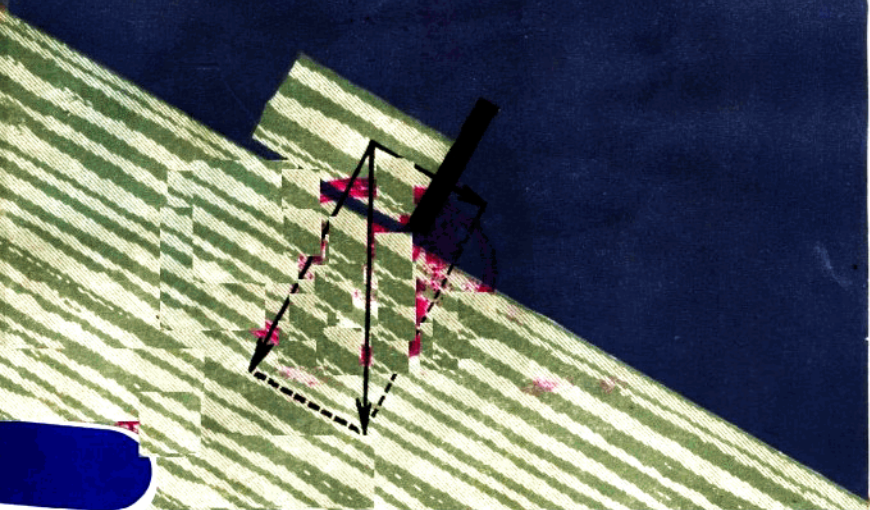


# 力学小问题

河南人民出版社



## 前 言

这本小册子是笔者在多年教学实践中，收集了中学生在学习物理力学时容易出现的问题而编写成的。它的大部分内容均在郑州《教学通讯》发表过，在编印出版时，作者作了部分修订和补充，增加了思考题的答案。它既可以作初、高中学生的课外读物，又可以供中学物理教师作教学参考资料。

本书在编写和出版过程中得到《教学通讯》编辑部的鼓励和支持，得到朱本卓、邢桂伦、杜祥屿、徐澄、沈家祺等同志的热情帮助，在此表示衷心感谢。

由于水平有限，书中不当之处，恳请读者批评指正。

**作 者**

1981年5月于郑州一中

## 目 录

- (1) 马拉车和车拉马 ..... ( 1 )
- (2) 测力计的示数将是多少? ..... ( 3 )
- (3) 摩擦力总是阻碍物体运动吗? ..... ( 6 )
- (4) 牵引力是哪里来的? ..... ( 9 )
- (5) 能拉断吗? ..... ( 11 )
- (6) 两边一样重吗? ..... ( 13 )
- (7) 两种情况相同吗? ..... ( 14 )
- (8) 哪个单位大? ..... ( 17 )
- (9) 路程和位移 ..... ( 20 )
- (10) 平均速率和平均速度 ..... ( 25 )
- (11) 加速度这么大对吗? ..... ( 30 )
- (12) 第一秒内通过多少路程? ..... ( 32 )
- (13) 为什么速度相等时相距最远? ..... ( 34 )
- (14) 平抛和斜抛运动是不是匀变速运动? ..... ( 37 )
- (15) 会落回原地吗? ..... ( 42 )
- (16) 为什么一定要用“牛顿”和“达因”? ..... ( 45 )
- (17) 重力加速度为什么一样大? ..... ( 48 )
- (18) 斧头会旋转吗? ..... ( 50 )
- (19) 绳子的拉力是一公斤吗? ..... ( 52 )

(20) 弹簧秤和天平 .....	( 54 )
(21) 当天平倾斜的时候 .....	( 57 )
(22) 要恰当地选择参照物 .....	( 58 )
(23) 静摩擦力的大小问题 .....	( 62 )
(24) 最大静摩擦力是1.2千克吗? .....	( 64 )
(25) 动量守恒和机械能守恒 .....	( 66 )
(26) 匀速圆周运动的加速度 .....	( 69 )
(27) 是离心力的作用吗? .....	( 72 )
(28) 水为什么不流出来? .....	( 74 )
(29) 为什么要用竖直高度来计算? .....	( 76 )
(30) 浸在液体里的物体受哪些力? .....	( 78 )
(31) 2970克的力哪里去了? .....	( 80 )
附: 思考题答案 .....	( 83 )

