

MO CA LI SHI YI YU TI LI JIE XI

● 陈尚禹 著

摩擦力释义

与 **题例解析**

为高中生学习物理 **释疑解惑**

开拓 **概念**

理解 **思路**

掌握 **习题解答技巧**

珠海出版社

摩擦力释义与题例解析

陈尚禹 著

珠海出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

摩擦力释义与题例解析/陈尚禹著.

—珠海: 珠海出版社, 2004. 8

ISBN 7-80689-250-8

I. 摩... II. 陈... III. 摩擦力—中学—解题

IV. G634.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 125407 号

摩擦力释义与题例解析

作 者: 陈尚禹

终 审: 罗立群

责任编辑: 李句群 姜蓓

特约编辑: 王红梅

封面设计: 吕唯唯

出版发行: 珠海出版社

地 址: 珠海市银桦路 566 号报业大厦 3 层

电 话: 0756-2639346 邮政编码: 519001

电 话: 0756-2639344 2639345 2639346

网 址: www.zhchs.com

E-mail: zhchs@zhchs.com

印 刷: 台山市金利达印刷包装有限公司

开 本: 850×1168mm 1/32

印 张: 18.625 字数: 466.5 千字

版 次: 2004 年 8 月第 1 版

2004 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 3000 册

书 号: ISBN 7-80689-250-8/G·310

定 价: 28.80 元

版权所有 翻印必究

(若印装质量发现问题, 可随时间向承印厂调换)

前 言

“物理是高中各门课程中最难学的一门。”

“很多同学在高考中被物理成绩拖了后腿。”

“力学是物理学的基础，很重要，但是很难学得好。尤其摩擦力隐蔽多变，不容易掌握，而且涉及面极广，我们对教材常常吃不深、懂不透。”

“有关摩擦力的练习题大多难度很大，不容易捉摸，的确急人。”

“物理课虽然难学，但是联系实际就能开窍，趣味大增。再加多读书勤思考，多做习题和试验，也就会懂了。”

“目前书店里物理学习参考书大多都是习题集、教材缩影之类，阅读过后，好多人感到花时不少，收益不大。”

“如果能买到好的物理参考读物，指导我们不但对物理规律能知其然，而且对物理现象能知其所以然，那就太好了。”

——这些都是我们经常听到的中学生对物理课学习吐诉的苦衷和切身的体验。

在教师当中常常听到这样的反映：中学物理教材分量重难度大，在严格规定的教学进度内，能够把教材讲深讲透的确不容易。学生能当堂听懂教师的讲授，并能按时消化吸收应该学到手

的知识，应用于实际，解答习题，解决问题，便更有困难了。补救的办法主要有：适当增加课外阅读，多做课余练习，多做简单易行的实验或者安排课后补习。

有鉴于此，不揣浅陋，我把多年来在教学实践中摸索得来的一点体会，以摩擦力为主题，覆盖整个力学范围，联系热学和电磁学各有关教材，紧紧扣住物理基础概念和基本规律，适当拓宽知识面，并注重联系实际，分析物理现象，解决具体问题，以摩擦力为主要内容，但不局限于这一个概念，编成此书。

本书分两部分，上编为释义，对中学物理有关基础概念和基本规律着重阐述，帮助读者开拓习题解答的思路，介绍解题运算方法和技巧。采用故事形式，通过人物对话和思维活动等方式，对物理现象和问题进行描述讨论，分析争辩，探究其原理，揭示其规律，直到演算解答，最后经过分析检验得出结论。从实际中来，再回到实际中去，讲解力求深入浅出，条理简明，通俗易懂。

对容易混淆的问题和认识模糊之处，有的正误俱陈，经过辩证论证，明辨是非，去谬取正，最后取得明晰正确的认识，以调动读者的思维，主动掌握物理规律，加深理解，提高解题能力和学习积极性。

释义举例较多，解题和演算力争周密条理，不厌其烦，冀能作为物理课堂教学的延续，以利读者自学。求得的答案要求严格检查验证和推理分析，对照实际，了解其物理意义。通过联系实际，学用结合，达到正确解答习题，把物理知识懂透活用活记牢的最终目的。

通过故事的描述，帮助学生明确学习目的，端正学习态度，激发学习兴趣，勤学敏思，改进学习方法，养成刻苦钻研严谨治

学的良好习惯，以便于把知识消化吸收，真正学到手。

本书的下编为题例解析，精选中学物理练习题二百三十多题，题题涉及摩擦力概念等知识。少量习题内容略有加深，知识有所扩展，难度适当加大，要求有所提高。从基础知识重点练习题到难度较大的综合练习题，深浅并举，难易兼收，以适应多层次需求。每题都有详细解答，从引导读者思考审题，推导演算，直到做出答案验证和解后讨论。要求踏实认真，题题受益，使其能作为各类物理考试和竞赛等的有益参考。但请注意，本书的编写目的不是提供读者应付考试的应急妙药，而是提供读者主动求知知识做学问的辅助读物。

