它的光直接射向较远的屏幕或墙面上,向桌面施加压力时光点也会移动,同样能说明桌面发生了微小形变。

用长毛刷显示静摩擦力的方向

实验器材:长毛刷4把,木板,木块,细绳等。

实验操作:

(1) 将两把长毛刷分别固定在木块A的上、下两个表面(毛朝外),把第三把长毛刷固定在木块B上,把最后一把毛刷固定在木板上。

(2) 将固定在木块B上的毛刷放在固定在木板上的毛刷上,轻轻向右拉木块B,从毛的偏转方向可显示木块B受到的静摩擦力方向向左,木板受到的静摩擦力方向向右(图3-9-2)。逐渐增大 F ,毛的形变也逐渐加大,说明当外力增大时静摩擦力也增大。

(3) 将固定在木块A一个表面的毛刷放在固定在木板上的毛刷上,再将木块B固定毛刷的一面放在木块A另一侧的毛刷上,先向右拉木块A,从毛刷的变形可显示木块A下侧

受到的静摩擦力向左,木板受到的静摩擦力向右,而 A 、 B 之间不存在静摩擦力(图 3-9-3a)。如果向右拉木块 B ,从毛刷的变形可见 B 受到 A 向左的静摩擦力, A 上侧受到 B 向右的静摩擦力,下侧受到木板向左的静摩擦力,同时木板受到 A 向右的静摩擦力(图 3-9-3b)。

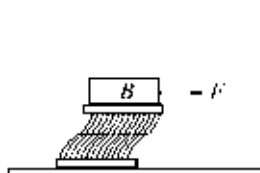


图 3-9-2

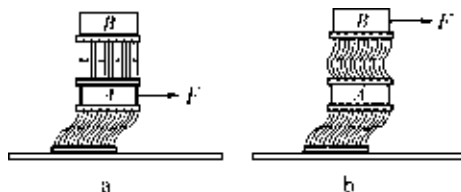


图 3-9-3

(4) 将一块长木板搁成斜面,将固定在木块 B 上的毛刷放在固定在斜板上的毛刷上,从毛刷的变形可见斜板对 B 的静摩擦力方向沿斜板向上,而 B 对斜板的静摩擦力沿斜板向下(图 3-9-4a)。

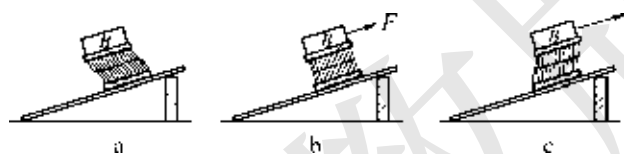


图 3-9-4

(5) 用一个适当的力拉木块 B ,可以使上下毛刷的毛都不发生形变,说明此时不存在静摩擦力(图 3-9-4b)。增大拉力,可以见到木块 B 跟斜面所受的静摩擦力(图 3-9-4c)和图 3-9-4a 中相反了。

(6) 将固定在木块 B 上的毛刷放在固定在木板上的毛刷上,拉着木板向右做加速运动,可以看到木板对 B 的静摩擦力向右,而 B 对木板的静摩擦力向左(此实验如毛刷形变不够明显,可在木块 B 上加上一个适当的重物,如图 3-9-5 所示)。

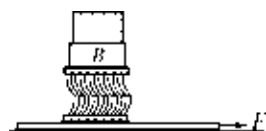


图 3-9-5

注意:

- (1) 宜选用毛较长的毛刷。
- (2) 所选的 A 、 B 两木块的轻重应该与所选用的毛刷毛的软硬相配合,毛越硬,木块应越重。
- (3) 为了使毛的形变易于观察,可将毛刷的毛染成逐行相间的不同颜色。

斜面上物体所受重力的分解

实验器材:可变角度的斜面,弹簧测力计,实验小车,铁架台等。

实验操作:

(1) 如图 3-9-6a 所示,使斜面倾斜某一角度 θ ,将实验小车放在斜面上,用弹簧测力计 1 沿平行于斜面的方向拉住小车,弹簧测力计的一端固定在斜面顶端。当斜面的倾角发生改变时,观察弹簧测力计 1 的示数的相应变化。每当小车平衡时,弹簧测力计 1 的示数就等于小车所受的重力平行于斜面方向的分力。

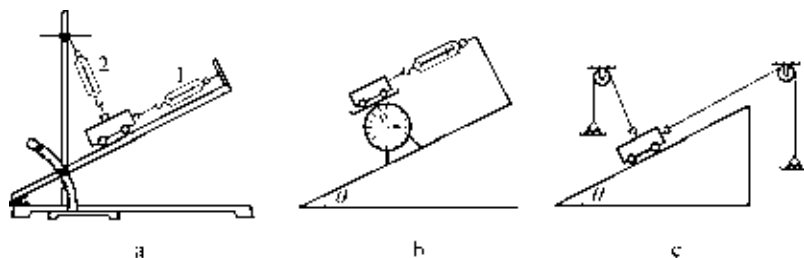


图 3-9-6

(2) 用弹簧测力计 2 沿着垂直斜面的方向拉住小车,适当调节铁架台位置以及铁架台上固定弹簧测力计 2 所用的铁夹高度,使得小车恰好接触斜面而不对斜面施加压力。每次改变斜面倾角后,都要重新调整弹簧测力计 2 的悬挂位置,读出在不同倾角时弹簧测力计 2 的示数。每当小车平衡时,弹簧测力计 2 的示数就等于小车所受重力垂直于斜面方向的分力。

(3) 分析在不同倾角时,弹簧测力计 1、2 的示数变化,可得出当斜面倾角改变时,放在斜面上的物体所受重力的平行于斜面方向的分力和垂直于斜面方向的分力的变化规律。

(4) 也可以用图 3-9-6b、c 所示的装置进行实验。

分力大于合力的显示

实验器材:细铁丝(长约 20 cm),羊眼螺钉 2 只,小木块 2 块,人字形支架(用铰链连接两根长约 12 cm 的木条做成,张角可以调节)。

实验操作:

(1) 如图 3-9-7a 所示,拴好铁丝,放好两块木块及支架(两支架夹角约为 90°),然后用一只手指在人字形支架的铰链处用力往下按,铁丝未被拉断。

(2) 换一根长一些的同样规格的铁丝,使两支架的夹角增大到 150° 以上,如图 3-9-7b 所示。再用同样的方法往支架铰链处向下按,铁丝被拉断了。由此可见,在合力不变的情况下,分力的大小与夹角有关,当夹角接近 180° 时,分力可以比合力大得多。

注意:

- (1) 木块、木条都要用硬质木料制成。
- (2) 桌面要尽可能光滑。

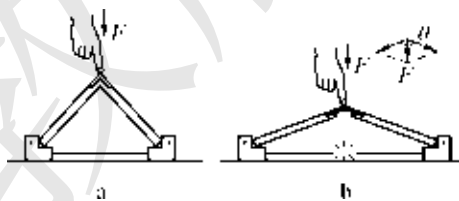


图 3-9-7

用 DIS 实验系统研究力的合成

实验目的:验证共点力的合成定则。

实验原理:共点力的合成符合平行四边形定则。

实验器材:DIS 实验室,微机,J04052 力矩盘,钩码,细绳等。

实验装置:如图 3-9-8 所示。

实验过程及数据分析:

- (1) 把两个力传感器分别接入数据采集器。
- (2) 用蝶形螺钉把测量手柄固定在力矩盘上端左右 45° 的位置,测量挂钩指向力矩盘

的圆心。

(3) 把两根细绳拴在测量挂钩上,细绳的另一端在力矩盘的圆心处打结拴在一起。

(4) 观察实验界面,点击“调零”,使传感器显示为“0”。

(5) 在细绳的打结处向下方引出另一根细绳,并挂上钩码(本次实验所用钩码所受的重力为 5.76 N)。

(6) 转动动力矩盘,让挂钩码的细绳与力矩盘下方的 0° 重合。

(7) 打开“计算表格”,定义“变量 G ”为常量 5.76,点击“手动”按钮,记录所测数据。

(8) 顺时针转动动力矩盘,在转动角度分别为 10° 、 20° 、 30° 、 45° 时,依次记录所测数据。

(9) 定义“变量 q ”代表角度值,在“公式”中输入自由表达式“ $F_5 = G * \cos(45^\circ - q)$ ”表示“ F_1 的理论值”;输入自由表达式“ $F_6 = G * \sin(45^\circ - q)$ ”表示“ F_2 的理论值”。

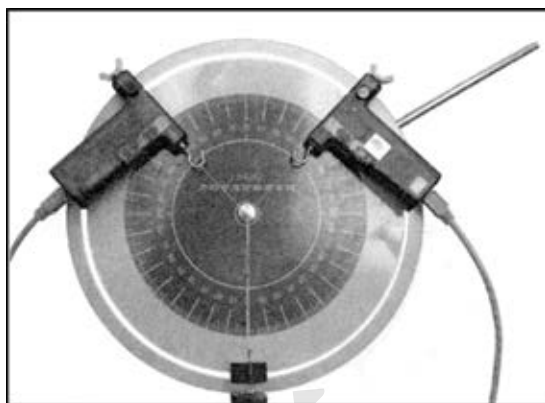


图 3-9-8

记录							
☐ 自动	间隔 0.1	手动	放大	缩小	绘图	变量	公式
			新建	打开	保存		
	F_1	F_2	g	q	$f_5 = G * \cos(45 - q)$	$f_6 = G * \sin(45 - q)$	
1	4.05	4.00	5.76	0.0000	4.07	4.07	
2	4.71	3.24	5.76	10	4.72	3.30	
3	5.22	2.34	5.76	20	5.22	2.43	
4	5.57	1.43	5.76	30	5.56	1.49	
5	5.77	0.00	5.76	45	5.76	0.00	

图 3-9-9 力的合成实验结果

(10) 比较实测值与理论值,发现两者相差很小(见图 3-9-9),充分验证了力的合成定则。

建议:

(1) 在表格中输入实测值与理论值的相对误差计算公式,观察计算结果。

(2) 可以接入第三个力传感器替代钩码所受的重力,重新设计上述实验。

参考资料

重力和引力

重力是由引力产生的。重力和引力的关系推导如下:

如图 3-9-10 所示,地面上质量为 m 的物体,它随地球绕地轴转动所需的向心力 F_n 和重力 G 都是引力 F 的分力,三者的关系为

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_n + \mathbf{G} \text{ (矢量和)}.$$

应用余弦定理可得三者的数量关系为

$$G^2 = F^2 + F_n^2 - 2FF_n \cos \varphi,$$

$$G = F \left[1 + \left(\frac{F_n}{F} \right)^2 - 2 \left(\frac{F_n}{F} \right) \cos \varphi \right]^{\frac{1}{2}},$$

①

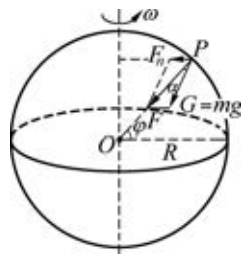


图 3-9-10

设地球的半径为 R , 自转的角速度为 ω , 物体所处的纬度为 φ , 则

$$F = G_0 \frac{mM}{R^2}, \quad F_n = m\omega^2 R \cos \varphi,$$

$$\frac{F_n}{F} = \frac{\omega^2 R^3 \cos \varphi}{G_0 M}, \quad (2)$$

已知 $R = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$, $\omega = 7.3 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$, $G_0 = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$, $M = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$, 代入②式可算出 $\frac{F_n}{F}$ 的最大值约 3.5×10^{-3} 。因此①式中 $\left(\frac{F_n}{F}\right)^2$ 一项可略去。对方括号进行二项式展开并略去高次项, 得

$$G = F \left[1 - \frac{F_n}{F} \cos \varphi \right] = F - F_n \cos \varphi,$$

或

$$G = G_0 \frac{mM}{R^2} - m\omega^2 R \cos^2 \varphi. \quad (3)$$

以上得出重力和引力在数值上的近似关系。由这个关系式可以知道重力随地域变化的情况:

(1) 重力随纬度而变化。地球是个椭球体, 赤道处半径大, 两极处半径小, 或者说 R 是随 φ 的增大而减小的。当 φ 增大时, ③式中的第一项增大而第二项中的 R 和 $\cos \varphi$ 都减小, 所以重力是随纬度的增大而增大的。测量的结果表明, 物体在两极的重力比在赤道的重力增加得不多, 增加量不到赤道处重力的 0.5% 。

(2) 重力随高度而变化。物体的高度越大, 离地心越远, ③式中的第一项减小, 第二项增大, 其结果是重力减小。测量的结果表明, 高度每升高 1 km , 重力只减小千万分之三。即使物体从地面上升到珠穆朗玛峰顶 ($8\,844.43 \text{ m}$), 重力也不过减小 0.27% 。

除了纬度和高度以外, 一个物体所受的重力的大小还受它所在地区局部地质构造的影响。人们可以利用这一性质根据重力或重力加速度的变化进行探矿。

固体的形变

固体的形变主要有四种, 即伸长与压缩形变、切变、扭转变形和弯曲形变, 其中前两种是最基本的。一根棒受到沿轴线的一对力向外拉时发生伸长形变, 这一对力向里压时发生压缩形变。物体的上、下表面受到一对沿表面的方向相反的作用力时, 物体的各层发生侧向移动, 形成切变(图 3-9-11)。当棒的上、下表面各受到沿表面的一对力偶的作用且力偶的方向相反时, 棒发生扭转变形(图 3-9-12)。当棒受到垂直于轴线的三个力的作用且达到平衡时, 棒发生弯曲形变(图 3-9-13)。

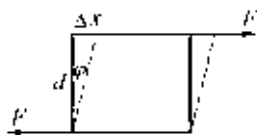


图 3-9-11



图 3-9-12

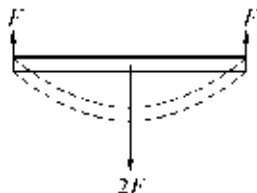


图 3-9-13

对于一定的物体,在外力作用下产生的形变的大小跟所受的外力成正比。例如,弹簧的伸长量跟外力成正比。但是,当外力超过一定限度时,这个成正比的关系就不再存在了。人们把这个限度叫做弹性限度。在弹性限度内,形变的大小跟外力成正比。用 Δx 代表形变的大小, F 代表外力,则

$$F=k\Delta x。$$

对于一定的固体形变, k 是一个常数,叫做劲度系数。

同样大小的外力作用在线度不同的物体上,产生的形变的大小并不相同。例如,材料相同、粗细相同而长度不同的两根金属丝,当它们受到的拉力相同时,伸长量 Δl 并不相同,长金属丝的 Δl 较大。但两金属丝的伸长量 Δl 和原长 l 的比相同, $\frac{\Delta l}{l}$ 叫做相对形变,也叫胁变或应变。对于切变来说,物体上表面侧移的距离 Δx 的大小和物体厚度 d 的比 $\frac{\Delta x}{d}$ 叫做切变。

形变的大小不仅决定于外力的大小,还和受力表面的面积有关。例如,用同样的力来拉伸粗细不同的同种材料的金属丝,则粗丝的 $\frac{\Delta l}{l}$ 小,细丝的 $\frac{\Delta l}{l}$ 大。如果对粗丝用较大的拉力,对细丝用较小的拉力而使它们每单位面积所受到的力相同,则产生的 $\frac{\Delta l}{l}$ 相同。单位面积上的作用力 $\frac{F}{S}$ 称为应力。总结以上两点,可以得出:在弹性限度内,物体产生的胁变(或应变)跟所受的应力成正比。这就是胡克定律。对于伸长(或压缩)形变,这一定律可用公式表示为

$$\frac{F}{S}=Y\frac{\Delta l}{l},$$

式中的比例常数 Y 称为弹性模量,它在数值上等于把物体拉长到原长 2 倍时所需要的胁强。对于切变,胡克定律可写作

$$\frac{F_t}{S}=N\varphi,$$

式中的 F_t 表示切向力,比例常数 N 叫做切变模量。弹性模量和切变模量的大小决定于材料的性质。对于大多数均匀的各向同性的材料,切变模量的数值约等于弹性模量的 0.4 倍。

高中物理的胡克定律以较简单的形式出现,即:在弹性限度内, $F=k\Delta x$ 。因此,劲度系数 k 是因物体而异的。

弹力的机理

产生弹力的原因在于分子之间的相互作用力。组成物体的分子之间存在着引力和斥力。在物体没有发生形变时,内部分子处于平衡状态,分子间的引力和斥力相等。当物体受到其他物体的作用而发生形变时,分子之间的距离发生变化,分子引力和斥力都随之而变化,分子力的平衡状态便被破坏。如果物体所受的力是压力,分子间的距离减小,引力和斥力都将增大,但斥力随距离的减小而增大得比引力快,分子之间的相互作用力表现为互相排斥,和压缩形变相对抗。作用在和外界施力物体相接触的表面上的分子斥力的总和就表现为对施力物体的弹力。在物体内部通过某一横截面的斥力的总和,就是被该横截面分开的

两部分物体之间的弹力。如果物体所受到的力是拉力,那么分子距离加大,斥力比引力减小得快,分子间的相互作用表现为引力,和拉伸形变对抗。

由于分子、原子都是由带电粒子组成的,分子力以及由于分子力变化而产生的弹力,在本质上都是电磁相互作用力。

摩擦的机理

摩擦机理的本质是能量损耗的机理,因而问题归结为接触界面怎样造成能量的损耗。

物体表面经过加工,还是凹凸不平的(如图 3-9-14 所示),即使进行过精加工(如研磨),表面凹凸相差仍有 10^{-4} mm 的数量级。表面上独立的凸出单体,即使看上去固体表面很干净,但事实上是由各种物质的薄膜覆盖着,如图 3-9-15 所示。图中普通脏污的膜包括手指的油污或灰尘等;吸附分子膜是来自大气中的吸附层;金属氧化膜是金属表面与空气中的氧化合而形成的;加工硬化膜是指因车削或研磨而使金属的晶粒变得细微,通常成为比基体更硬的薄层。

以金属对金属无润滑表面间相对滑动为例:由于表面的凹凸不平,两个面接触时,就像把两大山脉倒扣在一起一样,实际的接触为点接触,这也是一般情况下摩擦力与接触面积无关的原因。当加载荷时,两面之间产生正压力,由于实际接触面积积极小,接触点处的压强大大超过材料的屈服极限,因而在接触点处发生塑性流动,使实际接触面积迅速增大,直到能够支承所加载荷为止。在这些微凸体接触处发生的塑性流动,实际上使两面在这些局部区域发生了焊合。当施加一个切向力时,只有这些焊合点被剪切断裂,表面间才会发生相对滑动,所以这时的摩擦力实际上是界面处的剪切力,它等于焊合点处的平均剪切强度与实际接触面积的乘积。这个摩擦力是界面处产生的摩擦力的黏附分量。值得注意的是,由于焊合处发生的是塑性变形,当外加切向力时,实际接触面积比滑动前还将增加 2—3 倍;而焊合点处的剪切强度有时大于两种金属中较软金属的剪切强度,所以剪切断裂有可能发生在较软金属内部,而不是在焊合界面处。

从微观来看,将两种干净的金属表面压合时,一个表面上的原子趋近于另一表面上的原子,直至如同金属体内的原子那样接近为止。正是这种原子间、分子间的引力形成接触表面处的黏合、附着现象。

因而要使两表面发生相对滑动,就必须克服这些分子和原子引力做功,从而消耗能量。

摩擦力不仅有黏附分量,还有变形分量。两种金属接触,表面发生相对滑动时,较硬金属的微凸体就在较软金属的表面上犁出一道沟槽,在切出的沟槽前材料还被压皱和积聚,这种现象叫犁削。它使表面变形,因而也要消耗能量。由此而产生的摩擦力叫变形分量,通常它较黏附分量小。这就是目前大家接受的摩擦机理,从宏观上来说是焊合、剪切犁削理论,从微观说是分子引力理论。

关于摩擦的机理,1961 年曾有人提出过静电理论,认为两个摩擦金属表面间的黏-滑现象,是由于发生了电子的有效流动,这种流动在界面上引起异性的电荷聚集,通过静电吸引



图 3-9-14

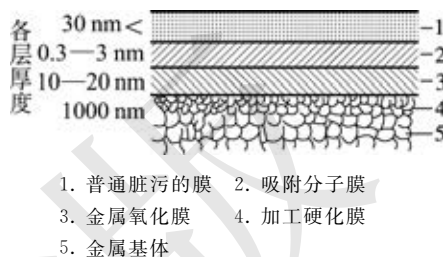


图 3-9-15

作用把两个表面结合在了一起。这一理论,应含有经过很长一段时间后,电子会从界面上跑掉,从而使动摩擦因数降低的意思。但并未观察到这样的情况,因而目前焊接-剪切理论在客观的水平上对摩擦的机理提出了最满意的物理解释。而对于弹性体,则最新的分子吸引理论今天看来是正确的。

动摩擦因数可以大于 1

关于动摩擦因数是否可以大于 1 的问题,我们可以从摩擦产生的机理上去认识。

现代摩擦理论告诉我们,摩擦是由接触表面原子之间的附着力引起的。当两个物体相互接触时,首先是凸起部分表面的原子相互靠近(在另一个接触力即正压力的作用下),形成原子键,其强度与固体内部使自己集聚在一起的原子键的强度相当。断开原子键是需要外力的。我们知道,要把整块固体分开需要很大的力。由此可以想到,摩擦力有时会很大,甚至会增加正压力,即 μ_0 或 μ 大于 1 是可能的。

不同材料表面间形成的原子键有强有弱,这就是不同材料间动摩擦因数有大小之分的主要原因。

在《伯克利物理学教程》第一卷《力学》([美]C. 基特尔等著)上列出的一些材料间的动摩擦因数,明显可以看到 $\mu > 1$ 的事例(表 3-9-1)。

表 3-9-1

物 质	μ	物 质	μ
玻璃与金属	0.9—1.0	冰与冰	0.05—0.15
橡皮与固体	1.0—4.0	雪橇与干雪	0.04
石墨与石墨	0.1	钢与钢	0.58
制动材料与铸铁	0.4	铜与铜	1.6

对平行四边形定则的认识

对力的合成与分解的认识,是在实践中逐步发展起来,并从研究斜面上物体的平衡开始的。1586 年,荷兰力学家斯蒂文在《静力学原理》一书中,采用了一个理想模型,论证了放在斜面上物体的平衡问题。

在斯蒂文的《静力学原理》一书的封面上有一幅图:14 个相同的光滑小球均匀串成链圈,挂在光滑的直角三棱柱 ABC 上,如图 3-9-16 所示。这个链圈只有两种可能的状态:静止或运动。