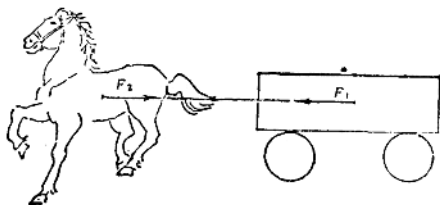
## (1) 马拉车和车拉马

根据牛顿第三定律，马拉车的力始终等于车拉马的力，并且马拉车的力向前，车拉马的力向后。于是就有人提出这样的问题：马向前拉车的力等于车向后拉马的力，为什么本来静止的车子会向前运动呢？

这个问题提得很有意思。

提出这个问题主要是由于把作用力与反作用力的概念和平衡力的概念混为一谈了。

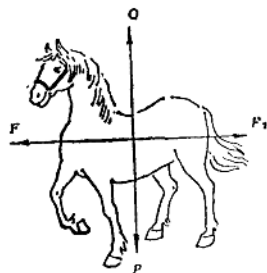
要判断二力平衡与否，首先要看这两个力是否作用于同一物体。如果两个力不作用于同一物体，那这两力平衡就无从谈起。如马拉车的力是作用在车身上的，而车拉马的力是作用在马身上的。这两个力分别作用在两个物体上，所以不是一对平衡力。图（一）中 $F_1$ 是马拉车的力， $F_2$ 是车拉马的力。



图一

如果我们想要看一看马是否会产生加速度，或者车子是否会产生加速度，那就要分析一下马受哪些力作用？这些力是否平衡？车受哪些力作用？这些力是否平衡？

首先让我们看看马受哪几个力作用？马受到重力 $P$ 的作用，受到地面支持力 $Q$ 的作用。一般马在水平路面上行走时

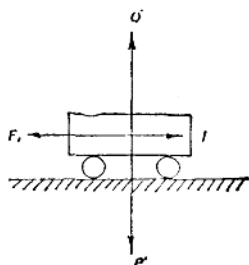


图二

$P$ 和 $Q$ 是平衡的。即 $P = -Q$ 。

另外，马在前进时必须用力向后蹬地，这时地面就给马一个向前的反作用力 $F$ 。（图二）如果马能以较大的力蹬地，则地面对马的向前的作用力 $F$ 就会大于车对马的拉力 $F_2$ 。即 $F > F_2$ 。这时马所受力的合力不为零，合力的方向向前。于是马就产生一个向前的加速度。

车子同样也受到重力 $P'$ 和支持力 $Q'$ 的作用。车子在水平路面上前进时 $P'$ 和 $Q'$ 是平衡的。即 $P' = -Q'$ 。另外，车子还受到马向前的拉力 $F_1$ 和运动的阻力 $f$ 。如果马对车向前的拉力 $F_1$ 大于运动的阻力 $f$ 的话，车子所受的合力就不为零，而等于 $F_1 - f$ 。这时合力的方向向前。于是车子就产生一个向前的加速度（图三）。



图三

### 思考题。

“甲、乙两队拔河，甲队拉乙队的力大于乙队拉甲队的力，所以甲队获胜”。想想看，这种说法对吗？请你分析一下。（分析时，为了使问题简化，可以不考虑绳子的质量）再想想看，拔河时为什么都愿意穿与地面摩擦系数较大的鞋子？