在解后讨论中，对求得的物理量的数学表达式以及物理结论要进行分析讨论，了解公式对物理现象的高度概括性、普遍适应性和对特殊现象的正确反映，希望读者加深对物理公式的认识，了解其物理意义的内涵，增强解题信心，激发学习积极性。

书中有部分习题一题多解，提供不同的解题途径，开拓思路，选取捷径，灵活解答，避繁就简。题题做出示范演算，期能收到举一反三、触类旁通、左右逢源、殊途同归之乐趣。

大家知道，学好物理学的一个不可忽视的重要环节就是做好物理习题，勤学苦练，通过思维实践加深理解和复习巩固学得的知识。

建议读者在使用本书解答习题时，应先缜密审题，自己试行解答做出答案，再参阅本书解答，检查自己是否有错、错误所在和知识缺陷，最后阅读本书有关物理知识的讲解和阐述，排除困难，扎扎实实把知识学到手。

手稿在编写期间得到领导的支持、同仁的指点，还得到同学们的企盼，并对编写内容提出要求，有助于有的放矢，努力满足

读者需求，充实本书内容。获自诸多方面的帮助，使本人受益匪浅，在此谨致谢忱。

限于水平，本书错误和缺点在所难免，恳请读者批评指正。

陈尚禹

2003年9月

目 录

前言	(1)
----------	-----

上编 释 义

一、车厢里的茶杯和茶几

——摩擦力的产生条件	(3)
------------------	-----

二、弯道上行驶的汽车

——摩擦力充当向心力	(23)
------------------	------

三、拔河比赛谁取优胜

——摩擦力的利用之一	(35)
------------------	------

四、粗糙地面稳住梯子

——摩擦力的利用之二	(42)
------------------	------

五、学会用巧劲

——摩擦力的极值	(56)
----------------	------

六、锥牵动锥

——摩擦力作动力 (77)

七、钻木能取火

——摩擦力做功 (123)

八、滑而不倒和倒而不滑

——摩擦力的力矩 (144)

九、回答不准确

——摩擦力的静不定问题 (194)

十、木柴咬斧头

——摩擦力的自锁现象 (202)

下编 题例解析

一、物体的平衡 (215)

二、牛顿运动定律 (305)

三、动量和冲量 (423)

四、曲线运动 (469)

五、功和能 (507)

六、电磁场 (581)

上 编

释 义

一、车厢里的茶杯和茶几

——摩擦力的产生条件

大明和小知表兄弟二人乘火车到省会去参观科技展览。火车开动了,俩人坐在车厢里有说有笑。谈笑间哥哥大明望着面前茶几上的茶杯,随口问起弟弟小知来:

“茶几和茶几上的茶杯,原先跟车厢都是静止在车站里月台前的铁轨上方,现在列车开动了,从静止到运动,速度变化了,就产生加速度。是吧?物体的加速度不是凭空产生的,而是此物体受到别的物体对它施加的外力才会产生的。我们这车厢受到机车的牵引力才产生加速度,茶几同车厢连接成一体,当然跟车厢一样产生加速度,那么茶几上的茶杯是运动的还是静止的呢?”

小知看哥哥提出这样简单的问题,便来了个滑稽回答,指着茶杯说:“茶杯是静止的。你看茶杯停在茶几上,离茶几前边缘大约10厘米远处(用手比划着),一直还是处在10cm处,一动也没有动。我说茶杯是静止的,因为它对茶几的位置没有改变啊!”大明未置可否,微微点头,又轻轻摇头。

小知调皮地重新解释:“啊,这茶杯是运动的。你看它原来在车站门前约30米的位置处,现在已在车站的东南方几千米的地方了。茶杯对车站的位置正在不断地变化着,我现在说的是拿车站做参照物,当然茶杯跟火车一样,是运动的。茶杯在运动。”

大明为了考查弟弟关于物体的相对运动和参照物的概念懂得是否透彻,追问道:“到底茶杯是运动的还是静止的?你一会儿说茶杯是静止的,一会儿又说它是运动的。”

小知更调皮了:“你看呢?哥哥!”并没有等待哥哥的问答,小知解释说:

“我们这里说的运动就是一个物体相对于另一个被指定作为参照物的物体的位置随时间连续地变化的现象。也就是说,物体对参照物的位移不断变化的过程,物体就在运动。这就是机械运动。这是自然界里最简单最普通的一种运动。哥哥,对地面这个参照物来说,茶杯是运动的。对吧?但是对茶几来说它是静止的,因为茶杯对茶几这个参照物的位置没有改变,没有发生位移。”

大明很满意弟弟的解释,说:“在地球上讨论物体的机械运动一般都是以地球为参照物。你说的对,这只茶杯原先是静止的,现在是运动的。那么从静止到运动,速度发生了变化,便产生了加速度。我们知道,物体的加速度是外力产生的。我们这里似乎没有看到什么东西拉茶杯,也没有什么物体推茶杯,看来好像没有什么物体对茶杯施加外力,那么这只茶杯的加速度是怎么产生的呢?”