如果链圈运动,当一个小球向前刚好取代另一个小球的位置时,整个链圈在斜面上的伸展情况又恢复原状。于是,链圈将会继续不停地运动下去。

斯蒂文认为:链圈的这种永恒运动是不可能的,也是与经验相违背的,链圈只能静止在斜面上。

当链圈静止时,由于下面悬挂的 8 个小球左右对称,去掉它们不会影响斜面上小球的平衡,此时两侧斜面上小球向下的力应该是相同的。分别以 F_1 、 F_2 表示沿 AB 面和 AC 面作用在每个小球上的力(图 3-9-17),则

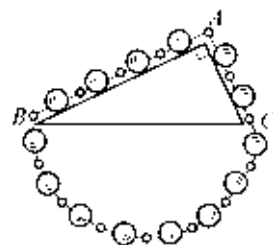


图 3-9-16

$$F_1 \times AB \text{ 边上小球数} = F_2 \times AC \text{ 边上小球数},$$

或表示为

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{AC \text{ 边上小球数}}{AB \text{ 边上小球数}} = \frac{AC}{AB} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

这样,斯蒂文就发现了斜面定律,为力的合成与分解奠定了基础。

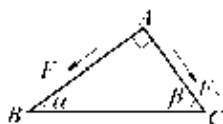


图 3-9-17

1687 年,牛顿在《自然哲学的数学原理》一书中明确提出了力的分解与合成原理,即平行四边形定则。

研究共点力平衡的其他方法

(1) 拉密定理。

同一平面内的三个共点力平衡时,三个矢量力首尾相连,一定构成一个封闭的三角形,如图 3-9-18 所示。

在力矢量三角形 abc 中,各边长按比例表示力的大小。

正弦定理
$$\frac{F_1}{\sin \angle abc} = \frac{F_2}{\sin \angle bca} = \frac{F_3}{\sin \angle cab},$$

即

$$\frac{F_1}{\sin(180^\circ - \alpha)} = \frac{F_2}{\sin(180^\circ - \beta)} = \frac{F_3}{\sin(180^\circ - \gamma)},$$

或

$$\frac{F_1}{\sin \alpha} = \frac{F_2}{\sin \beta} = \frac{F_3}{\sin \gamma}.$$

上式表示:同一平面内三个共点力平衡时,每一个力跟另外两个力夹角的正弦成正比。这个关系式,称为拉密定理。它用于对三力平衡的计算,十分方便。

(2) 力多边形法。

物体受几个共点力作用平衡时,把这几个力矢量平移后首尾相连,一定可以构成一个封闭的多边形。有时,一些判断题和计算题,用力多边形法可以很直观形象和简捷地得出结果。

拱形结构的几个实例

一提到鸡蛋,人们总有一种累卵之危的联想,因为蛋壳很薄,拿着时唯恐落地被打破。孵化成熟的雏鸡能轻易地破壳而出。然而有一种情况,可能会让你感到一个很普通的生鸡蛋也不是脆弱的东西:把生鸡蛋放在两手的掌心之间,挤压它的两端要用很大的力才能压碎它,这是因为它具有“拱形结构”。

另外,直径约为 10 cm 的灯泡周围所承受的空气压力有 1 800 N 左右,为什么灯泡不会被压碎呢?这也是因为灯泡具有“拱形结构”。我国最著名的古桥——赵州桥(图 3-9-19)、宙城的城门洞等古今中外许多桥梁和建筑也都建造成“拱形结构”。

“拱形结构”为什么如此坚固呢?赵州桥是世界上现存最早的大型石拱桥。它是由 28 块并列的石块组成的,每一块石块都经过严格的加工,使每块石块之间能密切地配合成为一个整体。如图 3-9-20 所示,如果我们在石拱桥的顶上取一楔形石块 A 进行分析,就会发现,拱桥顶上的物体所受的重力 G 压在 A 上,对 A 施加向下的压力。由于石块是楔形的,不能向下移动,只能以分力 F_1 和 F_2 挤压在相邻的 B、C 两石块上,从而被两石块 B、C 的阻力

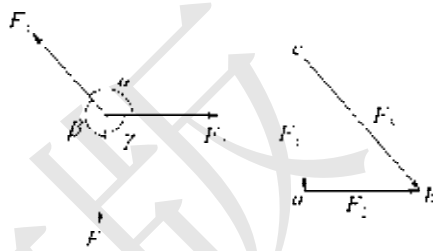


图 3-9-18

抵消。依次类推, B、C 两石块又分别被挤在旁边的两石块之间。因此, 拱桥上面的物体所受的重力是不会把桥压塌的。鸡蛋壳实质也相当于“拱门”, 不过它是整块的, 而不是由一块一块的(如石块)东西拼叠成的, 因此, 鸡蛋壳虽然很薄很脆, 却能承受外来的较大压力。

人在奔跑、跳跃、骑车甚至走路时, 都要经受各种各样的振动冲击。计算表明, 人从高处跳下时, 腿部受到的冲击力有时可以达到几万牛, 但是人体并没有因为这些冲击而损伤。这要归功于人体中奇妙的构造: 在人体中既有减振的弹簧, 又有结实的“拱桥”。

人体像一个建在两个柱子上的大厦。人体上身所受的重力占人体的 70%, 这些重力都通过脊柱加在两条腿上。按建筑学的原理, 两条腿的中间应该有一根很粗的“梁”才能承受住这么大的重力, 这根“梁”必须十分结实, 因为人体在运动中所产生的冲击力, 有时是体重的十几倍、几十倍, 甚至达到几万牛。但是, 人体内找不到一根结实、厚重的“梁”。连接人体上身和两腿的是骨盆。骨盆很轻很薄, 怎么能承受这么大的力呢? 原来骨盆实际上是一个“拱门”。拱的前下方通过耻骨拉紧, 人体上身所受的重力通过脊柱末端的髌骨传到股骨上。耻骨的连接使这个拱更加稳定, 不受腿部运动的影响。这个拱不仅结实而且像弹簧一样能减振。在人的两只脚上分别有一个拱桥, 就是平时我们所说的足弓。足弓是由一连串的小骨头组成的, 它不仅能使人站立稳固, 保护着足底的神经和血管免受压迫, 而且能起防振作用。

中国古代对力学的研究

力学知识起源于古代人对自然现象的观察和生产劳动中积累的实践经验, 并逐步发展为生产技术和初步的自然哲理。

在我国古代, 手工工艺技术成果远比经验性的理论总结突出得多, 这是中国古代对力学研究的主要特点。从时间来看, 大体可分为春秋战国、两汉、宋元明三个高潮。

(1) 春秋战国时期(前 770—前 221)。

公元前 316 年, 蜀守李冰修建都江堰, “正面取水, 侧面排沙”, 巧妙地利用了弯道环流, 说明在当时测河水流流量、了解泥沙规律等水力学知识及水利工程已有相当的水平, 使成都平原 2000 多年来始终受益。

传为齐人著的《考工记》, 是记录我国古代农具、兵器、乐器、炊具、酒具、水利、建筑等手工艺规范的专著, 现存版本中如《裘氏》《筐氏》《雕氏》等篇内容已散失。其中关于惯性现象的记述[“马力既竭, 辀(车辕)犹能一取焉”], 车轮大小与拉力的关系(轮太低, 马总是像上坡一样费劲), 箭羽对箭飞行速度的影响(“后弱则翔, 中强则扬, 羽丰则迟”), 木料强度检验的



图 3-9-19 赵州桥

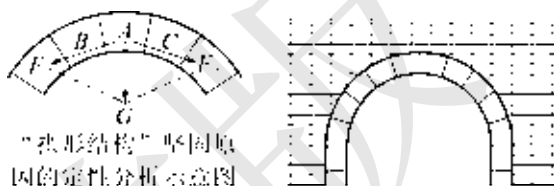


图 3-9-20

经验方法〔如“置而摇之,以视其𧈧(蠕动程度)”“横两墙间,以视其桡之均”“横而摇之,以视其劲”〕,以及堤坝设计的经验尺寸等,都反映了我国当时的生产技术和经验知识水平。

与《考工记》几乎同时的《墨经》,则进一步得出一些初步的力学哲理(如“奋”“衡”“本”“标”“重”“权”等),给力下了比较科学的定义:“力,刑(形)之所以奋也。”可惜这一形成科学的抽象思维进程在后世没有顺利继续下去。这一时期是以记录与积累生产经验为主,也形成了初步的哲理。

(2) 两汉到五代时期(前 206—公元 960)。

简单机械逐渐发展为精巧的或大型的联合机械,如张衡的水运浑天仪、候风地动仪,西汉末巧工丁缓(公元 1 世纪)的“被中香炉”(是世界上已知最早的常平支架),祖冲之(429—500)的水磨等等。

隋代造船业已很发达,如隋炀帝的龙舟已高 40 尺,宽 50 尺,长 200 尺。李春主持建筑的河北涿州赵县安济桥(595—605),跨度最大(37.02 m),弧度最浅(拱矢高 7.23 m),至今 1300 多年,下沉水平差只有 5 cm,说明当时实用结构力学发展的水平已很高。浮力的利用甚多,如:浮桥的建造〔唐李吉甫:“以船为脚,竹筏亘(横贯)之”“架黄河为之”〕;东晋僧人惠远在庐山建造莲花漏作为记时工具:“取铜叶制器,伏如莲花,置盆水之上,孔底漏水,半之则沉”,即莲花漏由孔底进水到一半时就逐渐下沉,“每一昼夜十二沉”,非常巧妙。还有著名的曹冲称象故事,在陈寿著《三国志》卷二十及《江表传》中均有记载。

上述种种成就,集之于书的,北齐信都芳曾“集浑天、地动、鼓器、漏刻诸巧事并画图名曰器准”,但已散失。

这一时期带有直觉经验型的物理哲理性著作是王充的《论衡》。该著作对运动的疾舒(快慢)、力与运动、物与运动、内力与外力的关系等作了叙述。对于运动的相对性概念,当时还有一些大家发表了各自的见解,例如西晋的天文学家束皙(261—303)说过:“乘船以涉水,水去而船不徙矣”(《隋书·天文志》);东晋的葛洪(283—363),号抱朴子,在其著作《抱朴子·内篇·塞难》中说:“游云西行,而谓月之东驰。”《晋书卷十一天文志》一书则更将这一相对运动的思想用于解释天体运动:“天旁转如推磨而左行,日月右行,随天左转,故日月实东行,而天牵之以西没。譬之蚁行磨石之上,磨左旋而蚁右去,磨疾而蚁迟,故不得不随磨以左回焉。”还有有极大价值的是至少成书于东汉时代的《尚书纬·考灵曜》一书(著者不详,收入明代孙穀编纂的《古微书》卷一《尚书纬》),在提出“地有四游,冬至地上行北而西三万里,夏至地下行南而东三万里,春秋二分是其中矣”的同时,提出了著名论断:“地恒动而人不知,譬如闭舟而行,不觉舟之运也。”这种对运动相对性的观点,《考灵曜》比伽利略的《对话》至少早约 1500 年。此观点说明我国古代物理思想达到过的高度。

这一时期,在机械、水力等技术发展基础上物理思想活跃,但对物理现象很少作定量叙述。

(3) 宋元明时期(960—1644)。

我国古代技术成就极为丰富,但往往著述不详或流散失传,只知其名而不知其详,因而许多“巧器”历代都有人重新“创制”。如由仰韶文化时期尖底陶罐发展而成的鼓器,“虚则鼓,中则正,满则覆”(《荀子·宥坐》),是由于重心由高变低而又变高而致的,晋人杜预、南北朝祖冲之、魏、隋、唐、宋都有多人试制。指南车也有东汉张衡、三国马钧、祖冲之、宋燕肃、吴德仁等多人多次制成或未成。后魏时有郭善明与马岳同时研造,郭未成但妒忌,见马岳垂成,便用毒酒杀之。而燕肃造这种凭靠齿轮传动使木人手指方向不变的指南车遇困难时,出门“见车驰门动

而得其法”(宋陈师道《后山丛谈卷一》),这也是从机械原理中悟出的。可惜的是往往因古代人悟出未述而失传。记里鼓车也是利用传动,使车轮走满一里时有一齿轮转满圈并拨动小人打鼓一次,这说明我国手工制造中齿轮构造等工艺相当娴熟,但直至宋代才记载较详。

1092年,苏颂(1020—1101)和韩公廉建成了我国古代最大型的先进天文钟楼“水运仪象台”,其结构详细载于苏颂《新仪象法要》中,它涉及天文、力学、机械制造,其中有相当于钟表擒纵器的“天衡”,是保证等时性的杠杆装置。元代郭守敬(1231—1316)在天文仪器制造的种类(简仪、仰仪、定时仪、日月食仪等十几种)、结构和精度方面达到了很高的水平。

河北石家庄隆兴寺的转轮藏建于北宋,人在台上绕轴走动时轮藏会缓慢地反向转动,这实际上是动量矩原理的应用。

宋应星(1587—?)的《天工开物》是明代农业和手工业生产技术的百科全书,在卷十五《佳兵篇》中记述了测试弓弦弹力大小的方法:“凡试弓力,以足踏弦就地,秤钩搭挂弓腰,弦满之时,推移秤锤所压,则知多少。”方法十分巧妙。该书在我国失传300年,于1926年才由日本找回翻印本。

总的来说,我国古代力学知识与古代精湛的工艺技术往往密不可分,但各时期对技术知识的整理汇集、研究提高、保存流传都未受到重视,致使技术特别是科技理论不能代替人力形成明显的生产力,科举八股把教育与知识分子的注意力引到文字游戏或仕途官场上。一方面是大量生产知识与技术积累而又散失,缺乏系统整理;另一方面是经验性的定性的力学概念始终带有思辨色彩(如“气”“道”“理”),缺乏数学的定量引用和系统实验的基础,因此经典力学理论只能等待西方传入。

参考文献

- 1 中华人民共和国教育部制定. 普通高中物理课程标准(2017年版). 北京:人民教育出版社,2018
- 2 廖伯琴. 普通高中物理课程标准(2017年版)解读. 北京:高等教育出版社,2018
- 3 仲扣庄. 物理学史教程. 南京:南京师范大学出版社,2009
- 4 中国大百科全书总编辑委员会《物理学》编辑委员会,中国大百科全书出版社编辑部. 中国大百科全书 物理学. 北京:中国大百科全书出版社,2009
- 5 C. 基特尔等著. 陈秉乾等译. 伯克利物理学教程第1卷(力学). 北京:机械工业出版社,2016

补充习题及参考解答

1. 如图 3-10-1 所示,重为 20 N 的物体静止放在粗糙水平面上,用 $F=8\text{ N}$ 的力斜向下推物体, F 与水平面成 30° 角,物体与水平面间的动摩擦因数 $\mu=0.5$,则()。

- A. 物体对地面的压力为 24 N
- B. 物体所受的摩擦力为 12 N

C. 物体所受的合力为 5.1 N

D. 物体所受的合力为零

【解答】 A、D。

2. 某同学为了研究橡皮筋的伸长量是否符合胡克定律,做了如下实验。(1)橡皮筋竖直悬挂,下端不挂砝码时,橡皮筋顶端坐标 54.3 cm,下端坐标 49.0 cm。(2)橡皮筋下端挂砝码时,实验数据如表 3-10-1 所示。

表 3-10-1

实验序号	砝码重 F/N	下端坐标/cm	橡皮筋的伸长量 $\Delta x/\text{cm}$
1	0.5	48.0	
2	1.0	46.3	
3	1.5	43.5	
4	2.0	39.9	
5	2.5	36.6	

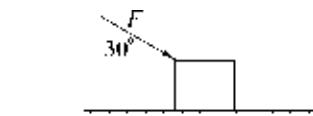


图 3-10-1

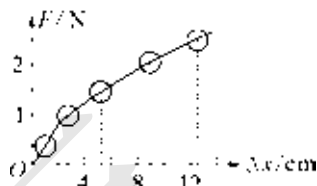


图 3-10-2

完成表 3-10-1 最后一栏的填写。作出 $F - \Delta x$ 图像。得出结论:

【解答】 1.0;2.7;5.5;9.1;12.4。

$F - \Delta x$ 图像如图 3-10-2 所示。结论: F 与 Δx 不符合胡克定律。

3. 一根弹簧所受的作用力与其长度的关系如图 3-10-3 所示。从图中你能得到哪些信息?

【解答】 从图中可以看出,弹簧的原长为 10 cm,劲度系数为 $k = \frac{\Delta F}{\Delta l} = \frac{30}{0.3} \text{ N/m} = 100 \text{ N/m}$,当弹簧的长度超过 40 cm 后,也就超过了这根弹簧的弹性限度。

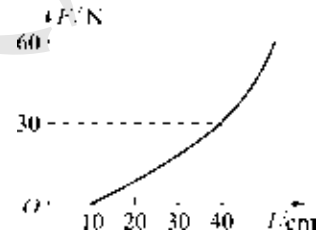


图 3-10-3

4. 如图 3-10-4 所示,A、B 两物体叠放在水平面上。已知它们的质量分别为 m_A 和 m_B ,A 和 B 之间的动摩擦因数及 B 与水平面间的动摩擦因数分别为 μ_A 和 μ_B ,问:把 B 匀速拉出所需要的力 F 有多大?



图 3-10-4

【解答】 要把 B 拉出,需克服 A 对 B 的摩擦力 f_1 和地面对 B 的摩擦力 f_2 。

$$f_1 = \mu_A m_A g, \quad f_2 = \mu_B (m_A + m_B) g,$$

故

$$F = f_1 + f_2 = (\mu_A m_A + \mu_B m_A + \mu_B m_B) g.$$

5. 如图 3-10-5 所示,放在粗糙水平地面上的 A、B 两物体保持静止。分析 A 物体所受到的力有哪些,每个力的方向如何,并指出每个力的施力物体。如果 A 和 B 的质量分别为 m_A 和 m_B ,A 与地面间的动摩擦因数为 μ ,那么,要在 A 上加多大的水平力才能使 A 和 B 一起做匀速运动?



图 3-10-5

【解答】 A 物体所受的力有:

重力:方向竖直向下,施力物体是地球;

支持力:方向竖直向上,施力物体是地面;

压力:方向竖直向下,施力物体是 B 物体。

要使 A 、 B 一起做匀速运动,所加的拉力要克服 A 与地面间的滑动摩擦力,故

$$F = f = \mu N = \mu(m_A + m_B)g。$$

6. 有人说,摩擦力总是阻碍物体的运动。请举例说明这种说法是不正确的。关于摩擦力对物体运动的阻碍作用,应该怎么说不准确?

【解答】 例如,被输送带送到高处的物体受到输送带的摩擦;车辆启动时,放在车厢水平地板上的物体随车一起运动受到地板的摩擦;自行车的驱动轮受地面的摩擦,等等。摩擦力阻碍的是物体之间的相对运动,而不一定是物体的运动。

7. 如图 3-10-6 所示,倾角为 30° 的光滑斜面上有一个质量为 m 的物块,求物块对斜面的压力和物块受到的沿斜面向下的一个分力。

【解答】 对物块所受的重力进行如图 3-10-7 所示的分解,物块对斜面的压力大小等于重力在垂直于斜面方向上的分力 G_1 ,物块受到的沿斜面向下的分力是它所受到的重力沿斜面向下的分力 G_2 。

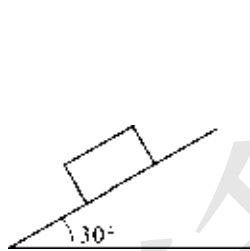


图 3-10-6

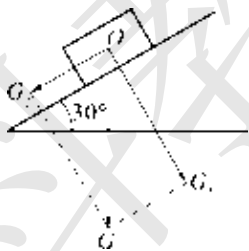


图 3-10-7

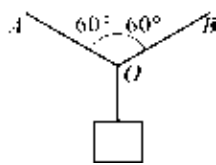


图 3-10-8

8. 如图 3-10-8 所示, OA 和 OB 两绳共同悬挂一个质量为 m 的物体,已知两绳与竖直方向的夹角均为 60° ,试求这两绳所受的拉力。

【解答】 将 O 点所受重物的拉力沿两根绳子的方向分解,如图 3-10-9 所示。

$$F_A = F_B = \frac{mg}{2\cos\theta} = mg。$$

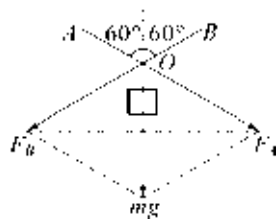


图 3-10-9

9. 如图 3-10-10 所示,水平地面上的物体受到一个与水平方向的夹角为 θ 、斜向上大小为 F 的拉力作用。试将拉力 F 按其两个作用效果分解,并求出两个分力。如果还知道物体的质量为 m ,并且物体恰好能做匀速直线运动,你能求出物体与水平地面间的动摩擦因数吗?

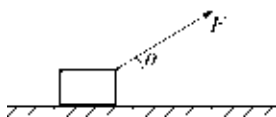


图 3-10-10

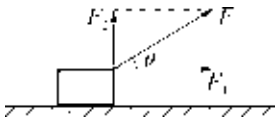


图 3-10-11

【解答】 将 F 在水平和竖直两个方向上分解,如图 3-10-11 所示。

$$F_1 = F \cos \theta, F_2 = F \sin \theta.$$

如果物体恰能做匀速直线运动,说明拉力 F 的水平作用效果 F_1 恰能克服物体受到的摩擦力,即 $f = F_1$ 。

这时,物体对地面压力的大小等于物体所受的重力与拉力 F 的竖直作用效果 F_2 之差,即 $N = mg - F_2$ 。

$$\text{由 } f = \mu N \text{ 得 } \mu = \frac{f}{N} = \frac{F_1}{mg - F_2} = \frac{F \cos \theta}{mg - F \sin \theta}.$$

10. 如图 3-10-12 所示,当弹性极小的竖直绳被拉直固定时,只用很小的力 F 就可以使一个很重的物体离开地面。试作图分析说明,并实际体验一下。

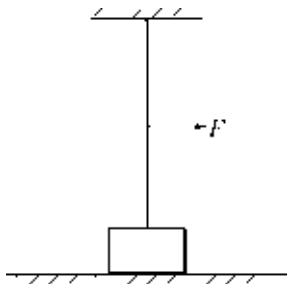


图 3-10-12

【解答】 由于绳子的弹性极小,只要绳子稍微被拉弯一点,偏离竖直位置,物体就可以离开地面。如图 3-10-13 所示,假设偏角为 θ ,则 F 在两段绳子上产生的分力为 F_1 和 F_2 ,其中, $F_1 = F \cot \theta$ 。当绳子的弹性很小时, θ 很小就会使物体离开地面,且在相同的 F 作用下, θ 越小,产生的 F_1 越大,当 θ 足够小时,就可以在绳子中产生足够大的力 F_1 ,从而可以让一个很重的物体离开地面。



图 3-10-13

11. 重为 $G = 20 \text{ N}$ 的木块放在倾角为 $\theta = 37^\circ$ 的斜面上,木块与斜面间的动摩擦因数 $\mu = 0.5$ 。现沿斜面向上拉木块,使木块沿斜面做匀速直线运动,那么,拉力 F 应为多大? ($\sin 37^\circ = 0.6, \cos 37^\circ = 0.8$)

【解答】 若木块沿斜面向下滑,则

$$G \sin 37^\circ - \mu G \cos 37^\circ - F_1 = 0,$$

代入数据解得

$$F_1 = 4 \text{ N}.$$

若木块沿斜面向上滑,则

$$G \sin 37^\circ + \mu G \cos 37^\circ - F_2 = 0,$$

代入数据解得

$$F_2 = 20 \text{ N}.$$

12. 重为 $mg = 20 \text{ N}$ 的木块放在水平面上,木块与水平面间的动摩擦因数 $\mu = 0.5$ 。拉力 F 至少多大才能拉动木块?

