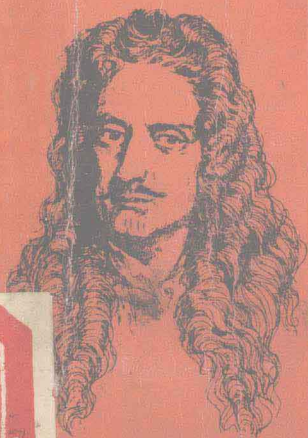


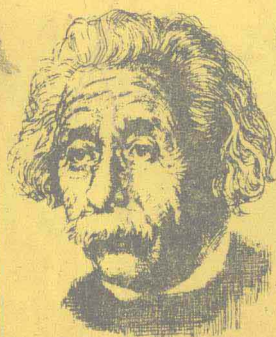
高一物理 助读

上海教育出版社

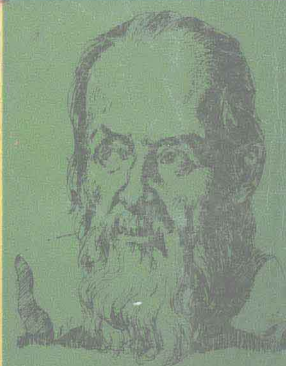
GAOYI



WULI



ZHUDU



高一物理助读

程川吉 胡次瑗 编

上海教育出版社

高一物理助读

程川吉 胡次瑗 编

上海教育出版社出版发行

(上海永福路 123 号)

各地新华书店经销 上海崇明印刷厂印刷

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 4 字数 84,000

1989 年 4 月第 1 版 1989 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—7,000 本

ISBN 7-5320-1061-9/G·183 定价: 1.25 元

目 录

给爱好物理学的同学们	1
1. 力是什么	3
2. 力的合成及矢量运算	11
3. 平衡与稳度	17
4. 数学——奇妙的工具	21
5. 变速直线运动的研究	27
6. 伽利略与亚里士多德	36
7. 比别人多思考一步	45
8. 牛顿运动定律的伟大与局限	52
9. 从天体引力到万有引力	60
10. 牛顿	67
11. 重力作用下的运动	75
12. 开启物理学大门的方法 ——观察与实验	83
13. 运动守恒的秘密	88
14. 寻找研究振动的突破口	96
15. 有趣的声现象	104
16. 什么是相对论	112

给爱好物理学的同学们

当你翻开这本书的时候，我相信又认识了一个物理学爱好者，一个志同道合的朋友。

物理学是多么令人神往啊！它给我们揭示出一个充满趣味的世界：大到茫茫宇宙，小到原子核。膨胀着的宇宙会不会重新收缩，时间有没有最短的间隔？……奇妙的问题几百年来吸引着越来越多的人们。

本世纪80年代，新技术革命浪潮袭来，电子计算机、新能源、生物技术等进一步改变着人类社会的面貌，而这些科学技术的崭新成就也都与物理学分不开。物理学始终保持着带头学科的地位，为人类造福。

我国正处于社会主义现代化建设的历史时期，中学生多么需要开阔眼界，面向现代化、面向世界、面向未来。在这种形势下，培养对物理学的爱好就更有意义了。

这本小册子是配合高中物理力学部分的课外阅读材料。从物理学发展史或知识系统上来看，力学是物理学的基础。以牛顿运动三定律为核心的力学理论是经典物理完美性的典范，伽利略、牛顿、爱因斯坦等人所获得的成就，可以毫不夸大地认为是人类知识中最伟大的成果。本书中我们不仅要介绍这些辉煌的成就，还要促使同学们思考这样几个问题：

如此辉煌的物理大厦是怎样建造起来的？

这座大厦还有哪些不完美之处有待青年一代继续努力？

我们的祖国要腾飞，不仅要学习发达国家的科学技术，还必须研究科学技术发展的规律。今天的青年一代该怎样努力学习，才能在明天为祖国富足强大贡献自己的才华？

为了社会的进步，为了祖国的腾飞！

这就是作者期待于同学们的。

1. 力 是 什 么

用什么办法吸引你读这本书呢？

也许讨论一个有趣的问题是个好办法。

好吧，就让我们从这样一个问题开始吧。这是一个相当难的问题。请听着，题目是：

“力是什么？”