“茶杯是受到茶几对它施加的摩擦力沿着两者接触面的切线方向,也就是沿着茶几表面向前拉它,茶杯才产生向前的加速度,跟车厢同步向前运动。”小知很轻松地解释。

“有人说摩擦力是阻碍物体运动的,是向后的,这里的摩擦力怎么反面使茶杯产生向前的加速度,摩擦力向前拉着茶杯向前运动呢?”大明追问弟弟。

小知思索片刻,谨慎认真地回答:

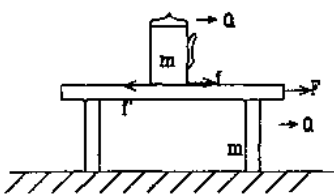
“车厢、车厢里的茶几和茶几上的茶杯原来都静止在车站的铁轨上方,机车开动,对车厢施加一个牵引力,车厢和固定在车厢里的茶几开始产生加速度,但是茶杯并没有受到机车的牵引力,由于惯性,它要保持原来的静止状态。在车厢开动的瞬间,茶几要向前

运动,茶杯要保持不动,对茶几来说,茶杯有沿茶几表面向茶几后方滑动的趋势。既然两个相互接触的物体有相对运动的趋势,就产生与趋势方向相反的摩擦力。茶几施加给茶杯的摩擦力方向与茶杯要向茶几后方相对运动的趋势方向相反,摩擦力向前拉着茶杯,使它产生向前的加速度。这个加速度的方向和大小都是相对于地面说的。

“茶杯受到的茶几施加的指向前方的摩擦力使茶杯产生跟茶几相同的加速度,所以茶杯跟茶几和车厢一样对地面做加速运动,同步前进,但是茶杯对茶几来说是相对静止的,停在茶几上不动,所以这种摩擦力叫做静摩擦力。你看,茶几施加给茶杯的静摩擦力阻碍茶杯相对于茶几要向后运动,驱使茶杯相对于地面向前加速运动。这里静摩擦力成了茶杯的动力而不是阻力。摩擦力不管是静摩擦力还是滑动摩擦力有时会成为动力。

“再就茶几来说,茶几固定在车厢里,开始受到机车牵引力的瞬间,停在上面的茶杯由于惯性企图保持静止状态不变。现在拿茶杯做参照物,茶几相对于茶杯有向前运动的趋势,受到茶杯施加的向后的摩擦力 f' ,这也是静摩擦力,此力阻碍茶几相对于茶杯的向前运动。哥哥,我说的是阻碍,不是阻止。茶几就在机车施加的向前牵引力 F 和茶杯施加的向后摩擦力 f' 两个力共同作用下产生向前的加速度。”

小知很认真,掏出纸和笔随手作了个简图如图(1-1-1)所示,递给大明并解释:“以茶几为研究对象,它在水平方向上,设我们现在行驶在水平路段上,受到牵引力 F 和摩擦阻力 f' ,其合力就是两者之差,产生加速



图(1-1-1)

度 a 。另外在竖直方向上茶几所受重力和茶杯的压力都向下,跟车厢地板对它竖直向上的支持力相等相反互相抵销,茶几在竖直

方向上保持平衡。

$$\text{茶杯 } m; f = ma$$

$$\text{茶几 } M; F - f' = Ma$$

$$F = (M + m)a$$

“茶几作用在茶杯上的向前的静摩擦力 f 和茶杯作用在茶几上的向后的静摩擦力 f' 是一对作用力和反作用力。它们遵守牛顿运动第三定律,大小相等,方向相反,作用在一条直线上,彼此作用在对方物体上,当然不能抵销。摩擦力总是成对出现的,作用力和反作用力总是同性质的力。哥哥,我讲得对吗?”

“你解释得正确清楚,但是仔细分析,有一点欠缺。”

“欠缺?还有什么讲漏掉的吗?”

“是啊!两个物体互相接触,虽然有相对运动或有相对运动的趋势。这未必便产生摩擦力。知道吗?”

“那为什么?”

“两个物体不只是一要接触,还要互相挤压,要产生相互的压力才有可能产生摩擦力。你看,摩擦力 $f = \mu N$ 。不挤压,压力 $N = 0$,摩擦力 f (不管是滑动摩擦力或者静摩擦力)不也等于零了吗?你想,一块砖头贴靠一面竖直墙壁,是跟墙接触的,现用细绳拉砖沿墙面运动,问墙对它有无摩擦?虽然它们相互接触、相对运动,但是二者并不挤压,无相互压力 N ,也就无摩擦力 f 了。而我们谈的茶杯和茶几本来就互相挤压。茶杯受重力,对茶几施加竖直向下的压力,茶几对茶杯有竖直向上的支持力。你在前面没有提及。”

“学习要精心细致。谢谢哥哥!”

