

徐子湖

主编

中学物理 疑难专题解释



海洋出版社

中学物理疑难专题解释

徐子湖 主编

海洋出版社

1998年·北京

图书在版编目(CIP)数据

中学物理疑难专题解释/徐子湖主编. - 北京:海洋出版社, 1998.7
ISBN 7-5027-4579-3

I. 中… II. 徐… III. 物理课-中学-课外读物
IV. G633.74

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 19945 号

海洋出版社 出版发行

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京广内印刷厂印刷 新华书店发行所经销

1998 年 7 月第 1 版 1998 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 14.75

字数: 330 千字 印数: 1~3000 册

定价: 20.00 元

《中学物理疑难专题解释》编委会

主 编 徐子湖

副主编 曹铁人 刘殿 王步根

编 委 (按姓氏笔划为序)

王步根 王洪波 刘 殿 李锦康

张 民 徐子湖 曹铁人 谢方静

前 言

在物理教学中，如何使学生正确掌握和运用物理知识、为今后的深造打好基础，是物理教学的关键所在。为此，《中学物理疑难专题解释》根据中学的培养目标，在追求知识性、实用性、科学性、可读性的同时，特别注重趣味性知识讲授，意在使学生阅读后能扩大知识面，激发求知欲，增强学习信心，在愉快、欢乐中接受知识，优化心理素质，提高解题能力。

本书以教学大纲为依据，整体框架上按现行教材列目，侧重于向学生介绍与课程有关的物理学家、物理学史、物理知识方面的疑难解析。全书共分 32 个专题，每一个专题主要分为四个部分：先讲授知识概念、趣闻轶事或介绍物理学家生平；接着讨论知识热点的问题解析；然后分析例题，给予难题学习应用指导；最后选择趣味性的思考题和练习题供学生讨论、剖析。

本书在编排上努力做到既有相对联系的系统性，又具有相对成章的独立性；既体现生动活泼，又注重科学严谨；既有较强的操作性，又有较高的实用价值，适合于普通中学、中等专业以及职业高中、技术学校学生使用，亦可作为中学开设物理第二课堂活动的辅导教材。

在编写过程中，编者参阅了大量的文献史料、报刊杂志，并得到师长同仁的指导帮助，可谓博采众长、广撷群

芳，今仅借付梓之机，表示衷心地感谢。因水平所限，故疏误之处难免，敬请广大读者多提宝贵意见，若能有机会再做修改时，定将其更加完善地奉献到大家面前。

编 者

1998.4

目 次

一	漫话摩擦	(1)
二	正交分解浅析	(15)
三	伽利略与落体运动	(27)
四	奇妙的相对运动	(39)
五	牛顿与牛顿定律	(51)
六	连接体问题解析	(64)
七	有趣的圆周运动	(77)
八	航天途上话失重	(88)
九	趣谈机械能守恒	(98)
十	碰撞中的动量守恒	(113)
十一	千奇百怪的振动	(125)
十二	美妙无比的波动	(137)
十三	貌合神离两图象	(147)
十四	气体状态变换说	(162)
十五	温度史话	(177)
十六	静电趣话	(190)
十七	库仑与库仑定律	(201)
十八	电源的发现与应用	(211)
十九	欧姆与欧姆定律	(223)
二十	直流电路析经纬	(234)
二十一	焦耳与焦耳定律	(246)

二十二	法拉第与电磁感应·····	(255)
二十三	楞次与楞次定律·····	(268)
二十四	麦克斯韦与电磁波·····	(278)
二十五	黑匣趣题揭秘·····	(288)
二十六	奇观美景光现象·····	(301)
二十七	百家争鸣光本性·····	(313)
二十八	伦琴与 X 射线 ·····	(322)
二十九	卢瑟福与原子核式结构·····	(331)
三十	居里夫人与放射性元素·····	(341)
三十一	爱因斯坦与质能方程·····	(349)
三十二	能量世界纵横谈·····	(359)
附录一	知识结构表解·····	(372)
附录二	课外综合练习·····	(394)
附录三	参考答案·····	(453)
	思考与练习·····	(453)
	综合练习·····	(460)

