



No.2
Secondary School
Attached to East
China Normal
University
张大同 编著

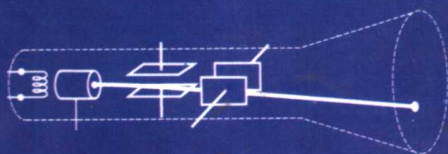
華東師範大學第二附屬中學

(理科班用)

物 理

PHYSICS

(高中上册)



上海教育出版社

SHANGHAI
EDUCATIONAL
PUBLISHING
HOUSE

華東師範大學第二附屬中學

(理科班用)

物 理

(高中上册)

张大同 编著

上海教育出版社

華東師範大學第二附屬中學

(理科班用)

物 理

(高中上册)

张大同 编著

上海世纪出版集团 出版发行
上海教育出版社

易文网: www.ewen.cc

(上海永福路 123 号 邮编: 200031)

各地新华书店经销 上海商务联西印刷厂印刷

开本 890 × 1240 1/32 印张 12 字数 357,000

2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 次印刷

印数 1 - 5,100 本

ISBN 7-5320-8458-2/G·8488 定价: 15.00 元

作者简介

张大同,毕业于华东师范大学. 现在直属国家教委领导的重点中学——华东师范大学第二附属中学任物理教师,兼任上海物理学会理事. 1994 年被评为上海市物理特级教师. 1993 年获得“李政道奖学金伯乐奖”.

张大同长期从事物理教学工作,积累了丰富的经验,取得了优异的成绩. 从 1991 年至今,他辅导的学生总计获得国际中学生物理奥林匹克竞赛金牌 8 块和银牌 1 块(22 届 2 块,25、26、27、31 届各 1 块,32 届 2 块、33 届 1 块),15 人进入国家集训队;他的学生还多次在上海市的高考中名列前茅.

张大同的主要著作有:大型工具书《中学物理实验大全》(主编,150 万字)、上海教育丛书之一《注重方法,自我发展》、中学选修课教材《物理定律和研究方法》、《高中物理实验》、物理竞赛辅导书《通向金牌之路》、《物理竞赛教程》、物理高考指导书《高考指导丛书·高中物理分册》、《三考丛书·高中物理分册》、《名师帮你学物理》等. 总计 500 万字左右.

张大同出色的工作得到了社会公认. 自 1991 年以来,《文汇报》、《新民晚报》、《解放日报》、《新闻晚报》、《上海教育报》、《青年报》、《中国初中生报》、《中学生知识报》、《上海科技报》、《联合时报》、《少年报》、《大公报》等报纸以及《中国报道》、《中学物理教学参考》、《中学生数理化》等杂志,都报道了他的事迹.

前 言

最近十多年来,我们一直致力于培养智优学生的工作,并努力探索培养物理优秀学生的规律性的东西.1991年以来,我们学校涌现出一批又一批政治思想健康、学习成绩优异的好学生.为国家输送了一大批优秀科技人才的后备力量.特别是王泰然、任宇翔、杨亮、谢小林、陈汇钢、肖晶、魏轶旻、吴彬、顾春晖等九位同学分别在第22届、25届、26届、27届、31届、32届、33届国际物理奥林匹克竞赛(IPhO)中获得金、银牌,为我们的祖国争得了荣誉.我校学生在全国物理竞赛决赛中获一、二等奖各11人次,获上海赛区一等奖一百多人次,18人参加国家集训队.在令人瞩目的成绩后面,一般都有符合科学规律的东西.

有人可能认为培养优秀学生主要靠课外小组和个别辅导,与课堂教学关系不大,这种看法是片面的,实际上课堂教学也是至关重要的.十多年来我们在课堂教学中使用过各种各样的教材,也和国内外许多著名的中学老师交换过不少看法,最后才形成了这样一本教材,并且试用至今.今天有机会把她奉献给全国的同行,感到十分高兴.

我们十多年来的课堂教学经验可以归纳成三句话:追根寻源真一点,实验研究多一点,能力要求高一点.简称“三点”教学法.因此我们称自己的教材为“三点”法教材.

