

中专物理教学文集

吉林省、长春市物理学会
《物理通报》长春联络站

1984年6月

编辑说明

1983年7月在长春市召开的“全国中专物理教学讨论会”，先后收到五十多篇交流资料和论文。这些资料和论文内容丰富，大部分是各校物理教学经验的总结和教学研究的成果，也有一部分为对中专物理教学改革的意见、建议和探讨。这些资料和论文对各类型的中等专业学校的物理教学都有参考价值。很多学校要求把这次会议的交流资料和论文编印成集，以便扩大交流范围。

会议结束后，成立了《中专物理教学文集》编辑委员会。编委会成员是由长春市部分院校的副教授和讲师共十一人所组成（见封三）。

这次会议的资料和论文，除了部分已在其它刊物公开发表或作者本人不愿意发表外，经过编委会的审查，有四十多篇进入本《文集》。在这次会议所举办的教具展览会上，有些受到代表们好评，并要求得到制作资料的教具，我们也选登在本《文集》中。

由于收入《文集》的资料和论文较多，为了减少篇幅，降低印刷成本，所登载的资料和论文都作了不同程度的压缩，但保留原文的主要内容和观点。所登载的资料和论文都征得作者本人及所在单位的同意。

本《文集》在编印过程中，得到《物理通报》编辑部，吉林省物理学会、长春市物理学会和长春冶金地质学校的积极支持；得到吉林省物理学会理事长、著名物理学家余瑞璜教授和长春市物理学会理事长、东北师范大学副校长王琳教授的热情关怀，余瑞璜教授亲自为《文集》题了词；长春市物理学会理事、长春市教育学院教务长熊荣先副教授亲自参加编委会的指导工作；还得到长春冶金地质学校《冶金地质教育》杂志编辑组的协助。编委会对上述的单位和个人一并表示感谢。

由于我们的水平有限，在编印中可能存在不足之处，希望读者指正。

《中专物理教学文集》编辑委员会

1983年12月

恭祝你們發展中等教育
事業為四化建設做
出光榮的貢獻

余瑞璜敬祝

1983年10月

余瑞璜教授系我国老一辈的著名物理学家、中国科学院学部委员、吉林省人大常委会副主任、吉林省物理学会理事长、吉林大学物理系第一系主任，物理通报顾问、1983年全国中专物理教学讨论会顾问。

编辑委员会成员

主 编：吴汉彬

副 主 编：王圃田 曾碧瑄

委 员：

熊荣先（长春市教育学院副教授）

吴汉彬（长春冶金地质学校副教授）

杨树高（长春冶金地质学校副教授）

王圃田（长春电力学校讲师）

曾碧瑄（长春冶金地质学校讲师）

许惠源（中国人民解放军空军第二航空机务学校力学教研室主任）

刘宝林（长春市机械工业学校讲师）

温廷禹（东北水利水电学校讲师）

陈力耕（长春建筑材料工业学校讲师）

王占民（长春冶金地质学校讲师）

高为峰（长春冶金建筑学校讲师）

目 录

1983年全国中专物理教学讨论会纪要	(1)
刚体力学中的几个基本概念	杨树高 (4)
谈质点运动的教学	陈述达 (6)
谈运动学中矢量方向的确定	刘宝林 (10)
浅谈初等物理学中运动定律的教材体系及其含义	王占民 (15)
在势能教学中的一点体会——关于内力做功	姜祖华 (17)
关于坐标系的选择	周继礼 (20)
关于稳定电场	曾碧瑄 (24)
真空中奥—高定理的分析和应用	汪 明 (28)
试谈电磁学中坐标系的选取	何列仁 (31)
透镜成象分析的矩阵方法	陈述达 (35)
对中专物理教材力学部分的改革意见	叶宗诚 (41)
精选教材内容,改进教学方法	杜孝刚 罗永翠 (44)
运用辩证法分析教材的尝试和体会	褚绍绵 (46)
谈中等专业学校的物理教学	张秀霞 (48)
谈中专物理教学改革中的几个问题	侯建文 (50)
对改进“高中专”物理教学的一点看法	刘贤德 (53)
调动学生课堂学习积极性的点滴体会	吴正容 (54)
浅谈物理课程的启发式教学	吴锦国 (56)
谈谈物理课程的启发式教学	温廷禹 (58)
关于启发式教学的初步尝试	李富锋 (60)
物理教学中的比较方法	张语端 (63)
关于开发学生智力资源,培养学生能力的点滴体会	王圃田 (65)
在物理教学中培养学生应用数学能力的体会	陈力耕 (68)
抓好“双基”,提高“双能”的一点体会	王永建 (70)
电工课自学辅导教学实验研究情况	乔 军 石允柱 (72)
充分发挥典型例题的作用	杜孝刚 刘见文 (74)
精讲多练,提高教学质量	空军二机校歼击发动机教研室 (77)
物理教学的几点体会和认识	天津市仪表无线电工业学校理化组 (80)
提高实验室利用率和实验效果的做法	吴锦源 熊尚武 (82)
加强和改进物理实验教学工作的尝试	吴锦国 (84)
开放实验室,加强对学生实验能力的培养	苏德荣 梁建刚 (87)
检测仪器的分辨本领	刘 冀 (89)