“这也算得上难题吗？这种题目谁都能答出，用得着来考问我这高材生吗！

告诉你吧，物理课本上写得明明白白：力是物体对物体的作用。这句话下面甚至还加有着重号呢！”

如果你仅能这样答复，我并不十分满意。你瞧，物体对物体的作用种类多着呢！八月的桂花芬香扑鼻，使你精神振奋，这算不算作用？可为什么不是力？炉火把饭烧焦了，这算不算作用？可又为什么不算是力？

“这话有道理呀！看来并非任何一种作用都是力。那么，怎样的作用才是力呢？”

看来这个问题确实不简单呢！

要弄清“力是什么？”，最好先别急着到书本里去查它的定义。事实上许多东西并没有严格的定义，而且越是基本的东西，就越难下定义。一位著名的语言学家曾举例说：

怎么给“桌子”下定义呢？说它是放花瓶的，它也可以

是放饭碗的；说它是方的，它也可以是圆的；说它有四条腿，但它也可以是三条腿或一条腿；说它是木制的，它也可以是竹制的或水泥制的……真难以严格地给桌子下定义。不过，我们大家都能根据生活经验认出什么是桌子。

看来，要弄清力是什么，也得回过头来，看看人们在生活经验中是怎样认识“力”的。

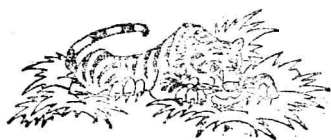


图 1-1

古时候，“力”被当作人或动物的属性，一个肌肉发达的人被认为是“强壮有力”。三国演义中的猛将“豹头环眼”张飞，骑在马上如半截铁塔，人人认为他威力无比。

一只猛虎，即使在睡觉，也仍是“百兽之王”，“虎力虎威”，似乎力储存在它的体内（图1-1）。

后来，人们渐渐发觉这个看法不大对头：海灯法师又瘦又小，貌不惊人，却能折断树干，二指倒立。相反，猛虎也有衰病无力之时。尤其是人们发现，狂风能吹折大树，急流能冲走巨石，我们总不能说狂风或急流的“体内储存着力”吧！

肌肉发达的人能搬动沉重的岩石；猛虎能搏杀其他野兽；水牛能拖动犁耙翻耕土地；狂风能吹折树木；洪水能冲走巨石……从这些现象里，人们体会到：物体是否有“力”，要看它与其他物体相互作用时的表现而定，力必须在相互作用时表现出来。

生活经验使人的认识前进了一步。

这种认识在17世纪时已经形成了，当然那时候人们的认识还很模糊。倘若找一本那时的教科书，将看到力被分成许多

种类:

天体力

生物力

化学力

摩擦力

重力

形变弹力

电力

磁力

这些形形色色的相互作用都被称作力。甚至一些暂未弄清楚的东西，也被认作“力”。那时，人们称动量为“死力”，称动能为“活力”等等。这些模糊概念直到19世纪才被澄清。

到了20世纪，人们对电磁现象、物质结构有了更深入的认识，逐渐意识到原来的分类不尽合理。

首先，电力和磁力本质上是一回事，磁力是运动电荷相互之间的力。这样一来，人们感到还是把电力和磁力统称为“电磁力”更好，于是上述分类表就缩短了一行。

再看弹力是怎么产生的。

用手压桌面时，桌面微微下凹，物质分子距离发生了变化。由于分子表面有电荷，电荷相互作用的效应就表现为弹力。所以弹力的微观实质看来还是电磁力（图 1-2）。仔细推敲起来，生物力、化学力、摩擦力

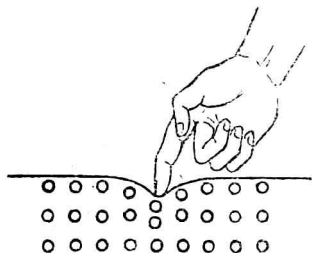


图 1-2

等也无不起源于电磁力。从微观角度看，这些力都是分子

同的电磁作用。在力的分类表上都可以归并到电磁力一类。

重力则是天体力的一种，是地球对地面物体的万有引力。

这么一分析，分类单上主要为下述两类力了：

电磁力

重力

当然，这种分类是就力的本质来源而言的。在研究物理现象时，仍不妨多分几类以便研究。我们常把弹力、摩擦力专门列出，便于利用它们的特殊规律。譬如说摩擦力有一个特殊规律：力的方向总与相对运动或相对运动趋势方向相反。