一 漫话摩擦

(一) 摩擦发现史略

同学们都知道摩擦，可你知道摩擦的家史吗？摩擦是怎样发现的呢？还有个故事呢！

很早以前人类就对摩擦现象有了认识并加以利用。许多早期的文献里，都记载着把摩擦的影响减小到最小的各种尝试。两千多年以前的亚里士多德（公元前 384～前 322 年）已论述了摩擦的概念。15 世纪的达·芬奇（1452～1519 年）对摩擦进行了定量研究，并提出了摩擦系数的概念。17 世纪的阿蒙顿（1663～1705 年）是一个“永动机”的倡导者，对摩擦产生的损失相当感兴趣，研究并确立了阿蒙顿定律，首次给出了 $f = \mu N$ 的关系。18 世纪的库仑研究总结了达·芬奇和阿蒙顿的实验与理论后，通过大量的实验，提出了库仑摩擦定律，确定了经典的经验公式。19 世纪，随着蒸汽机进入实用阶段，工业革命迅速普及，为了防止因机器的高速运转而导致烧瓦和磨损，润滑成了这个时期摩擦研究的重点课题。英国物理学家瑞利（1842～1919 年）在这方面的研究取得了显著成绩。瑞利的研究是从观察日常生活中细小的现象开始的。

每当瑞利和他的朋友在家闲谈时，他的母亲总是亲自把沏好茶的碗放到茶盘上，端给客人。有一次，她在送茶时，由于年岁已高，手在不停地颤抖，很难将茶盘端平稳，致使碗在茶盘里滑动，而洒出了一些热茶。老母亲的心情顿时紧

张起来，很想把茶盘端平稳，但是愈想平稳，手抖动得愈厉害，茶盘反而倾斜的更明显。奇怪的是洒出热茶后的茶碗反而不再在茶盘里滑动了，如同粘在盘子上一般。这是什么原因呢？瑞利的注意力全被母亲手中的茶碗跟茶盘之间发生的现象吸引了。他坐在那里，一动也不动，忘了朋友，忘了母亲，似乎周围的空气也凝固了……瑞利对摩擦的研究就这样开始了。

实验—鉴别—分析—实验。终于对茶碗和盘子间的滑动作出了解释：茶碗和盘子间看上去光洁、干净，实际上表面总是沾有指头和抹布的油腻，使茶碗和盘子间的摩擦变小，容易滑动；当洒上热茶后，油腻熔解消失，碗盘间也就变得不易滑动了。由此他研究了油与固体间的摩擦，提出利用油来减小摩擦的建议，很快得到了广泛应用。因而，瑞利在1904年获得诺贝尔物理学奖还应记他的母亲一功哩！这是获奖的一个重要因素啊！

在我们日常生活中摩擦到处可见。你找找看，在你的周围就有若干摩擦现象，你每时每刻都在应用摩擦，否则难于生活。假如没有了摩擦会是什么样子呢？

法国物理学家希洛姆作过生动的描述：

“我们有时候走上了结着冰的路。为了使身体不致跌倒，我们得用多少力气！为了站稳，又得做多少可笑的动作！这就不得不使我们承认，我们平时所走的路面有多么宝贵的性质，由于这种性质，我们才不必特别用力，就能保持平衡。……我们应当感谢摩擦：它使我们能够毫不提心吊胆地走路、坐稳和工作；使书和墨水瓶不会落在地板上；使桌子不会自己滑上墙角；使钢笔不会从手里滑掉。”

没有了摩擦，铁钉和螺钉会从墙上滑出来，我们的手不

能拿物体，任何建筑物都不可能建造起来，地球上的物体失去了摩擦都将随时滑动。什么山明水秀、大楼林立、车水马龙，统统变成不可能了，世界将永远是飞沙走石、天昏地暗，一片混沌。

据 1927 年 12 月 21 日报载，伦敦雨后结冰，大约 1400 多人摔伤；汽车和电车行驶困难，发生碰撞，油箱爆烈，车辆烧毁等事故发生多起。试问凶手是谁？

据 1980 年 8 月 10 日报载，北京有一中年男子在晨练时踩到西瓜皮上摔死了，一块西瓜皮送了一条命。设想，他如踩到纸片、草垫或胶皮等物体上能有这样的不幸吗？