所谓追根寻源真一点,是关于怎样进行物理定律的教学的,在进行某一物理的教学时,我们有意识地补充了一些与这一定律的建立过程有关的内容,任何一个重要物理定律的建立,都有一个艰辛而漫长的过程.探索定律的工作之所以能成功,这个定律最后之所以能够确立起来,其中一定有很多科学的研究方法和正确的推理思维方式.这些内容毫无疑问是属于物理学科中最重要的东西,是人类一笔宝贵的知识财富,也是我们物理教学的宝贵财富.

所谓实验研究多一点,是关于怎样进行物理实验的教学的.我们分析了以往教材中实验教学的不足,采取了相应的措施.一是明显增加了实验的数量.不论是在课堂演示实验,还是在学生实验或小实验方面,平均增加了60%以上的实验.二是提高了实验的要求,增加了不少研究性的实验,让学生自己来探索物理规律.其中

有一部分新的实验,学校里没有现成的仪器,安排学生自己制作,对学生有较高的要求。

所谓能力要求高一点,是关于怎样进行物理习题的教学的。物理习题教学是物理教学的重要组成部分之一,不论是教师还是学生,都在解习题上花了大量的时间。怎样提高习题教和学的效率,我们在教学中曾做了一些尝试,力图通过习题教学尽量多地培养学生的能力。

这本“三点”法教材完全是根据国家教委颁布的高中物理教学大纲编写的。力争做到源于大纲而高于大纲,即在教学内容方面不超大纲,而在能力要求方面又高于一般的教材。我们使用它确实明显地提高了学生的素质和能力。本书比较适合重点中学的实验班使用,当然对于一般高中学生作为物理课外参考读物那就更理想了。

张大同

2001年9月

目 录

第一编 力学	1
第一章 直线运动	3
一、机械运动	3
二、直线运动的速度和速率	6
三、匀变速直线运动	12
四、自由落体运动	29
第二章 力	40
一、力	40
二、力的合成和分解	47
三、物体的平衡	55
第三章 牛顿运动定律	73
一、牛顿第一定律	73
二、牛顿第二定律	77
三、牛顿第二定律的应用	91
四、牛顿第三定律	108
五、牛顿定律的适用范围	115
第四章 曲线运动 万有引力	117
一、运动的合成和分解	117
二、平抛运动	122
三、圆周运动	131
四、圆周运动规律的应用	140
五、万有引力定律	148
六、万有引力定律的验证	155

七、万有引力定律的应用	157
第五章 动量	163
一、动量定理	163
二、动量守恒定律	172
三、反冲运动	183
第六章 机械能	187
一、功和功率	187
二、动能定理	195
三、势能和机械能守恒	206
四、物体相互作用时的机械能转换	225
第七章 机械振动	238
一、简谐运动	238
二、单摆	249
三、振动中的能量	255
四、波的性质	258
五、波的传播	266
六、声波	273
第二编 热学	281
第八章 分子热运动 能量守恒	283
一、分子动理论	283
二、物体的内能	292
三、能量的转化守恒定律	298
第九章 固体和液体	304
一、固体的微观结构	304
二、液体的微观结构	307
三、液体的表面现象	309
第十章 气体	315
一、气体的等温变化	315
二、气体的等容变化	332

三、理想气体的状态方程.....	340
四、分子动理论对气体定律的解释.....	353
五、饱和汽.....	356
六、湿度.....	362
习题练习(自己练)参考答案.....	366

第一编 力 学

可以毫不夸张地说：力学是整个物理学最重要的组成部分之一，力学知识贯穿于物理学的各个部分。因此，要学好物理学，首先就一定要学好力学。常有人来问我学习物理的关键是什么？我总是要求他花大力气学好力学，彻底搞清力和物体运动的关系。这既是一条学好物理的必由之路，也是一条捷径。



一、机械运动



自然界的一切物体都在永不停息地运动. 有些东西尽管相对地球是静止的, 但它们总是随着地球在一起运动. 不但地球在运动, 太阳在银河系中也在不停地运动. 小到原子和分子, 大到宇宙中的天体, 一切物体都在运动. 机械运动是宇宙中最普遍的现象.