偏振光投影器.....	空军第二航空机务学校力学教研室 (92)
光纤通信演示器.....	吴汉彬 (95)
“波纹幻灯片”的制作原理和制作方法.....	王令概 (97)
磁控制式电子空穴运动模拟演示器.....	乐秀琪 何安国 汪 源 (102)
应用气垫导轨进行中专物理实验初步探讨.....	杨正纲 (105)
振动仪说明及初步实验结果的讨论.....	陈志业 (108)
《浮力产生的原因》演示实验装置的研制.....	迟文昌 (111)
用三线扭摆法测定物体的转动惯量.....	吴永康 祝德俊 (114)
测定空气的比热比.....	叶 昕 (117)
静电场的模拟.....	鞠曙光 (119)
已发表的资料和论文.....	(121)

1983年全国中专物理教学讨论会纪要

一、大会概况

全国中专物理教学讨论会于1983年7月4日至11日在长春市召开。这次大会是由物理通报编辑部、吉林省暨长春市物理学会主办，由长春冶金地质学校承办的。来自全国20个省、市、自治区，32个系统的114所中等专业学校的128名代表出席了这次大会。

物理通报编辑部、吉林省暨长春市物理学会对这次会议非常重视。中国科学院学部委员、吉林省人大常委会副主任、吉林省物理学会理事长、物理通报顾问、吉林大学物理系第一系主任、著名物理学家余瑞璜教授出席了大会，并在大会上作了报告。物理通报编辑部派专人参加了大会，吉林省和长春市的科技、文教部门也派代表参加了大会。

大会先后收到各校提供的交流资料和论文52篇。有30多人在大会上宣读了论文和介绍了经验。代表们参观了会议举办的教具展览会；参观了中国人民解放军空军第二航空机务学校的实验室和东北水利水电学校的电化教室。代表们听取了中国人民解放军空军第二航空机务学校关于开展电化教学的专题报告；东北师大教育研究室梁忠义副教授关于国外职业技术教育的专题报告；长春市物理学会副理事长、吉林大学物理系常务系主任王明达副教授关于物理学的发展和应用的专题报告。代表们还参观了长春汽车厂和伪皇宫。

大会历时八天，会议气氛紧张而融洽，代表们会上交流各自的经验，会下充分利用时间互相交谈。代表们说：“参加这次大会感到很亲切，有共同语言，收获很大，希望这样的会议以后能多开一些。”

7月12日长春日报和长春市人民广播电台报导了大会的消息。7月15日和16日吉林电视台播放了大会实况录象的片断。

二、主要议题和收获

1、会议交流并讨论了物理教学大纲、教材和教学计划的执行情况和经验，讨论了物理教学中存在的问题。

目前各中专的招生对象、学制有所不同。有的招收初中毕业生，学习四年；有的招收高中毕业生，学习年限有二年、二年半、三年之分。所开设的物理课程有中专物理，也有大学普通物理。开设普通物理的各校所采用的教材也不相同。与会代表一致觉得中专物理教学困难很大。

会议对1979年教育部统编的中专物理教学大纲和教材进行了讨论，讨论情况的汇总材料转报有关方面。招收高中毕业生的学校，对所开设普通物理课的教学内容、要求和教材的取舍作了讨论和探讨。代表们希望中专普通物理教材能早日出版。