## (2)测力计的示数将是多少？

(1)中的思考题你能正确回答出来吗？下面还有一个类似的问题。

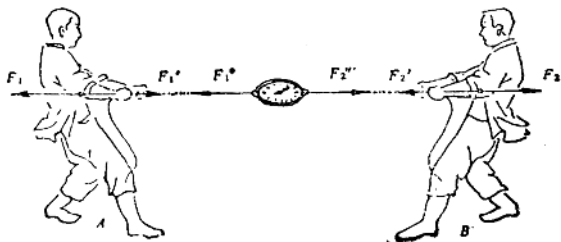
在沙斯可尔卡娅著的《中学物理习题精选和题解》中有这样一个题目：“二男孩 $A$ 和 $B$ ，为了要知道他们中间谁的力气大，用圆环把测力计系于墙上的钉子上，而在测力计另一端的钩子上系一条绳子，两人轮流地来拉绳子。当 $A$ 拉绳时，测力计示数是42千克重。当 $B$ 拉绳时，测力计示数是35千克重。如果他们把测力计从钉上取下，一人执环，另一人执绳，两人朝相反方向拉测力计，那么，测力计示数将是多少？”

书上的答案是：“若 $A$ 仍以42千克重的力来拉，那么测力计的示数就是42千克重。同时 $A$ 把 $B$ 加速地拉到自己这边来。”

有些同学看了书上关于这个问题的答案后，就产生了误

解。把问题理解为“当测力计一端受42千克拉力，另一端受35千克拉力时，测力计上示数应为42千克。”并以此类推，认为“当测力计两端所受拉力不一样时，测力计上的示数等于受力大的那一端的拉力数。”你能分析一下上述这些理解有哪些错误之处吗？

首先你考虑一下测力计两端所受拉力会不一样大吗？（题目的意思显然不计测力计本身的质量。）下图为测力计受力图。（图四）



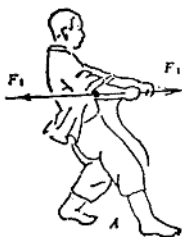
图四

根据牛顿第二定律， $F_1' - F_2'' = ma$ ，其中  $m$  为测力计质量。如我们将测力计质量忽略不计，则  $F_1' - F_2'' = 0$ ，即  $F_1' = F_2''$ 。也就是说，当我们不考虑测力计质量时，无论在什么情况下  $AB$  两人对测力计的拉力都是一样大的。实际上在不考虑测力计和绳的质量时， $A$  对测力计的拉力  $F_1'$  也就等于  $A$  拉  $B$  的力  $F_2'$ 。 $B$  对测力计的拉力  $F_2''$  也就等于  $B$  对  $A$  的拉力  $F_1''$ 。根据牛顿第三定律， $A$  对  $B$  的拉力也应当等于  $B$  对  $A$  的拉力。即  $F_2' = F_1''$ 。所以无论从哪一方面考虑，

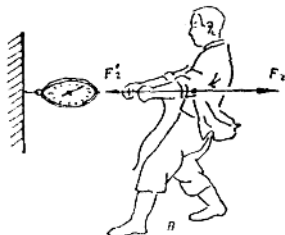


测力计两端所受之拉力都不会不一样大。那么书中的解答应该怎样理解呢？

$A$ 的拉力有42千克重，这意味着 $A$ 对地最大水平向前蹬力有42千克重，于是地对 $A$ 摩擦力 $F_1$ 也就是42千克。这时 $A$ 受两个水平力。地的静摩擦力 $F_1$ 和测力计拉力 $F_1'$ 两个力相等。（图五） $B$ 的拉力有35千克重，这意味着 $B$ 对地最



图五



图六

大水平向前蹬力有35千克重。于是地对 $B$ 的摩擦力 $F_2$ 也就是35千克。这时 $B$ 受两个水平力，地的静摩擦力 $F_2$ 和测力计拉力 $F_2'$ 这两个力也相等。（图六）

