

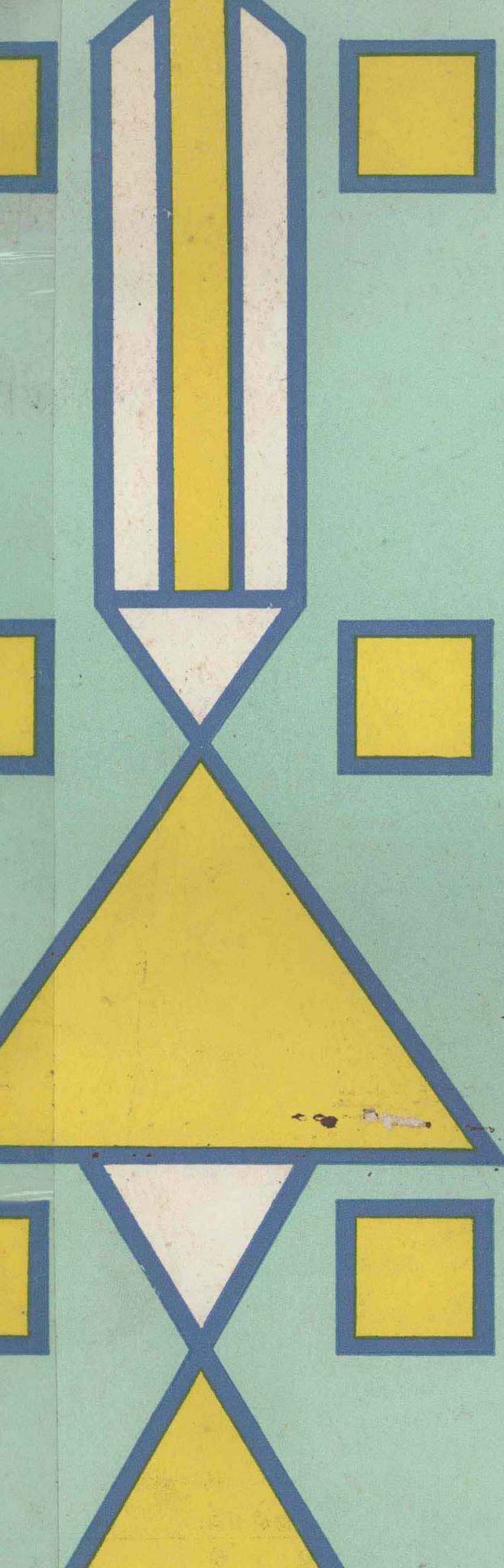
物理阅读与辅导

上海市物理学会
上海市中专物理协作组

编

唐端方 主审

上海科学普及出版



物理阅读与辅导

上海市物理学会 编
上海市中专物理协作组
唐端方 主审

上海科学普及出版社

(沪)新登字第 305 号

责任编辑 陈英黔

物理阅读与辅导

上海市物理学会 编
上海市中专物理协作组

唐端方 主审

上海科学普及出版社出版

(上海市曹杨路 500 号 邮政编码 200063)

新华书店上海发行所发行 上海长鹰印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 8.5 字数 207000

1994 年 8 月第 1 版 1994 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—8000

ISBN 7-5427-0855-4/G · 227 定价:6.00 元

前 言

本书是供中等专业学校学生学习物理的课外阅读教材,与上海科学普及出版社出版的唐端方主编的《物理》教材配套使用。本书编写的目的是:开拓视野,培养自学能力,增强分析问题、解决问题的能力,提高学习效果。

本书文字通俗易懂,每章设有“物理纵横”、“学习要点”、“解题指导与典型例题”、“小实验与小制作”等栏目。“物理纵横”是介绍与教材有关的物理背景知识,科学家的生平、成果,知识拓展,高新技术的发展与应用等内容,以达到开拓学生视野,陶冶情操的目的。“学习要点”是介绍本章教材的主要内容、学习目的和应达到的要求,使学生在学之前有目标可循,学之后检查有据。“解题指导与典型例题”着重在解题思路和方法上进行启发与指导,典型例题,有助于学生解答教材上的习题,同时使学生了解运用所学知识解决实际问题的思路和方法,并加深对所学知识的理解。“小实验与小制作”应用本章学习的物理知识,介绍一些简单易行的,具有科学性、趣味性、实用性的实验和制作,以培养学生的动手能力与学习兴趣。

本书的特点重在“阅读”与“辅导”,以自学为主。本书既可作为中等专业学校的物理系列教材,也可作为普通中学、职工中专和技工学校学习物理的参考书。

本书由上海市物理学会、上海市中专物理协作组组织编写。参加编写的有(按姓名笔画为序):王宇波、王舜华、申瑜、叶家骐、田美珍、朱锦、沈毅、李自力、张宗芳、陈雪林、萧镛槐、郑月才、屈晓英、姜颖、徐家申、郭健韬、尉世祥、蒋跃龙等。

全书由唐端方主审,参加审定的还有乐嘉延、范顺荣、金韞玉、缪年冠等。

本书编写过程中,得到上海冶金工业学校、上海公用事业学校和一些同志的支持和帮助,对此,我们表示衷心的感谢。

欢迎广大读者在使用本书时,提出宝贵意见。

编者

1994年3月

目 录

第一章	匀变速直线运动·····	(1)
第二章	力·····	(9)
第三章	牛顿运动定律 ·····	(16)
第四章	功和能 ·····	(23)
第五章	动量 ·····	(32)
第六章	曲线运动 万有引力定律 ·····	(39)
第七章	机械振动和机械波 ·····	(48)
第八章	分子运动论 固体、液体和气体·····	(55)
第九章	热和功 ·····	(62)
第十章	静电场 ·····	(65)
第十一章	稳恒电流 ·····	(74)
第十二章	电流的磁场 ·····	(84)
第十三章	电磁感应 ·····	(93)
第十四章	电磁振荡和电磁波·····	(101)
第十五章	几何光学·····	(109)
第十六章	光的本性·····	(115)
第十七章	原子的基础知识·····	(118)
第十八章	原子核的基础知识·····	(123)

第一章 匀变速直线运动

物理纵横

一、科学家介绍

1. 伽利略(1564~1642)