一些代表反映，有些学校的物理课处于可有可无的从属地位，安排教学计划剩多少时间，物理课就开多少小时，而且要求专业课用啥物理课就讲啥。会议认为这是不妥的。物理课是一门重要的基础课，在全面完成教学计划，培养合格的四化建设人材方面

起着重要的作用，不能随意被挤掉。会议认为招高中毕业生，开设普通物理课的三年制工科中专校，普通物理课的学时以不低于130—150学时为宜。

2、与会代表交流了多年的教学经验，对教学方法的改革作了探讨。代表们认为，在物理教学中，加强直观教学，形象化教学，充分运用启发式教学，注意培养学生分析问题和解决问题的能力，是提高物理教学质量，培养学生独立思考能力的重要问题。交流经验可有力的推动教学方法的改革。多搞一些交流活动是十分有益的。

3、与会代表交流了物理实验的开设和教具制作的经验。会议举办了教具展览会。中国人民解放军空军第二航空机务学校向大会介绍了制作教具，开展电化教学和改革实验教学的宝贵经验，为大会提供了许多受代表欢迎的优秀展品。长春冶金地质学校、东北师大、长春地质学校、长春市卫生学校等也为大会提供了很多教具展品。代表们反映，展览会虽不大，但展品很精，效果很好，对大家很有启发。

4、与会代表交流并讨论了物理课与技术基础课、专业课相互配合的经验。认为物理教材的取舍，既要保证物理课本身的独立性，又要注意减少和后续课不必要的重复；既要保证物理这门基础课的系统性，又要注意加强技术基础课和专业课所需要的知识内容的教学。对于那些物理课、技术基础课和专业课都要讲的内容，则要共同研究确定各自所讲内容的深度和广度，做到明确分工，互相配合。要注意与数学课的关系和配合。

5、会议交流了开发学生智力和人培养的经验。代表们认为，智力开发问题也是物理教学过程中必须认真研究的重要课题。会议号召物理教师要在开发学生智力方面作出自己应有的贡献，为把物理课变成传授科学知识和开发学生智力的重要阵地而努力。

6、会议还探讨了中专物理教学如何适应四化建设的要求和今后教学改革的方向问题。代表们认为，对此问题的探讨是很有必要的。

三、几个问题

1、当前要进一步提高中专物理教学质量，关键是从实际出发抓教学改革。要抓准、抓紧，一直抓出成果来。强调经过试验，处理好需要和可能、大改与小改的关系。有领导有步骤地进行下去就一定能够收到成效。

代表们认为，当前改革的重点应该是精选教学内容，加强三基教学——基础理论、基本知识和基本技能的教学，加强实践性环节，改进教学方法，注意能力的培养。精选教学内容是中心环节，它必须建立在对教学内容的正确分析上，精选既不能照搬高校或国外的作法，也不能单纯的删砍，更不是不恰当的浓缩。在保证必要的理论教学时间的前提下，应该保证自学、习题、讨论、实践性环节。在教学中要注意严格要求与训练，运用启发式教学法，充分调动学生的学习积极性。注意培养学生的自学能力，物理实验能力和综合解题能力。引导学生为把自己锤炼成对四化建设有用的、又红又专的中等技术人材而努力学好物理课。

2、目前，有不少中专校不同程度存在着不重视物理教学的现象。具体体现在：

(1) 对物理课的课时随意减少，不够慎重；(2) 很多中专物理教师处于“打零杂”的地位，有课就上点课，没课就干点别的，对物理教师的知识更新、业务的提高和进修安排很少考虑；(3) 物理教学所必需的经费有时得不到保证。实验室的建设，实验仪器的购买，教具制作的经费都比较困难。会议希望各校有关领导对上述问题给予重视，

适当解决。

3、代表们认为，目前中专是多系统多层次办学，招生对象、学习年限又有差异，物理课采用的教材又五花八门，各自为政，这种局面不利于教学质量的提高。与会代表希望，上级教育行政部门要对中专的现状给予重视，加强对中专的领导，对一些重大问题作出合理的规定，使各校教学既有统一要求，又有可许的灵活性，以便不断提高教学质量。