【解答】 设拉力与水平方向的夹角为 θ 。

$$\begin{cases} F \cos \theta - f = 0, \\ F \sin \theta + N - mg = 0, \\ f = \mu N, \end{cases}$$

解方程,得

$$F = \frac{\mu mg}{\cos \theta + \mu \sin \theta}.$$

设

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \mu^2}}, \quad \sin \varphi = \frac{\mu}{\sqrt{1 + \mu^2}},$$

$$\text{那么, } F = \frac{\mu mg}{\sqrt{1 + \mu^2} (\cos \varphi \cos \theta + \sin \varphi \sin \theta)} = \frac{\mu mg}{\sqrt{1 + \mu^2} \cos(\varphi - \theta)},$$

$$F_{\min} = \frac{\mu mg}{\sqrt{1 + \mu^2}} = \frac{0.5 \times 20}{\sqrt{1 + 0.5^2}} \text{ N} = 8.94 \text{ N}.$$

教 学 案 例

3.2 弹 力

【设计思想】

教学是一种创造性过程,《普通高中物理课程标准(2017年版)》指出:教师应结合教学实际,将物理核心素养的培养贯穿于教学活动的全过程。本节课基于物理学科核心素养确定了教学的目标和内容。在教学过程中重视情境的创设,如:利用颇具创意的坚果碎壳器开核桃引入新课,激发学生的好奇心和学习兴趣;通过握力圈、自制弹簧、铁丝、橡皮泥等认识形变,并在体验的基础上建构弹力的概念,完成从经验性常识向物理概念的转变。在教学中尤其重视科学探究能力的培养,通过探究弹力的方向和“探究弹簧(橡皮筋)的弹力的大小与形变量之间的关系”,培养学生设计实验、采集数据、处理数据、分析论证的能力,在对橡皮筋的弹力与形变量的探究中还可以培养学生求真求实的科学态度。同时,注重物理思想方法教育,如:研究桌面的微小形变时,使学生体会“放大法”,分析弹力方向时采用“替换法”,处理数据时运用“图像法”等,在知识学习的过程中贯穿科学方法的渗透。

【教学目标】

- (1) 通过体验,知道什么是形变且能归纳出形变的种类。
- (2) 在体验的基础上建构弹力的概念,经历从经验性常识向物理概念的转变。
- (3) 知道压力、支持力和绳的拉力都是弹力,通过实验探究能归纳出常见弹力方向的特点。
- (4) 通过实验探究弹力和形变量之间的关系,理解胡克定律,并掌握科学探究的一般方法,培养学生求真求实的科学精神。
- (5) 体会放大法、替换法、图像法等在处理问题时的巧妙与便捷,加强科学方法的掌握与运用。

【教学重难点】

教学重点

- (1) 弹力概念的建构,弹力产生条件和弹力方向的归纳与概括。
- (2) 探究弹簧(橡皮筋)的弹力与伸长量关系的实验过程。

教学难点

弹力的方向,探究弹簧(橡皮筋)的弹力与伸长量的关系。

【教学过程】

◆ 新课导入

展示德国创意大奖红点奖的作品——碎壳器(图 3-11-1),让学生体验新的开核方式,并在体验的过程中明白,开核器就是巧妙地利用了初中物理学习过的弹力。

教师在学生已有知识的基础上,提出新的问题:弹力怎样产生?弹力的大小、方向又如何?本节课将在初中已有知识的基础上继续研究弹力。

◆ 新课教学

一、形变

分组实验:利用提供的握力圈、自制弹簧、铁丝、橡皮泥等体验形变。

问题 1:撤去外力后,这些物体形变的恢复情况有何不同?

总结:按照撤去外力后能否恢复原状,形变可分为弹性形变和范性形变。

问题 2:弹簧的形变总是弹性形变吗?

总结:弹性形变是有一定限度的,形变超过这个限度便不能恢复原状,这一限度称弹性限度。

问题 3:玻璃瓶比较坚硬,用力挤压,它会有形变吗?

分组实验:每组提供一只装有红墨水的椭圆形玻璃瓶。

步骤①:用力挤压玻璃瓶,观察玻璃瓶是否发生了形变(观察不到形变)。

步骤②:将插有细玻璃管的塞子塞紧瓶口,再次实验(多数学生观察到细玻璃管内的液面升高)。

步骤③:改变力的作用点,使玻璃瓶形变后液面降低。

实验总结:任何物体在力的作用下都能发生形变,只不过有的形变太微小,不易观察到。在这个实验中,玻璃瓶的形变很微小,但是插入细玻璃管缩小了液面面积,于是液面高度发生了明显的变化。这种将微小量放大的方法在物理学上称为“放大法”。

演示实验:将激光笔和反光球置于桌面,激光笔发出的激光经过反光球反射照在天花板上,缓缓按压桌面,天花板上的光点移动了,说明桌面发生了形变。

方法总结:“放大法”是物理学研究中一种重要的方法,在收获物理知识的同时更要掌握物理方法。

二、弹力

1. 弹力的定义

学生活动:用力握紧握力圈,观察握力圈的形变,体会握力圈恢复原状的趋势,感受握力圈对手的弹力,描述握力圈对手的弹力是如何产生的。

总结:发生形变的物体,由于要恢复原状,对与它接触的物体会产生力的作用,这种力叫做弹力。

2. 弹力的方向

分组实验:以书本与课桌、绳子与钩码间的弹力为例,探究弹力的方向。为便于观察形变,采用“替代法”进行实验探究:用水球和薄板替代书本和桌面(见图 3-11-2);用水球和橡皮绳替代钩码和绳子(见图 3-11-3)。

让学生借助替换的模型自行完成表 3-11-1 的填写。



图 3-11-1

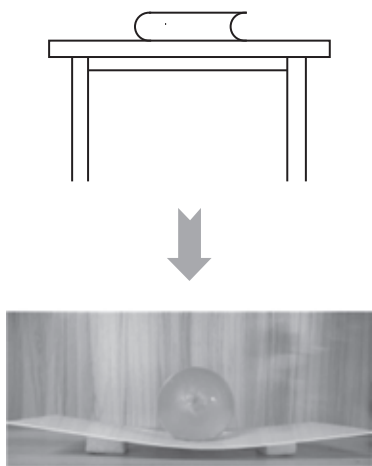


图 3-11-2

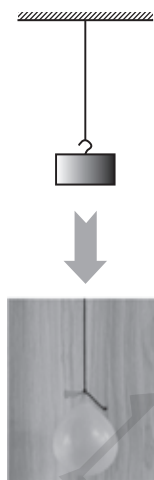


图 3-11-3

表 3-11-1

内容	施力物体	施力物体发生形变的方向	施力物体恢复原状的方向	弹力的方向
桌面对书本的支持力				
书本对桌面的压力				
绳子对钩码的拉力				

问题 1: 通过对表 3-11-1 内容的分析, 能否总结出弹力方向存在的规律?

总结: 弹力的方向总是与施力物体恢复原状的方向相同。

问题 2: 你能利用“替代法”及弹力方向的规律, 分析图 3-11-4 中物体 A、B 所受弹力的方向吗? 请画出力的示意图。(小组合作, PPT 展示, 互评共评, 同时强调画力的示意图的要点。)

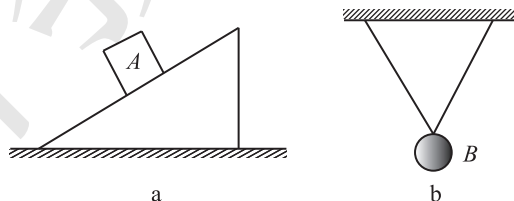


图 3-11-4

问题 3: 将弹力按拉力、支持力、压力分类, 结合上述图例, 弹力方向的规律如何表述更直观?

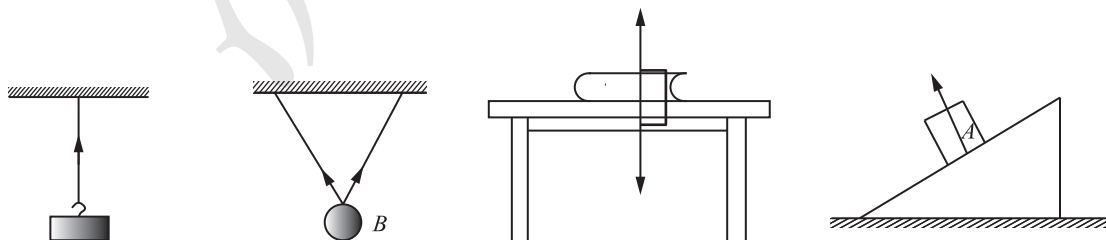


图 3-11-5

图 3-11-6

总结:

绳子的拉力: 绳子的拉力总沿着绳子指向绳子收缩的方向(见图 3-11-5)。

压力、支持力: 总是垂直于物体的接触面并指向被支持或被压的物体(见图 3-11-6)。

3. 弹力的大小

提出问题:请两位同学上台,用拉力器比力气,其他同学做评委。根据生活经验可以判断,形变量越大,弹力越大。这只是弹力与形变量间定性的关系,是否存在定量的关系呢?可以通过实验来探究。

分组实验:探究弹力与形变量之间的关系。部分小组探究弹簧的弹力与形变量的关系,部分小组探究橡皮筋的弹力与形变量的关系。(分工后要求小组合作,先设计实验方案再进行实验,及时记录数据并进行数据处理,最终以图表和文字的形式汇报实验结论。)

提供的器材:弹簧,橡皮筋,5个均为50 g的钩码,刻度尺,铁架台。

(1) 把所测得的数据填在表3-11-2中。

表 3-11-2

实验序号	1	2	3	4	5
钩码个数					
弹簧的弹力 F/N					
弹簧的伸长量 x/cm					

(2) 以 F 为纵轴, x 为横轴建立直角坐标系,根据表3-11-2中的数据,在图3-11-7中的坐标纸上描点,画出 $F-x$ 图像。

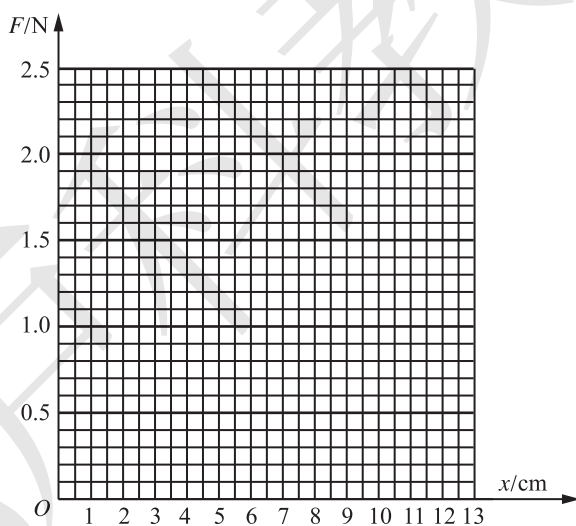


图 3-11-7

(3) 通过实验得出弹簧(橡皮筋)的弹力与弹簧(橡皮筋)的形变量之间有怎样的关系?

分工后要求小组合作,先设计实验方案再进行实验,及时记录数据并进行数据处理。实验完成后,教师巡视选取有代表性的小组上台展示。

展示1:实验方案展示。教师以追问的方式引导学生思考,为什么悬挂钩码所受的重力大小就等于绳子弹力的大小?如何减小长度的测量误差?

总结实验注意事项:测量弹力时要待钩码静止时读数;测量长度时可以先用笔标记位置,最后一次性测量。

展示 2: 选取用弹簧实验的两个小组展示实验图表及结论, 一组研究弹力与弹簧原长的关系(图线不过原点), 另一组研究弹力与弹簧伸长量的关系(图线过原点)。

总结实验结论: 图线不同但说明的结论相同, 即弹簧的弹力与形变量成正比, 数学表达式为 $F=kx$ 。该关系是由英国科学家胡克首先发现的, 叫做胡克定律。

展示 3: 选取所用弹簧不同的两个小组展示实验图表及结论(都是过原点的直线, 但斜率不同), 让大家思考可能存在的原因, 并对比展示两组实验用的弹簧。

总结劲度系数 k 的含义: 表达式中的 k 是弹簧的劲度系数, 国际单位是牛顿每米, 符号是 N/m 。弹簧的劲度系数跟弹簧丝的粗细、材料、弹簧的直径、绕法、弹簧的长度等量有关, 这个量反映了弹簧的特性。举例介绍生活中的硬弹簧、软弹簧。

展示 4: 选取探究橡皮筋弹力与形变量关系的两组, 一组图线画成曲线, 另一组图线画成直线。探究图线不同的原因, 指出将图线画成直线的小组描点连线时存在的问题, 即按照主观的猜测和推断去描绘图线, 没有尊重实验数据。

总结: 并不是所有物体的弹力与形变量都成正比, 比如橡皮筋, 由于拉伸过程中橡皮筋的截面积发生了变化, 所以劲度系数也发生了变化。

展示 5: 展示挂不同钩码时, 在白纸上标记了弹簧指针位置的小组装置。启发学生思考: 若在悬挂一个钩码的指针位置标记 0.5 N , 悬挂两个钩码的指针位置标记 1 N ……这个装置就变成了什么? 让学生撕开弹簧后面的白纸, 揭秘装置就是弹簧测力计改装的。

多媒体展示: 订书机、自动伞、摩托车中的弹簧等, 现实生活中与弹簧有关的物件很多, 我们学习弹力, 研究弹力, 更重要的是要了解弹力在生产、生活和现代科技中的广泛应用。

◆ 课后作业

课后, 同学们可以观察、整理, 也可以上互联网查询, 结合本节课所学的知识, 把弹簧具体应用的科学道理解释清楚, 写一份调研报告。

(本教案由江苏省连云港市新海高级中学申庭庭提供)

第4章

牛顿运动定律

本章教学目标

《课程标准》的要求及其解读

(1) 通过实验,探究物体运动的加速度与物体受力、物体质量的关系。理解牛顿运动定律,能用牛顿运动定律解释生产生活中的有关现象、解决有关问题。通过实验,认识超重和失重现象。

解读 “通过实验,探究物体运动的加速度与物体受力、质量的关系”,包括两个关系:一是在物体质量一定的情况下,探究加速度大小与受力大小的关系;二是在物体受力一定的情况下,探究物体运动的加速度大小跟物体质量的关系。这里所说的实验,是学生分组实验,是《课程标准》规定的学生必做实验。

“理解牛顿运动定律”,是指对牛顿第一定律、第二定律、第三定律的理解,强调牛顿第一定律是经典力学的基石,牛顿第二定律是经典力学的核心。教学中,应该要求学生能够运用牛顿运动定律进行一些定量的计算,但不要出现繁难的题目。

“能用牛顿运动定律解释生产生活中的有关现象、解决有关问题”,就是用牛顿的三个定律分析解决现实情境中的有关问题。其目的是加强物理学与生产、生活的联系,渗透“学以致用”的思想。教学中,有条件的话可以鼓励学生根据牛顿运动定律设计一种能显示加速度大小的装置。在用牛顿运动定律解决问题的教学中,要重视让学生体会用牛顿运动定律解决问题的思路,逐步形成运动与相互作用观念,以牛顿运动定律为知识载体,提升物理素养水平。

“通过实验,认识超重和失重现象”,这里除了课堂上的实验(包括小实验)外,有条件时,可以组织学生乘坐电梯、到游乐场乘坐过山车等,使学生有亲身的体验,也可组织学生去听讲座、看录像,了解航天员的生活等。

(2) 知道国际单位制中的力学单位。了解单位制在物理学中的重要意义。

解读 应该通过实例使学生知道物理公式在确定物理量的数量关系的同时,也确定了物理量的单位关系,只要选定几个物理量的单位,就能够利用物理量之间的关系推导出其他物理量的单位。在此基础上介绍基本单位、导出单位、单位制和国际单位制。知道米、千克、秒是国际单位制的基本单位。会用基本单位表示以往所学物理公式中的导出单位,在物理问题的计算中感受应用单位制有利于简化物理单位的处理,体会单位制在物理学研究中的重要意义。

教学目标

(1) 体验伽利略理想实验的推理过程,知道推出的结论;理解牛顿第一定律的内容及意义;理解惯性的概念,能正确解释有关惯性的现象;正确认识力和运动的关系。理解理想实

验是科学研究的重要方法。通过伽利略和亚里士多德对力与运动关系的认识比较,了解人类认识事物本质的曲折性。

(2) 通过实验探究出加速度与力和质量的定量关系,知道控制变量法的应用。培养学生自己设计实验和动手操作的能力。培养学生实事求是、尊重客观规律的科学态度。激发学生的求知欲和创新精神,以及与人合作的精神。

(3) 知道牛顿第二定律的公式,认识到由实验归纳总结物理规律是物理学研究的重要方法。了解单位制,知道力学中的三个基本单位,培养学生的概括能力和分析推理能力。

(4) 引导学生参与探究力的相互作用规律的探究过程。正确理解牛顿第三定律,能用牛顿第三定律解释生活中的有关现象。会区分平衡力与相互作用力。

(5) 掌握应用牛顿运动定律解决实际问题的基本思路和方法,学会用牛顿运动定律和运动学公式解决两类动力学问题。培养学生利用物理语言表达、描述和解决物理实际问题的能力,初步认识牛顿运动定律对社会发展的影响。培养学生严谨的求实态度和解决实际问题的能力。

(6) 通过实验认识超重和失重现象,理解产生超重、失重现象的条件和实质。会用牛顿第二定律分析超重和失重现象。培养学生的分析推理能力和实验观察能力。培养学生将物理知识应用于生产和生活实践的意识和能力,体会物理知识在高科技领域中的应用价值。

全章教材分析与教学要求

本章是在前面对运动和力分别研究的基础上的延伸——研究力和运动的关系,建立起牛顿运动定律。牛顿运动定律是经典力学的基础。牛顿第一定律是经典力学的基石,揭示了运动和力的关系,即力不是维持物体运动的原因,而是改变物体运动状态的原因。牛顿第二定律是经典力学的核心,它比牛顿第一定律更具体,定量地回答了物体运动状态的变化,即加速度和物体受到外力的关系,以及加速度和物体自身的惯性量度——质量之间的关系。所以,正确理解惯性概念,理解物体间相互作用的规律,熟练运用牛顿第二定律解决问题,是本章的学习重点。本章的内容也为进一步学习今后的物理知识,提高分析问题、解决问题的能力奠定了基础。

本章教材的特点与教学要求如下:

(1) 恰当地把传统的知识跟高新技术有机结合起来,富有时代气息。

教材从引言中对亚里士多德关于运动和力的关系的看法开始,介绍了亚里士多德对运动和力的关系的一些观点,指出了微重力、高真空的实验环境与亚里士多德描述的情境差异。接着,教材用航天员在太空舱中做的实验和生活情境的图片,向学生展示了一个比较理想的、可以看成不受力的环境。在最后一节,配合我国第一艘载人飞船上天,直接取用了记者与杨利伟的一段对话引入超重与失重的概念。在“STSE”和“信息浏览”中,介绍了太空实验室的成果;在“家庭作业与活动”中,教材通过展示微重力环境下美丽的蜡烛火焰的图片,鼓励学生设计微重力环境下的实验项目等。整章教材从“引言”到“家庭作业与活动”,从正文到“信息浏览”,充分利用了航天高新技术这一载体,散发着浓郁的高科技时代气息。

(2) 注重物理思想和物理方法的渗透,加强科学思维训练。

在牛顿第一定律的研究中采用的理想实验法,是人们在思想中塑造的一种理想过程,是

逻辑推理的一种方法和形式。它以真实的科学实验为基础,以科学事实为根据,突出主要因素,排除次要因素,运用逻辑推理,用以揭示物理世界的内在联系,发现物理规律。理想实验在认识论和方法论上的地位非常重要,虽然它不能代替具体实验,但是它具有特有的优越性。它不受仪器设备的限制,可以超越当时的科学技术水平,使研究过程达到完全简化和纯化的境界,可以充分发挥想象和推理的创造性作用,具有较大的概括性和预见性。本教材展示了伽利略斜面实验的猜想、依据、设计思路、推断结果这一思维过程,使学生领悟理想实验在物理学发展中的重要地位和作用。

在研究物体的加速度与力、质量的关系中运用了控制变量法,运用牛顿第二定律处理问题时用的整体法与隔离法,以及单位的规定方法,单位制的创建等,应让学生认真体会和理解,以提高学生的认知境界。探究加速度与质量的关系时,对实验数据是这样处理的:当加速度与质量的关系曲线类似于反比例函数图像时,不能就此认为加速度与质量成反比,而是进一步根据数据作 $a - \frac{1}{m}$ 图像,得到 $a - \frac{1}{m}$ 图像拟合为过原点的直线时才能确定。这不但让学生感到科学方法的巧妙,而且让学生感到科学的严谨,也为将来学习其他物理规律提供思路。这些方法需让学生认真体会、理解,以提高认知的境界。