在拔出木板上的钉子时，就可以利用这条规律。如果夹着钉子直接往上拔，钉子受的摩擦力方向向下，全部摩擦力都阻碍钉子运动。如果一边旋转钉子一边向上拔，钉子就较容易拔出（见图1-3）。同学们不妨分析一下钉子与木板相对运动的方向以及摩擦力的方向。

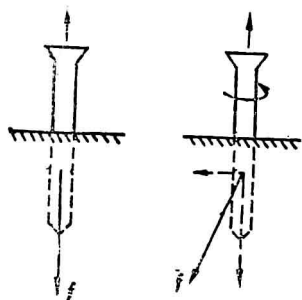


图 1-3

随着科学技术的飞速发展，在20世纪30年代，人们已经深入到探究原子核内部的结构之中。这时，人们发现了一种前所未知的“核力”，原子核中带正电的质子间由于有核力相吸引，才不致因带同种电而互相排斥。核力既能在带正电的质子之间相互作用，也能在带电的质子和不带电的中子间相互作用，还能在中子与中子间相互作用，所以这不像是一种电磁力；它又不遵从平方反比定律，距离很近时吸引作用极强，距

离稍远吸引作用几乎消失，所以它也不像万有引力。于是分类表上又出现一个独立的新栏目：核力。

物理学家发现，核力是一种“交换力”。这个古怪的名词很不好懂，我们还是来看看美国著名科普作家盖莫夫怎么解释“交换力”吧，下面一段文字摘自他的《物理世界奇遇记》：

“在制造原子核时要用胶水吗？”汤普金斯先生很感兴趣地问。

“一点也不需要”老工匠回答说。“你知道，只要把这些粒子弄到一块，让它们发生接触，它们自己就会粘住。要是你愿意，你可自己试试看。”

汤普金斯先生按照他的建议，一手拿一个质子，一手拿一个中子，小心翼翼地把它们放到一块，他马上感到有一种强烈的吸引力，当他仔细观看这两个粒子时，他发现了一种极端奇怪的现象。这两个粒子不断地交换它们的颜色，一会儿变红，一会儿变白，好像红颜料正在从他右手的球“跳到”左手的球上，然后又跳回来似的。颜色的这种移动是如此之快，以致于这两个球看来好像被一条粉红色的带子系在一块，而颜色的变化就沿着这条带子来回振动。

“这就是我那些搞理论的朋友叫做交换现象的玩意儿”老工匠说，他因为看到汤普金斯先生的惊讶而大为开心。“当你把两个球这样放在一起的时候，这两个球都倾向于成为红色的，也就是说，它们全都想占有那个电荷；但是，既然它们不能同时占有这个电荷，它们就轮流把它拉来拉去，谁也不愿意把它交出来，结果，这两个球就粘在一块，你只有使劲才能把它们分开……”。

也有人用更形象的比喻来描述“交换力”：两个核子之间

的力，就像两个小男孩在篮球比赛时争球一样，只不过争夺的不是球，而是名叫介子的一种基本粒子。介子像胶水一样把质子和中子粘在一起。

原子物理学家的发现还不止此，在研究另一种变化（所谓 β 衰变）时，又发现原子核内部的各种粒子之间还存在另一种类型的相互作用，其作用规律与已知的核力不相同，要微弱得多，仅有核力的十万分之一。为了区别，把核力称为强相互作用，而后来发现的称弱相互作用。于是在20世纪70年代，力的分类表上，又增加了一行。这样总共有四种力：

名 称	相对强弱	作用距离
强相互作用	10^0	$10^{-15} \sim 10^{-16}$ 米
弱相互作用	10^{-5}	$< 10^{-16}$ 米
电磁相互作用	10^{-2}	∞
引力相互作用	10^{-39}	∞