当两人同时拉测力计时，如 $A$ 能维持在原地不动，并用最大力去拉 $B$ 时（此时他对地水平蹬力应为42千克）， $B$ 受 $A$ 的拉力为42千克重。但 $B$ 能给地的最大水平蹬力为35千克重。因此，地给 $B$ 的静摩擦力也只有35千克重。 $A$ 和 $B$ 的受力情况如图四所示。地对 $A$ 的摩擦力 $F_1=42$ 千克，地对 $B$ 的摩擦力 $F_2=35$ 千克。 $A$ 拉 $B$ 的力 $F_2'=42$ 千克。 $B$ 拉 $A$ 的力 $F_1'=42$ 千克（第三定律）。所以 $A$ 处于平衡状态，而 $B$ 则发生加速度。加速度的方向向着 $A$ 。加速度的大小为：

$a = \frac{F_2' - F_2}{m_B}$ 。式中  $m_B$  为  $B$  的质量。而这时两人所拉绳子上的

的张力处处都是42千克。所以测力计上示数为42千克。这就是书中解答中所说的“若  $A$  仍以42千克重的力来拉，那么，测力计的示数就是42千克重。同时  $A$  把  $B$  加速地拉到自己这边来。”

但是书中的解答忽略另一种情况。那就是：如果  $A$  和  $B$  同时都发生加速度的情况。在实际中这种情况是很容易出现的。正像在拔河时一边胜一边负的情况一样。那么，这时  $AB$  受力情况有以下关系：

$$F_1 - F_1' = m_A a,$$

$$F_2' - F_2 = m_B a.$$

式中  $F_1 = 42$  千克,  $F_2 = 35$  千克。应该注意的是  $F_1' = F_2'$ ，因为  $F_1'$  是  $B$  通过绳拉  $A$  的力,  $F_2'$  是  $A$  通过绳拉  $B$  的力。测力计上的示数就等于他们相互之间的拉力 ( $F_1'$  或  $F_2'$ )，这个力是一个介于42千克和35千克之间的数值，它的大小取决于  $m_A$ 、 $m_B$  和他们的加速度  $a$  的大小。

最后还必须强调一点是，无论  $A$ 、 $B$  是否有加速度，他们拉绳子的力总是相等的（不计测力计和绳质量时），而测力计上的示数就等于  $A$ （或  $B$ ）对绳子的拉力。

### (3) 摩擦力总是阻碍物体运动吗？

各种车辆在运行过程中都受到各种摩擦力的阻碍作用。

机器在运转时也受到各种摩擦力的阻碍作用。因此，有些同学就产生了一种想法，认为摩擦力总是阻碍物体运动的。这种想法对吗？

下面我们举些实例来说明这个问题。

煤厂运送蜂窝煤的传送带和煤块间的摩擦力方向如何呢？



图七

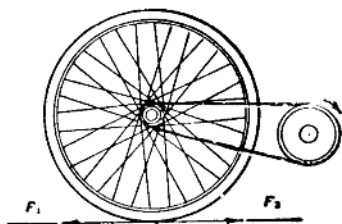
当煤块和传送带一起作加速运动时，使煤块产生加速度的力就是传送带对煤块的摩擦力  $f$ 。这个力的方向显然是与速度方向一致的。所以煤块才会作加速运动(图七)。如果煤块和传送带都作匀速运动，它们之间则没有摩擦力。如果煤块和传送带都作减速运动，那么煤块的速度所以会减下来就是因为传送带对它有一个阻碍作用。所以，这时煤块所受摩擦力的方向是与速度方向相反的。由此可见，摩擦力对物体的运动并不一定都是起阻碍作用的，必须对具体情况作具体分析。

人走路时，在后面的一只脚向后蹬地，人给地面一个向后的静摩擦力，地面也就给人的脚一个向前的静摩擦力。这个力就是使人向前运动的力。

自行车在行进时，人的脚用力蹬脚踏，后轮就转动。如果设法使后轮离开地面，或后轮与地面间打滑，则轮虽转动，车却不前进。只有当后轮接触地面并且和地面间有足够的摩擦系数时，车子才能向前产生加速度。这是因为后轮被蹬转起来后，轮子和地面接触处给地面一个向后的静摩擦力