伽利略是意大利物理学家、天文学家和数学家。1564年2月15日生于意大利的比萨,父亲是位音乐家。伽利略最初在修道院里学习哲学、宗教。经他父亲劝说,于1581年进入比萨大学学医。由于家庭经济困难,中途辍学,回到佛罗伦萨自学物理。1586年他发表了一篇有关流体静力称的论文,1589年又发表了有关固体重心的论文,这两篇论文使伽利略名声大振。1589年当上了比萨大学数学讲师,1592年任帕图亚大学数学教授,他发明了比例仪、空气温度计等。

伽利略从小爱好做实验,对每一事物一定要经过自己仔细推敲,才能接受,决不盲从权威。伽利略多次对古希腊哲学家、科学家亚里士多德的观点提出疑问。亚里士多德认为:重的物体落地快,轻的物体落地慢。伽利略却巧妙地提出一个问题:如果把一个重物和一个轻物绑在一起,结果会是怎样呢?很显然它们将一起落地。当时,亚里士多德被看成是绝对权威,任何争论,只要举出亚里士多德的一句话就可平息一切。现在伽利略竟敢向亚里士多德挑战,这一下触怒了许多学者、教授,纷纷要他拿出证据。

伽利略在《两种新科学的对话》一书中,采用对话形式论述问题,伽利略以萨尔维阿蒂的身份出现,而以辛普利邱代表亚里士多德的观点,书中有这样一段精彩的对话:

萨尔维阿蒂:“如果把两个自然速率不同的物体连在一起,那么落得快的物体会被落得慢的物体拖着而减速,慢的物体会被快的物体拖着而加速。你同意吗?”

辛普利邱:“没有疑问,你说得对。”

萨尔维阿蒂:“但是,如果这是对的,那么我们取一块大石头,假如它下落的速率为8,再取一块小石头,下落的速率为4,将它们拴在一起,整个系统的下落速率应该小于8,但是两块石头拴在一起要比那块速率是8的石头大,因此,重物体比轻物体的运动速率要小,这个结论刚好和你的推测相反。这样,你就看到了从你的重物体比轻物体下落得快的假设,我怎样推出了重物体下落得更慢的结论。”

辛普利邱:“我完全被搞糊涂了……”

1608年,荷兰眼镜工匠李普塞做成了一架望远镜,能看到远处的东西。伽利略在此基础上,对透镜的曲面作了精心的设计,制成了第一架能观察天体的望远镜。谁也没有料到,望远镜帮助伽利略打开了宇宙的大门,由此,也给伽利略带来了巨大的灾难。

1609年末到1610年初,伽利略利用望远镜,不断地对天体进行观察。他发现月球的表面并不光滑,而是有峰有海;他看到银河系是由无数恒星组成;他找到了木星的卫星;他还观察到太阳的黑子,金星、水星的盈亏,土星的光环,更重要的是这些发现使伽利略坚信哥白尼的日心说是正确的,托勒玫的地心说是错误的。1610年伽利略的第一本天文著作《星宿的使节》问世。1611年伽利略去罗马,他邀请了宫廷中许多达官贵人,观看望远镜,热情地宣传哥白尼的日心说。可是在神权专制统治的社会中,不能违反教会的规定。几百年来,教会规定

只能宣传托勒玫的地心说,因为地心说符合神学对宇宙的解释,伽利略在这一根本问题上触犯了教规。1616年2月,红衣主教团给伽利略下了一道命令:无论在讲课中或写作中,不许再把哥白尼学说说成是绝对事实。伽利略没有退却,他用了五年时间写了一本《关于两种世界体系对话》,坚持宣传日心说。这一下惹怒了教会,1633年2月伽利略被罗马宗教法庭传讯,同年6月宣判:《关于两种世界体系对话》是禁书。今后三年内,伽利略必须每星期背诵七篇忏悔圣诗,他将无限期地监禁在他自己的家中,直到主教团满意为止。风烛残年的伽利略被押送到阿塞提,强权没有迫使他屈服,他在家又写下了《两种新科学的对话》,他用实验方法在物理学上打开了人们的眼界。

在伽利略的生命最后阶段,他的学生范范尼和托里拆利一直陪伴着他,共同生活,共同探讨问题。托里拆利的水银气压计的设想,就是在那个时期形成的。1642年1月8日,伽利略患上热病,在阿塞提的小屋里逝世。

历经三百多年的沉冤终于得到昭雪。1979年11月10日罗马教皇在公开集会上正式承认: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要重新审理这件冤案,历史再次证明,科学的真理是不怕任何强权,最终必将战胜强权。

2. 亚里士多德(公元前384~前322)

亚里士多德的父亲是希腊北方马其顿国王的御医,在家庭的影响下,他从小就对自然科学,特别是生物学很有兴趣。亚里士多德17岁那年,他风尘仆仆,从遥远的爱琴海北岸的斯塔吉那城邦赶到雅典,进入古希腊著名哲学家柏拉图执教的阿卡德木学园求学。从17岁到37岁,亚里士多德在阿卡德木学园里整整呆了二十年,这一期间,他认真阅读了古希腊各派哲学家的许多著作,钻研了伦理学、政治学、修辞学、辩论术以及生物学、物理学、天文学等自然科学。学业结束后,他继续留在学园,协助柏拉图从事教学活动,并继续进行学术研究。学园中良好的学习环境以及他锲而不舍地刻苦钻研,使他打下了扎实而雄厚的哲学和科学知识基础,他的博学、才智的名声,也渐渐传开了。

亚里士多德敢于对柏拉图的学说提出疑问,和老师、同学进行争辩。柏拉图喜欢亚里士多德的过人才华,但又不满意他的独立精神。

亚里士多德的学问渊博,传说他写的著作有近千篇之多。主要有《形而上学》、《物理学》、《工具论》等,是古希腊著作最丰富的哲学家。他是西方历史上第一个对知识进行分类的大学者,他总结古希腊的哲学思想,把它发展到一个新的高度,在哲学思想上作出了许多贡献。

二、速度趣话

优秀的径赛运动员跑完1500米,大约需要3分35秒(1978年的世界纪录是3分32.2秒)。如果想把这个速度跟普通步行速度每秒钟1.5米做一个比较,必须先做一个简单的计算。计算结果告诉我们,这位运动员跑的速度竟达到每秒钟7米之多。当然,这两个速度实际上是不能够相比的,因为步行的人虽然每小时只能走5千米,却能够连续走上几小时,而运动员的速度虽然很大,却只能够持续很短一会儿。步兵部队在急行军时,速度只有赛跑的人的三分之一,每秒钟约走2米,或每小时约走8千米,但是跟赛跑的人相比,他们的长处是能够持续走很远很远的路程。