1. 参照物

我们研究一个物体的运动, 必须选取另一个物体作为参照物. 所谓参照物, 就是我们假定为不动的东西. 如果一个物体相对参照物的位置发生了变化, 我们就说这个物体作了机械运动. 如果一个物体相对参照物的位置没有发生变化, 我们就认为这个物体没有发生机械运动, 或者说这个物体和参照物保持相对静止.

选择参照物对研究一个物体的运动来说是非常重要的. 在公路上有一辆自行车和一辆汽车同时向东行驶, 我们研究骑车人的运动: 如果选择公路旁的树作参照物, 人在向东运动; 如果选择自行车作参照物, 人静止; 如果选择汽车作参照物, 人在向西运动.

2. 质点

物体都具有大小和形状, 具体地研究物体上每一点的运动情况, 一般来说不是

一件简单的事情,可是在某些情况下我们可以把整个物体看作一个有质量的点,或者说用一个有质量的点来代替整个物体.这样一个用来代替物体的有质量的点叫做质点.下列情况中,我们可以将物体看作一个质点.

(1) 当物体本身的大小比它在运动中的位移要小得多时,可以把这个物体看作一个质点.比如说一列火车从上海开到北京,完全可以把庞大的火车看作一个质点.

(2) 当物体本身的大小比它和其他物体之间的距离要小得多时,可以把这个物体看作一个质点.比如说研究地球围绕太阳的运动,由于地球的直径(约 1.3×10^4 km)比地球和太阳之间的距离(约 1.5×10^8 km)要小得多,因此可以忽略地球本身的大小和形状,把它看作一个质点.

(3) 在物体运动过程中,如果物体上每一个点的运动轨迹完全相同,或者说物体上每一根线在运动过程中始终保持平行,我们就把这个物体的运动叫做平动.当一个物体作平动时,我们可以把它看作一个质点.一辆汽车在直线上行驶,如果我们把汽车作为一个整体来研究,汽车的运动是平动,可以将它看作一个质点;如果我们要研究车轮的运动,车轮上各点的运动轨迹并不相同,因此不能把它看作一个质点.

任何物体都具有一定的大小和形状,因此质点这个概念只是一种科学的抽象,是一种理想化的模型.在物理研究的过程中,用一个理想化的模型来代替一个具体的实物,可以抓住事物的本质,舍弃一些次要的因素,比较顺利地得到所需要的结果.如果在研究中不分主次,将所有的因素放在同等的地位来对待,势必因为研究过程变得非常复杂而难以得到结果.这种建立理想化模型的研究方法是一种很重要的方法,在今后的学习中还会多次碰到,同学们一定要理解并且掌握这种方法.

3. 位置和位移

研究物体的运动首先要确定物体的位置.描写物体位置,最常用的方法是说明它和所选参照物的关系.比如说旗杆在校门北面 100 m 处,实验楼在教学楼东南面约 150 m 处等.如果将此研究物体抽象成了一个质点,那么常用质点的坐标来描写质点在坐标系中的位置.在某一个三维坐标系中,如果质点 P 的坐标 (x, y, z) 全都知道了,那么 P 点的位置便确定了(图 1-1).

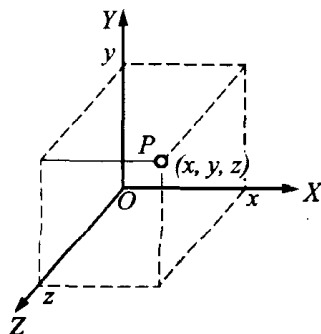


图 1-1

物体在运动过程中,它的位置随时间不断变化,怎样表示物体位置的变化呢?物理学中常用一个叫做位移的物理量来表示物体位置的变化.设学生甲由A点经过400 m跑道上的B、C、D、E

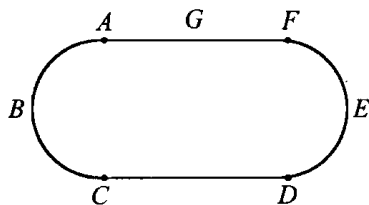


图 1-2

等点跑到F点(图1-2),从初位置A指向末位置F的有向线段AF就可以用来描述学生甲位置的变化,我们把AF叫做物体的位移.AF的长度即位移的大小,AF的方向即位移的方向.位移既有大小又有方向,是一个矢量.