4、目前大学、中学都已建立了全国性物理教学研究组织，唯独中专还没有。代表们提出，为了进一步开展中专物理教学经验的交流和专题讨论，教学资料的编写和系统的教学研究，使中专的物理教学质量能大幅度 and 持久地得到提高，并逐步建立起具有中国特色的中专物理教学体系，需要筹建全国性中专物理教学研究的协作组织。会议建议各省、市、自治区和各系统，在有关部门的领导下普遍成立物理教学研究组织。会议委托咸阳机器制造学校侯建文副教授、长春电力学校王圃田讲师和长春冶金地质学校吴汉彬副教授与各地区各系统的中专物理教研组织联系；向有关领导部门汇报，争取他们的支持和领导，经上级同意批准后，成立全国性中专物理教学研究组织。

会议承办单位——长春冶金地质学校为大会提供会址，投入大量的人力物力，安排生活，组织活动，是大会开好的重要保证。中国人民解放军第二航空机务学校、东北水利水电学校、长春冶金建筑学校、长春电力学校、长春地质学校、长春市机械工业学校、第一汽车厂汽车工业学校、长春建筑材料学校等单位，为开好大会均给予会议以人力和物力的赞助，大会一并致以谢意。

全国中专物理教学讨论会

1983年7月于长春

刚体力学中的几个基本概念

长春冶金地质学校 杨树高

最近, 由于参加《中专物理教学文集》编委会的工作, 看到了一些力学教学方面的交流材料, 颇受启发。下面仅就刚体力学中几个基本概念以及在教学中阐述这些基本概念时应注意的问题, 谈一点肤浅的看法。不当之处, 敬请批评指正。

一、合力与分力的概念

在研究刚体力学时, 常将作用于刚体或质点上的力系简化为一个与该力系“等效”的合力, 或者反过来将一个力化为与之“等效”的一个力系。所谓“等效”, 实际上只是针对力对刚体(或质点)的运动所施加的影响或作用而言的。仅在这个意义上, 分力与其对应的合力才是等效的。如果不阐明这一点, 学生便容易错误地认为: 合力可以完全代替分力; 有了合力, 原来的分力便不存在了; 等等。

众所周知, 在研究具体材料制成的物体受力后引起的变形和内应力时, 合力不能代替实际存在的分力, 合力不能与其对应的分力等效。例如, 在直杆(忽略其重量)的两端施以一对张力 P 时, 直杆不发生宏观的位移, 处于平衡状态。就杆的运动而言, 此一对张力 P 与它们的合力(等于零)等效; 但就杆的变形和内应力而言, 一对张力 P 将引起张应力和伸长变形, 但与之对应的等于零的合力则不能引起应力和变形, 二者不等效。

二、与刚体力学所特有的研究对象和研究范畴相联系的一些公理和定理

加、减平衡力系公理以及它导出的力的可传性定理, 不适用于材料受力后的变形和内应力的研究, 这是明显的。在不受力的直杆两端不能添加一对张力或压力使之受到额外的拉伸或压缩; 在悬绳的下端受到力 P 作用时, 整个悬绳均将受该力的作用而伸长, 故此力不能沿其作用线移至绳上的其它地方使悬绳只部分地受该力的作用而伸长。因此, 在阐述加、减平衡力系公理和可传性定理时, 向学生指出它们的适用范围是很有必要的。只有这样, 才能使学生了解公理、定理等的适用范围是包括在公理、定理本身内的主要内容; 才能使学生了解到在适用范围之外胡乱引用某公理或某定理时, 将会铸成何等严重的错误。

三、力分析与运动分析

在静力学及动力学中, 受力分析的方法是相同的, 且均为解算具体问题的首要步骤。在静力学中, 由于对象自身的运动状况已知, 故运动分析这一步骤便被省略。然而在动力学中, 运动分析则和力分析同等重要。在解动力学问题时忽视运动分析而造成的错误, 往往在数量上占甚大的比重。根据个人的经验, 要求学生在画出受力图(脱离体图)后, 用色笔或用虚线画出对象本身已知的加速度矢量, 是一个较好的办法。若在受力图上注出了加速度矢量, 学生在应用

$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$$

这一公式时，在同一惯性坐标系内不论坐标轴如何选取，列出的方程中均不易漏掉 a 的分量。从而可以减少出错的可能性。

四、非惯性系

力学中若干基本定律和定理均仅适用于惯性系，这是它们的适用范围。常常有这种情况：研究对象本身相对于非惯性系处于静止或匀速直线运动状态时，便被错误地认为该对象是处于平衡状态，从而应用有关平衡的定律进行解算，造成错误。这种错误，即使在受力图上加注出加速度矢量，有时也不能避免。例如在解算如下的一则习题时，便常出现错误地应用一些有关平衡的定律于非平衡状态的情况。