假如我们把人的正常步行速度去跟行动缓慢的动物相比,那也是很有趣的。蜗牛可算是行动最缓慢的动物,它每秒钟只能前进1.5毫米,也就是每小时5.4米,约是人步行速度的

千分之一。另外,一种典型的行动缓慢的动物,就是乌龟,它的一般速度是每小时 70 米。人跟蜗牛、乌龟相比,虽然显得十分敏捷,但是,假如跟周围另外一些行动还不算太快的东西相比,那又当别论了。人可以毫不费力地追过大平原上河流的流水,也不至于落在中等速度的微风后面,但是如果跟每秒钟飞行 5 米的苍蝇来较量,那人只有用滑雪橇在雪地上滑行的时候,才能够追得上。至于想追过一头野兔或是猎豹的话,那么人即使骑上快马也办不到,如果想跟老鹰比赛,那么人只有一个办法:坐上飞机。

人类发明了飞行器具,从而使人成了世界上行动最快的一种“动物”。

请看下面这个速度比较表:

运动物体	蜗牛	乌龟	鱼	步行的人	滑雪的人	苍蝇	声音(空气中)	水翼船	野兔	鹰	猎豹	火车	小汽车	民航飞机	喷气飞机	地球公转
米/秒	0.0015	0.02	1	1.4	5	5	330	17	18	24	25	28	56	250	550	30000
速度千米/小时	0.0054	0.07	3.6	5	18	18	1200	60	65	86	90	100	200	900	2000	108000

三、汽车速度计

汽车速度计能指示汽车行驶速度,实际上是利用测量汽车驱动轮的转速换算出来的。转速测量仪表种类很多,如离心式转速表和磁性式转速表等。交通工具通常用磁性式转速表,它利用电磁感应把被测转速变换为指针转角。

如图 1-1 所示,磁性式转速表由永久磁钢和固定在指针轴上的铝盘等构成。当磁钢被转轴带动旋转时,由于铝盘切割磁力线而使铝盘上产生涡流,这一涡流又与旋转磁场相互作用,形成使铝盘向磁场旋转方向偏转的力矩。铝盘

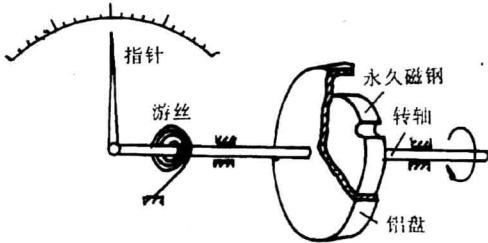


图 1-1 磁性式转速表

同时带动游丝扭转,游丝便产生一反力矩,当两力矩平衡时,铝盘就稳定下来,铝盘的扭转角与被测转速成正比。这种转速表体积小,价格较低,但温度误差较大,它的测量范围为 50~12 000(转/分),测量误差为 $\pm 1.5\%$ 。

把磁性式转速表的转轴,通过一系列传动机构同汽车的驱动轮相连,使铝盘扭转角与驱动轮转速成正比,这样,在表盘上用均匀刻度标出车速值,由指针的扭转角度就可以知道车速了。

一、本章概述



本章所研究的是质点运动学的基础知识,是机械运动中最简单、最基本的内容。运动学是学习其他力学知识的基础,学好学懂本章所讲的速度、

加速度等基本概念和匀变速直线运动的基本规律,是学好牛顿运动定律、功和能的前提。

1. 基础知识:

(1)位移、时间、速度、加速度等概念;(2)匀变速直线运动的规律,速度图象和位移图象。

2. 重点和难点

重点:(1)即时速度和加速度的概念(特别是加速度);(2)匀变速直线运动规律。

难点:(1)位移、即时速度和加速度;(2)匀变速直线运动的位移公式的推导与掌握。

3. 主要的研究方法

(1)选取理想模型和过程。(2)解析法。(3)图象法。(4)隔离法。(5)矢量运算法。

二、本章容易混淆的概念

1. 速率和速度

速率和速度是不同的概念。速率的定义是：路程/时间，它只反映物体运动的快慢，不能表示运动的方向，速率是标量。速度的定义是：位移/时间，速度的大小反映物体运动的快慢，速度的方向表示物体运动的方向，速度是矢量。

速度和速率都能反映物体运动的快慢，两者是不是一回事呢？一般说来，两者不同。但是在匀速直线运动中，因同一时间内的位移和路程在数值上相等，所以，从定义可知：匀速运动的速度大小和它的速率相等。对于变速运动来说，我们把包含某时刻在内的足够短时间内的平均速度看作这一时刻的即时速度，而在这足够短时间内，位移的大小和相应的路程近似相等，所以，即时速度的大小和相应的速率也近似相等。因此，匀速和变速运动中即时速度的大小都可称为它们的速率。

对于变速运动的平均速度来说，因某段时间内的位移和路程在数值上一般不等，所以不能把某时间内平均速度的大小和相应的平均速率等同。

2. 时刻和时间

“一点钟到站”，是指实际到达的钟点，我们称为时刻，可能是今天的一点钟，也可能是明天的一点钟。

“车需要一个钟点到某站”，这是指两个时刻的间隔，称为时间。可能是1点半开出，2点半到站；也可能是3点钟开出，4点钟到站。

如图1-2所示，我们可以用数轴表示时间轴。你乘的车如果12点钟从车站出发，我们规定12点钟为原点，取作零，下午1点钟就是A点，数值是+1，上午11点就是A'点，数值是-1。直线是无穷无尽的，前后都没有终点，好比时间的长河是无穷无尽的。

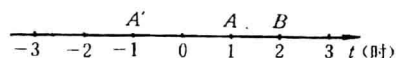


图 1-2

由此可见，时刻好比数轴上点的坐标，时间好比数轴上两点间的间隔（线段的长度）。

3. 路程和位移

物体运动时，实际上在空间留下的径迹的长度，我们叫做路程。由上可知，从上海到南京乘飞机、火车和汽车所通过的路程是各不相同的。路程是一个只有大小，没有方向的物理量，我们称为标量。