表中第一列是力的名称；第二列是原子内部带有电荷的基本粒子间这几种作用的相对强弱；通常以强相互作用为参考，电磁力比它弱 100 倍，而引力作用小得不可思议，所以在研究基本粒子时可以不考虑引力；最后一列数字是力的作用距离，可见，强相互作用和弱相互作用都只在原子核的范围内起作用，距离稍为拉开，作用就降到零，在两个物体之间我们根本不必考虑强相互作用和弱相互作用，两个距离遥远、质量巨大的天体间，起主要作用的是引力。

对核内作用力的研究也加深了对电磁力的了解。电磁力又是怎样作用的呢？原来，带电物体间的力也是交换力。19 世纪末，人们已认识到电荷周围存在“场”，带电体间通过电场相互作用。到20世纪人们更进一步认识到，某物体带电时，



图 1-4

它形成的场以光速扩散开来，或者说以电磁波的形式向外传播，遇到其他物体时把自己的能量“一份一份地”传到物体上，这每一份电磁波即是一个“光子”。简言之，带电体之间通过交换光子相互作用（图1-4）。

“交换力”的现象引起了人们极大的兴趣。有人提出，甚至万有引力的作用方式也是交换粒子。从理论上说，有质量的物体周围空间里存在着“引力场”，若物体静止或匀速直线运动，它的引力场就恒定不变。当物体加速运动时，引力场的扰动将以光速传播，形成“引力波”，遇到其他物体时，引力波将自己的能量“一份一份地”传过去，每一份能量相当于一个“引力子”。

引力波的假设对不对？幸运得很，天文学家对天空中一个“双致密星系”的周期变化详细观察时，发现周期变长，其数值恰与发射引力波理论假设相符合。

看来，发现“引力波”、“引力子”，大有希望。当然，要确证还得要更多的证据才行。

在广阔无边的宇宙里，天体间是否还存在其他类型的力呢？

随着科学的发展，人们的认识不断深化。1985年，美国科学家在测量自由落体运动加速度时，又发现一个令人惊奇

的现象：羽毛比铁块下落得更快。

在伽利略之前人们认为“重物”比“轻物”下落更快些，伽利略纠正了这一错误，指出排除空气阻力之后，羽毛、纸片与铁块以同样的速度下落。而1985年的实验却表明：羽毛、纸片甚至比铁块下落得更快（严格地说是下落的加速度更大）。这又是怎么回事呢？有人提出一种颇有希望的假设：物体之间不仅有引力，还存在斥力，斥力在大约200米左右距离内起作用，物质密度越大，斥力也越大，正是这种斥力，使铁片的加速度比羽毛更小。这种斥力称为“超负荷力”。

果真如此吗？当然也有待于取得更确凿的证据。说不定哪一天我们能借“超负荷力”之助，自由自在地飞向星际空间呢！

此外，以爱因斯坦为代表的一批科学家开创了研究“统一力场”问题，许多优秀的物理学家们预测说，四种相互作用的本质是一致的，就像电力和磁力本质一致那样。遗憾的是爱因斯坦没有来得及完成这项工作。现在仍有一些科学家继续努力探寻“统一力场”。

最后，我们再回到本文开头的问题：什么是力？应该说，随着科学的进步，人们对力的认识将逐步深化，现阶段还是说：力是任何物体间都存在的相互作用，或者说力是物体间交换的信息比较合适。

（本篇适宜学生在学习了“力”的知识后阅读）

2. 力的合成及矢量运算

描述物体运动性质的量有矢量和标量之分，如力、位移、速度、加速度、动量等是矢量，矢量可用有向线段来表示，称为矢量图。而质量、时间、路程、动能等属于标量。

为什么力是矢量呢？

因为我们在衡量力的效果时，不仅要考虑力的大小，还得考虑力的方向。两个力即使大小相等，如果方向不同，效果也不同。

能作出上述回答已相当不错了。不过还有些问题要弄清楚。试问，电流不也有方向吗？电流的某些效果（如磁效应）不也和电流的方向有关吗？那为什么电流又不是矢量呢？

事实上，力被定为矢量是因为它还有一个古怪的特点：

牛顿力加上 3 牛顿力不一定等于 5 牛顿力。力的合成遵守“平行四边形法则”。究竟是谁发现这个法则的已经难于查清，只知道远在 400 年前，比利时科学家就应用过这一法则，只是没有现在这么明确的形式。现在我们知道，两个力互成角度地作用在一个物体上时，若以这两个力矢量图为邻边画出平行四边形，其对角线就是合力的矢量图。