习题：设有一均质直杆 AB ，其 A 端用铰链与一台升降机的地板相连接， B 端则斜靠在升降机的侧壁上。杆 AB 与水平线所成夹角为 θ ，杆长为 L ，杆重为 Q ，重心在距 A 端 $L/3$ 处。求升降机以加速度 a 上升时，杆 AB 加在铰链和侧壁上的力。

解上题时，颇易出现两种错误。

1、对 AB 杆进行受力分析时，错误地应用了“不平行的三力平衡时，其作用线相交于一点”的定理。

2、受力分析及运动分析均正确，但在写出

$$\begin{cases} \Sigma F_x = ma_x \\ \Sigma F_y = ma_y \end{cases}$$

这样两个方程式后，错误地以 A 为支点应用杠杆平衡定律写出补充方程式。

以上两种错误，殊途而同源。其根源均是把惯性系内的平衡定律应用到了相对于非惯性系处于平衡的物体上。

*

*

*

在相当于高中水平的中专物理教学中，若能对上述的一些基本概念适当地加以强调，并使之在学生的头脑中初步扎根，对后继课、特别是对工程力学的教学工作，很可能会有较大的效益。

谈质点运动学的教学

北京机械学校 陈述达

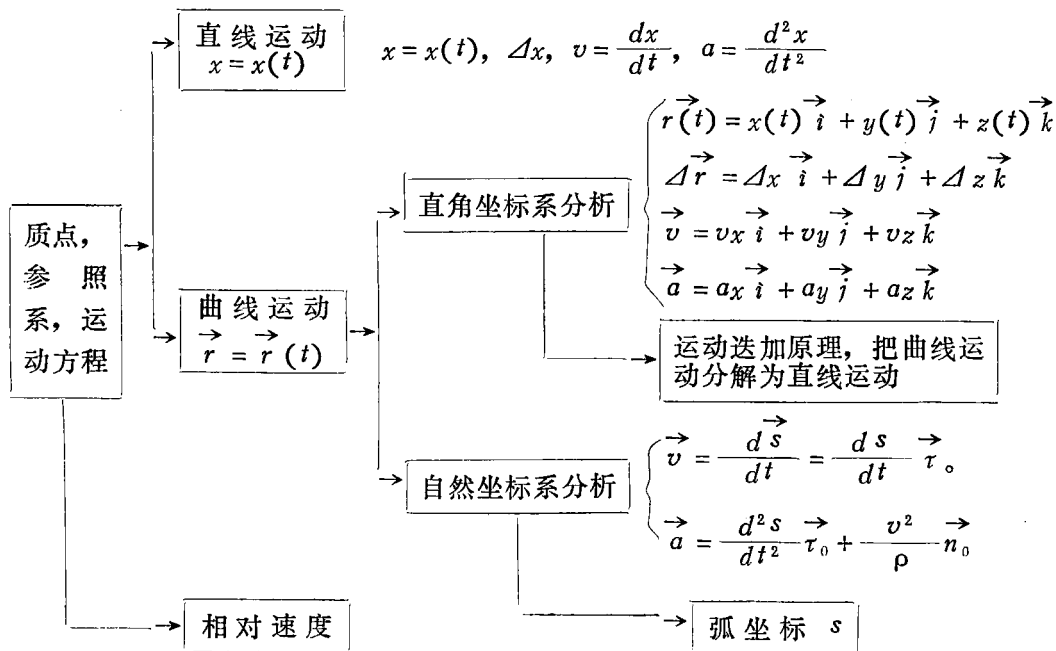
近几年来中专学校招收高中毕业生, 我校采用曹萱苓等编物理学作为教材。该书的特点是: “为了适应有些专业在第一学期开设物理课的需要, 在高等数学运用上, 采取逐步提高的方法。”几年来实践证明, 招收高中毕业生的中专学校采用该书作为教材是可行的。在教学中我们在内容上作了一些改动, 以适应中专学校的需要, 下面就“质点运动学”一章的教学问题谈谈我们的一些看法和尝试。