研究物体的运动，有时只需要研究物体运动位置的变化，而不考虑运动所经过的路径，仅仅知道质点所通过的路程，无法精确地了解物体在不同时刻的位置。因此，在实际情况中，只知道路程是不够的，一定要了解物体的始末位置。

描述物体在运动过程中的确切位置和位置的变化是十分重要的。

我们把描述物体位置变化的物理量叫位移。位移是既有大小、又有方向的量，称为矢量。

如何区别位移和路程呢？

质点沿直线不改变方向的运动中，路程和位移大小相等，方向恒定不变，这时候位移和路程的严格区分就不明显了。

实际上质点的运动是复杂的，为了严格区分路程和位移，下面再举一实例说明。

如图1-3所示，环城电车12点钟从O站出发，10分钟后到达A站。OA连线就是这一时间的位移， $\overline{OA}$ 弧长就是10分钟时间里通过的路程。依此类推，每隔10分钟后分别到达B、C、D、

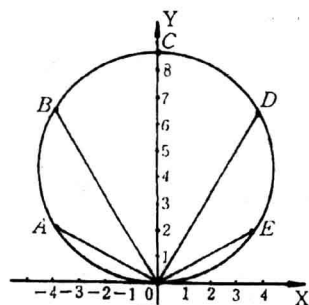


图 1-3

E. 电车 1 小时后, 就是下午 1 点钟回到原来出发处 0 站。这一时间里电车的位移是零, 1 小时通过路程是整个圆周的长度。

解题指导

与典型例题

一、本章是“描绘”物体运动, 解题时要注意“谁描绘”, 即参照系是哪个物体; “描绘谁”, 即研究对象是哪一个物体; “用什么来描绘”, 即掌握公式法和图象法。

二、掌握位移、速度和加速度等概念。速度、加速度和位移都是矢量。解题首先要选取一个正方向, 凡是与正方向同向的矢量都取正值, 反之取为负值。在求出的答案中, 是正值的矢量, 表示方向与选定的正方向相同; 是负值的矢量, 表示方向与正方向相反。

三、熟记运动学公式。这一章的众多公式中, 初速度不为零的匀加速直线运动公式

$$v_t = v_0 + at \text{ 和 } s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

是两个基本公式, 必须牢固掌握, 在弄清这两个公式的物理意义后, 可根据物体运动的具体特征, 附加一些条件就可以演变出其他相应的公式。另外, 常用的公式还有 $v_t^2 = v_0^2 + 2as$ 和 $\bar{v} = \frac{1}{2}(v_0 + v_t)$, 也是由这两个基本公式推导出来的。

四、解题的关键在于“判断”。解题时首先要认真审题, 弄清题意, 抓住运动的基本特征量 (v_0 和 a), 去判断在观察的这段时间做什么运动, 然后选取对应的公式求解。

通常可按如下思路进行:

1. 审清题意, 明确研究对象及物理全过程, 画出示意图。
2. 选取坐标系, 规定正方向。
3. 选准物理规律, 列出方程。注意代入数值前, 要先统一单位。
4. 分析所得结果, 舍去不合理的部分。

例题 1 一个质点运动的 $v-t$ 图像如图 1-4 所示。问(1)图中各段表示质点各做什么运动? 求出表示这种运动特征的物理量的值;(2)求质点在前 7.0 秒内的平均速度大小。

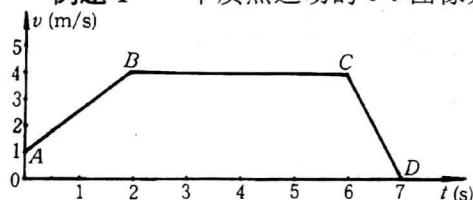


图 1-4

解 (1) AB 段表示质点做有初速度的匀加速直线运动。

特征物理量为: $v_0 = 1.0 \text{ (m/s)}$ $a = \frac{v_t - v_0}{t} =$

$1.5 \text{ (m/s}^2\text{)}$

BC 段表示质点做匀速直线运动。特征物理量为:

$$v = 4.0 \text{ m/s} \quad a = 0$$

CD 段表示质点做匀减速直线运动。特征物理量为: $v_0 = 4.0 \text{ m/s}$ $a = -2.0 \text{ (m/s}^2\text{)}$

(2) 质点在前 7.0s 内的位移数值上等于图中折线 ABCD 下面所围的面积值。即 $s = 23\text{m}$ 。故质点在前 7.0s 内的平均速度为: $\bar{v} = \frac{s}{t} = 3.3 \text{ (m/s)}$

小结: 质点的运动规律也可以用图象来描绘。在速度图象中, 不仅能找到质点在任意时刻的即时速度和质点达到某一速度所对应的时刻, 还可以利用速度图象求出质点在各段时间内的加速度和位移。

例题 2 飞机着陆后做匀减速运动, 已知初速度是 60 m/s , 加速度的大小为 6.0 m/s^2 求

飞机着陆后 12s 内的位移大小。某人应用匀减速运动的位移公式 $s = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2$ 得到结果是 288m。这个答案对吗？为什么？

解 $\because v_0 = 60 \text{ m/s} \quad a = 6.0 \text{ m/s}^2$

$$\therefore s = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2 = 60 \times 12 - \frac{1}{2} \times 6.0 \times 12^2 = 288 (\text{m})$$

表面看来，这个答案的产生是有根有据的，其实，这是错误的。原因在于他没有对飞机着陆后的运动作具体分析。飞机着陆后由 $v_t^2 - v_0^2 = 2as$ 可求出飞机的最大位移

$$s = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - 60^2}{2 \times (-60)} = 300 (\text{m})$$

再从 $s = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2$ 可算出，飞机滑行这 300m 所需的时间是 10s，即 10s 末飞机就停止运动了，因此 12s 内的位移仍然是 300m，而不是 288m。

例题 3 一辆正在匀加速行驶的电车，在 $t = 5.0 \text{ s}$ 内先后经过路旁两根相距 $s = 50 \text{ m}$ 的电线杆，它经过第二根电线杆时的速度 $v_t = 15 \text{ m/s}$ ，求它的加速度 a 和经过第一根电线杆时的速度 v_0 。

解法一 此题有两个未知量 v_0 和 a ，为此要建立方程组

$$\begin{cases} v_t = v_0 + at & \text{①} \\ s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 & \text{②} \end{cases}$$