(3) 注重学生科学探究的体验。

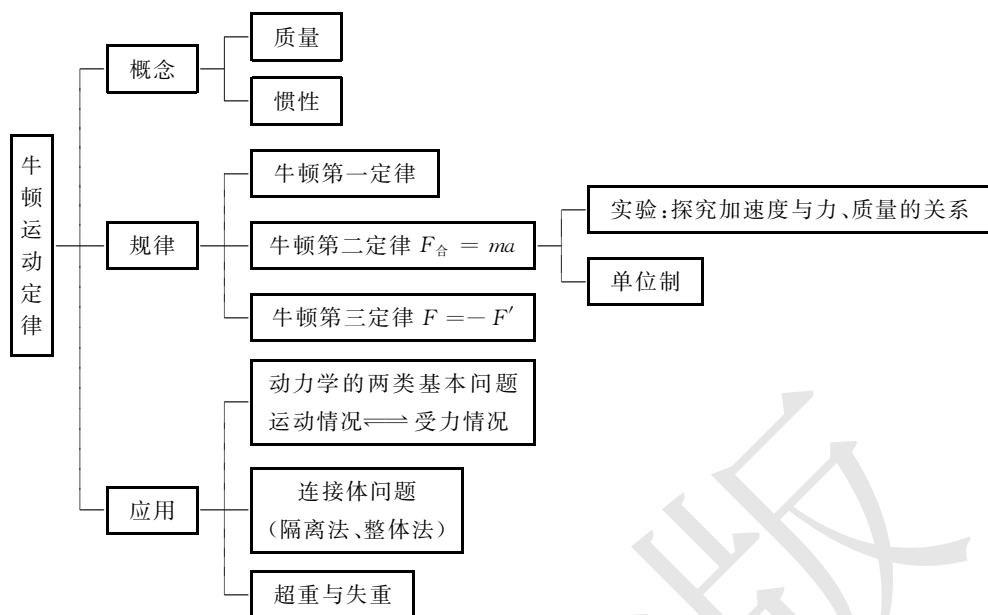
科学教育应该尊重科学发展的历程,但科学教育不可能也没必要重现各种科学的发展过程,而且作为科学教育的中学物理课程的内容体系也不一定(有时甚至不应该)与物理学的学科体系相同,所以本教材是在学生已有的对力和质量认识的基础上,让学生探究的是加速度与力和质量的关系,在探究过程中注重问题的提出和发现。对于加速度与力和质量的关系,教材以实验的形式出现,不仅锻炼学生的动手能力,更重要的是可以引导学生了解如何设计实验,如何提出问题等,这些才是现代中学生最应该掌握的方法和技巧。实验过程中要引导学生自己独立实验,独立进行实验数据的处理,最后讨论实验结果。教学中,要放手让学生自主设计实验,即使学生的实验方案不符合要求,也要加以鼓励,因为学生在设计和实际操作过程中的体验比实验结果正确与否更重要。

(4) 重视物理知识的应用,帮助学生树立物理观念。

物理学是一门与自然、生活、技术进步和社会发展有着最为广泛联系的科学,所以如果让学生封闭在既不联系自然,也不联系生产与生活的氛围中,学生难以体验科学探究的乐趣,是不可能热爱物理课程的。教材中列举了从地面上各种物体的运动到天体的运动,从自行车到火车、汽车、飞机等交通工具的运动,从投篮球到发射导弹、人造卫星、宇宙飞船等等,所有这些问题都是与牛顿力学相联系的。科学教育应该引导学生用获取的知识和研究方法去审视、发现和解决实际问题,在解决问题时更应重视过程而不是结果。例如本章第 4.5 节和第 4.6 节以利用牛顿运动定律解决实际问题为目的,设置了两类案例,即“从受力确定运动情况”“从运动情况确定受力”,很好地解决了实际问题,从而使学生体验到科学知识的作用。

另外,教材力图以广阔的科学技术为背景,即“太空——无与伦比的实验室”“安全带与安全气囊”“乘电梯的感受”等来说明生活中物理无处不在。这些图景的展示,开阔了学生的视野,促使学生持续关注社会、关注生活、关注自己身边发生的事情。

本章教材的设计框架和知识逻辑结构如下框图所示:



本章的教学重点

- (1) 通过了解人类探究力和运动关系的历史过程,理解牛顿第一定律的内容和意义。
- (2) 探究加速度与力和质量的关系,总结出牛顿第二定律。深刻理解和掌握牛顿第二定律的内容。
- (3) 用牛顿运动定律解决一些生产生活中的实际问题。

本章的教学难点

- (1) 实验探究中学生设计实验方案,以及用牛顿第二定律解决问题时对矢量性、瞬时性、相对性的认识。
- (2) 综合运用物理知识实际问题能力的培养。

课时安排建议

本章拟用 10 课时,具体安排如下:

第 4.1 节 1 课时

第 4.2 节 2 课时

第 4.3 节 2 课时

第 4.4 节 1 课时

第 4.5 节 2 课时

第 4.6 节 1 课时

全章复习和评价 1 课时

各节教材的说明与教学建议

4.1 牛顿第一定律

教学目标

- (1) 知道伽利略的理想实验及其主要推理过程和推论,知道设计理想实验是科学研究的一种重要方法。

(2) 理解牛顿第一定律的内容及意义。理解惯性的概念,会正确解释有关惯性的现象。

(3) 通过亚里士多德、伽利略和牛顿等对力与运动关系的认识讨论,了解人类认识事物本质的曲折性,感悟科学是人类进步不竭的动力。

教材说明

引言简要介绍了人类认识力和运动关系的历史,让学生了解亚里士多德的看法——力是维持物件运动的原因。今天借助飞船提供的微重力、高真空实验环境可以清楚地表明:力是改变物体运动状态的原因。使学生体会到一个正确的认识来之不易,往往需要经过几代物理学家的不懈努力。

(1) 本节教材从航天员王亚平在飞船“天宫”一号舱内的太空授课开始,介绍了有趣的实验:“太空打坐”、质量测量、单摆运动、陀螺运动、水球制作,激发学生学习物理知识的兴趣,认识到航天员的感受中蕴含着一个深刻的道理,那就是运动和力的关系。

(2) 伽利略的理想实验是人类思想史上最伟大的成就之一,是本节的教学重点。

本节的教学重点是对牛顿第一定律和惯性的正确理解及科学思想的建立过程;教学难点是认识力和运动的关系、惯性和质量的关系。

教学建议

教学中,可以先投影显示教材章首图,引出本章研究的主题——力与运动的关系。然后从亚里士多德的一些说法开始,引导学生进行分析、讨论。这里,亚里士多德的话在初中已有耳闻,教学中可引导学生谈谈自己的认识,并分析“运动问题太复杂”的原因,为伽利略的理想实验作铺垫。

关于“‘天宫’里的航天员”

建议配合教材中内容的描述,播放王亚平的“太空授课”视频,让学生感受太空与地面的相同与不同之处,激发学生的兴趣和关注航天技术的热情,帮助他们一起做一个航天梦,从而引入运动和力之间关系讨论的话题。

关于“伽利略的理想实验和牛顿的总结”

建议充分说明伽利略理想实验的推理过程,知道理想实验是人们在思想中塑造的一种理想过程,是逻辑推理的一种形式。它是以真实的科学实验为基础,以科学事实为根据,突出主要因素,排除次要因素,运用逻辑推理揭示物理世界的内在联系,发现物理规律的一种重要方法。教学中要解决好两个方面的问题:

① 让学生感觉到理想实验并不神秘,我们平时也常有亲身经历。例如,下棋时,棋手在落子前总会先在头脑中摆上一个假想的战场,自己怎么走,对手会如何应付……对弈双方外表平静优雅,不动声色,脑海中却早已经历了几番激烈的厮杀,越是优秀的棋手,设想的战局方案会越多、越深入、越全面,然后才能走出惊人的妙着难倒对方。

② 让学生体会理想实验的科学意义。教材中指出:“理想实验是在想象中进行的实验,是科学研究的重要方法。它能达到现实科学实验无法达到的简化和纯化的程度,充分发挥理性思维的逻辑力量。”对这段话,可结合伽利略的对接斜面实验的具体例子加以解释。

在伽利略理想实验分析的基础上得出牛顿第一定律(惯性定律)后,教师应带领学生仔细分析牛顿第一定律的内容,帮助学生总结出牛顿第一定律的意义:

- ① 牛顿第一定律提出了“惯性”和“力”两个重要的概念。
- ② 牛顿第一定律指出了力不是维持物体运动的原因,而是物体运动状态改变的原因。
- ③ 借助牛顿第一定律可以定义一个参考系,即“惯性系”,这是牛顿时空观的基础。

应该让学生认识到,牛顿第一定律所描述的虽然是一种理想化的状态,但是它却正确地揭示了自然规律。虽然自然界中找不到不受力的物体,但是在某方向不受力的情况较为常见。

牛顿第一定律揭示了运动与力的关系:力不是维持物体运动的原因,而是改变物体运动状态的原因。牛顿第一定律被称为牛顿力学的基石和第一原理,正是因为它破除了长达近2000年的亚里士多德的错误,改变了人类的自然观和世界观,才导致牛顿第二定律的得出,并使牛顿以新的视角看待引力,进而令人信服地表明,天上和地上物体服从同样的力学规律。

注意:有教师在教学中把惯性定律看作牛顿第二定律的特殊情况的处理方法是错误的。与此同时,惯性定律本身还包含着力、惯性和参考系这些极富成果的科学概念,成为物理学理论的支柱和基石。

关于“惯性有大小吗”

关于惯性和惯性定律,学生在初中已经学过,但限于初中的要求,对一些有关的现象学生常常只用“这是惯性”简单地回答,而且常会有一些模糊的和错误的认识。如:物体只有在匀速直线运动或静止状态时才有惯性;惯性是一种力;速度大的物体惯性大,因为速度大的物体停下来比较难。学生也常会把惯性和惯性定律混同起来。教学中,除了应纠正学生的不正确认识外,还应强调指出,惯性和惯性定律是不同的。

惯性是任何物体所具有的一种属性,它是没有任何附加条件的,也是无法被克服的。惯性定律是一条客观规律,它的成立是有条件的——不受外力作用。

对惯性的大小,初中物理没有要求,学生的认识是肤浅的。教材中要求通过对生活中一些素材的讨论,使学生认识到惯性大小跟质量有关。教材指出:“质量是物体惯性大小的量度”,教学中可在学生讨论的基础上加以点明,并可指出:物体的惯性只跟质量有关,跟它的速度大小、方向以及物态(固态、液态、气态)和物质组成等无关,因此,1 kg的铁块跟1 kg的木块和1 kg的水保持它原来运动状态的本领相同,即它们的惯性大小相同。惯性是一种“本领”,保持原来运动状态不变的“本领”,也可理解为物体“抵抗运动状态变化”的“本领”。

飞船“天宫”里的聂海胜能稳稳地悬在空中是一个极好的事例,可以帮助学生认识到惯性与重力是两回事。

关于“多学一点 惯性系与非惯性系”

《课程标准》对惯性系并没有要求,教材把惯性系与非惯性系的内容放入“多学一点”栏目中,体现了教材的开放性和教学的自主性,可指导学有余力的学生学习。教学中,只要求学生能区分惯性系和非惯性系,不要求分析非惯性系中物体的运动情况。

教学时可为学生提供种种现象,如:假如你在封闭的匀速运动的船舱内,当你在地板上跳跃时,不管你是向船尾跳还是向船头跳(由于船的匀速运动),跳跃时通过距离完全相同;挂在船天花板下装着水的酒杯里滴下的水滴将竖直地落到地板上,没有任何一滴水滴落向船尾方向,虽然当水滴尚在空中时,船在向前运动。这些现象指出了一切彼此做匀速直线运动的参考系(称为惯性参考系)对于描述运动的力学规律是完全等价的,并不存在一个比其他惯性系更为优越的惯性系。换句话说,在一个惯性系内部所做的任何力学实验,都不能确定这一惯性系本身是处于静止状态还是在做匀速直线运动。

教材中图 4-1-4,对于车厢里的小球运动学生可能有一定的感知,这是一个很好的讨论素材,也可以让学生在以后的乘车中去体验。

关于“STSE”

主要让学生课后阅读为主,对学生渗透“学以致用”的思想和安全教育,让学生体验物理知识与日常生活的紧密联系,认识生命的意义。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 这种说法不正确。伞兵匀速下降过程中,受重力、伞绳拉力和风力的作用,这三个力的合力为零。

2.【解答】 (1) 错误。惯性是物体的一种属性,它是无法克服的,足球由静止到运动,是受到了脚对它的作用力。

(2) 错误。任何物体在任何时刻都具有惯性。

(3) 错误。惯性的大小仅由物体的质量决定,跟物体的速度大小无关。(车子速度大的时候不易被制动,应该用功与动能的变化或力的冲量与动量的变化进行解释。)

3.【解答】 教材图 4-1-7 中,上面的车突然减速或制动,下面的车突然加速或启动,车中乘客由于惯性要保持原来的运动状态,因此就产生前倾或后仰的情况。

4.【解答】 车子转弯时,人由于惯性要保持原来的运动状态,因此就会向车厢外侧倾斜。

补充课堂检测题和参考解答

1. 参加百米赛跑的运动员到达终点后并不立即停下来,还要向前跑一段距离,这是为什么?

【解答】 运动员冲刺到终点时的速度是很大的,由于惯性,运动员还将保持这个速度运动,故不能立即停下。

2. 同样的力加在质量较小的车上,车的速度变化较快,而加在质量较大的车上,车的速度变化较慢。实际做一下,并分析一下原因。

【解答】 物体的惯性反映了物体保持原来运动状态的本领。物体的质量越大,惯性越大,其运动状态也越难改变,所以,相同的力加在质量大(惯性大)的车上,车速(运动状态)变化较慢,而加在质量较小的车上,车速变化较快。

4.2 探究加速度与力、质量的关系

教学目标

(1) 理解物体运动状态变化快慢与力有关,也与质量有关。通过实验探究加速度与力和质量的定量关系。

(2) 亲历实验探究加速度与力、物体质量的关系。知道用控制变量法进行实验,自己设计实验并操作实验,培养实验能力。

(3) 经历实验方案的制订和实验数据处理的过程,学习科学方法,培养实事求是、尊重客观规律的科学态度。激发求知欲和创新精神,培养与他人合作的团队精神。

教材说明

传统教材这节课一般先进行牛顿第二定律的教学,然后用实验验证牛顿第二定律,注重的是知识的再现。本教材中的这一节从原来的牛顿第二定律中单独抽出,充分体现了《课程标准》对学生动手能力、探索能力、自己总结观察现象的能力要求。

本节内容是实验,写法与以往不同,实验没有给出具体的操作步骤,要求学生自己设计,但给出了基本思路。

本节的教学重点是控制变量法的使用、设计实验方案并使实验方案合理可行、实验数据的分析与处理;教学难点是如何设计实验方案及数据的分析与处理。

教学建议

关于“加速度与力、质量关系的定性分析”

力是改变物体运动状态的原因,物体在力的作用下运动状态发生改变,而惯性又阻碍运动状态的变化,这是一个问题中的矛盾双方,最终使物体的运动状态发生了变化(产生加速度)。可见,加速度既与外在因素的力相关,还与内在因素的质量相关。

由教材中两个实验的定性分析指出,质量越大,加速度越小;力越大,加速度越大。

关于“探究加速度与力、质量的定量关系”

(1) 在实验探究教学中,教师不应告诉学生实验方案和实验步骤,应该引导学生明确以下问题:实验要探究的内容、探究实验的设计思路、实验仪器的操作方法、数据处理方法以及如何画出图像并且从图像探究到规律,在设计实验中锻炼学生的能力。教学中,可能有许多学生设计的实验方案并不利于操作,但是经历这个思维过程对学生来说是非常宝贵的。

(2) 实验数据的处理方法将直接影响实验的成败,应该引导学生习惯于用图像处理数据,并有意识地引导学生用计算机辅助学习,把学生从繁重的数据处理中解脱出来。

探究过程:首先引导学生思考讨论,如何研究三个物理量之间的关系?让学生经历猜想、设计实验、收集证据、分析论证等探究过程。对于控制变量法,学生在以前的学习中已比较熟悉。实验中,先保持物体的质量不变,研究它的加速度跟外力的关系;再保持外力相同,研究物体的加速度跟它的质量的关系。

教材中提供的参考实验方案与“探究小车速度随时间变化的规律”相似,这个装置学生

比较熟悉,很容易被学生想到。教学中,可引导学生对这两个方案作一比较,明确它们可在不同层次的要求上使用。

实验注意事项:

① 牵引小车的小桶及细砂的质量只有远小于小车质量($m \ll M$)的条件下,才可以认为小桶及细砂所受的重力(mg)等于对小车的拉力(还要注意调节定滑轮的位置使得拉绳平行于斜面)。小车的质量用天平称量,一般实验用的小车质量约为 200 g,因此,细砂和小桶的总质量以不超过 20 g 为宜。如果小桶和细砂的质量太大将会产生明显误差(系统误差)。这个问题不要在实验时讨论,以免分散学生的注意力,可以在总结出牛顿第二定律以后再安排讨论。

② 实验将不可避免地存在阻力。如何消除摩擦阻力的影响,可以由学生自己分析提出。方法有两个:一是在长木板不带定滑轮的一端下面垫放一木块,使木板倾斜(5° 左右),将小车放在木板上,先不要拴上小桶,在小车后面固定一条纸带,并让纸带穿过打点计时器的两个限位孔,将小车释放后,小车可能仍保持静止,也可能沿长木板加速下滑。适当改变木块的垫放位置(即改变木板的倾斜程度),直到轻推一下小车后小车基本上能匀速下滑(纸带上打出的点的间隔基本上是均匀的),这时摩擦阻力和小车所受的重力沿斜面方向的分力相平衡,消除了摩擦力的影响。二是将长木板平放,在小桶内加入适量的细砂使小车基本能匀速运动。实验时,再在小桶中加入细砂使小车做加速运动,则增加的细砂所受的重力即为对小车的拉力。

③ 每次改变拉力,对打出的纸带都要编号,并标明所用拉力的大小,以免在处理数据时发生张冠李戴的混乱情况。

④ 得出实验数据后,引导学生用图像处理数据,即分别作出 $a-F$ 图像和 $a-\frac{1}{m}$ 图像。有条件时应引导学生用计算机辅助作图。

⑤ 描绘好图像后,可以相互比较各小组之间图像的相同点和差异,讨论这些相同点和差异说明的道理,以评估实验结果的可靠性。评估的内容应包括图线的线性、是否通过原点,以及分析误差产生的原因。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 不需要重新平衡摩擦力。

如图 4-2-1 所示,对小车进行受力分析,小车平衡时有

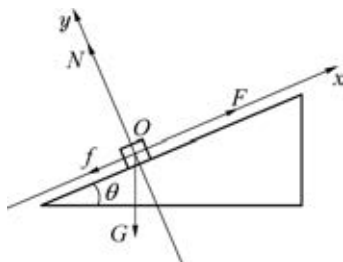


图 4-2-1

$$mg\sin\theta=f, f=\mu mg\cos\theta,$$

得

$$mg\sin\theta=\mu mg\cos\theta, \tan\theta=\mu。$$

显然调整好角度平衡摩擦力后,当小车质量改变时,不需要调整小车的倾斜程度。

2.【解答】平衡摩擦力不准确,质量测量不准确,计数点间距测量不准确,纸带不严格与木板平行等。

4.3 牛顿第二定律

教学目标

(1) 认识单位制在物理学中的重要意义,知道国际单位制中的力学单位,知道物理公式既确定了物理量的数量关系,也确定了物理量的单位关系。

(2) 通过上一节的实验结论归纳得到牛顿第二定律,培养学生的概括能力和分析推理能力。

(3) 理解牛顿第二定律的内容,知道牛顿第二定律表达式的含义。

(4) 认识到由实验归纳总结物理规律是物理学研究的重要方法。渗透物理学研究方法的教育,让学生深切感受到科学源于生活并服务于生活,激发学生学习物理的兴趣。

教材说明

有了上一节实验探究的结论,进一步引导学生进行归纳,找出加速度与力、质量的综合的、定量的关系,是教学的重点内容。由于实验得出的只是比例关系,由比例式到等式还需要一个演变过程。为使比例系数 $k=1$,规定了力学的单位。

由于力学单位是根据牛顿第二定律规定的,因此力学单位制安排在牛顿第二定律的后面讲述。

本节课的教学重点和难点都是对牛顿第二定律的理解。

教学建议

关于“牛顿第二定律”

在研究牛顿第二定律时,从比例式到等式,应使学生明白:

(1) 从实验数据的分析直接得出的只能是一种比例关系,为了应用方便,常把它们改写成等式(物理公式)。这是一个人为的科学加工过程,也往往是科学家创造力的表现之处。在这个过程中,通常需要定义或测定一些比例系数。例如:

胡克定律: 由 $F \propto x$ $\xrightarrow[k]{\text{引入比例系数}}$ $F=kx$ 。

物体升温吸热: 由 $Q \propto m\Delta t$ $\xrightarrow[c]{\text{引入比例系数}}$ $Q=cm\Delta t$ 。

牛顿第二定律: 由 $F \propto ma$ $\xrightarrow[k]{\text{引入比例系数}}$ $F=kma$ 。

(2) 比例系数 k 的确定,有两种情况:

① 当式中某一物理量的单位已确定时, k 的数值与单位也是确定的,如:胡克定律中 k

的单位是 N/m , 大小由具体的弹簧决定; 吸热公式中的比热容 c 的单位是 $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$, 大小由物质性质、状态决定。

② 当式中各物理量的单位未确定时, 为了使公式简化, 可以通过选取适当的单位, 使 $k=1$ 。

在牛顿第二定律中, 通过规定力的单位 N , 即: 使质量为 1 kg 的物体产生 1 m/s^2 的加速度的力的大小为 1 N , 这样, $k = \frac{F}{ma} = 1$ 。

牛顿第二定律的公式 $F=ma$ 是在物体只受一个力作用时得出的, 当物体同时受到几个力作用时, 牛顿第二定律中的 F 应为物体所受的合外力, 即

$$F_{\text{合}} = ma。$$

力、加速度、速度和速度的变化量几者之间的关系认识对于学生来说是比较困难的。个人的感觉往往会对学习物理产生一些干扰, 如: 学生往往会觉得作用力大速度一定大, 作用力小速度一定小; 作用力减小, 物体的速度一定也减小。教师一定要设置较好的研究情境帮助学生认识这些概念之间的联系和区别。例如: 汽车启动时, 要用较大的牵引力, 这时加速度很大, 但速度并不大; 而启动之后, 开车人就要换挡, 减小牵引力, 这时加速度减小, 而速度很大。加速度的大小取决于合力, 而速度的大小除了取决于初速度还取决于加速的时间。