摩擦是一种极为普遍的现象，那么摩擦究竟是什么呢？它产生的机理是什么呢？

在摩擦理论的研究上，众说纷纭，以凹凸说和分子说较为普遍，现介绍如下。

1. 凹凸说

阿蒙顿、库仑在创定摩擦定律时都认为物体间之所以发生摩擦是因为固体表面的凹凸不平是主要原因。两个表面的凸起部分将相互碰撞、凹凸部分将相互啮合，这样造成磨损、断裂等情况出现，物体间即产生了摩擦。

2. 分子说

20 世纪初叶的鲍登等人提出分子说，认为两个固体表面在接触挤压时，只有少数微凸体的相互接触起主要作用，因而真实接触面积很小，在外界正压力作用下，少数微凸体上的压力超过了材料的极限，而发生塑性变形形成粘着点，这时由于接触处物体间分子距离已小到分子力的作用范围，当两个物体发生相对运动时必须克服这种粘合作用（分子力）。这就是摩擦力。

凹凸说和分子说都能解释一些关于摩擦起因的物理现象，但却也有一些局限性。于是人们试图寻求一种能全面解释起因的学说来统领各派。有将两学说的机械形变的阻力和分子力综合到一起，提出综合说；也有认为分子作用、形变阻力归结于电磁本质，而提出摩擦起因的电磁说等等。这些学说无法完整圆满地将摩擦起因的物理机制解释清楚，至今还没有统一的摩擦理论，有待我们青年一代去努力，去探索，去发现。如果在未来的摩擦理论研究中，能出现以我们在坐同学的名字命名的定律、学说，也就不虚今天之说了。

(二) 摩擦问题的讨论

摩擦是一种极为普遍的现象，所谓摩擦力就是当物体与物体接触时，沿着接触面两物体互相施以阻止相对滑动的作用力。如果两接触物体之间存在相对滑动的趋势，但因滑动趋势不太强，以至于相对滑动不能真正实现，则在两物体间产生静摩擦力。

摩擦问题对同学们来说存在两个问题，一是静摩擦问题，二是摩擦力方向的判断。下面我们来讨论这两方面的问题。

1. 静摩擦问题

静摩擦力的大小取决于相对滑动的趋势，没有相对滑动趋势，也就没有静摩擦力。一旦有相对运动趋势，就同时出现静摩擦力。在一定条件下，物体之间相对滑动趋势一定，静摩擦力就具有与之相应的大小，应当恰恰足以抵消相对滑动趋势，使相对运动不致真正发生。因此在具体问题中，静摩擦力大小不可能事先知道，而需要根据“物体之间并不真正发生相对滑动”这一条件，利用动力学的运动规律去求

解。当然，静摩擦力的自动调节并不能无限度进行，有一限度，叫最大静摩擦力。如相对滑动趋势过大，连最大静摩擦力都不能抵消相对滑动趋势，那就不可能维持物体之间的相对静止而发生相对运动。这时的摩擦力叫滑动摩擦力。

静摩擦力在达到最大值之前总是跟“外力”大小相等、方向相反，这里的“外力”应有正确的理解。例如，图 1-1 所示，在水平支承面上有一物体 B ， A 置于 B 上，外力 F 牵引着物体 B 向右作加速运动。设

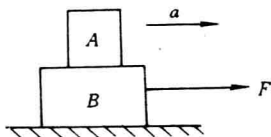


图 1-1

A 、 B 保持相对静止，它们具有共同的加速度 a 。由分析可知， A 有相对于 B 向后滑动的趋势，所以受到的静摩擦力向前。但很难找到“实在的外力”与这一静摩擦力大小相等，方向相反。所以在具体问题中应有正确地分析，不要盲目下结论，以致造成概念错误。