代入已知数据，可得 $v_0 = 5.0 (\text{m/s}) \quad a = 2.0 (\text{m/s}^2)$

解法二 根据 $s = \bar{v} \cdot t$ 且 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$ 则 $s = \frac{v_0 + v_t}{2} \cdot t$

$$\text{得 } v_0 = \frac{2s}{t} - v_t = 5.0 (\text{m/s}) \quad a = \frac{v_t - v_0}{t} = 2.0 (\text{m/s}^2)$$

小结：在匀变速直线运动中 $s = \frac{v_0 + v_t}{2} \cdot t$ ，利用此式解题往往很简便。

例题 4 如图 1-5 所示，一根 15m 的长竿，上端挂起，然后让它自由落下，求全竿经过离下端 5.0m 处的 A 点所需的时间 (g 取 10 m/s^2)

解法一 取竿的下端为运动的质点，当这个质点到达 A 点下方 15m 处，竿才算全部通过了 A 点。因此质点做自由落体运动所经过的距离 $h = 20 \text{ m}$ 。设全竿通过 20m 的时间为 t_x ，通过 $h_1 = 5.0 \text{ m}$ 的时间为 t_1 ，则题中所求的时间 $\Delta t = t_x - t_1$

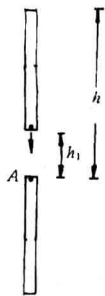


图 1-5

$$\begin{aligned} \therefore t_1 &= \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 5.0}{10}} = 1.0 (\text{s}) & t_x &= \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 20}{10}} = 2.0 (\text{s}) \\ \therefore \Delta t &= t_x - t_1 = 2.0 - 1.0 = 1.0 (\text{s}) \end{aligned}$$

解法二 当竿底端经过 A 点时，速度 $v_0 = \sqrt{2gh_1} = 10 \text{ m/s}$ 就是说，质点从 A 点开始以 v_0 做初速度不为零的匀加速直线运动。设 t 为所求的时间，在这里 $s = h = 15 \text{ m}$ ， $a = g$ 根据 $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 得 $15 = 10t + \frac{1}{2} \times 10t^2$ 解得 $t_1 = 1.0 (\text{s})$ ， $t_2 = -3.0 (\text{s})$ ， t_2 不合理舍去，于是 $t_1 = 1.0 (\text{s})$ ，答案与上解相同。

小结：解此题的关键是弄清楚“全竿经过下端 5m 处的 A 点所需的时间”应从竿的最下端经过 A 点时刻算起，至最上端经过 A 点时止。

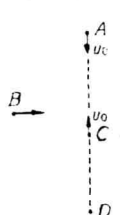
例题 5 从同一位置开始,甲物体先做自由落体运动,乙物体后做自由落体运动,以乙作为参照物,甲的运动状态是: A. 相对静止。 B. 向下做匀速直线运动。 C. 向下做匀加速直线运动。 D. 向下做变加速直线运动。

解 设甲物体运动 t 秒,乙物体落后 Δt 秒,则它们的速度大小之差为 $\Delta v = v_{\text{甲}} - v_{\text{乙}} = g \cdot \Delta t$,由于 g 和 Δt 是定值,所以 Δv 也为定值,即虽然两物体在下落过程中速度均在增加,但由于两者速度大小之差恒定,或者说甲始终以 Δv 的速度在竖直向下的方向匀速地离开乙,所以正确答案为 B。

分析:本题往往错选为 C,如果 C 正确,那么,甲相对于乙以多大的加速度向下运动呢?显然,甲乙均作自由落体运动,加速度均为 g ,相对加速度为零。

例题 6 如图 1-6 所示,有 A, B, C 三个球, A 距地面较高, B 其次, C 最低, A, C 两球相距 10 米,并且在同一竖直平面上,三球同时开始运动, C 作竖直上抛, B 作平抛, A 作竖直下抛运动,三球的初速度相同, 5 秒后三球相遇,若不考虑空气阻力。求: (1) 三球的初速度。 (2) 开始运动时, B 球跟 C 球的水平距离和竖直距离。

解 这是一道涉及三种运动有联系的综合题。三球初速度相同,运动时间相同、为统一研究,取竖直向下为正方向,且设在 D 处相遇。



$$\begin{aligned} (1) \quad & \text{对 A 球有 } h_{AD} = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad ① \\ & \text{对 C 球有 } h_{CD} = -v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad ② \\ & h_{AD} = h_{CD} + h_{AC} \text{ 而 } h_{AC} = 10\text{m} \\ & \text{由 ①② 式得 } v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 = -v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 + 10 \\ & v_0 = \frac{5}{t} = 1(\text{m/s}) \end{aligned}$$

图 1-6

(2) B 球跟 C 球的水平距离为

$$s_{BC} = v_0 t = 1 \times 5 = 5(\text{m})$$

B 球跟 C 球的竖直距离为

$$\begin{aligned} h_{BC} &= h_{BD} - h_{CD} = \frac{1}{2} g t^2 - (-v_0 t + \frac{1}{2} g t^2) \\ &= v_0 t = 1 \times 5 = 5(\text{m}) \end{aligned}$$

小结:涉及几种运动融成一体的问题,一要注意尽量找相互联系的物理量。不论是竖直上抛、竖直下抛还是平抛运动,它们的加速度都为重力加速度,所以都称为匀变速运动。考虑到加速度和初速度的同向或反向,或垂直,因而有了它们各自的特点;二要不忘它们仍按各自的规律运动;三要放在统一规定的坐标系里研究。

小实验

与小制作

一、金属小球在粘滞液体中作匀速运动

取一根长 1~1.5m,直径约 1.5cm 的玻璃管,先把一端

封闭,管内灌注粘滞液体(如机油、甘油),放入一颗穿孔金属小球(图 1-7)。

实验时,把管立起来,使小球由上向下运动,利用节拍器计时,在每个节拍声时记下小球在管内位置(可用记号墨水笔,或用有色纸带粘贴在管壁上)。从中可以发现,小球在相同时间间隔内通过的位移基本相同,即小球作

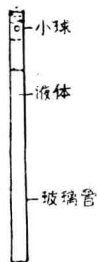


图 1-7

匀速运动。

小球的直径应稍小于玻璃管的内径。粘滞性液体应选择透明度较高的,不然会影响实验效果。油类的粘滞性随温度变化会发生变化。所以在气温不同时,速度稍有变化,但基本上保持匀速。当小球在液体中刚开始下落时,球作加速运动,但随着速度的增加,粘滞阻力逐渐增大,当浮力和粘滞阻力等于小球重力时小球即匀速下落。

如果没有穿孔的金属小球,也可在灌油时,留一段空气柱(长约 2cm),这样,把玻璃管倒置时,空气柱会逐渐上升,其速度基本上保持匀速。

二、比速度

在图 1-8 所示的四场比赛中,哪条船的速度最快呢? 请你用推理的方法比较一下。

三、这可能吗?