位移和路程是两个不同的物理量.路程是指物体所通过的实际轨迹的长度,只有大小,没有方向,是标量.在图1-2中,学生甲的位移是100 m,而他通过的路程是300 m.如果学生乙由A点沿直线AGF跑到F点,那么甲、乙两人的位移是相同的,但他们的路程是不同的.只有在物体沿着一根直线始终向一个方向运动时,位移的大小才等于路程.

如果一质点在坐标系中由 (x_1, y_1, z_1) 运动到 (x_2, y_2, z_2) ,不论它的运动轨迹如何,它的位移 s 的大小都是

$$s = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}.$$

4. 时刻和时间

说明某一事件时常常要用到时刻和时间这两个不同的概念.比如上午第一节课8:00上课,8:45下课,这8:00和8:45就是两个时刻,这两个时刻之间相隔的45分钟,就是上第一节课所经历的时间.

研究机械运动,也常用到这两个概念.比如我们讲某一物体从第一秒末到第五秒初的位移是12m.这里的第一秒末和第五秒初是两个时刻,而从第一秒末开始到第五秒初结束,这是一段时间(即第二、三、四秒).在这段时间里,物体的平均速度是4m/s.

用时间轴可以表示不同的时刻和时间.在图1-3所示的时间轴上,时刻表示为一个点,而时间则表示为一段线段.如“1”这个点表示第一秒末或第二秒初,表示的是一个时刻;而“2”到“4”这段线段,则表示第三和第四秒,表示的是一段时间.

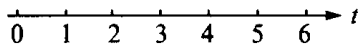
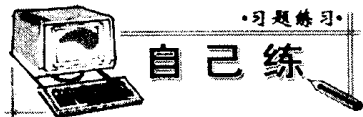


图 1-3



这样一个参照物,一辆汽车相对它是静止的,另一辆汽车相对它是运动的?为什么?

2. 关于质点,下列说法中正确的是 []

- (A) 质量很小的物体可以看作质点. (B) 体积很小的物体可以看作质点.
 (C) 在某些情况下,地球可以看作质点.
 (D) 作平动的物体肯定可以看作质点,作转动的物体肯定不能看作质点.

3. 小球从离地 3 m 高处落向地面,紧接着弹回到 2 m 高处被手接住,小球通过的路程是 _____ m,位移大小是 _____ m,方向向 _____.

4. 试在时间轴上分别用线段或者点表示下列时间或时刻:

- | | |
|-------------------------|--------------------|
| (1) 第 4 秒末; | (2) 第 3 秒; |
| (3) 前 3 秒; | (4) 第 2 秒初; |
| (5) 第二个 4 秒; | (6) 第二个 5 秒初; |
| (7) 从第二个 2 秒末到第四个 2 秒初; | (8) 第 3 秒初到第 7 秒末. |

二、直线运动的速度和速率



为了描写物体位置改变的快慢,我们引进速度的概念;为了描写物体运动的快慢,我们引进速率的概念.

1. 匀速直线运动的速度

我们研究任何一类物理问题,总是从最简单的一种运动形态或结构形态开始. 匀速直线运动是一种最简单的机械运动.

物体在一条直线上运动,如果在任何相等的时间里的位移总相等,那么这种运动就叫做匀速直线运动. 匀速直线运动可以简称为匀速运动.

在匀速直线运动中,怎样来表示物体位置变化的快慢呢? 如果用物体位移的

大小来表示它位置变化的快慢,显然是不妥当的,因为物体位移的大小除了跟它位置变化的快慢有关之外,还跟运动的时间有关.因此,我们可以用物体的位移跟它发生这段位移的时间之比——速度,来表示物体位置变化的快慢.这个比值就和运动的时间无关了.这种用两个物理量的比值来表示另一个物理量的方法在物理研究的过程中是常用的,今后我们还会多次碰到.

如果作匀速运动的物体在 t 时间内的位移是 s ,那么这个物体的速度

$$v = \frac{s}{t}.$$

由上式可以看出:(1) 速度是一个矢量,它的方向跟位移的方向相同.(一个矢量除以一个标量的结果一定是一个矢量,而且商矢量和被除矢量的方向相同.)(2) 速度的大小(速率)等于单位时间内物体的位移值.(3) 速度的单位应该是由长度单位与时间单位构成的复合单位.