如何判定一个力是否存在，通常可从两个途径着手：一是从产生原因正向着手，二是从作用效果逆向着手。一个物体处于某一种状态下是否受摩擦力作用，从产生原因判定，主要看接触面上正压力的变化情况，可以判定：没有正压力，就没有摩擦力。反过来，物体虽相互挤压，有正压力存在，但没有相对滑动或相对滑动趋势，亦可以推断：物体不受摩擦力，即摩擦力为 0。

在实际问题中，考虑有无静摩擦力时必须抓住关键进行准确的分析。例如，图 1-2 所示为一架斜放在墙与地面上的梯子，梯与墙及地面接触，有没有相对运动的趋势呢？可以假设如果地面与墙是光滑的，则梯子能搁在那儿静止不动吗？这不可能。梯与墙接触处一定有向下滑动的趋势，梯与

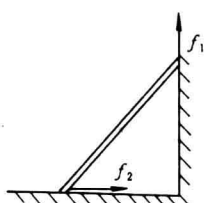


图 1-2

地面接触处一定有向左滑动的趋势，因而墙给梯有竖直向上的静摩擦力 f_1 ，地给梯有水平向右的静摩擦力 f_2 。当然，梯子与墙壁之间可能是理想的自由面，即墙壁完全光滑，则有正压力，梯子有下滑趋势，而静摩擦力可忽略不计，但决不能说：没有静摩擦力。

综上所述，对静摩擦力的有无判断，必须根据具体问题具体分析，不可主观臆断！

2. 摩擦力方向的判定

静摩擦力的指向取决于相对滑动的趋势。由于摩擦力是阻止相对滑动的作用力，所以静摩擦力的指向应该与接触面上相对滑动趋势的指向相反。在各个具体问题中，为了判断静摩擦力的指向，可以先设想两物体之间不存在摩擦，再考虑一下接触面上的相对滑动的指向，这就是相对滑动趋势的指向。显然，两接触物体都受到静摩擦力的作用，其指向分别与各物体在接触面上的相对滑动趋势的指向相反。

应注意，“静摩擦力的指向与运动指向相反”的说法是不妥当的。例如汽车加速前进时，根据这种提法，很容易误认为不论前后轮，静摩擦力的指向都与汽车的行驶方向相反。这样，则无法理解汽车为什么会做加速运动了。所以，这里的“运动指向”应确切地定义成“相对滑动趋势的指向”，才可能解释汽车做加速运动时能够前进的原因。

判定摩擦力的方向有多种方法，下面从四个方面来介绍几种方法供同学们练习应用。

(1) 用相对运动判断滑动摩擦力方向。滑动摩擦力发生在有相对运动的接触面上。这里要注意“相对”二字。例

如，手托一本书前进，尽管书向前运动，但书在手中的位置未变，它与手之间没有相对运动，也就谈不上受滑动摩擦力了。

滑动摩擦力的方向沿接触面且总是与相对运动的方向相反。但它不一定与物体运动方向相反。如图 1-3 所示，滑块 m 滑上小车 M 后，仍会沿小车上表面向右滑行一段距离，并带动小车向右运动。此过程中，滑块相对于小车向右运动，它受到的滑动摩擦力是向左的。但小车相对于滑块是向左运动的，故受摩擦力是向右的，正是这个向右的滑动摩擦力带动小车向右运动。

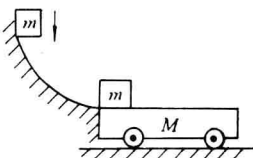


图 1-3

任何物体的运动判定必须相对于一个确定的参照物，当一个物体相对于某一参照物的位置随时间而变化时，就表明这个物体相对该参照物作相对运动；当一个物体相对于某一参照物的位置不发生变化时，就表明这个物体相对该参照物静止，而且同一物体相对于不同参照物往往有不同的运动状态，所以相对运动更具普遍意义。

可用如下实验说明。取牛皮纸一张平放在桌面上，纸上再放一滑块（一盒粉笔或黑板擦亦可），迅速向右抽动纸片，我们发现滑块和纸片都向右移动，但滑块相对桌面移动得比纸片要少一些。这表明滑块和纸片之间有了相对运动，这正说明摩擦力起了作用。若以滑块为参照物，纸片相对滑块向右移动，所受摩擦力方向向左，为阻力；若以纸片为参照物，滑块相对纸片向左移动（后退），所受摩擦力方向向右，为动力。