关于“多学一点 牛顿第二定律的矢量性”

由于力 F 和加速度 a 都是矢量, 且两者的方向相同, 也就决定了牛顿第二定律的矢量性。在以前的牛顿第二定律教学中, 很少涉及定律或定理的矢量性, 因此, 教学时要特别强调牛顿第二定律的矢量性。考虑到 F 与 a 的矢量性, 它们可以分解到相互正交的两个方向上, 分别利用牛顿第二定律。通过案例的分析应使学生明确正交分解法的一般解题流程:

- ① 明确研究对象。
- ② 进行受力分析。
- ③ 通常以初速度方向为正方向(若初速度为零, 则以加速度方向为正方向)建立直角坐标系。
- ④ 列出方程:

$$F_{x\text{合}} = ma_x,$$

$$F_{y\text{合}} = ma_y。$$

还要强化牛顿第二定律的瞬时性: 合外力 $F_{\text{合}}$ 与加速度 a 瞬时对应, 合外力变化, 加速度也随着变化; 合外力恒定, 加速度也恒定; 合外力在某个时刻停止作用, 加速度也随之消失。合外力和加速度是同时产生, 同时变化, 同时消失的。当合外力为零时, 物体的加速度也为零, 但速度不一定等于零。合外力的大小和方向恒定时, 物体的加速度也恒定, 即物体做匀加速运动, 但运动路径不一定是直线。有时还要注意与物体相连的施力物体的特性。有的传力介质如轻绳, 其所传递的力是可以突变的, 而有的传力介质如轻弹簧, 其所传递的力是不能突变的。

关于“物理量与单位制”

初中到高中的物理学习中, 学生已经学习了很多物理量的单位, 同时也知道单位是为了

测量、比较量的大小而建立的。在选定了基本单位后,其他物理量的单位是根据它的定义式,由所选择的其他物理量的单位共同决定的。例如:在长度和时间单位选定后,速度和加速度等物理量的单位可以通过长度和时间单位共同决定。一般来说,物理量的单位可以任意选择,所以,对于同一个物理量就可能有多个单位,也就存在多种单位制,如果各国所用的单位制各不相同,就会影响科技的交流与发展,因此国际计量大会通过了国际单位制(SI)。统一使用国际单位制后,也可减轻学生计算过程的书写负担,并且对以后的教学很有帮助。由于这部分内容相对比较简单,没有复杂的计算和推理,教师在实际安排时可以大胆地放给学生,让学生结合“信息浏览:国际单位制”,通过自己阅读总结的方法提高学生的自学能力、概括能力和总结能力。

关于“信息浏览”

明确国际单位制的必要性。教学中,让学生了解国际单位制中的基本单位,便于以后学习中统一用国际单位制进行计算。

关于“STSE”

本内容可以和前面的“单位制”教学结合起来,让学生亲身体验和感受一下统一单位制的必要性。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1. 【解答】 $1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2}{\text{m}^2} = 1 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$ 。

2. 【解答】 航天员能使这个天体产生加速度。根据牛顿第二定律 $F=ma$,任何一个力都会使物体在这个力的方向上产生加速度,这就是力的独立作用原理的反映。

3. 【解答】 因为这个大桌子在水平方向上不只受到小孩的推力,还受到地面静摩擦力的作用,它们相互平衡,所以桌子无法被推动。由此可见,牛顿第二定律公式中的 F 指的是物体受到的合外力。物体表现出来的相对地面的加速度,由它的质量和受到的合外力决定。

4. 【解答】 根据牛顿第二定律 $F=ma$ 可知,当 F 逐渐减小时, a 也在逐渐减小,由于力的方向始终与运动方向相同,速度在不断地增大,只是速度增大得越来越慢,画出的 $v-t$ 图像如图 4-3-1 所示。所以,物体将做加速度逐渐变小、速度逐渐变大的变加速运动。

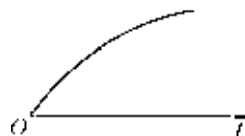


图 4-3-1

补充课堂检测题和参考解答

1. 一个物体在大小为 3 N 的力作用下,产生的加速度为 2 m/s^2 。现要使该物体产生 3 m/s^2 的加速度,需要多大的力?

【解答】 根据牛顿第二定律 $F=ma$ 知, $\frac{a_1}{a_2} = \frac{F_1}{F_2}$, 得 $F_2 = 4.5 \text{ N}$ 。

2. 货船空载启航时产生的加速度为 0.4 m/s^2 ,装上货物后的总质量是原来的 4 倍,则

货船装上货物后启航时能产生的加速度为多大? (货船的牵引力不变, 水的阻力不计。)

【解答】 根据牛顿第二定律 $F=ma$ 知, $\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$ 得 $a_2 = 0.1 \text{ m/s}^2$ 。

3. 一个质量为 m 的物体做自由落体运动, 试用牛顿第二定律求该物体的加速度。物体的加速度与其质量有关吗? 据此进一步理解教材第 2 章开头介绍的伽利略在比萨斜塔上所做实验的实验结果。

【解答】 物体做自由落体运动时, 所受的力只有重力, 故 $a = \frac{F_{\text{合}}}{m} = \frac{mg}{m} = g$ 。即: 不同的物体做自由落体运动时, 其加速度都是由其所受的重力产生的, 加速度与重力成正比, 又与质量成反比, 而重力与质量成正比, 所以加速度与物体的质量无关, 任何物体的自由落体加速度都相同。

4. 如图 4-3-2 所示, 一个物体沿倾角为 α 的光滑斜面下滑, 求该物体下滑的加速度大小。

【解答】 物体只受到重力和支持力的作用而沿斜面下滑, 故它们的合力必平行于斜面向下, 如图 4-3-3 所示。

$$F_{\text{合}} = mg \sin \alpha。$$

根据牛顿第二定律 $F_{\text{合}} = ma$ 得

$$a = \frac{F_{\text{合}}}{m} = \frac{mg \sin \alpha}{m} = g \sin \alpha。$$

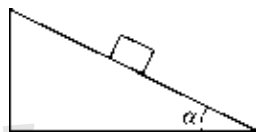


图 4-3-2

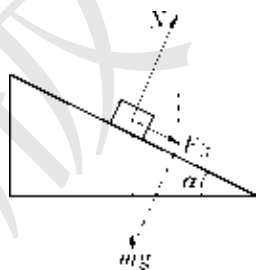


图 4-3-3

5. 有一个学生在做课外习题时, 得到了一个较为复杂的长度表达式 $L = \frac{v(a - \mu g)}{2ag}$, 式中的 v 、 a 、 μ 和 g 分别表示速度、加速度、动摩擦因数和重力加速度。该学生让老师给看看是否正确, 但老师没看题目, 只看了结果就说一定错了。老师为什么会有这个把握呢?

【解答】 从表达式可以看出, 得到的结果一定不是长度单位, 而是时间单位, 故一定是错的。

4.4 牛顿第三定律

教学目标

(1) 知道力的作用是相互的, 理解牛顿第三定律, 能用牛顿第三定律解释生活中的有关现象。

(2) 会区分平衡力与相互作用力。

(3) 通过参与探究力的相互作用规律的过程, 激发探究的兴趣。

教材说明

本节教材从研究两队拔河比赛引入, 然后简化为男生与女生两个人之间的对拉来探究相互作用力的大小关系, 得出作用力与反作用力的关系; 再用 DIS 验证物体间的相互作用这一关系, 让学生经历观察思考、实验探究等学习活动, 培养学生尊重客观事实、实事求是的

科学态度。

本节的教学重点是理解作用力和反作用力的概念及牛顿第三定律;教学难点是正确区分平衡力跟作用力与反作用力。

教学建议

关于“从拔河比赛谈起”

本节内容从两个学生之间的拉力研究入手。由于高矮两位同学间的弹簧测力计不容易保持在水平位置,同时,实际拉动时,对弹簧测力计示数的观察也比较困难,因此,教学中可改为让一个学生用两个相同的弹簧测力计拉。拉的时候,可以先让左手“主动”施力,再让右手“主动”施力,最后两手同时施力,分别读出两个弹簧测力计的示数。也可以按照教材图4-4-4的方法,把一个弹簧测力计固定后拉另一个弹簧测力计,然后比较每次两个弹簧测力计示数的大小。在学生通过自己的实验获得了确凿无疑的认识后,再提出教材上大男生跟小女生比力气的问题。在课堂上让大男生跟小女生直接手拉手比力气:一次双方都穿普通的鞋子;另一次让大男生穿上溜冰鞋再跟小女生比力气(教学中应注意安全)。学生在欢笑声中不仅加深了对力的相互性的理解,也对决定拔河比赛胜负的因素有了初步的认识。

虽然学生在初中就学过力是物体间的相互作用,但是在学习牛顿第三定律时仍存在一些错误的认识,如:认为作用力在先反作用力在后;认为相互作用的物体处于平衡状态时,作用力和反作用力才大小相等;作用力和反作用力既然大小相等,方向相反,作用在同一条直线上,那么作用力和反作用力就可以相互抵消……通过这样一个“拔河比赛”的活动和教材中图4-4-4的实验,再例举实例,可逐步帮助学生纠正一些不正确的认识。教学中,要注意结合几个具体实例,指导学生紧扣“甲对乙,乙对甲”的成对关系,用自己的语言,表述出每个力及其反作用力。

在做教材图4-4-4的实验时,可以将教材图4-4-5进行投影显示,再结合本节“思考与讨论”中的第3题一起研究。

关于“牛顿第三定律”

教材对牛顿第三定律的建立是循序渐进的。首先是通过“实验探究 比较拉力的大小”的实验与分析讨论,得出物体之间的作用力是相互的,相互作用力是同时产生同时消失的。然后通过弹簧测力计定量测量得出相互作用力大小相等方向相反,即得出牛顿第三定律。最后是联系生活,使学生体会牛顿第三定律在生产和生活中的应用。这就需要教师引领学生在一定的情境下去体验和实践,才能达到理解领会和应用的目的。

对于牛顿第三定律,应该向学生指出,牛顿第三定律是物体间相互作用的普遍规律,跟物体的运动状态无关。也就是说,无论两个物体是静止的还是处于加速运动中,物体间的相互作用力总是大小相等,方向相反,作用在一条直线上。由于日常生活现象中一些错误直觉的干扰,学生对这一点往往缺乏认识。

关于“思考与讨论”

问题1 解答:不会抵消,因为这两个力作用在两个不同的物体上。

教学中,可以比较作用力、反作用力与初中物理学过的平衡力的区别。这里应该特别强调:作用力和反作用力是分别作用在两个不同的物体上的,不能相互抵消(平衡)。

问题2 解答:不是。甲拉绳与绳拉甲,乙拉绳与绳拉乙,它们各是一对作用力和反作用力。

问题3 解答:一样的。因为大树对绳子施加拉力,仍相当于两边各用8匹马拉一样。

关于“多学一点 用DIS验证物体间的相互作用”

本实验是把两个传感器同时连接在数据采集器上,计算机屏幕上可以记录下两个传感器相互作用力的大小和方向,运动中两个物体间的相互作用同时遵从牛顿第三定律,可以用力传感器清楚地显示。在这个实验中,让学生观察计算机图像($F-t$ 图像)很重要。学生已经有了运动学中分析 $s-t$ 图像和 $v-t$ 图像的基础,所以教师应该尽量让学生叙述自己对图像的认识。

有条件的学校,可用DIS进行演示。没有DIS实验系统的学校,可以把教材图4-4-6和图4-4-7投影放大后讲解,让学生感受到,无论物体的运动状况怎样变化,相互作用力多么复杂,它们始终遵循着牛顿第三定律。

关于“STSE”

这部分内容是关于牛顿第三定律的实际应用。轮船、螺旋桨飞机以及划艇正是依靠作用力与反作用力的原理获得动力的。建议采用开放式教学,让学生发现自己生活中应用牛顿第三定律的具体事例,然后查找资料或开展实验进行研究,写出一份研究报告。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 两者的相同之处是大小相等,方向相反,作用在同一直线上。两者的不同之处如表4-4-1所示。

表4-4-1

作用力与反作用力	平衡力
性质相同	性质不一定相同
分别作用在两个不同的物体上	作用在同一个物体上
同时存在、同时消失	不一定同时存在、同时消失
相关物体可以处于任何运动状态	仅受一对平衡力作用时,相关物体一定处于平衡状态

2.【解答】 转动后,挂钩受到的拉力较小。因为风扇转动后,向下推空气,空气对风扇产生反作用力,会减小风扇对挂钩的拉力。

3.【解答】 A。提示:桌面对书的支持力和书受到的重力大小相等,方向相反,都作用在书上,所以是一对平衡力。

B、C 错误。不符合“甲对乙,乙对甲”的成对关系(力的性质也不同)。

D 错误。两者是一对作用力与反作用力,不是平衡力。

4.【解答】 B、D。提示： F_1 的施力物体是地球，它的反作用力是小球吸引地球的力。

5.【解答】 例如，两人运动的速度大小有什么关系？两人从开始运动到停止的距离与什么因素有关？

补充课堂检测题和参考解答

1. 跳高运动员从地面起跳的瞬间，下列说法中正确的是()。

- A. 运动员给地面的压力大于运动员受到的重力
- B. 地面给运动员的支持力大于运动员受到的重力
- C. 地面给运动员的支持力大于运动员对地面的压力
- D. 地面给运动员的支持力等于运动员对地面的压力

【解答】 A、B、D。

地面给运动员的支持力和运动员对地面的压力是一对作用力和反作用力，永远大小相等，方向相反，作用在一条直线上，与运动员的运动状态无关。选项 C 错误，选项 D 正确。

跳高运动员从地面起跳的瞬间，必有向上的加速度，这是因为地面给运动员的支持力大于运动员受到的重力，运动员所受合外力竖直向上的结果。选项 B 正确。

依据牛顿第三定律可知，选项 A 正确。

2. 用一把铁锤把钉子钉入木块的同时，钉子对铁锤也有力的作用。问：铁锤对钉子的作用力与钉子对铁锤的作用力之间有什么样的关系？

【解答】 这两个力是一对作用力与反作用力，因而大小相等，方向相反，并且作用在同一条直线上。

3. “以卵击石”的结果可想而知。这一现象能否说明石头对鸡蛋的作用力大于鸡蛋对石头的作用力？

【解答】 不能。这两个力的大小是相等的，鸡蛋破而石头无损，是因为它们的坚硬程度不同，而不是因为受力大小不同。

4. 估计一下你对地球的吸引力有多大。

【解答】 根据牛顿第三定律可知，人对地球的吸引力与地球对人的吸引力是一对作用力与反作用力，大小相等。每个人可以根据自身体重来估计。

4.5 牛顿运动定律的案例分析

教学目标

(1) 进一步把物体的受力与物体的运动结合起来进行分析，应用牛顿运动定律解决实际问题。

(2) 掌握应用牛顿运动定律解决问题的基本思路和方法。

(3) 通过实例感受研究力和运动关系的重要性，培养学生利用物理语言表达、描述物理实际问题的能力，帮助学生学会运用实例总结归纳解答问题的思路。

(4) 初步认识牛顿运动定律对社会发展的影响，培养学生科学严谨的求实态度及解决实际问题的能力。

教材说明

教材通过两个案例,展示给学生利用牛顿运动定律解决实际问题的一般方法。教材中所设置的问题情境并不复杂,教学中要重视分析问题、解决问题的方法。

本节的教学重点是动力学的两类基本问题;教学难点是结合力的分解求解较复杂的实际问题。

教学建议

关于“案例分析”

教学时,可将教材上的两个案例同时打在屏幕上,让学生经过独立思考将解题过程写下来。请学生思考:上述两个案例在解题的方法上有什么相同之处?有什么不同之处?

通过两个案例的研究,可以看出,以牛顿第二定律为核心可以解决两类问题:

① 已知力求运动——根据作用在物体上的所有外力和初始条件,应用牛顿第二定律求出加速度,结合运动学公式可求出物体任意时刻的位移、速度以及运动轨迹等。

② 已知运动求力——根据物体的运动情况,用运动学公式求出加速度,应用牛顿第二定律可推断出物体的受力情况。

教学中,不要让学生把注意力放在对问题的归类上,而是应侧重于对研究对象的受力情况和运动过程的分析。

牛顿第二定律的应用,可以跟前一章共点力平衡相对照,同样可概括为简短的四句话:

选对象——根据题意确定所研究的对象。

画力图——分析研究对象的受力情况,画出受力示意图。

取方向——规定正方向(或建立坐标系)。通常以初速度方向为正方向。

列方程——根据牛顿第二定律列出方程。无论是已知力求运动还是已知运动求力,都是通过加速度来建立两者的联系。受力分析和运动过程分析是解决动力学问题的前提,找到加速度是解决问题的突破口,因此,解题时应抓住“加速度”这个桥梁,确定过渡方向。教学中,通过具体问题的分析,让学生熟练掌握解题思路,提高学生解决实际问题的能力。

案例2的参考解答如下:

若以初速度方向为正方向,汽车制动滑行时,由运动学公式和牛顿第二定律得

$$0 - v_0^2 = -2ax, -f = -ma,$$

$$\text{又} \quad f = \mu mg,$$

$$\text{联立得} \quad s = \frac{v_0^2}{2\mu g},$$

$$\text{所以} \quad \frac{s_1}{s_2} = \frac{\mu_2}{\mu_1},$$

$$\text{得} \quad s_2 = \frac{\mu_1}{\mu_2} s_1 = \frac{0.7}{0.1} \times 14 \text{ m} = 98 \text{ m}.$$

通过牛顿运动定律的案例,还要让学生初步认识到:牛顿第一定律和牛顿第二定律解决了单个物体的运动和力之间的关系,牛顿第三定律是研究物体之间相互作用的规律的。牛顿的第一定律、第二定律、第三定律才能全面反映力与运动的规律。

还要让学生能分清物体所受到的力和物体运动的关系:物体运动的情况是由物体的初

始位置、初速度和物体所受到的力所决定的。①当物体所受到的合力 $F_{\text{合}}$ 为零时,物体将保持匀速直线运动或静止状态。②当物体所受到的合力 $F_{\text{合}}$ 为恒量时,物体将做匀变速运动。若 $F_{\text{合}}$ 与 v_0 方向相同,则物体做匀加速直线运动;若 $F_{\text{合}}$ 与 v_0 方向相反,则物体做匀减速直线运动;若 $F_{\text{合}}$ 与 v_0 方向有夹角,则物体做曲线运动。

物体做匀变速运动还是非匀变速运动取决于物体受到的力是否恒定;物体的速率是增加、减小还是不变取决于力与瞬时速度的夹角是锐角、钝角还是直角。对物体的受力情况和运动情况作出正确的分析和判断是解决动力学问题的关键。物体的加速度是运动学量和动力学量之间联系的桥梁。对于较复杂的物理过程,应注意画出相关的运动示意图和各个阶段的受力分析图。

关于“多学一点 用隔离法研究物体的受力情况”

隔离法往往和整体法交替使用,用来解决两个(或两个以上)物体组成的物体系的运动问题,它们之间的联结纽带是加速度。高中阶段一般只解决加速度相同的问题。教学过程中,要让学生明白什么时候需要用隔离法,什么时候用整体法。若要求物体系内物体之间的相互作用力,则需要把物体隔离,对某个物体单独进行受力分析,再利用牛顿第二定律对该物体列式求解。若要求物体系的加速度,则由于物体系的加速度都相同,可以把物体系看成一个整体,分析系统受到的外力,再对物体系利用牛顿第二定律求出加速度。

利用隔离法研究前面的实验,能够让学生分析出实验的系统误差,提高学生理论分析的能力。

教学评价

“家庭作业与活动”参考解答

1.【解答】 B、C。

汽车拉拖车的力跟拖车拉汽车的力是一对作用力和反作用力,它们的大小相等。选项 A 错误,选项 B 正确。

由于拖车跟汽车一起做加速运动,由牛顿第二定律得

$$F - f = m_{\text{拖}} a,$$

得 $F = f + m_{\text{拖}} a > f$ 。

可见,汽车拉拖车的力一定大于拖车受到的阻力。选项 C 正确,选项 D 错误。

2.【解答】 D。

滑块向左偏离 s 时,左边弹簧被压缩,右边弹簧被拉伸,滑块受到水平方向的合外力为

$$F_{\text{合}} = 2ks, \text{方向向右。}$$

所以滑块的加速度为 $a = \frac{F_{\text{合}}}{m} = \frac{2ks}{m}$,方向向右。

这也就是导弹的加速度。选项 D 正确。

3.【解答】 已知飞船和火箭组的速度改变量 $\Delta v = 0.91 \text{ m/s}$,经历时间 $\Delta t = 7 \text{ s}$,则加速度为

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0.91}{7} \text{ m/s}^2 = 0.13 \text{ m/s}^2。$$

设火箭组的质量为 m' ,它与飞船的整体受到的推力 $F = 895 \text{ N}$,由牛顿第二定律得

$$F = (m + m')a。$$

解得

$$m' = \frac{F}{a} - m = 3\,484.6\text{ kg}。$$

4.【解答】 使整个物体系统加速运动的合外力为

$$F_{\text{合}} = m_B g - \mu m_A g，$$

所以加速度

$$a = \frac{F_{\text{合}}}{m_A + m_B} = \frac{m_B g - \mu m_A g}{m_A + m_B} = \frac{4.0 \times 10 - 0.02 \times 2.0 \times 10}{2.0 + 4.0} \text{ m/s}^2 = 6.6 \text{ m/s}^2。$$

5.【解答】 (1) 假设火箭的总质量为 m 保持不变,火箭从开始竖直上升到底部离开发射架的运动可以看成匀加速运动。

(2) 设发射架高 h ,由牛顿第二定律和运动学公式得

$$F - mg = ma，$$

$$h = \frac{1}{2}at^2。$$

联立两式,得推力

$$F = mg + m \frac{2h}{t^2}。$$

可见,只需要知道火箭质量 m ,发射架高 h ,火箭经过发射架的时间 t ,就可以估算出推力。

关于“课题研究”

随着学习的深入和对事物认识的深刻,特别是学习了牛顿第二定律后有了更有效的测定动摩擦因数的方法,让学生感到欣喜,对物理更感兴趣。

用欧拉方法测量动摩擦因数的表达式推导如下:

如图 4-5-1a 所示,设小木块的质量为 m ,它与斜面间的动摩擦因数为 μ ,小木块下滑的加速度为 a 。对小木块进行受力分析,如图 4-5-1b 所示。则

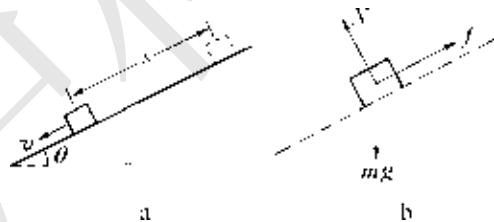


图 4-5-1

$$\begin{cases} mg \sin \theta - f = ma, \\ N - mg \cos \theta = 0, \\ f = \mu N, \end{cases}$$

$$a = g \sin \theta - \mu g \cos \theta。$$

解得

$$\text{而 } s = \frac{1}{2}at^2, \text{ 即 } a = \frac{2s}{t^2},$$

代入上式得

$$\mu = \tan \theta - \frac{2s}{gt^2 \cos \theta}$$

补充课堂检测题和参考解答

1. 一名质量为 75 kg 的短跑运动员, 起跑时在 0.8 s 的时间内速度达到 10 m/s。假设运动员在这段时间内做匀变速直线运动, 求地面对运动员向前的作用力。

【解答】 运动员的加速度

$$a = \frac{v - v_0}{t} = 12.5 \text{ m/s}^2。$$

根据牛顿第二定律可得

$$F = ma = 75 \times 12.5 \text{ N} = 937.5 \text{ N}。$$

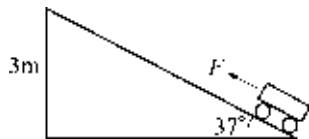


图 4-5-2

2. 如图 4-5-2 所示, 一辆质量为 0.5 kg 的小车, 在平行于斜面、大小为 4 N 的拉力作用下, 从倾角为 37° 、高为 3 m 的光滑斜面底端由静止向上运动。求小车到达斜面顶端所需要的时间。

【解答】 对小车进行受力分析, 小车共受到三个力的作用。将重力在两个相互垂直的方向上分解(如图 4-5-3 所示), 则小车所受的合力

$$F_{\text{合}} = F - mg \sin 37^\circ。$$

根据牛顿第二定律

$$F_{\text{合}} = ma,$$

$$\text{得 } a = \frac{F_{\text{合}}}{m} = \frac{F - mg \sin 37^\circ}{m} = \frac{4 - 0.5 \times 10 \times 0.6}{0.5} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2。$$

位移

$$s = \frac{3}{\sin 37^\circ} \text{ m} = 5 \text{ m}。$$

由

$$s = \frac{1}{2} at^2,$$

得

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 5}{2}} \text{ s} = 2.24 \text{ s}。$$

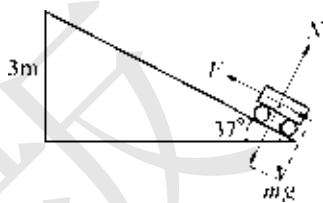


图 4-5-3

3. 如图 4-5-4 所示, 质量分别为 m_1 和 m_2 的甲、乙两个物体, 在水平力 F 的作用下沿水平地面加速运动。已知甲、乙两个物体与地面间的动摩擦因数均为 μ , 求甲物体对乙物体的作用力。

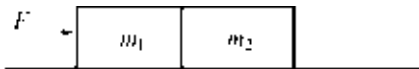


图 4-5-4

【解答】 先把甲、乙两个物体看作一个整体。

它们所受的滑动摩擦力

$$f = \mu N = \mu(m_1 + m_2)g,$$

合力为

$$F_{\text{合}} = F - f = F - \mu(m_1 + m_2)g,$$

加速度为

$$a = \frac{F_{\text{合}}}{m_1 + m_2} = \frac{F - \mu(m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2}。$$

对乙物体进行受力分析, 水平方向上它受到甲对它的推力 F' 、地面对它的滑动摩擦力 f' 作用。

$$f' = \mu N' = \mu m_2 g,$$

合力

$$F_{\text{合}} = F' - f' = m_2 a,$$

所以

$$F' = f' + m_2 a = \mu m_2 g + \frac{m_2}{m_1 + m_2} F - \mu m_2 g = \frac{m_2}{m_1 + m_2} F。$$

结果与 μ 无关,这不是巧合。

4.6 超重与失重

教学目标

(1) 通过实验,认识超重和失重现象,理解产生超重、失重现象的条件和实质。会用牛顿第二定律分析超重和失重现象。

(2) 培养学生的分析推理能力和实验观察能力。引导学生归纳总结发生超重、失重现象的条件和实质。

(3) 渗透“学以致用”的思想,培养学生具有将物理知识应用于生产和生活实践的意识,勇于探究与日常生活有关的物理问题,体会基础知识在高科技领域中的应用价值。

教材说明

本节内容的引入极富创意,一节小诗,一段对话,既联系了我国航天科技的重大成果,又十分自然贴切地切入主题,学生兴趣盎然。教材提供的一些小实验重在让学生亲身体验超重和失重。

本节的教学重点是理解超重和失重的实质;教学难点是利用牛顿第二定律解决有关超重和失重问题。

教学建议

关于“与航天员的对话”

播放一段有关“神舟”五号飞船的运动和杨利伟在太空的录像,结合记者与杨利伟的对话进行讨论,让学生介绍自己类似的经历及感受。

关于“什么是超重和失重”

教材图 4-6-2 和图 4-6-3 的两个活动,必须让每一个学生亲身经历,并让学生汇报自己的感受和观察结果。由于物体最终归于静止,因此,无论是突然向上还是突然向下,它们都不是一种单一的运动。

以突然向上为例:物体先向上做加速运动,加速度方向向上;后向上做减速运动直至停止,加速度方向向下。前、后两个阶段手对书的支持力分别设为 N_1 、 N_2 ,则

$$N_1 - mg = ma_1, mg - N_2 = ma_2,$$

得

$$N_1 = mg + ma_1, N_2 = mg - ma_2。$$

所以,书对手的压力先增大,后减小。

教学中,如果有学生细心地体会到或观察到这个细节变化,应作为极好的契机,引导学生展开讨论。

在介绍超重、失重概念时,应该指出,在通常的超重、失重现象中,物体所受的重力既不“超”,也不“失”,只是物体对支持面的压力或对悬绳的拉力发生了变化,而物体所受的重力仍然存在且大小不变。

关于“思考与讨论”

设杨利伟受到座椅的支持力为 N , 则

$$N - mg = ma,$$

得

$$N = m(g + a) = 63 \times (9.8 + 8.6) \text{ N} = 1\,159.2 \text{ N}.$$

根据牛顿第三定律可知, 杨利伟对座椅的压力大小为 $1\,159.2 \text{ N}$ 。

杨利伟训练时承受的压力达到 $8g$, 表示他受到等于自身重力 8 倍的压力。

飞船返航减速时, 加速度方向和速度方向相反, 杨利伟同样会产生超重的感受。

关于“多学一点 等效重力加速度”

对于“等效重力加速度”的理解, 思维难度比较大, 为了让学生容易接受, 可以作以下铺垫:

① 当弹簧测力计作用下物体向上匀速运动时, 弹簧测力计的示数等于物体所受的重力。

② 若弹簧测力计作用下使物体向上做匀加速运动, 则有

$$T - mg = ma,$$

弹簧测力计的示数

$$T = m(g + a).$$

③ 若以物体为参照物, 则加速上升时只是弹簧测力计的示数增大, 好像地球的吸引力增大一样, 所以此时

$$g' = g + a.$$

式中 g' 为等效重力加速度。

④ 若物体匀加速向下, 则 $g' = g - a$ 。

这样可以将一个惯性系中竖直方向加速运动的问题, 转换成这个加速系统(非惯性系)内的一个平衡问题。

关于“STSE”

以学生课后阅读为主, 让学生对太空这个“微重力”的环境有个初步的了解, 展示现代科技的魅力, 激发学生的学习兴趣。

关于“信息浏览”

这部分内容可以开阔学生的眼界和思路, 应组织学生阅读, 还应鼓励学生查阅有关资料或观看科技影视片, 并在此基础上请学生谈谈自己的“太空试验想象”, 以培养学生丰富的想象力和创造力。

教学评价**“家庭作业与活动”参考解答**

1. 【解答】 重力没有增大和减小。超重和失重是由于物体在竖直方向做加速运动时, 对支持物的压力或对悬线的拉力(即视重)发生了变化。

2. 【解答】 减速向上时, 测力计示数变小。减速向下时, 测力计示数变大。

因为, 减速向上时, 加速度方向向下, 由牛顿第二定律得

$$mg - N = ma, N = m(g - a) < mg \text{ (失重)}。$$

减速向下时,加速度方向向上,同理得

$$N - mg = ma, N = mg + ma > mg \text{ (超重)}。$$

3.【解答】 瓶子在空中运动过程中,瓶和瓶中的水具有同样的加速度 g ,水处于失重状态,水原来因液重产生的压强消失,所以水不会从小孔喷出。

4.【解答】 在太空失重的环境下,没有对流,所以蜡烛燃烧的火焰大致成球形。由于从里面向外扩散的燃料蒸气遇到向内传播的氧气,因而降低了燃烧的速率,并且燃烧被局限在一个圆球形的薄层内进行。

这个问题的答案是 20 世纪 70 年代揭晓的。原来都认为在宇宙飞船里蜡烛是不能燃烧的。所以,在太空失重的环境下,一切看似顺理成章的想象都要经过实践的检验。

补充课堂检测题和参考解答

1. 某人站在体重秤上称体重,若他站在体重秤上往下蹲,则下列说法中正确的是()。

- A. 下蹲过程,速度的方向总是向下的
- B. 下蹲过程,加速度的方向先向下后向上
- C. 下蹲过程体重秤的示数总小于人所受的重力
- D. 下蹲过程体重秤的示数先变大后变小

【解答】 A、B。

2. 一台升降机及乘客的总质量为 1 700 kg。

(1) 升降机以 1.2 m/s^2 的加速度从静止开始上升 1.5 s,求悬绳对升降机的拉力。

(2) 升降机接着又匀速上升了 8.5 s,这段时间内悬绳对升降机的拉力有多大?

(3) 接下来升降机又以大小为 0.6 m/s^2 的加速度匀减速上升了 3 s,这个过程悬绳对升降机的拉力有多大?

(4) 求整个过程中升降机上升的高度。

【解答】 (1) 拉力 $T_1 = m(g + a) = 1\,700 \times (9.8 + 1.2) \text{ N} = 18\,700 \text{ N}$ 。

(2) 由于是匀速运动,拉力 $T_2 = mg = 1\,700 \times 9.8 \text{ N} = 16\,660 \text{ N}$ 。

(3) 拉力 $T_3 = m(g - a) = 1\,700 \times (9.8 - 1.2) \text{ N} = 14\,620 \text{ N}$ 。

(4) 19.35 m。

关于“课外活动”

鼓励学生课后充分利用教材以外的教学资源,增强学生搜索信息、收集信息、整理信息的能力。

“第 4 章家庭作业与活动”参考解答

A 组

1.【解答】 C。

2.【解答】 D。因为上升过程的加速度大于下落过程的加速度,即 $a_1 > a_2$,而上升和下落的高度是相同的,根据 $s = \frac{1}{2}at^2$ 得 $t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$,可知 $t_1 < t_2$ 。由 $v^2 = 2as$ 得 $v = \sqrt{2as}$ 。可知

$$v_1 > v_2。$$

3.【解答】 对书本 A 有: B 对 A 的支持力和 A 对 B 的压力, A 受到的重力和 A 对地球的引力; 对书本 B 有: A 对 B 的压力和 B 对 A 的支持力, B 受到的重力和 B 对地球的引力, B 对桌面的压力和桌面对 B 的支持力。

B 组

1.【解答】 没有道理。根据牛顿第三定律可知, 马拉车的力和车拉马的力大小相等。决定车是否运动的是车受到的合力, 即马拉车的力和地面对车的摩擦力的合力。

2.【解答】 B。因弹簧测力计的弹力与它的形变量成正比, 当弹簧测力计甲的示数由 10 N 变为 8 N 时, 它的形变量减小, 则弹簧测力计乙的形变量必然增大, 且甲、乙两弹簧测力计形变量的变化的大小相等, 所以, 弹簧测力计乙的示数应为 12 N。木块在水平方向所受到的合外力为 $F = T_{\text{乙}} - T_{\text{甲}} = (12 - 8) \text{ N} = 4 \text{ N}$ 。根据牛顿第二定律得, 木块的加速度大小为 $a = \frac{F}{m} = 4 \text{ m/s}^2$ 。

3.【解答】 C。以 $\frac{g}{2}$ 加速下降时,

$$Mg - F_{\text{浮}} = \frac{Mg}{2}。$$

抛掉沙, 气球受到的浮力不变, 所剩的质量为 m_x ,

则有

$$F_{\text{浮}} - m_x g = \frac{m_x g}{2},$$

得

$$m_x = \frac{M}{3}。$$

抛掉沙的质量为

$$\frac{2M}{3}。$$

4.【解答】 B。

最初物体在滑动摩擦力作用下加速运动, 有

$$\mu mg = ma,$$

得

$$a = \mu g = 1 \text{ m/s}^2。$$

设物体加速运动到传送带的传送速度 $v = 2 \text{ m/s}$ 的时间为 t_1 , 则

$$t_1 = \frac{v}{a} = 2 \text{ s},$$

加速的位移 $x_1 = \frac{1}{2} v t_1 = 2 \text{ m}。$

由于还剩 18 m 的距离, 物体已和传送带相对静止。设物体不受摩擦力作用随传送带一起匀速完成 18 m 的时间为 t_2 , 则

$$t_2 = \frac{x_2}{v_2} = 9 \text{ s}。$$

所以总时间 $t = t_1 + t_2 = 11 \text{ s}。$

5.【解答】 从司机发现情况到制动的反应时间内, 汽车匀速运动的距离

$$s_1 = vt。$$

制动后, 汽车在阻力作用下滑行时的加速度大小为 $a = \frac{f}{m} = \frac{kmg}{m} = kg。$

汽车匀减速滑行的位移 $s_2 = \frac{v^2}{2a}$ 。

所以,高速公路上两车的间距至少应为 $s = s_1 + s_2 = vt + \frac{v^2}{2kg}$ 。

将有关的数据代入即得 $s = s_1 + s_2 = 162 \text{ m}$ 。

6.【解答】(1) 设飞艇在失重状态下的加速度为 a_1 ,由牛顿第二定律得

$$mg - f = ma_1,$$

即

$$mg - 0.04mg = ma_1,$$

解得 $a_1 = 0.96g = 0.96 \times 10 \text{ m/s}^2 = 9.6 \text{ m/s}^2$ 。

所以飞艇在这 25 s 内的下降高度为

$$h_1 = \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{1}{2} \times 9.6 \times 25^2 \text{ m} = 3\,000 \text{ m}。$$

(2) 飞艇下降 25 s 后的速度达到

$$v_1 = a_1 t = 9.6 \times 25 \text{ m/s} = 240 \text{ m/s}。$$

此后,飞艇做匀减速运动,下降高度

$$h_2 = (6\,000 - 3\,000 - 500) \text{ m} = 2\,500 \text{ m}。$$

飞艇减速过程中的加速度大小为

$$a_2 = \frac{v_1^2}{2h_2} = \frac{240^2}{2 \times 2\,500} \text{ m/s}^2 = 11.52 \text{ m/s}^2 = 1.152g。$$

设座椅对大学生的支持力为 N ,则 $N - m_0g = m_0a_2$,

得

$$N = m_0(g + a_2) = 2.152m_0g。$$

根据牛顿第三定律,大学生对座椅压力的大小

$$N' = N = 2.152m_0g。$$

所以它与重力之比为 2.152。

7.【解答】人的下蹲动作粗略地可抽象为两个阶段:

(1) 从直立→下蹲,速度从 0 变到 v 。这个阶段可看成匀加速下降,设加速度为 a_1 ,方向向下。由牛顿第二定律得 $mg - N_1 = ma_1$,得支持力 $N_1 = mg - ma_1 < mg$ 。

根据牛顿第三定律,人对磅秤的压力大小 $N'_1 = N_1 < mg$,所以先看到磅秤的示数变小。

(2) 从下蹲后→停止,速度从 v 变到 0。这个阶段可看成匀减速下降,设加速度为 a_2 ,方向向上。同理知 $N_2 - mg = ma_2$,得支持力 $N_2 = mg + ma_2 > mg$ 。

根据牛顿第三定律,人对磅秤的压力大小 $N'_2 = N_2 > mg$,所以后来看到磅秤的示数变大。

课程资源

物理学家简介

牛 顿

牛顿(Isacc Newton,1642—1727),英国数学家、天文学家和物理学家。

牛顿在科学史上的崇高地位是举世公认的。恩格斯曾指出：“牛顿由于发现了万有引力定律而创立了科学的天文学，由于进行了光的分解而创立了科学的光学，由于建立了二项式定理和无限理论而创立了科学的数学，由于认识了力的本性而创立了科学的力学。”的确，牛顿在自然科学领域作出了奠基性的贡献。

牛顿发现万有引力定律是他在自然科学中最辉煌的成就。在同一时期，其他一些科学家如雷恩、哈雷和胡克等都在探索天体运动的奥秘。1679年，英国皇家学会干事胡克思索得到了引力的平方反比定律，但没法证明。因为他缺乏牛顿的数学才能，也没有能领会开普勒的面积定律。胡克为此事还写信给牛顿，探询牛顿在研究引力问题方面的进展情况。牛顿没有给他满意的回答。其实，牛顿这时候对于引力问题也还没有搞得很清楚。因为，第一，他曾想根据平方反比关系对月球的轨道运动的向心加速度和地面上物体的重力加速度作比较，但当时所知的地球半径之值不精确，计算误差较大。第二，牛顿尚没有能精确地证明，在计算距离时，可以把月球和地球看作它们的质量都集中于它们各自的球心。这个问题直到牛顿发明了流数术（微积分）以后才得到解决。牛顿在1685年春完成了巨著《自然哲学的数学原理》初稿。热心的哈雷慷慨解囊，资助了全部的出版费用，这样才使这部划时代的巨著得以在1687年问世。

《自然哲学的数学原理》一书分为两大部分。第一部分是导论，包括定义、注释和运动的基本定理或定律；第二部分是这些基本定律的应用，共分为三篇。

导论部分虽然篇幅不大，但是内容却极为重要，对一些重要概念如物质的量、运动的量、物质固有的力（物体的惯性）、外力、向心力以及牛顿的绝对时间、绝对空间和绝对运动等下了定义或作了说明。关于运动的基本定理或定律部分，主要叙述了机械运动的三个基本定律，接着又给出了六个推论，包括力的合成和分解、运动的叠加原理和动量守恒定律、经典力学的相对性原理，还谈到虚位移原理等。在第二部分中，标题为“物体的运动”的第一篇讨论了万有引力；题名为“物体（在阻力介质中）的运动”的第二篇，证明了笛卡儿的漩涡模型不能正确说明观测到的行星运动，还论述了有关流体性质的若干定理和推测；第三篇解释了行星的运动和潮汐之类的引力现象。

《自然哲学的数学原理》的出版，标志着经典力学体系的建立。所谓经典力学体系，简单说来，是以四个概念即空间、时间、质量和力为基础，以三个基本定律为核心，以万有引力定律为它的最高综合，并用微积分来描述物体运动的因果律。这是一个立足于观察和实验基础上的，结构严谨、逻辑严密的科学体系。

牛顿在光学方面的成就也是极其伟大的。1664年，牛顿还在学生时代就观察了日冕。1666年，牛顿找到了一块三角玻璃棱镜，用它试验了将白光分解为有颜色的光。在牛顿之前，虽然已有一些人使用棱镜对光的折射现象进行过研究，但是都认为是棱镜产生了色光，而不是棱镜仅仅把已经存在的色光分离开来。

牛顿在研究棱镜对光的折射现象的同时，对改进折射望远镜发生了兴趣，研究了像差和色差现象。牛顿成功地研制了反射望远镜。1668年，他制造的第一台反射望远镜有6英寸长，直径1英寸，能对物体放大30—40倍。1672年，他送给英国皇家学会一台更大的反射望远镜，上面的题词是：伊萨克·牛顿发明并于1671年亲手制造。就在这一年，牛顿被选为英国皇家学会会员。

牛顿在光学方面进行了多方面的研究。除了前面所说的关于光的折射、像差和色差，还

发现了牛顿环,描写了光的衍射现象,特别是还研究了光的振动理论,提出了所谓光的“猝发的间隔”,这跟后来的光的波动说中的波长相似。牛顿在光学方面取得了如此大的成就,以致有人说,只凭牛顿在光学方面的贡献,就可以称得上是一位伟大的科学家。

1703年,即胡克逝世的这一年,60岁的牛顿被推选为英国皇家学会会长。1704年,牛顿的《光学》一书问世。同年,牛顿又出版了《三次曲线枚举》《利用无穷级数求曲线的面积和长度》《流数术》(即微积分)等数学著作。

1705年,英国女王授给牛顿爵士头衔。1711年,牛顿发表了《使用级数、流数等等的分析》。1727年3月,84岁的牛顿出席了英国皇家学会的例会后突然病倒,于当月20日逝世。他作为有功于国家的伟人,葬于威斯敏斯特教堂。

牛顿对自己的科学成就是怎样认识的呢?他说:“我不知道世上的人对我怎样评价。我却这样认为:我好像是站在海滨上玩耍的孩子,时而拾到几块莹洁的石子,时而拾到几片美丽的贝壳并为之欢欣。那浩瀚的真理的海洋仍然在我的前面未被发现。”“如果我所见的比笛卡儿要远一点,因为我是站在巨人们的肩膀上的缘故。”牛顿的这种谦虚精神永远值得后人敬仰和学习。

实验探究资料

超重和失重的简单演示

(1) 失重现象演示。

如图4-8-1所示,取一个玻璃量筒,在量筒内盛满水,在量筒外用橡筋圈拴一个铁丝做成的支架,用一根细丝线拴一个“重物”并使它浸没在量筒内的水中,将细丝线的另一端挂在支架上。将上述装置放在天平或托盘秤上,用砝码将天平调节平衡或记录下托盘秤的示数。



图 4-8-1

用火柴点火将支架上的细丝线烧断后,可以看到“重物”以较小的加速度竖直下落,这时可以观察到由于“重物”加速下落产生失重现象而使天平失去平衡,天平放量筒的一边向上翘起,或看到托盘秤的示数有所减小,直到“重物”沉入量筒底静止为止。