(好象人的脚向后蹬地)，地面就给车轮一个向前的静摩擦力。这个力就是使自行车向前产生加速度的力。

在图八中 $F_1$ 是轮子对地面的作用力， $F_2$ 就是地面对轮子的反作用力。



图八

汽车的后轮与地面间相互作用的情况与自行车后轮的情况完全相同。有时我们会看到当汽车后轮陷入泥沼里时，只见轮子转动，而不见汽车前进，这就是由于车轮与地面间摩擦力太小的缘故。

机车（火车头）在牵引列车前进时，机车的车轮是与发动机相连的（前面两个小导向轮除外）。当机车发动时，机车下面的车轮就转动，它在转动时给铁轨一个向后的静摩擦力（好象脚向后蹬地），铁轨就给轮子一个向前的反作用力。这个力就是使列车前进的牵引力。所以，铁轨和轮子之间的摩擦力太小的话，就不能使机车产生足够的牵引力。在我国东北地区，冬季由于铁轨上有冰而减小了车轮与铁轨之间的摩擦系数，往往无法使机车产生足够的牵引力将列车起动。（因为起动时列车要产生加速度，需要较大的牵引力）。为了解决这个问题，机车后退挂车时，在离车厢还有几十米

远处，开始向铁轨上撒沙子，来增大摩擦系数。使机车启动时，能获得足够的牵引力。

从以上几个实例可知，摩擦力并不一定都是阻碍物体运动的。我们不应该片面地看待摩擦对运动物体所起的作用。

### 思考题：

利用皮带轮传动时，皮带对主动轮和被动轮的摩擦力有什么不同？哪个摩擦力是带动轮子转动的？哪个摩擦力是阻碍轮子转动的？

## (4) 牵引力是哪里来的？

自行车、汽车、火车、轮船、飞机等是怎样获得牵引力而向前运动的？

从前一个问题中我们知道自行车、汽车、火车都是由于它们的主动轮（与动力相连的轮子）在转动的时候给地面（或铁轨）一个向后的力，而地面（或铁轨）给轮子一个向前的反作用力。这个力就是使车子前进的牵引力。

当轮船的发动机发动以后，带动螺旋桨转动。螺旋桨给水一个向后的推力。（好象游泳的人向后击水）水就给螺旋桨一个向前的反作用力，这个力就是轮船前进的牵引力。

螺旋桨式飞机的发动机发动以后，带动螺旋桨转动。螺旋桨在转动时给空气一个向后的推力。空气就给螺旋桨一个向前的反作用力，这个力就是使飞机前进的牵引力。

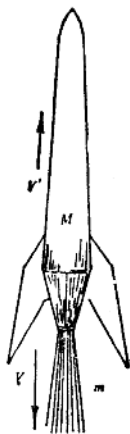
从上述运动物体来看，要想使他们获得牵引力，必须借助于运动物体以外的另一物体（如地面、铁轨、水、空气）。否则，它们就无法前进。

而火箭发动机的原理则与上述情况完全不同。火箭发动机是利用它本身所带燃料和氧化剂进行燃烧，当燃烧生成的高压气体以很高的速度从喷口喷出时，给箭身一个反冲作用，使箭身沿着与气体喷出方向相反的方向运动。箭身获得的速度可以用动量守恒定律求出：

$$MV' + mV = 0$$

$$V' = -\frac{m}{M}V$$

式中  $M$  是箭身质量， $m$  是喷出气体质量， $V$  和  $V'$  分别是喷射后气体和箭身所具有的速度。从公式中可以看出，喷出的气体质量愈多，喷射的速度愈大，箭身获得的速度也愈大。



图九

火箭发动机与前面所述的那些发动机最大的区别就在于：火箭发动机不需要借助箭身以外的其他物体来获得牵引力。如果从力的角度来分析的话，它是由于箭身向后压气体的同时，气体也给箭身一个向前的反作用力。这个力就是箭身向前运动的牵引力。这就使它与上述各种交通工具相比有很大的优越性。由于它

不需要借助其他物体获得牵引力,因此它就可以在离开地面、水、空气的空间里运行。这就是为什么到目前为止只有火箭能够成为宇宙航行工具的道理。

### 思考题:

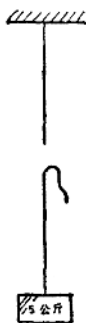
有人说,喷气式气机是由于喷出的气体向后推动空气,空气给它一个向前的反作用力,于是喷气式飞机向前飞行。这种说法对吗?