从高中到中专, 学生的高等数学知识准备不足, 最新招收的学生学习过导数和微分, 一般还缺乏积分知识, 我们就在这样的基础上开始普通物理学中“质点运动学”的教学。

需要解决的问题是: 避免与高中物理重复并在高中物理的基础上加以提高。教学内容要从匀变速运动过渡到一般变速运动, 从直线运动过渡到曲线运动。我们认为, 应该从具体的运动引出描述运动的概念, 而不是从概念到概念, 后者正是曹书不足之处, 因此, 打乱了原书的编排体系, 大体上采用了程守洙一书的体系, 从直线运动讲到曲线运动。

我们的教学思想是: 从建立运动方程出发对质点运动进行分析, 并对曲线运动采用直角坐标系和自然坐标系的两种分析方法, 两种方法互相补充, 加深对曲线运动的认识。

教学思路如图 1:



(一) 关于直线运动

质点作直线运动时, 运动方向只有两个, 可以用位移、速度、加速度的数值正负来表示它们的方向, 这样就可以用标量运算来代替矢量运算。一个矢量一般对应三个分量, 而在直线运动中, 一个矢量只对应一个分量, 这一分量的正负就表示这一矢量的方向。因此, 直线运动的分析比较简单。我们注意从学生已有知识出发来建立新的概念, 讲解运动方程时, 有意识地从学生熟悉的匀速运动公式 ($x = x_0 + vt$) 和匀变速运动公式 ($x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$) 出发来建立运动方程 ($x = x(t)$) 的一般概念, 达到温故知新的目的。由于学生已经学过导数和微分, 从运动方程出发分析位移、速度、加速度的意义和计算方法就是一个比较容易的问题了。

一般来说, 学生对位移、速度的正负的意义都能掌握, 但对加速度的正负的意义往往引起误解, 认为正的加速代表加速运动而负的加速度代表减速运动。产生这种误解的根源是高中物理中的固有提法, 在高中物理中总是取物体运动方向作为正方向, 给速度以正值, 这样加速度的正负确实代表了运动的加速和减速, 但在速度出现正负值的情况下, 运动的加速或减速应由速度与加速度的同号 (即同向) 或异号 (即反向) 来确定。另一个容易引起误解的问题是位移和路程, 在直线运动中位移与路程在同一直线上, 学生往往把从运动方程求出的位移 Δx 误以为是路程, 产生这种混淆的原因也来自高中物理, 在高中物理中质点运动多是沿一个固定方向, 这样路程和位移的量值就毫无区别了。

联系实际问题分析是一个重要教学原则。下面是取自程书 (第三版) 第一册 P.23 的一个例题: 一人在离地 36.0 米的高处以初速 $v_0 = 11.8$ 米/秒 竖直向上抛出一小球, 忽略空气阻力, 计算 (1) 在抛出 1 秒、2 秒、和 3 秒末的位置和速度, (2) 小球所能达到的最高点的位置和时间, (3) 小球落地时的速度和所经历的时间。通过对这一例题的分析, 可以使学生对坐标系和运动方程的建立, 位置坐标、位移、速度、加速度的正负, 以及位移和路程的区别有一个明确的了解。

(二) 关于曲线运动

曲线运动是本章的重点和难点, 由于质点运动方向不断改变, 必须采用矢量进行分析。我们在位置坐标的基础上引出位置矢量的概念。质点在空间运动时, 位置矢量 $\vec{r}$ 随时间 t 而变化, $\vec{r} = \vec{r}(t)$, 这就是质点运动方程的矢量形式, 然后逐步建立速度、加速度的矢量表示式 ($\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$, $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$) 学生初次接触到矢量分析, 感到抽象难懂, 因此必须从直角坐标系和自然坐标系两个方面作进一步深入讨论。

1、采用直角坐标系进行分析

在不同的坐标系中, 一个矢量的分量表示形式不同, 在直角坐标系中有

$$\text{位矢: } \vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$$

$$\text{位移: } \Delta\vec{r} = \Delta x\vec{i} = \Delta y\vec{j} = \Delta z\vec{k}$$

$$\text{速度: } \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$$

加速度:
$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt} \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \vec{j} = \frac{dv_z}{dt} \vec{k} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}$$