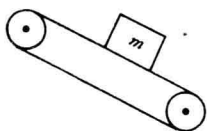


图 1-4

(2) 用去消法判断静摩擦力方向。静摩擦力发生在相对静止但有相对运动趋势的接触面上。这里同样要弄清“相对静止”的概念。在图 1-4 中，当传送带与物块都未动时，物体当然是相对于传送带静止。若物块

随传送带一起以相同的速度向上运动时，物块在传送带上的位置未变，故它们仍为相对静止。

我们知道滑动摩擦力的方向总是跟物体相对运动方向相反，而静摩擦力大小可变，方向则与物体的相对运动趋势有关，所以说，动易静难，去消法是指化静为动，借动判静。方法是：先消物体间的摩擦（即假定物体间的摩擦为 0），后分析物体间有无相对运动发生，以确定有无摩擦力。如有，则静摩擦力的方向和去消摩擦后物体相对运动的方向相反。

例如，在判断汽车在水平路面上启动、制动时，车厢内与汽车始终保持相对静止的木箱与车厢底板间静摩擦力的方向。

分析：启动时，若去消摩擦，则车加速时，木箱因不受力而静止，则不可能与汽车保持相对静止。即表明木箱与车厢底板间有相对运动趋势，有静摩擦力，方向跟汽车方向一致。制动时，若去消摩擦，则车减速时，木箱由于不受力而保持原速运动，同样不合题意，即表明木箱与车厢底板间有相对运动趋势，有静摩擦力，方向跟汽车方向相反。

(3) 用“临界状态”法判断摩擦力方向。在实际应用中，物体受的静摩擦力处于恰为 0 或刚达到最大值时的状态叫“临界状态”。前一种是静摩擦力从无到有的临界状态；

后一种是物体在外力和静摩擦力的作用下从静到动的临界状态。学会应用这两种状态，是判断静摩擦力方向的关键。

例如，在图 1-5 中， $m_A = 10\text{kg}$ ， $m_B = 5\text{kg}$ ，物体 A、B 间和 B 与斜面间的摩擦系数为 $\mu = 0.1$ ， $\alpha = 60^\circ$ 。试求：
① C 的质量在什么范围内，A、B、C 三物体组成的连结体处于平衡态？② C 的质量为何值时，物体 A、B 间及 B 与斜面间的静摩擦力恰为 0？

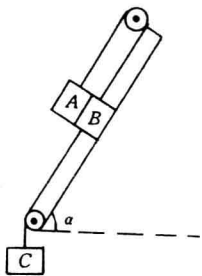


图 1-5

分析：当连结体处于平衡状态时，系统所受合力应为 0，因而只要确定出物体 A 恰好不下滑也不上滑这两种临界状态下物体 A、B 间及 B 与斜面间的静摩擦力所起的对相对运动的阻碍作用，即可判断出静摩擦力的方向，后可列式求解。对于第②个问题，只需确定当静摩擦力为 0 时，A、B、C 三物体受力平衡条件，即可列式求解。请同学们课后做一下，其答案为：① C 物体取值范围： $2.58\text{kg} \leq m_C \leq 6.08\text{kg}$ ，② $m_C = 4.33\text{kg}$ 。

(4) 用假设法和分析法判断摩擦力方向。物理习题浩瀚如海，题型多变。在解题时，不仅要求我们去判断研究对象是运动还是静止，还要通过受力分析等程序，以弄清物理意义、运动过程，确定需要运用何种解题手段以求使问题得到解决。因而假设法和分析法在诸多解题方法中是两种极常用又很实用的审析手段。

例如，在图 1-6 所求的固定斜劈上， $m_A = 4.5\text{kg}$ ， $m_B = 5.5\text{kg}$ ，物体 A 和 B 与斜面间的摩擦系数均为 0.1，且 $\alpha = 53^\circ$ ， $\beta = 37^\circ$ ，试判断物体 A 所受的摩擦力方向。

先用假设法判断：