小李在海上拍了一幅照片(图 1-9),三艘海轮同时都在向前航行,奇怪得很,它们冒出来烟的方向都各不相同,这可能吗? 为什么?

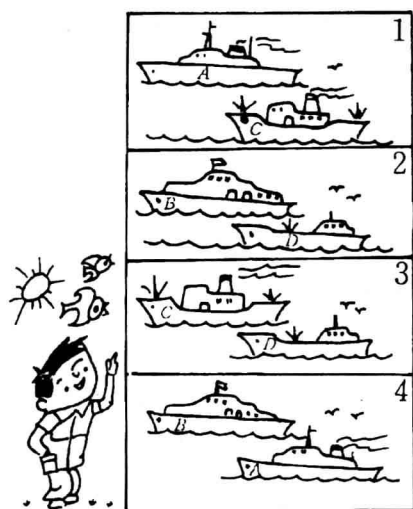


图 1-8

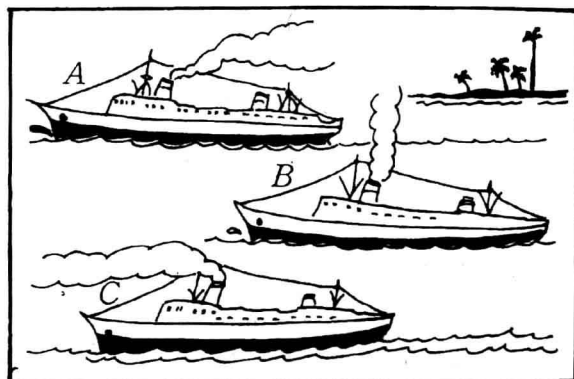


图 1-9

四、用滴水法测量重力加速度

在距离水龙头 1 米的地方安置一个盛水盆子。为了使得从水龙头阀门流出的水滴落上来能够清楚地听到每一滴水碰到盆子时发出“咚”的响声,一边注视着水龙头阀门处的水滴,细心调节水龙头阀门,使得每一个水滴从水龙头落到盆子所发出声音的进刻,正好是下一个水滴刚好从水龙头开始下落。利用已经调好的滴水的快慢程度,可以求出水滴落下的时间(为了提高测量的精确度可以测量 50 或 100 个水滴落下时总共所用的时间或计算半分钟内落下水滴的数目然后再求出时间的平均值 t 。这时根据一个水滴下落的时间 t ,下落的高度 h ,用公式 $h = \frac{1}{2}gt^2$, $g = \frac{2h}{t^2}$ 算出 g 值。由于空气阻力的影响和人的视觉和听觉的误差,这种方法只能粗略地测定 g 值。

第二章 力

物理纵横

一、科学家介绍

1. 胡克(1635~1703)

胡克是17世纪英国著名的物理学家和天文学家。他天生聪慧,幼年时就善于动脑、勤于动手,他十岁起开始到学校里去读书,特别爱好数学,平时喜欢钻研一些可以锻炼脑子的难题。令人佩服的是,曾在一周内就读完了内容较深的欧几里德《几何原本》的前六本书。1653年他以优异的成绩进入牛津大学的牛津基督教会读书,在那里遇到了著名的化学家、物理学家玻意耳。大学毕业后玻意耳教授邀请他到自己的实验室里来当助手。胡克在玻意耳实验室里学到了不少有用的知识,并开始其科学生涯。为了协助玻意耳做一些在稀薄空气中的实验,胡克发明了空气唧筒。

由于他的出色工作和杰出成就,1662年被委派到伦敦当时科学的权威机构——英国皇家学会去掌管实验,1663年成为皇家学会的成员。他的职责是设计实验去论证别人设想的各种问题,这为他创造仪器、累积实验知识提供了条件。胡克发明创造了许多有用的仪器。如他自己设计制作的第一架反射式望远镜就成功地观察到了火星旋转的情况;他又发明了一架复式显微镜,从而成为用显微镜进行生物学研究的最重要的奠基人之一。他还改进了天文观测時計时所用的摆。由于他对光学富有成就的研究,也成了光的波动学说的创始人之一。

1676年胡克在无数次的实验中发现了弹性体的弹性规律并发表了弹性力定律——胡克定律,为材料力学和弹性力学奠定了基础。

胡克在发表这条定律时,用各种弹性体做了许多实验。胡克先把弹簧的一端悬挂起来,在另一端加重量,得出重量的大小与弹簧的伸长成正比;接着他把表的游丝固定在黄铜的轮子上,加上外力使轮子转动时游丝便收缩或放松,结果得出外力与游丝收缩或放松的程度成正比;他还用金属线做实验,发现金属线上加的外力也是与金属线的伸长成正比;最后他甚至用干燥的木片做实验,将木片的一端固定,水平放置,另一端上挂上重物,重量的大小与木片弯曲的程度也成正比。那就是说,如果用一份动力拉伸或弯曲到一个单位距离,那么,两份动力将使它有两个单位距离,三份动力将使它有三个单位距离,依次类推。胡克做的实验都是在弹性体的弹性限度内进行的。在此基础上他制作出弹簧秤用来作为用途广泛的测力计。后来他又进一步证明了在弹性限度内遵循胡克定律的弹簧的振动是等时的,接着他依据自己的发现,发明了钟表的核心部件——利用发条控制的摆轮,为世界机械钟表事业的发展奠定了基础。

胡克的科学成就是多方面的。在力学、光学和引力方面的某些成就仅次于牛顿,但作为科学仪器的发明或设计者,却独树一帜,几乎在当时是无人可比的。

2. 郑玄(127~200)