这一分析的目有二: (1) 把矢量公式化为标量公式, 把矢量运算化为标量运算, 使学生掌握在直角坐标系中位移、速度、加速度的计算方法, 加深对这些概念的了解, (2) 把一个曲线运动分解为三个 (或两个) 相互垂直的直线运动 (这正是运动迭加原理), 建立起曲线运动与直线运动的联系。这里不妨举抛体运动 ($x = x_0 + v_0 \cos \theta t$, $y = y_0 + v_0 \sin \theta t + \frac{1}{2} a t^2$) 和匀速圆周运动 ($x = A \cos(\omega t + \theta)$ $y = A \sin(\omega t + \theta)$) 两个例子加以说明。

这一分析的实质是把曲线运动分解为直线运动来处理。与直线运动相比较并没有增加新的内容, 学生是容易接受的。但这一分析方法也存在不足之处, 主要的不足是对加速度的意义还没有阐明清楚, 因此必须补充自然坐标系分析。

2、采用自然坐标系进行分析

所谓自然坐标系就是以质点运动轨迹的切线和法线方向作为坐标轴方向的坐标系,

如图 2 所示, 在自然坐标系中, 速度

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{ds}{dt} \vec{\tau}_0 = v \vec{\tau}_0$$

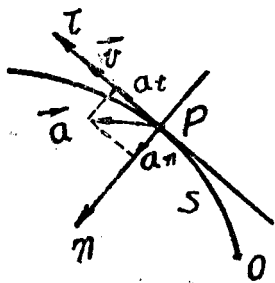


图 2

($\vec{\tau}_0$: 沿切线向方的单位矢, $\vec{n}_0$: 沿法线方向的单位矢)

学生往往对速率的计算公式 $v = \frac{ds}{dt}$ 不会具体运用, 为此, 必须引入弧坐标的概念, 在质点运动轨迹上任取一点 O 作为量度弧长 s 的起点, 质点在轨迹上的位置以 $s = \widehat{Op}$ 的弧长来表示, 并规定顺质点运动方向为正, s 称为弧坐标。质点运动时, s 是时间 t 的函数, $s = s(t)$, 这就是以弧坐标

s 表示的质点运动方程, s 对时间 t 的导数即质点在曲线运动中速率。显然, 曲线运动中速率的计算方法与直线运动中速率的计算方法完全相同, 只需用弧坐标 s 替换直线坐标 x。

在自然坐标系中, 加速度的分量表示式是

$$\vec{a} = a_\tau \vec{\tau}_0 + a_n \vec{n}_0$$

式中切加速度

$$a_\tau = \frac{du}{dt} = \frac{d^2 s}{dt^2}$$

法向加速度

$$a_n = \frac{v^2}{\rho}$$

切向加速度和法向加速度的计算公式以圆周运动作为例子进行推导, 这样做既利用了高中的已有知识, 而所得结果又不失普遍性。显然, 切向加速度的意义和计算方法与直线运动中的加速度完全相同, 只需用弧坐标 s。替换直线坐标 x。而法向加速度的意义和计算方法与匀速圆周运动中运动中的向心加速度完全相同。

自然坐标系分析把由速度量值变化所引起的切向加速度和由速度方向变化所引起的法向加速度分开，对加速度的意义的阐明更加深入清楚。

（三）关于相对速度

在一切相对作匀速直线运动的参照系中，同一物体的加速度是相同的，但速度不同。相对速度是一个说明物体速度与参照系选择有关的问题，我们把它与速度定义分开讨论。（曹书是合在一起讨论的）。

谈运动学中矢量方向的确定

长春市机械工业学校 刘宝林

普通物理学的运动学部分，集中了描述物体运动的瞬时性、矢量性、相对性和独立性。同时描述运动的方法，采用了运动方程。这与中学物理学采用的方法是不相同的。矢量和矢量方向的确定，是学生既容易忽略又容易出错误的问题。在教学过程中表现出学生上课还听得懂，课后作业做不出或做不对。下边就对这一部分在教学中的体会谈点意见。

很多物理量是矢量，如速度、加速度等。在中学，学生就知道矢量是既有大小，又有方向的物理量。所以学习普通物理时，对于讲授速度、加速度这些量是具有大小和方向的矢量时，学生接受起来并不困难，但在解题时，一部分同学，只计算其大小，不计算其方向；还有一部分学生对如何来求速度矢量和加速度矢量的方向。却觉得无从下手。当教师讲例题讲到求矢量的方向时。学生又觉得方法很玄妙，不可捉摸。