## (5)能拉断吗?

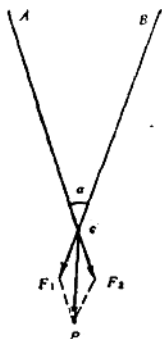
有一条绳子,当它受到五公斤的张力时(如在它下面挂一个5公斤重的物体)就会被拉断。现在只有一个重4公斤的物体,能否设法让这个物体在绳上把绳子拉断?

为了解决这个问题,我们先想想:晒衣服时的情景。一般说,我们都是先把绳子两端结好,然后再把衣服搭在绳上。如果有人相反,先把衣服搭在绳子上,再去结绳子的两端,那是十分费劲的。这时他一定会发现,为了尽量把绳子拉直,所需用的力大大地超过了所搭衣服的重量。这是为什么呢?

道理是这样的。当一个重物挂在绳子的中间时,它对两边

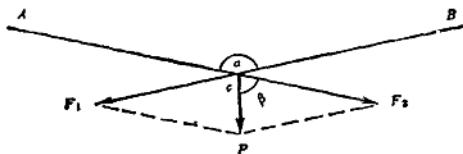


图十



图十一

绳子都作用一个张力，这个张力的  
大小可根据平行四边形法则求出。从图  
十一中可以看出：两段绳子间的夹角  
 $\alpha$  较小时， $BC$ 和 $AC$ 所受的张力 $F_1$ 和  
 $F_2$ 是小于物体的重量 $P$ 的。如 $\alpha$ 角  
增大，这时重量 $P$ 虽然不变，但它  
使 $BC$ 和 $AC$ 所受的张力 $F_1$ 和 $F_2$ 都在  
增大。当 $\alpha$ 角大到某一程度时， $F_1$   
和 $F_2$ 就可以大于物体的重量了。（图  
十二）



图十二

所以我们可以把那个 4 公斤的重物体挂在绳子的中间，  
然后使张角  $\alpha$  逐渐增大，大到一定程度，绳子上所受张力就  
会超过 5 公斤。这时绳子就会被拉断了。

那么，这时的张角  $\alpha$  到底应该是多大呢？

$$\cos \beta = \frac{\frac{P}{2}}{F_2} = \frac{2}{5} = 0.4。$$

$$\beta = 66^\circ 25'。 \quad \alpha = 2\beta = 132^\circ 52'。$$

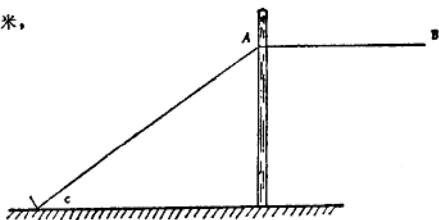


从这里我们可以看出一个力的分力可以大于这个力。当然，两个力的合力也可以小于这两个力中的任何一个力。有些同学认为合力一定比分力大，这种看法是错误的。

### 思考题：

如果一个木桩，水平绳子 $AB$ 对它的拉力是 $F_1=20$ 公斤。一端固定在地面上的斜绳 $AC$ 对它的拉力是 $F_2=25$ 公斤。那

$A$ 点距地面高3米，  
斜绳长5米。



图十三

么由于 $F_1$ 和 $F_2$ 的作用就使木桩除了重力之外又受一个附加的力，这个力就是 $F_1$ 和 $F_2$ 的合力。你能把这个合力求出来吗？所求出的合力方向如何？合力比分力大还是小？

### (6)两边一样重吗？

有一根粗细不匀的木料，将之用绳拴住挂起来，并使它处于平衡状态。这时取下来，将它从拴绳套的地方锯断。想想看，两边一样重吗？