现在有一个值得探讨的问题——世界上弹性定律最早应该谁首先发现的呢?上面我们所讲的胡克定律,根据世界物理学发展史料可以知道它是英国科学家胡克在17世纪末观察总结了大量实验现象而独立发现的。而近年来,我国国防科技大学副教授老亮根据我国的

历史史料考证发现,胡克定律的内容早在我国东汉时期便被当时的有名经学家郑玄所发现,其证据是郑玄在为《考工记·弓人》一文中“量其力有三多钧”一句作的注解中写到“假令弓力胜三石,引之中三尺,弛其弦以绳缓楞之,每加物一石,则张一尺”这就正确而明显地揭示了如同胡克定律中所说的“力与变形成正比”的线性关系。郑玄的这种说法要比胡克早 1400 多年。

副教授老亮的考证发现,引起了国内外的关注。中国科学院院士钱临照、钱令希、王仁、胡海星等教授认为这一成果极具价值,应写入现行的物理学课本。中国大百科全书出版社出版的《力学词典》已将这一成果载入其中。王仁教授甚至认为胡克定律,应改称为“郑玄-胡克定律”较为确当。这是中国人民值得自豪的一件事情。

3. 墨翟(公元前 468~前 376)

墨翟是我国春秋战国时代的一位杰出的思想家和科学家。成书于战国时代的墨家著作的总集叫做《墨子》,是墨翟和他的弟子们的集体创作,其中有一篇《墨经》记载了许多关于力学、光学、几何学等问题的研究,也包括了对杠杆平衡和绕固定轴转动——力矩问题的研究。原文比较难懂,用现在的话翻译出来的意思是:支点在中间的等臂杠杆,一端加重物,另一端必须加同样重的砝码,杠杆才能平衡;如果增加重物的重量,有重物的一端就要下垂;要使杠杆再恢复平衡,就必须使重物的力臂短而砝码的力臂长。

4. 沈括(1031~1095)、宋应星(1587~?)、揭暄(明末清初)

沈括是北宋时期一位在科学和技术等许多方面都有很大成就的科学家。沈括的科学成就大部分记载在《梦溪笔谈》中。《梦溪笔谈》现传本二十六卷,此外还有《补笔谈》三卷、《续笔谈》一卷共计三十卷。其中涉及到科学技术的条目有 200 多条,内容除物理、工程技术方面外还有数学、天文、气象、地质、化学、冶金、水利、建筑、生物、医药等许多领域方面研究成果。现代英国著名科学史专家李约瑟称赞沈括说:像他这样全面的人物,不论在中国历史上,还是在世界历史上都是少见的,尤其在物理学方面取得成就是斐然的。

明末清初的宋应星是我国历史上有多方面成就和贡献的科学家。他撰写的《天工开物》是世界上最早出现的有关农业和手工业生产技术的百科全书,是 17 世纪世界科学技术方面的非常重要的著作,曾被译成多国文字,在国外广泛流传。

宋应星在《天工开物》中不仅记载了丰富的生产技术知识,还讨论研究了许多有关力学、天文、声学等物理问题。这部有相当实用价值的科学百科全书先后出了三版,对明末清初的科学研究起过一定的作用。当明末的方以智写《物理小识》和清朝康熙时的陈梦雷最初纂修《古今图书集成》时都曾加以参考和引证。此书还流传到日本,对日本德川时代以后的学术界起过很大的影响。

明末清初的科学家揭暄在力学研究方面有独特的创见。他运用引力来说明潮汐,尤其是阴历九月十八浙江钱塘江大潮的物理现象。他还做了大气压的实验,解释了流体力学中的一些现象。

从以上的材料可见我们的祖先对自然科学的研究开拓和发展所作贡献是很大的。

5. 张衡(78~139)

我国东汉时期的科学家张衡是一位很有作为的创造发明家,在地震学和天文学上取得很大成就。

东汉时期,中国发生地震的次数比较多。据《后汉书》记载,从公元 96 年到 125 年的 30

年中就有 23 年发生过较大的地震。对于这个自然现象,当时人们感到非常恐惧。张衡经过 6 年的专心研究认为,人是完全可以掌握地震动态的。他发现可以利用柱摆稳度小的特性来测定地震震源的方向,在公元 132 年发明创造了世界上第一架测量地震方位的仪器——候风地动仪。

候风地动仪是用青铜铸成的,圆径 8 尺,外形像个酒坛子,中央立有一根竖立着的铜体棍子,也就是一根上粗下细的柱摆,原名都柱。候风地动仪的顶上有个凸起的盖子,周围外壁上均匀分布着八条自上而下的青龙,龙头分别对准东、西、南、北和东南、东北、西南、西北八个方向,每条龙的嘴巴里都衔着一颗小铜球,地面上对准龙嘴蹲着八个铜蛤蟆,昂着头、张着大嘴巴,如果龙嘴里含着的小铜球落下来的时候,正好落在蛤蟆嘴里。

候风地动仪的柱摆,由于上粗下细,因此它的重心高、支承面小,其稳度也就小,所以受到振动容易失去平衡。柱摆的周围有八组跟龙嘴的上唇相连的杠杆作为机械联动结构,设计制造得非常合理、灵敏。如果哪一个方向发生了地震,那么从这个方向发出的地震波(振动波)——纵波传到地动仪时,柱摆由于惯性就倒向震源的方向,结果这个方向上的杠杆就被推动,跟这组杠杆相连的龙嘴就张开,龙嘴巴里的铜球就“佞啷”一声落在蛤蟆的嘴里,管理地动仪的人一看就可以知道哪一个方向发生了地震。在候风地动仪制成不久,的确用它正确地测出震源的方向。根据《后汉书》的记载“尝一龙机发,而地不觉动,京师学者,咸怪其无征。后隔数日,驿至,果地震陇西,于是皆服其妙。”可见在当时的首都洛阳已经能记录到甘肃的地震了。

从这个仪器的结构(图 2-1)来看,当时张衡已经利用了水平摆的原理,掌握了一定程度的力学知识,并对地震波的传播和方向有一定的了解。这个仪器的发明,要比欧洲人制造的测量地震的类似仪器早 1700 多年。这不能不说是我们中国人的一大骄傲。