例题：已知一质点在 X 、 Y 平面内

其矢径为：

$$\vec{r} = 3\cos\frac{\pi}{6}t \vec{i} + 3\sin\frac{\pi}{6}t \vec{j}$$

式中 r 以米计、 t 以秒计，试计算任一时刻的速度和加速度。

解：由矢径的关系式知道，矢径 $\vec{r}$ 沿 X 轴和 Y 轴的分量 x 和 y 分别为：

$$x = 3\cos\frac{\pi}{6}t \quad (1)$$

$$y = 3\sin\frac{\pi}{6}t \quad (2)$$

这两式就是质点的运动方程。从上两式中消去 t 就得到轨道方程：

$$(1)^2 + (2)^2 \quad x^2 + y^2 = 3^2\cos^2\frac{\pi}{6}t + 3^2\sin^2\frac{\pi}{6}t = 3^2$$

可见质点是在 X 、 Y 平面内的一个以原点 O 为圆心以 3 米为半径的圆。

求速度：先求速度的分量 v_x 和 v_y

$$v_x = \frac{dx}{dt} = -\frac{\pi}{2}\sin\frac{\pi}{6}t$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{\pi}{2}\cos\frac{\pi}{6}t$$

∴ 速度的大小:

$$u = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \frac{\pi}{2} = 1.57 \text{ (米/秒)}$$

可见: 速度的大小是个恒量, 可知质点作匀速率圆周运动。

速度的方向: 设速度的方向与 X 轴的夹角为 θ'

若此时 $\vec{r}$ 的方向与 X 轴的夹角 θ

$$\operatorname{tg} \theta' = \frac{v_y}{v_x} = -\operatorname{ctg} \frac{\pi}{6} t$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{y}{x} = \operatorname{tg} \frac{\pi}{6} t$$

由于速度 $\vec{v}$ 与矢径 $\vec{r}$ 的斜率互为负倒数, 可见 $\vec{v} \perp \vec{r}$, 所以质点在圆周各点的速度是沿各点的切线方向。

同样道理可求加速度, 先求加速度的分量 a_x 和 a_y :

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = -\frac{\pi^2}{12} \cos \frac{\pi}{6} t$$

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = -\frac{\pi^2}{12} \sin t$$

∴ $\vec{a}$ 的大小:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \frac{\pi^2}{12} = 0.82 \text{ (米/秒}^2\text{)}$$

可见加速度也是一个恒量。

$\vec{a}$ 的方向: 如果把加速度 $\vec{a}$ 写成矢量式, 则有:

$$\begin{aligned} \vec{a} &= -\frac{\pi^2}{12} \cos \frac{\pi}{6} t \vec{i} + \left(-\frac{\pi^2}{12} \sin \frac{\pi}{6} t \vec{j} \right) \\ &= -\frac{\pi^2}{36} \left(3 \cos \frac{\pi}{6} t \vec{i} + 3 \sin \frac{\pi}{6} t \vec{j} \right) = -\frac{\pi^2}{36} \vec{r} \end{aligned}$$

可见在匀速圆周运动中, 质点的加速度是沿着矢径 $\vec{r}$ 的反方向。即加速度的方向指向圆心。

例题讲完后学生对运动的轨迹、速度和加速度的大小, 理解和接受得都很好。而对 $\vec{v}$ 和 $\vec{a}$ 的方向的求得学生觉得很玄妙, 学生说: “老师, 这个方法可真高, 可是怎么想出来的呢? 我们怎么想不出来呢?”

后来分析了学生的情况, 加强了矢量方向确定的基础方法的教学, 讲了矢量方向确定的几种方法。

确定矢量方向的第一种方法是方向余弦法。若矢量 $\vec{v}$ 在坐标 XYZ 中方向是确定的, 则矢量 $\vec{v}$ 与 X 轴、 Y 轴、 Z 轴的夹角 α 、 β 、 γ 就确定, 所以各角的方向余弦值也确定 (即方向余弦确定)。

反之若确定了矢量 $\vec{v}$ 与 X 轴、 Y 轴、 Z 轴、夹角的方向余弦, 则矢量的方向就确定下来了 (如图—a)