火车在平直的铁轨上由加速运动改为匀速行驶了。兄弟二人面前的茶杯依然静止在茶几上。哥哥又问起弟弟来:

“现在这只茶杯跟着列车做匀速直线运动了,不变快、不变慢、不拐弯。它是受什么力相对地面向前运动的呢?”

“它仍然受到桌面向前的摩擦力。不然,它不就要停止下来,

乒乓落地吗!”小知自信无误,大明却追问一句:

“茶杯这时在水平方向上受到几个力?哪几个力?合力多大?”

小知端详着面前的茶杯,想了想,回答:

“在水平方向上好像茶杯只受到一个力,就是茶几表面对它的静摩擦力。对吗?”

“一个物体只受到一个外力,合力当然不为零了。此力就要使物体产生加速度。注意,事实上这时茶杯跟列车一同做匀速直线运动,加速度为零啊!它所受的合力显然也为零了!那么它还受一个什么力才能跟你所说的静摩擦力相抵消而平衡呢?找找看!”

“啊!想起来了。这时茶杯和茶几的速度是相同的,都在水平铁轨上做匀速直线运动,都无速度变化,两者保持相对静止,没有相对运动的趋势,当然就没有摩擦了,可见这时茶杯不受摩擦力,水平方向上茶杯不受任何外力,水平方向上合力当然为零。由于物体的惯性,物体保持匀速直线运动。这只茶杯由于惯性在运动。同理,平板汽车载着大货箱在平直的公路上匀速直线行驶时,货箱是不受汽车底板的摩擦力的。它靠的是惯性在运动、加速度为零。还有水平传输带上运载的货物在匀速运动时,也不受传输带的摩擦力,靠的也是惯性运动。动则恒动。对吧?”小知暗自埋怨自己思考问题因粗心大意而失误,滑到“力是维持运动的原因”这个错误理论上去。

大明满意表弟的补答和更正,他说:“学知识就是要勤思敏想才能纠偏补缺,我们要共同努力。小知,其实我也要向你表示歉意,茶杯在水平方向上匀速直线运动,我却问你:它是受什么力在运动的。这句话本身是欠妥的,模糊的,是亚里斯多德力学的错误思想在作怪。

“人拉着木料在平直道路上匀速前进。我们的老师说‘木料是靠惯性在持续运动的,不是靠拉力在运动。人的拉力只是木料所

受的地面施加的向后的滑动摩擦力的平衡力,它只起了抵消地面摩擦力的作用,这里拉是反抗摩擦,不是拉木料重量。’这话说得对,不过不太合乎平常习惯的说法而已,当然我们不能说人的拉力既然不起使木料运动的作用,那就不需要它了。如果人不出力拉木料,摩擦力立即使木料产生负加速度,木料减速运动,它的速度很快减小到零。停止下来,摩擦力随即消失。这就跟踢出去的足球沿水平地面因受摩擦阻力减速前进,最后停止下来是同样的道理。”

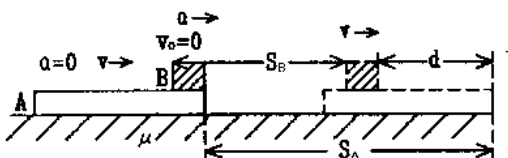
大明为了帮助小知加深理解水平面上两个叠放的物体在匀速直线运动时,没有相对运动的趋势,没有摩擦,编了一道习题写在纸上递给小知。

一块木板 A 质量为 M , 平放在水平桌面上, 一人拉它以水平速度 V 匀速直线向右运动, 如图(1-1-2)所示。木板与桌面间滑动摩擦系数为 μ 。这时把一块质量为 m 的木块 B 竖直地轻放到木板的前端板面上, 人拉木板保持速度 V 不变, 木块和木板之间滑动摩擦系数为 k , 木板足够长。问木块 B 在木板 A 上能滑多长一段距离? 又问(1)木块未放上木板之前和(2)木块在木板上滑行过程中以及(3)木块在木板上相对静止后等三种情况下, 人分别各出多大水平拉力才能保持木板一直作匀速直线运动

小知接过题目, 贴近大明身边, 掏出笔记本, 边算边讲:

“木块 B 是竖直放下落在板面上的, 没有水平分速度, 它

在木板 A 上受到一个无形的牵引力, 这就是 A 施加给 B 的向前的滑动摩擦力 $f = kN = kmg$ 。这个滑动摩擦力在这里不是阻力, 面



图(1-1-2)