位移的合成也遵守平行四边形法则。工厂里的行车吊起工件（图 2-1），铁链把工件往上提，行车把工件带向前，结果工件会怎样移动呢？实验证明，恰由平行四边形法则确定。所以位移也被定作矢量。而电流的合成不遵守平行四边

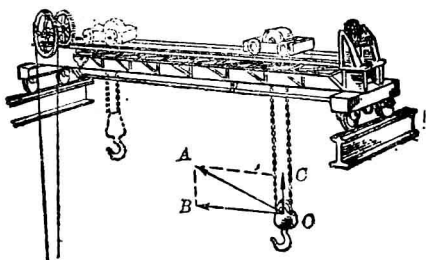


图 2-1

形法则，故它不是矢量。

在一些简单的问题里，矢量的变化范围受到限制。例如在平直轨道上行驶的火车，它的速度方向就受到限制，要末往前，要末向后，不出事故总不会指向旁边。在这个问题里，矢量的方向总在同一条直线上，称为一维矢量。一维矢量合成的时候甚至不必麻烦地去画出平行四边形。譬如说“火车作匀速直线运动，速度为 $+12.4$ 米/秒”，就表示速度大小为 12.4 米/秒，方

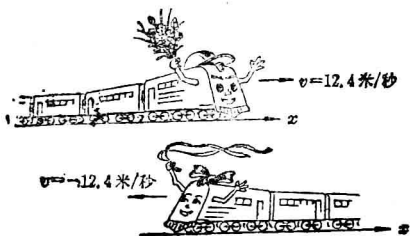


图 2-2

向指坐标轴正方向(图2-2)。又譬如“某物所受的力为 -4×10^{-2} 牛顿”，就表示力的大小为 4×10^{-2} 牛顿，方向与坐标轴正方向相反。在研究直线运动时，物体的位移、速度、加速度等都是——一维矢量，所以在课本的“直线运动”一章里，常只用一个带

有符号的数字表示矢量,如加速度 $a = -5$ 米/秒²等。要注意对于一维矢量来说,符号仅表示方向,数字才表示大小。3米/秒²和 -5 米/秒²,哪个加速度更大些?后者更大,两者方向相反。

然而在大量的物理问题中,并不限于讨论一维矢量的运算。例如在斜面上的物体受到三个力的作用,这三个力就不在一直线上。平抛或斜抛运动时,物体速度的方向连续变化。在这些问题里,矢量的方向分布在平面

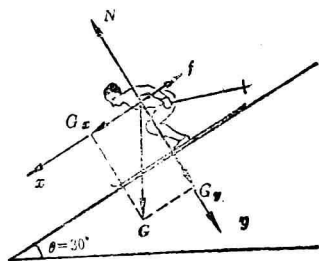


图 2-3

内。为准确地表示出这些矢量,应当建立一个直角坐标系,每一个矢量在坐标系中用两个量表示,如图2-3中,各力表示为:

$$\text{重力: } G \quad \frac{\pi}{2} - \theta$$

$$\text{弹力: } N \quad -\pi/2$$

$$\text{摩擦力: } f \quad \pi$$

前一个数字表示力的大小,后一个数字表示力与 x 坐标轴的夹角。这些矢量称为二维矢量。可见,在二维矢量前不再冠正负号,因为光用正负号已不能说明方向了。

通常二维矢量采用在两坐标轴上的分量来表示,分量可以有正负。这样,图2-3中各力也可表示为:

$$\text{重力: } G_x = G \sin \theta \quad G_y = G \cos \theta$$

$$\text{弹力: } N_x = 0 \quad N_y = -N$$

$$\text{摩擦力: } f_x = -f \quad f_y = 0$$

在一些更复杂的问题中,各矢量甚至不在同一平面内,必须采用一个空间来表示。这时,我们称之为三维矢量或空间