速度的国际单位是“米/秒”(m/s),常用单位有“厘米/秒”(cm/s)、“千米/小时”(km/h)等.

2. 匀速直线运动的图像

两个物理量之间的关系可以用公式来表示,也可以用函数图像来表示.物体运动的情况同样可以用运动的图像表示出来(图像中表示的位移与速度均指它们的大小).

(1) 匀速直线运动的位移图像

用一个平面直角坐标系的横轴表示时间 t ,纵轴表示位移大小 s ,画出 s 和 t 的关系图,这种图像叫做位移-时间图像($s-t$ 图像),简称位移图像.因为匀速运动的位移和时间成正比,即 $s=v \cdot t$,所以它的 $s-t$ 图像是一根过原点的直线.图 1-4 中的 I 是速度为 2m/s 的匀速运动的位移图像,II 是速度为 3m/s 的匀速运动的位移图像.

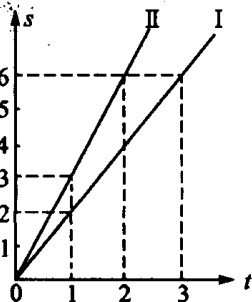


图 1-4

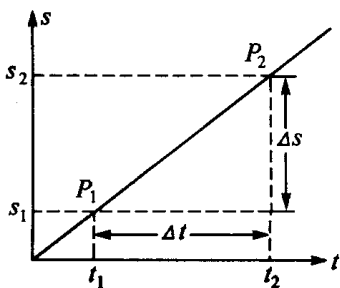


图 1-5

有了物体运动的 $s-t$ 图像,就可以容易地求得任一时刻物体的位置以及任何一段时间内物体位移的大小.

我们还可以利用 $s-t$ 图像求出物体运动速度的大小.从 $s=v \cdot t$ 中可以看出, $s-t$ 图线的斜率就是物体的速度大小 v .在 $s-t$ 图线上任取两点 P_1 和 P_2 (尽量分开一些),如果已知它们的坐标分别为 (t_1, s_1) 和 (t_2, s_2) ,如图 1-5 所示,则 $s-t$ 图线的斜率

$$k = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = v.$$

(2) 匀速直线运动的速度图像

用一个平面直角坐标系的横轴表示时间 t ,纵轴表示速度 v ,画出 v 和 t 的关系图,这种图像叫做速度-时间图像 ($v-t$ 图像),简称速度图像.因为匀速运动的速度不随时间而变化,所以它的 $v-t$ 图像是一根平行于 t 轴的直线.图 1-6 中 I 是 $v=3 \text{ m/s}$ 的匀速运动的速度图像, II 是 $v=5 \text{ m/s}$ 的匀速运动的速度图像.

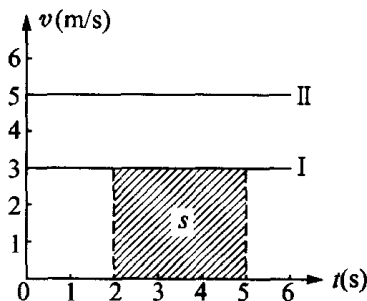


图 1-6

因为匀速运动的位移 $s=v \cdot t$,而图中矩形的宽是物体运动的时间 ($t=3 \text{ s}$),矩形的高是物体运动的速度 ($v=3 \text{ m/s}$),所以矩形的面积就能代表物体在这段时间内的位移大小 s .这就是说我们可以应用 $v-t$ 图像求出物体在任意一段时间内的位移大小.

3. 变速直线运动的平均速度和即时速度

(1) 平均速度

物体在一条直线上的运动,如果在相等时间里的位移不相等,它作的就是变速直线运动.

因为作变速直线运动的物体在相等的时间里的位移不相等,所以该物体没有恒定的速度,我们可以用平均速度来粗略地描绘它位置变化的快慢.运动物体的位移 s 和它发生这段位移所用时间 t 的比,叫做物体在这段时间里(或者说在这段位移中)的平均速度 $\bar{v}$,即