“重物”的制作如下:为了获得较好的演示效果,让学生在较长时间内观察失重现象,“重物”在水中竖直下落的加速度要适当小一些,为此可找一个微小的针药瓶,瓶内放入一定量的沙粒或铁质锉屑,作为调节在水中加速度大小的配重,使“重物”的平均密度略大于水的密度。针药瓶口用蜡封口,并在封口处凝固一段细丝线作悬线。

(2) 超重现象演示。

用软钢丝(如琴弦钢丝)焊接一个圆环(也可用软竹条环代替),环下悬吊一个质量 m 不

大的重物乙，圆环与轻绳相连，轻绳通过一个定滑轮与另一个质量 $M(M > m)$ 较大的重物甲相连，如图 4-8-2a 所示。

开始演示时，用木板托住甲，让乙处于静止状态，可以看到软弹性钢丝环由于受到乙所受重力作用略有形变。若这时移去托住甲的木板，则可以看到乙向上加速运动。由于乙加速向上运动产生超重，这时可以看到软弹性钢丝环发生明显形变，成为一个竖直方向被拉长的椭圆，如图 4-8-2b 所示。

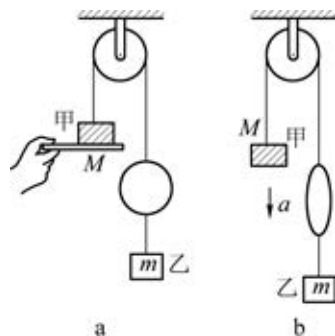


图 4-8-2

为了有较长时间观察重物乙的超重现象，应该注意尽量将悬线取得长一些（可取 1 m 以上），甲的质量 M 与乙的质量 m 之比要取得适当。另外，软弹性钢丝环的直径要适当大些，以增加可见度。

用 DIS 实验系统研究加速度 a 与力 F 之间的关系

实验目的：验证加速度与力之间的正比关系，加深对牛顿第二运动定律的理解。

实验原理：由牛顿第二运动定律 $F=ma$ 知，当 m 不变时， $a \propto F$ 。

实验器材：DIS 实验系统，微机，铁架台，气垫导轨，学生天平，小钩码，配重片等。

实验过程及数据分析：

- (1) 用天平称出气垫导轨所配小钩码及配重片的质量（单位：g）。
- (2) 调整气垫导轨使之水平，将小钩码与配重片悬挂在导轨末端下方，并通过牵引绳与滑块连接，对滑块施加拉力，使滑块滑动。
- (3) 逐次增加配重片的质量并手动记录之，使其对滑块施加的拉力逐次增大，采用 DIS 测加速度的方法，测出不同拉力下加速度的值。
- (4) 在计算表格中，增加变量“ x_0 ”，代表小钩码与配重片的质量，并输入相应的数值。
- (5) 输入计算“拉力”的自由表达式“ $f=9.8 \times x_0/1000$ ”(N)，得出实验结果（图 4-8-3）。

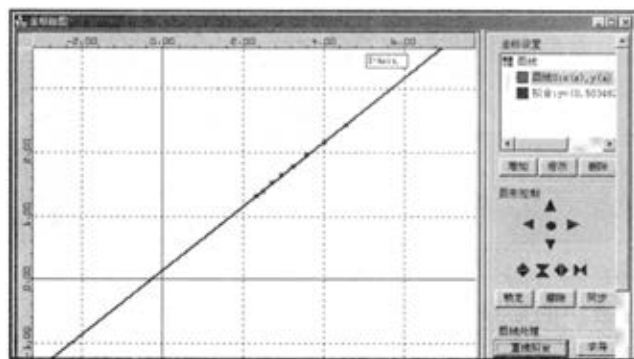
记录						
☐ 自动	间隔 0.1	☐ 手动	放大	缩小	绘图	变量 公式 新建 打开 保存
	t	Δt	X_0	$T=\Delta t \cdot t$	$f=9.8 \times x_0/1000$	$a=(0.03/\Delta t - 0.03/t)/t$
1	0.12472	0.07317	4.5	1.2624	0.0441	0.1342
2	0.07249	0.04328	10	0.7472	0.0980	0.3739
3	0.08054	0.03954	15	0.7376	0.1470	0.5236
4	0.05632	0.03221	19	0.5659	0.1862	0.7046
5	0.06014	0.03132	22	0.5713	0.2156	0.8037
6	0.04963	0.02803	26	0.4952	0.2548	0.9408

加速度与力之间的关系测量实验结果

图 4-8-3

(6) 点击“坐标绘图”按钮，选择 x 轴为“ f ”， y 轴为“ a ”，发现所测实验数据在坐标系中基本上是呈线性分布的。点击“直线拟合”按钮，该直线基本上通过原点，说明在质量不变的情况下，拉力与加速度成正比关系，如图 4-8-4 所示。

建议：称出滑块的质量 M ，利用本次实验结果，计算 Ma 的值，比较与拉力的大小关系，分析产生误差的原因。



加速度与力之间的关系图像

图 4-8-4

用 DIS 实验系统研究加速度 a 与质量 m 的关系

实验目的:验证加速度与质量之间的反比关系,加深对牛顿第二运动定律的理解。

实验原理:由牛顿第二运动定律 $F=ma$ 得,在 F 不变的情况下, a 与 m 成反比关系。

实验器材:DIS 实验系统,微机,铁架台,气垫导轨,学生天平,砝码,小钩码,配重片等。

实验装置:如图 4-8-5 所示。

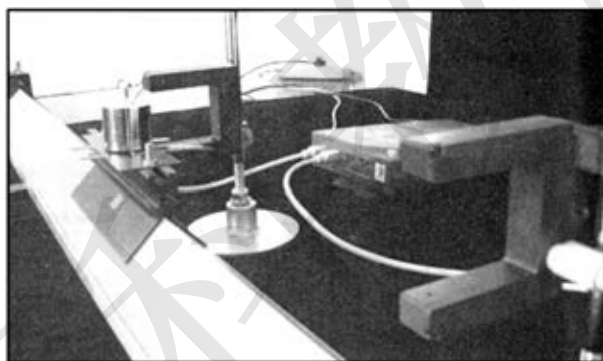


图 4-8-5

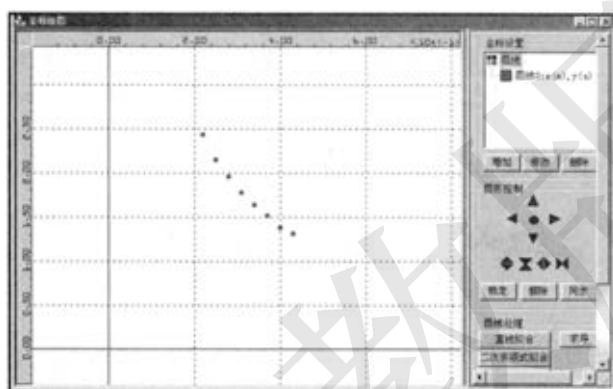
实验过程及数据分析:

- (1) 用天平称量出滑块的质量(本次实验为 219.5 g)。
- (2) 调整气垫导轨使之水平。
- (3) 将小钩码(约 30 g)悬挂在导轨末端下方,并通过牵引绳与滑块连接,对滑块施加拉力使滑块滑动。
- (4) 在滑块上放置不同质量的砝码,保证其他条件不变,利用 DIS 测加速度的方法测出滑块质量发生变化时对应的不同加速度。
- (5) 在“计算表格”中,定义变量“ m_1 ”代表砝码的质量,并输入其值。输入自由表达式“ $m=(219.5+m_1)/1\ 000$ ”表示滑块与砝码的总质量。输入自由表达式“ $x=\frac{1}{m}$ ”。得出实验结果(图 4-8-6)。
- (6) 点击“坐标绘图”按钮,选择 x 轴为“ m ”, y 轴为“ a ”,得到如图 4-8-7 所示的结果。
- (7) 如图 4-8-7 所示,测量获得的数据点在坐标系中的排列呈现出明显的双曲线特征。

记录							
☐ 自动		间隔 0.1	☐ 手动	放大	缩小	绘图	变量 公式 新建 打开 保存
	$t1$	$t2$	$m1$	$T=t2-t1$	$a=(0.02t2-0.02t1)/t$	$m=(219.5+m1)/1000$	$x=1/m$
1	0.01469	0.00783	0	0.4840	2.4299	0.2195	4.556
2	0.01788	0.00867	30	0.5519	2.1529	0.2495	4.008
3	0.01725	0.00890	60	0.5555	1.9567	0.2795	3.578
4	0.01813	0.00935	90	0.5832	1.7779	0.3095	3.231
5	0.01905	0.00976	120	0.6094	1.6388	0.3395	2.946
6	0.01859	0.00997	150	0.6135	1.5157	0.3695	2.706
7	0.02194	0.01076	180	0.6835	1.3849	0.3995	2.503
8	0.02030	0.01077	210	0.6660	1.3079	0.4295	2.328

滑块质量逐次增加时加速度的变化

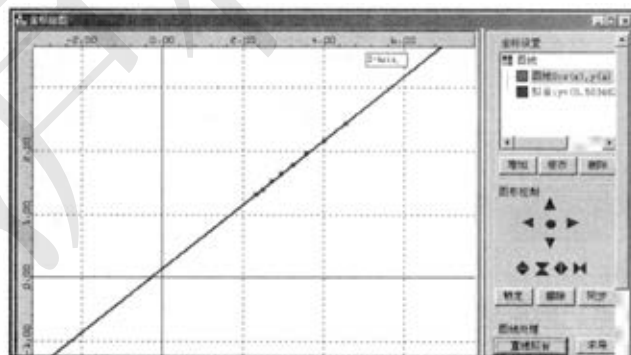
图 4-8-6



加速度与质量之间的关系图像

图 4-8-7

(8) 重新选择 x 轴为“ $\frac{1}{m}$ ”，发现所测实验数据在坐标系中基本上是呈线性分布的，点击“直线拟合”按钮，该直线基本上过原点，如图 4-8-8 所示。



加速度与质量的倒数之间的关系图像

图 4-8-8

(9) 分析上述结果，说明加速度 a 与滑块的总质量 m 的倒数成正比，即加速度 a 与滑块的总质量 m 成反比。

用 DIS 系统研究超重与失重现象

实验目的:观察超重与失重现象,探究产生超重与失重的原因。

实验原理:物体在向上或向下做加速运动时,对支持物的作用力大于或小于物体所受的重力,这种现象称为超重或失重。

实验器材:DIS 实验系统,微机,配重物。

实验过程及数据分析:

- (1) 取一个力传感器,接入数据采集器,选择“示波显示”方式。
- (2) 手持传感器的手柄,测量挂钩向下,对传感器进行调零。
- (3) 在传感器的测量钩上悬挂配重物(10 N 左右),让传感器快速升降,观察显示屏上波形的变化。
- (4) 点击“暂停采集”,回放所测波形(图 4-8-9),分析波形变化的原因。



超重、失重图像

图 4-8-9

用 DIS 实验系统验证牛顿第三定律

实验目的:验证牛顿第三定律。

实验原理:力的作用是相互的。作用力与反作用力大小相等、方向相反。

实验器材:DIS 实验系统,微机。

实验装置:如图 4-8-10 所示。

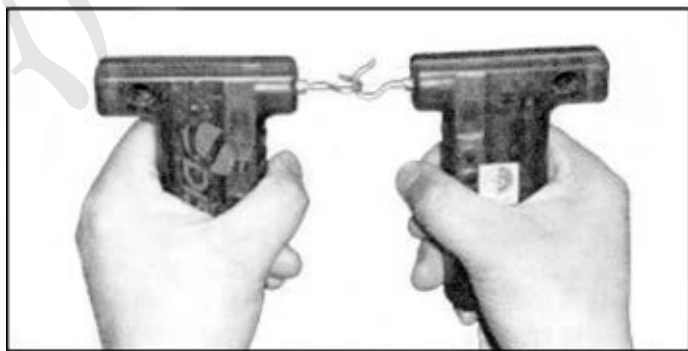
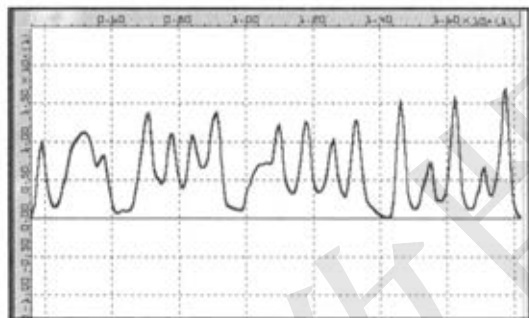


图 4-8-10

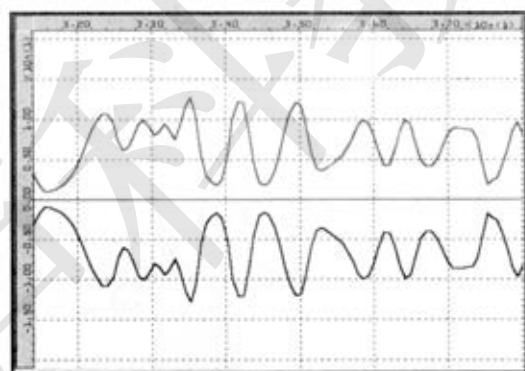
实验过程及数据分析：

- (1) 取两个力传感器,分别接入数据采集器的第一、第二输入口。
- (2) 启动“坐标绘图”功能,点击“增加”按钮,增加图线“时间-力 1”与“时间-力 2”。
- (3) 两手分别持一个力传感器,两个力传感器的测量钩互相钩住,两手用力拉,得到如图 4-8-11 所示的组合显示波形。观察测量波形,发现两组波形基本重合,表示两力的大小是相等的。
- (4) 选中图线 1 后,点击“修改”按钮,将“绘图方式”设为“镜像显示”。
- (5) 返回实验界面,重复实验,可发现两组波形在坐标系内呈上下对称,见图 4-8-12。



正常显示模式下的组合波形

图 4-8-11



组合显示中正常模式与镜像模式的结合

图 4-8-12

- (6) 结合实验结果,总结牛顿第三定律在实验中的体现。

建议：

- (1) 实验中应保持两个力传感器的手柄平行,注意测量钩的角度,以免产生扭力。
- (2) 把测钩换成大帽螺钉,在螺钉上固定强力磁铁,观察磁场力是否符合牛顿第三定律。
- (3) 用一个力传感器钩住盛水的容器,另一个力传感器挂一物块,记录示数。把物块放入水中,观察两个力传感器示数的变化。理解浮力在牛顿第三定律方面的体现。

参考资料

物理学史上几个著名的理想实验

(1) 惠更斯的碰撞实验。

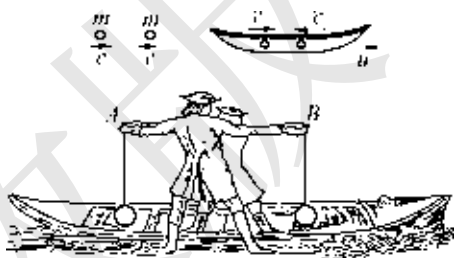
荷兰物理学家惠更斯在他的论文《论碰撞作用下物体的运动》中,提出了三个基本假设:

① “运动起来的物体,在未受到阻碍的作用时将以不变的速度沿直线继续运动。”

② “两个相同的物体以相等的速度相向做对心碰撞后,两者将以原来的速度返回。”这一条可以作为不证自明的公理。因为两个物体的情况相同,没有理由设想它们碰撞后的运动会有不同。

③ “当两个物体在相碰时,即使它们同时在做另一匀速运动,从也参与这一运动的观察者看来,这两个物体的相互作用就像这个共同运动并不存在一样。”这就是相对性原理。

这是惠更斯碰撞理论中显示的重要特色。为此,他独具匠心地设计了一个巧妙的理想实验:设想一个人站在以速度 u 做匀速运动的小船上,另一个人站在岸上观察。船上的人两手分别拿着一根挂有相同质量铁球的绳子,使两球连线 AB 与船速方向平行。使两球以相对于船同样大小的速度 v 做对心碰撞(图 4-8-13)。



小船上的对心碰撞

图 4-8-13

船上的观察者:根据上述假设中的②和③,两球碰撞后仍以相同大小的速度 v 分开。

岸上的观察者:两球碰撞前速度的大小分别为 $v+u$ 、 $v-u$,碰撞后的速度大小分别变为 $v-u$ 、 $v+u$ 。

由此可以得出这样的结论:质量相同的两球以不同大小的速度发生对心碰撞后,两球将互换速度。

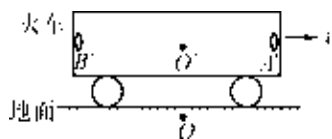
特殊情况下,如一个运动物体去碰撞另一个质量相同的静止物体,则前者静止,后者却以原来运动物体的速度(包括大小和方向)运动。

这个理想实验,非常令人信服地化解了当时实验条件下较难测量的碰撞速度的困难,并由此发现了相同的球碰撞互换速度这一重要规律。惠更斯绝妙的构思令人钦佩。

(2) 爱因斯坦火车。

“同时相对性”是爱因斯坦对时间概念的全新理解,也是他提出狭义相对论时最难以被人们接受的一个概念。为此,爱因斯坦曾设计了一个著名的理想实验。

设想一列沿水平直轨做匀速直线运动的火车(简称爱因斯坦火车),其速度为 v 。在火车的正中央 O' 处有一强光源,在火车前、后两端各装一面反射镜 A' 、 B' 。当火车正中央 O' 点与地面上的 O 点重合时,强光源向火车前、后两端各发一个光脉冲信号(图 4-8-14)。



爱因斯坦火车

图 4-8-14

对火车中的观察者而言,将看到两面反射镜因光脉冲同时到达而同时发生闪光。

对地面上的观察者,根据光速不变原理,光脉冲对地面而言向前、向后的传播速度仍然

是 c , 但是由于火车对地面以速度 v 运动, 因此从地面上的观察者看来, 光对反射镜 A' 的速度为 $(c-v)$, 对反射镜 B' 的速度为 $(c+v)$ 。这样, 地面上的观察者将先看到反射镜 B' 闪光, 后看到反射镜 A' 闪光。

对于同样的两个闪光, 在火车上的观察者看来是同时发生的, 而在地面上的观察者看来却是有先后的, 不同时的。这就是爱因斯坦所发现的同时相对性。

牛顿是怎样发现牛顿第三定律的

牛顿第一定律和第二定律是关于物体惯性运动和克服惯性运动的定律, 但是对于一个物体系来说, 必然存在作用和反作用或运动传递的问题, 这就需要一个有关物体之间相互作用的定律加以补充。笛卡儿从运动变化的观点和莱布尼兹从活力的观点, 分别研究过物体碰撞前后动量的传递和守恒关系。但是, 牛顿却从力的观点研究了物体碰撞过程中相互作用的关系。一般意义上说, 碰撞过程中力的关系更为基本一些。在 1665—1666 年间, 牛顿研究了两球形绝对刚体的碰撞问题, 就已经认识到两刚体相互碰撞的瞬间, 彼此以相等的作用力与反作用力相互作用, 也就是说那时已经有了运动第三定律的萌芽。稍后, 牛顿在《流水账》中重写道:

定理 12 如果两物体 p 和 r 彼此相遇, 因为 p 压 r 和 r 压 p 的力是一样大小的, 所以两者的阻力是相同的 (图 4-8-15)。

牛顿用图形明确表明 p 压 r 和 r 压 p 的力是在同一直线上的。因此, 可以得出, 牛顿在 1665—1666 年间, 已经通过两弹性体或刚体的碰撞, 认识到作用力与反作用力相等并在同一直线上, 即知道了运动第三定律的内容。在《论均匀的可变形介质中物体的运动》一文手稿中, 牛顿提出了运动六定律, 并把这个规律列为运动第三定律。他写道:

定律 3 任一物体对其他物体的作用与它在反作用中受到的作用大小相同。这一东西压或拉其他东西与它被压或拉的力相等……

这可以说是运动第三定律的初始说法。对于运动第三定律的正式说法, 在《自然哲学的数学原理》的《定理或运动定律》部分中, 牛顿写道:

定律 III 对于每一个作用, 永远有一个方向相反而大小相等的反作用, 或者, 两物体彼此的相互作用是永远相等的, 并且指向相反的部分。

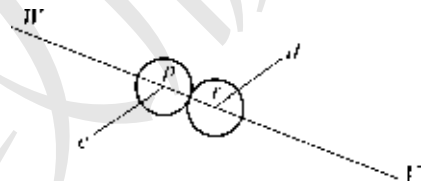


图 4-8-15

参考文献

- 1 哈拉尔德·弗里奇著. 邢志忠译. 改变世界的方程——牛顿、爱因斯坦和相对论. 上海: 上海科技教育出版社, 2005
- 2 申先甲, 束炳如. 物理学史教程. 长沙: 湖南教育出版社, 1987
- 3 束炳如. 物理学家传. 长沙: 湖南教育出版社, 1985
- 4 阎康年. 牛顿的科学发现与科学思想. 长沙: 湖南教育出版社, 1989
- 5 杨介信, 张大同. 中学物理实验大全. 上海: 上海教育出版社, 1985

补充习题及参考解答

1. 从生活经验我们知道,一辆汽车在速度较大时使它停下来较困难,而当它的速度较小时使它停下来就容易些。这能否说明物体的惯性与速度有关?应该如何解释这一现象?

【解答】 惯性反映物体运动状态改变的难易程度,由它的质量唯一地决定。一辆汽车在速度较大时使其停下来较困难,是指它停下来所需时间较长,因此不能说明物体的惯性与速度有关。

2. 物体竖直向上抛出后,只在重力作用下的运动,称为竖直上抛运动。你知道竖直上抛运动的加速度和自由落体运动的加速度有什么关系吗?