二、应用

1. 世界上绝无仅有建筑技术史上的一朵奇葩

我们在讨论力的分解问题时曾分析过三角支架的受力情况。我国古代的劳动人民虽然没有在文字上论述这个问题,但在实践中却科学地运用力学原理创造出了一个又一个奇迹。

位于山西省浑源县城南,号称中国四大名山的北岳恒山,在峡谷半山腰间有一座建造于北魏晚期(公元 500 年)的奇特建筑——一座佛教寺院,名叫悬空寺,半依山崖临空而筑,令人叫绝。后来在金、元、明三个朝代又重修过,相传重修时,许多工匠望而却步。后来有一位技艺高超的姓张的工匠毅然率众承揽了这个工程。他们先在山下加工好所有的构件,并绕行几十里山路运至寺顶山头,然后用绳索连人带料吊下半山崖施工,一锤一斧,历经数载才得以

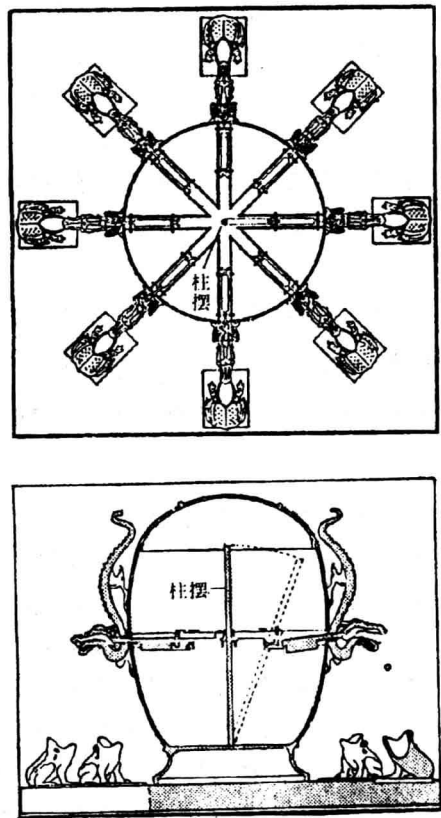


图 2-1 候风地动仪的构造
(上)俯视图 (下)纵截面图

重修完工。悬空寺建筑物上载危岩，下临深谷，全寺 30 多处殿、堂、楼阁错落有致，镶嵌在翠屏峰的万仞峭壁之上，借助于类似三角支架的特殊结构把它们稳稳地依托在云雾弥漫的悬崖峭壁的边上，宛如琼楼玉宇腾空冉冉而起，又如在万仞峭壁上长出一朵令人惊叹的奇葩，被誉为北岳恒山十八景中一绝。几百年来，虽然历经风雨侵袭，当地多次强烈地震，明成化二十三年（1487 年）、明正德末年（1521 年）、明嘉靖三十四年底（1556 年）三次特大地震，以及从建寺以来大约历经六七十次大大小小地震，都是由于悬空寺建筑依靠三角支架将压力分解开去的合理的特殊建筑结构，才始终完好无损。古人有诗称赞道：“飞阁丹崖上，白云几度封”“蜃楼疑海上，鸟道没云中”形象地描绘出悬空寺的神奇惊险和动人心魄的景象。

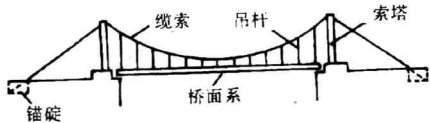


图 2-2 悬索桥示意图

力学也发展得越来越快。有一种类型的桥名叫悬索桥，又叫吊桥，是以承受拉力的缆索或链索作为主要承重构件的桥梁。悬索桥由悬索、索塔、锚碇、吊杆、桥面等部分组成（图 2-2）。悬索桥的主要承重物是悬索，它主要承受拉力，一般是用抗拉强度高的钢丝、钢绞线、钢缆等制成。由于悬索桥可以充分利用材料的强度，并具有用料省、自重轻的特点，因此悬索桥在各种体系的桥梁中跨越能力大，跨径可以达到 1000 米以上。但任何事物总是一分为二的，悬索桥也有美中不足之处，主要的缺点是刚度小，在荷载作用下容易产生较大的挠度和震动，需要采用相应的措施。

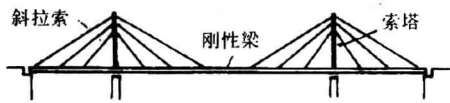


图 2-4 斜拉桥形式示意图

而另一种名叫刚架桥体系的桥，刚架构件既可承受弯矩，也可承受轴向力（图 2-3）。将这两种体系的桥组合起来各自发挥其优点和长处，组合体系的桥梁称为斜拉桥。斜拉桥的缆索张拉成直线形，整个结构为几何不变体，其刚度比悬索桥大（图 2-4）。想必大家看见过每星期天晚上上海电视台八频道播放的中美史克国际影院的片头广告——美国旧金山的金门大桥就是这种类型的桥梁，但美国的著名金门大桥同我国 1993 年建成通车的上海杨浦大桥相比还差得远哩。

杨浦大桥坐落在上海杨浦区南部，总长 7658 米（包括主桥、引桥、匝道和引道）。

杨浦大桥采用当今世界先进的一跨过江的双塔双索面斜拉桥结构，全长 1172 米，其中两岸各一座钻石形主塔，主塔之间的跨度为 602 米居世界之首，主塔高 220 米（包括封顶高 208 米以上的装饰物）两主塔之间的桥梁由 32 对共 256 根斜拉索拉起来的，最大索长 330 米，重 33 吨。主桥桥面宽 30.35 米，设置 6 条机动车道，设计时速 60 公里，每天通行机动车能力为 4.5~5 万辆，两侧还有各 2 米宽的观光人行道，人们可以通过设在两主塔内的观光电梯登上主桥观光。主桥下面的通航净高 48 米，可以让万吨巨轮自由通过。

2. 雄冠世界的最大彩虹——杨浦大桥 随着人类社会的发展、历史的前进，应用力学的范围越来越大，工程

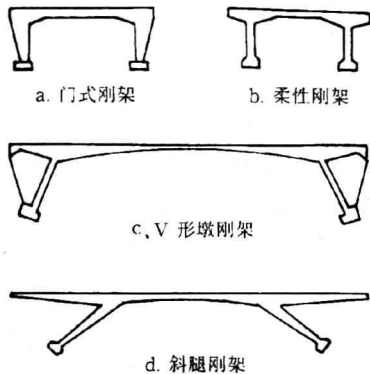


图 2-3 单跨刚架形式示意图