【解答】 由于这两种运动中物体都只受重力的作用,所以加速度相同,即均为重力加速度。

3. 研究雨滴的运动时,空气的阻力不能忽略。假设空气的阻力与雨滴的速度成正比。试分析雨滴在下落过程中将做怎样的运动。

【解答】 雨滴所受的合力为 $F_{\text{合}} = mg - kv$ 。雨滴开始下落时,阻力很小,做加速运动;随着速度的增大,阻力越来越大,所受的合力越来越小,加速度越来越小,即速度增大得越来越慢;当阻力等于重力时,所受合力为 0,以后雨滴的速度不再增大,保持匀速运动。

4. 春节期间,高三学生结伴到温泉游泳池玩,当 10 位学生同时潜水时,池中的水面升高了 1 cm。已知水的密度为 $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,平均每位学生的质量为 50 kg。由此可以知道,这个游泳池的面积大约为()。

- A. 12 m^2 B. 50 m^2 C. 600 m^2 D. 988 m^2

【解答】 B。

5. 关于物体的运动状态与所受合外力的关系,下列说法中正确的是()。

- A. 物体受到的合外力为零,物体一定处于静止状态
B. 物体的加速度方向一定与它受到的合外力的方向相同
C. 物体受到的合外力不为零,物体的速度大小一定改变
D. 向上运动的物体受到的合力方向一定向上

【解答】 B。

6. 物体只受到 F_1 和 F_2 两个恒力的共同作用。已知 F_1 和 F_2 的方向相反,大小关系未知。图 4-9-1 中描述的运动一定不是该物体的运动情况的是()。

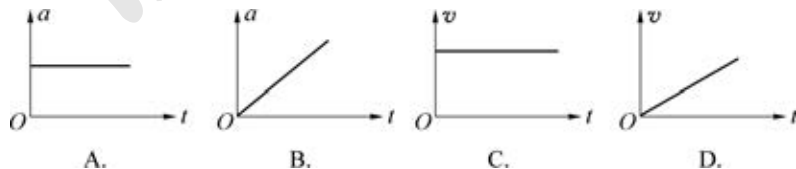


图 4-9-1

【解答】 B。

7. 一质点运动的速度图像如图 4-9-2 所示,则下列说法中正确的是()。

- A. $0-t_1$ 时间内该质点的加速度逐渐增大

- B. $0-t_2$ 时间内该质点的运动方向不变
 C. t_1-t_3 时间内该质点的受力为变力
 D. t_3-t_4 时间内该质点的速度方向与加速度方向相同

【解答】 B。

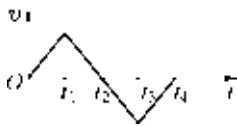


图 4-9-2

8. 在三楼阳台外同时自由释放半径相同的乒乓球和铁球,两球最终都落到地面。乒乓球和铁球运动时所受阻力都与运动速度成正比。两球运动过程中,下列说法中正确的是()。

- A. 运动过程的同一时刻两球的加速度不相同
 B. 下落相同的高度,两球运动的时间不相同
 C. 铁球比乒乓球先落到地面
 D. 铁球与乒乓球同时落到地面

【解答】 A、B、C。

9. 一质点所受的力 F 随时间变化的规律如图 4-9-3 所示,力的方向始终在一直线上。已知 $t=0$ 时该质点的速度为零。在图中的 t_1 、 t_2 、 t_3 和 t_4 各时刻中,该质点的速度最大的是时刻()。

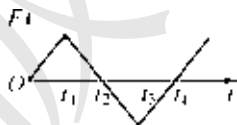


图 4-9-3

- A. t_1
 B. t_2
 C. t_3
 D. t_4

【解答】 B。

10. 质量为 m 的木箱静止在粗糙水平面上,当用水平推力 F 作用于木箱时,木箱产生的加速度为 a 。若作用力变为 $2F$,而力的方向不变,则木箱产生的加速度()。

- A. 大于 $2a$
 B. 等于 $2a$
 C. 大于 a , 小于 $2a$
 D. 等于 a

【解答】 A。

11. 用大小相同、与水平方向的夹角不同的外力分别拉动粗糙水平面上的同一木块,木块在水平面上做匀加速运动,加速度大小不同。在这两次拉动木块的过程中,木块与水平面之间的作用力都不为零。在两次拉动木块的过程中,下列物理量相同的是()。

- A. 水平面对木块的摩擦力
 B. 木块所受的重力与支持力的合力
 C. 水平面对木块总作用力的大小
 D. 水平面对木块总作用力的方向

【解答】 D。

12. 一物体最初处于静止状态,受到合外力的情况如图 4-9-4a 中的 $F_{\text{合}}-t$ 图像所示,物体运动的速度图像为图 4-9-4b 中的()。

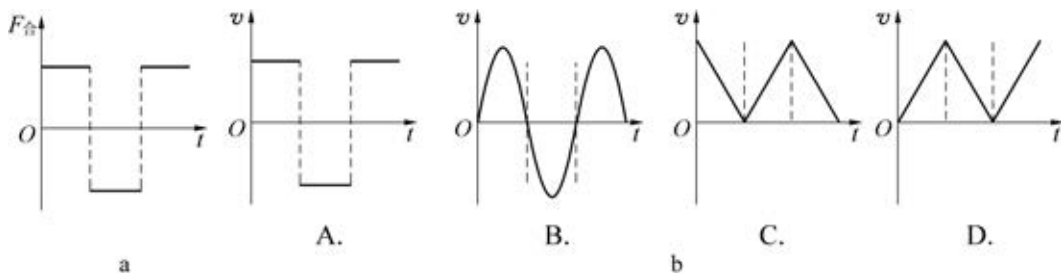


图 4-9-4

【解答】 D。

13. 图 4-9-5 所示的是利用传感器记录运动员在蹦床上运动时运动员与弹簧床间的弹力随时间变化的规律。由图可以判断,下列说法中正确的是()。

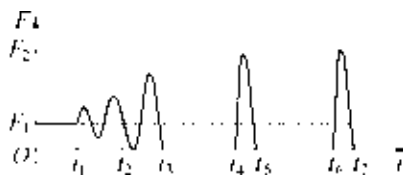


图 4-9-5

A. 运动员所受的重力为 F_1

B. 运动员所受的重力为 F_2

C. $t_3 - t_4$ 的时间为运动员第一次腾空的时间

D. $0 - t_7$ 时间内运动员腾空次数为 5 次

【解答】 A、C。

14. 水平放置的玻璃管内封闭了一定质量的水,玻璃管中间有一个小气泡。下列判断中正确的是()。

A. 玻璃管突然向左加速,气泡相对于玻璃管向左运动

B. 玻璃管突然向左加速,气泡相对于玻璃管向右运动

C. 玻璃管突然向左减速,气泡相对于玻璃管向左运动

D. 玻璃管突然向左减速,气泡相对于玻璃管向右运动

【解答】 A、D。

15. 弹簧测力计上端固定于升降机内的顶板上,下端挂一重物。升降机匀速运动时,弹簧测力计的示数为 F ,后来发现弹簧测力计的示数比 F 大,则升降机可能做的运动是()。

A. 向上加速运动

B. 向上减速运动

C. 向下加速运动

D. 向下减速运动

【解答】 A、D。

16. 在进行“验证牛顿第二定律”的实验时,需要把一端装有滑轮的长木板的另一端垫高形成斜面以平衡摩擦力。如果斜面与水平面的夹角为 θ ,小车放在斜面上保持静止而没有下滑,那么下列说法中正确的是()。

A. 小车对斜面的压力就是小车所受的重力沿垂直斜面的分力

B. 小车对斜面的压力与斜面对小车的支持力是平衡力

C. 小车与木板之间的动摩擦因数等于 $\tan\theta$

D. 小车所受的静摩擦力与所受的重力沿斜面的分力平衡

【解答】 D。

17. 如图 4-9-6 所示, n 个完全相同的木块并列地放在水平地面上。已知木块的质量为 m ,木块与地面间的动摩擦因数为 μ 。当木块 1 受到水平力 F 的作用向前做匀加速运动时,木块 3 对木块 4 的作用力大小为_____。



图 4-9-6

【解答】 $\frac{n-3}{n}F$ 。

18. “力是使物体运动状态发生变化的原因。”首先提出这一观点的科学家是:_____。凭借他深邃的思想和超人的睿智,他巧妙地设计了一个对接斜面的理想实验。这个理想实验的主要步骤有:(1)将小球从斜面上某一高度处由静止释放,小球将运动到另一斜面。

(2)如果没有摩擦力,小球将运动到原来的高度。(3)如果减小另一斜面的倾角,小球将运动更长的路程才达到原来的高度。(4)当另一斜面倾角减小到零度,变为水平面时,小球再也达不到原来的高度,将沿水平面以恒定速度一直运动下去。以上实验步骤,属于可靠事实的是_____,属于抽象思维推理的是_____。

【解答】 伽利略;(1);(2)、(3)和(4)。

19. 通过对影响加速度因素的分析,我们知道,物体的加速度与它受到的外力及其自身的质量有关。为了探究加速度与力、质量的定量关系,简要说明设计实验时如何应用控制变量法?_____。

直接测量物体运动的加速度是不容易的,能否用其他容易测量的物理量来代替呢?某同学设计了以下实验方案,研究加速度与力的关系:把两辆质量相同的实验小车并排放在光滑长木板上,用不同的拉力 F_1 、 F_2 牵引两辆小车,让它们同时由静止开始做匀加速直线运动,再通过拴在两车后的细线控制两辆小车同时停止运动。测量小车的运动位移 s_1 、 s_2 。

这个实验方案是否可行?如果可行,请说明实验原理。如果不可行,请说明原因。

【解答】 (1) 保持小车受力不变,改变小车质量,研究小车加速度与小车质量的关系。

(2) 保持小车质量不变,改变小车所受的拉力,研究小车加速度与小车受力的关系。

这个实验方案是可行的。根据匀变速直线运动的位移公式 $s = \frac{at^2}{2}$, 运动时间相同,物体运动的位移与物体运动的加速度成正比。可以把研究 a 与 F 的关系,转化为研究 s 与 F 的关系。

20. 在粗糙的水平地面上有一只质量为 $m = 10 \text{ kg}$ 的木箱,木箱与地面之间的动摩擦因数为 $\mu = 0.2$ 。用一个斜向上的恒力拉动木箱,木箱受到的摩擦力恰好为零,拉力的方向与水平方向的夹角为 $\theta = 30^\circ$ 。问:

(1) 拉力为多大?

(2) 若拉力作用时间为 $t = 3 \text{ s}$,则木箱被拉动的距离为多大?

【解答】 (1) 木箱受到的摩擦力恰好为零,说明木箱与地面之间的弹力为零。这时,木箱受到重力和拉力的作用,在竖直方向上受力为零,在水平方向上以加速度 a 运动。

$$F \cos \theta = ma,$$

$$F \sin \theta - mg = 0,$$

解得
$$F = \frac{mg}{\sin \theta} = \frac{10 \times 9.8}{\sin 30^\circ} \text{ N} = 196 \text{ N}.$$

(2) $a = g \cot \theta = 9.8 \times 1.732 \text{ m/s}^2 = 17 \text{ m/s}^2, s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \times 17 \times 3^2 \text{ m} = 76.5 \text{ m}.$

教 学 案 例

4.4 牛顿第三定律

【教学目标】

(1) 通过水上飞行器运动视频引入课题,回顾生活中关于物体间的相互作用的实例,建

构相互作用力的概念,并进一步探究相互作用力的规律。

(2) 通过回顾初中探究相互作用力的过程,建构作用力和反作用力的概念。在探究作用力与反作用力等大反向的过程中,引导学生质疑。在得出牛顿第三定律的内容后,进一步讨论马拉车问题,引导学生把实际情境转换成物理模型,并运用物理规律进行分析。通过以上过程,培养学生“模型建构”“质疑创新”的能力。

(3) 为了定量说明在运动中作用力和反作用力的大小关系,教师准备弹簧测力计和力传感器,并进行分组实验和演示实验。引导学生自主设计实验方案、分工合作、观察现象、总结规律,进一步探究出作用力和反作用力“同时”“同性”“同时变化”等特点,培养学生的科学探究能力。

(4) 利用力传感器,探究不同情境下两个相互作用力的大小关系;利用“磁针实验”,让学生看到甲磁针对乙磁针的吸引力与乙磁针对于甲磁针的吸引力“反向”“共线”。通过以上两个实验,让学生认识到,物理规律是基于实验探究得出的,需要具有严谨的科学态度和实事求是的精神。

【教学器材】

弹簧测力计,DIS 实验系统,自制滑板,充气气球,电动玩具汽车,台秤,烧杯。

【教学过程】

◆ 新课导入

播放有关水上飞行器运动(图 4-10-1)的视频。

水上飞行器应用了什么物理知识?(物体间的相互作用)

关于物体间的相互作用实例,生活中还有很多,你们能举出一些吗?

大家举了许多生活中的实例,其实只要大家注意观察就一定会收获!前面我们在第三章已经学过力的概念:力是物体对物体的作用。

若物体 A 对物体 B 的力称为作用力 F_{AB} (或 F),则物体 B 对物体 A 的力就称为反作用力 F_{BA} (或 F')。

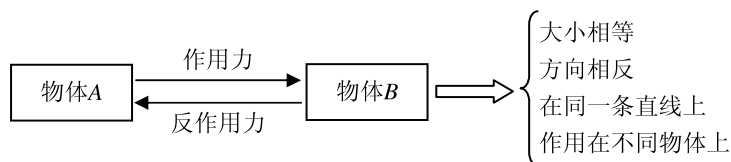
问题讨论:一对作用力和反作用力之间有怎样的关系?

要想探究一对作用力和反作用力的关系,我们首先要提出猜想。

科学猜想是建立在已有的知识和实验基础之上的,是对未知知识的一种假设。这样做能使我们的探究有一个确定的方向。

既然我们已经对力的概念有了理解,那么我们能不能从描述力的三要素来猜想下一对作用力和反作用力之间可能会有怎样的关系呢?

学生讨论、交流,回答,师生共同总结:



水上飞行器运动

图 4-10-1

有了猜想,接下来我们就要进行实验验证。那么怎么用实验来验证这些猜想呢?

◆ 新课教学

你能否用实验来验证你的猜想呢?

1. 用弹簧测力计验证

实验验证需要哪些器材? 测量力的工具是什么?

每张桌子上都有两个弹簧测力计,两者对拉时,弹簧测力计的示数表示什么力的大小?

弹簧测力计使用之前首先要调零,拉时也不能超过它的量程,并且沿着轴线拉,避免拉杆与面板之间产生摩擦,从而影响实验效果。

两位同学为一组,合作做实验。实验后交流:你是如何做的? 你得到了什么结论?

2. 用传感器验证

实验时大家有没有发现什么问题? 两个力是某一时刻相等还是时刻相等呢? 你观察清楚了吗? 怎么办?

我们利用弹簧测力计进行研究,得出了初步的结论:作用力与反作用力大小相等,方向相反,并且作用在同一条直线上。用弹簧测力计来验证有它的局限性,刚才有同学说:在拉弹簧测力计的过程中示数看得不太清楚,弹簧测力计的误差也比较大。下面我们采用 DIS 来进行验证(图 4-10-2)。

DIS 中的力传感器,能够将力信号转变成电信号,通过数据采集器采集数据,并通过电脑显示出来,它可以适时记录力的大小。实验前同样必须进行调零。两个力传感器间可以施加拉力,也可以施加压力,大家看到数据在不断变化,说明力传感器受到的力是随时间不断变化的。那么有什么办法把这动态变化的规律很直观地表达出来呢?

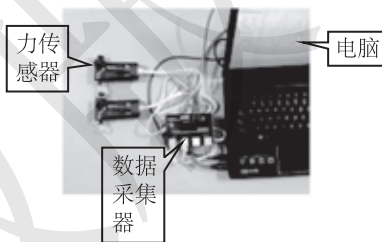
可以用 $F-t$ 图像来表达,即以时间为横轴,以力传感器 A 感受到的力的大小为纵轴。我们可以拉力传感器 A,也可以不拉;可以压它,也可以不压。当它不受力时,示数为 0;当它受到拉力时图像在上方,当它受到压力时图像在下方。 $F-t$ 图像能清楚地表达出力传感器 A 所受的作用力。那么它的“对手”(力传感器 B)所受的反作用力如何呢? 我们可以把力传感器 B 受到的力在同一幅图像中表达出来。下面我们可以同时来测量这两个力。我们一起来完成这个实验,可以拉、压。

图像(图 4-10-3)有什么特点? 很美,对称的。对称是宇宙中无以伦比的美。给几分钟时间大家欣赏一下,请考虑:图像能说明什么呢? 从图像中你能验证哪些猜想? 得到哪些结论?

结论:无论两个力传感器间是拉力还是压力,力的大小是否变化,相互作用力的大小时刻相等。

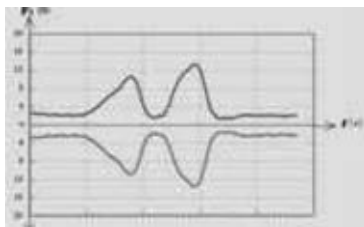
思考:大小相等成立与相互作用的物体所处的状态有关系吗?

相互作用力在不同的时刻大小相等,压的时候相等,拉的时候也相等,静止的时候相等,运动的时候也相等。我们可用一句话概括一对相互作用力的大小关系:总是大小相等。



用 DIS 探究相互作用力

图 4-10-2



相互作用力的规律

图 4-10-3

相互作用力的方向关系能不能也说成总是方向相反呢?

演示实验:一对小磁针的磁场力作用的方向关系(图 4-10-4)。转动其中一枚小磁针,观察另外一枚小磁针的方向的变化。

实验表明:一对相互作用力的方向相反,且在同一条直线上。

3. 归纳总结

牛顿第三定律。

通过研究,我们得出了作用力和反作用力的关系。

大量的实验事实表明:两个物体之间的作用力和反作用,总是大小相等,方向相反,作用在同一条直线上。这就是牛顿第三定律。表达式为

$$F = -F'$$

式中的负号表示两个力的方向总是相反的。

之所以强调“总是”,也就是说,无论相互作用的两个物体的运动状态如何,无论两个物体的大小、形状如何,无论两个物体有无接触,它们之间的作用力和反作用力,总是大小相等,方向相反。

4. 进一步探究

为了让大家进一步理解作用力与反作用力之间的关系,我们还为大家提供了四组实验器材,请大家选择器材,设计实验,探究以下问题:

- (1) 作用力与反作用力哪个先产生呢?
- (2) 作用力与反作用力的性质一定相同吗?
- (3) 作用力与反作用力能相互抵消吗?

实验一:挤压两个气球

将红色与黄色两个气球相互挤压,观察到两个气球都要发生形变,力越大形变越明显,红色气球对黄色气球的作用力使得黄色气球发生形变,而黄色气球对红色气球的作用力使得红色气球发生形变。这两个力的作用效果不能相互抵消。两个力都是弹力,性质相同。

实验二:两个同学穿上滑轮鞋互推

当用力相互推的时候,发现两人都向后退。这个实验表明:作用力与反作用力是同时产生的。

实验三:将遥控小车放在木板上启动,观察发生的现象

把木板放在干电池上,用干电池做滚子,再把小车放在木板上,当小车启动时,发现木板同时向与小车运动方向相反的方向运动。木板给小车一个向前的摩擦力,使小车向前运动,同时小车也给木板向后的摩擦力使木板向后运动。说明作用力和反作用力是同时产生的,力的性质也相同。两个力的作用效果不同,不能相互抵消。

通过实验我们进一步总结出作用力与反作用力的关系:同时性(同时产生,同时消失,同时变化);力的性质相同;作用效果不能相互抵消。

5. 实例研究

- (1) 马拉车。



一对小磁针的磁场力作用的方向关系

图 4-10-4

在一些旅游观光点,马车因为环保而大受欢迎。马拉车的时候,车也在拉马,对吗?当马车匀速前进时,马拉车的力与车拉马的力哪个大?当马车刚启动的瞬间呢?两个力还相等吗?如果不相等你认为哪个力大?

我们用实验来验证:用小车代替马车,在小车上固定一个力传感器,用另一个力传感器拉固定在小车上的力传感器,使小车启动、加速、减速、停下来,观察这一系列过程中两个力传感器的示数。实验结果如何呢?结果还是相互作用力大小相等。

(2) 拔河比赛。

要想在拔河比赛中获胜,应该从哪些方面做文章呢?请大家课后思考。

6. 作用力与反作用力和一对平衡力的区别

根据图 4-10-7 所示的情形,思考以下问题:

- (1) 重锤受哪些力作用?画出它的受力图。
- (2) 这两个力有什么关系?
- (3) 这两个力的性质相同吗?
- (4) 这是一对作用力与反作用力吗?
- (5) 以重锤和地球为研究对象,有几对作用力与反作用力呢?
- (6) 总结比较一对作用力与反作用力和一对平衡力的相同点和不同点(表 4-10-1)。

表 4-10-1

	一对平衡力	一对作用力和反作用力
大小关系	相等	
方向关系	相反,并且在同一条直线上	
作用对象	同一个物体	不同的物体
作用的同时性	不具有同时性	同时产生、同时消失、同时变化
力的性质	不一定相同	一定相同

◆ 案例分析

牛顿三大定律是一个有机的整体,牛顿第一定律和第二定律是对单个物体而言的,但要全面认识物体间的运动规律,必须研究物体之间的相互作用、相互影响。本节分三个层次对牛顿第三定律进行研究:

(1) 通过对实际现象的分析和学生的亲身感受,定性地讨论物体间的作用是相互的、同时发生的、同时变化的、作用在一条直线上的。

(2) 通过实验定量地得到物体间的相互作用力是大小相等的。对于静止物体间的相互作用力,通过弹簧测力计测量,分析其大小是相等的。对于运动物体之间的相互作用力以及碰撞时物体之间的相互作用力是否总是相等,本节课利用 DIS 进行探究,帮助学生深刻地



实例分析马拉车

图 4-10-5



拔河比赛

图 4-10-6



重锤

图 4-10-7

建立了任何物体不管其运动状态如何,它们之间的作用力和反作用力总是大小相等的。

(3) 运用实例说明牛顿第三定律的意义和应用。

◆ 反馈练习

1. 通过实例分析,正确理解相互作用力的性质。
2. 通过练习,应用牛顿第三定律分析问题和解决问题。

【教学小结】

物理教学应贴近学生的生活,联系社会实际。本节课的设计依据“从生活走向物理,从物理走向社会”理念,从生活中物体间的相互作用力引入新课,通过讨论、交流,描述生活实例中的作用力与反作用力,进一步建立作用力与反作用力的概念和基本特征。通过实验探究作用力和反作用力的关系,注重学生亲历获取知识的过程。在探究作用力和反作用力的关系在不同运动状态下是否都成立时,引入 DIS 实验系统演示运动物体间的作用力和反作用力关系,学生通过观察,对作用力和反作用力“总是”相等有了深刻的认识,突破了本节课的难点,同时让学生体验科学探究的过程,习得科学方法。

通过牛顿第三定律在社会生产生活中的应用实例分析,使学生了解物理知识在生活中的应用,体会物理学对经济、社会发展的重要作用,激发学生学习物理的兴趣和热情。

(本教案由江苏省前黄高级中学耿宜宏提供)