

高級中学課本物理学第一册

教学参考资料

(下 册)



江苏人民出版社

說 明

这册教学参考資料,是在苏州市教育局組織編写的《高級中學一年級物理教材研究函授讲义》的基础上改編而成的。全书分两个分冊出版,供高一上、下两学期使用。

改編这册教学参考資料的意图,主要是提供一些資料,帮助教师备课。内容包括“教材研究”、“实验实习”、“参考材料”、“参考題”四部分。教师在使用本书时,可根据教学具体情况,灵活运用,不要受其限制。

由于編者水平有限,編写時間比較匆促,缺点和錯誤在所难免,希望教师們提出意見,以便再版时研究修改。

江苏省教育厅教材編輯室

1961年12月

目 录

第五章 物体的相互作用.....	1
第六章 机械能.....	18
第七章 曲线运动、转动.....	47
第八章 万有引力定律.....	68

第五章 物体的相互作用

I. 教材研究

一、教材系統

动力学的基础就是牛顿运动定律。第三章和第四章阐述了牛顿第一定律和第二定律。这一章主要研究牛顿第三定律。在介绍这三个定律中的每一定律时，必须注意到它们之间的内在联系，并在教学中体现这三个定律的统一性。第一运动定律说明物体在没有受到外力作用时怎样运动；第二运动定律说明物体受到外力作用时怎样运动；第三运动定律说明物体之间相互作用的关系。“力”的概念是内在线索，将这三个定律串连了起来。

总的来说，通过这三章的学习，要使学生对力的概念有较全面的理解，对物体的运动跟产生运动的原因之间的关系得到系统的全面的知识。

在掌握了牛顿第三定律知识的基础上，再联系第二定律对相互作用的物体的运动进行分析，得到动量传递的规律。从教材的系统来看，动量守恒定律是牛顿第三定律和第二定律知识的扩大。

牛顿第三定律和动量守恒定律是在研究现象的基础上得出来的理论的结论；反冲运动和碰撞是这些理论和定律的实际应用。教材这样安排是符合人们认识客观世界的过程的，从直观到抽象的思维；由抽象的思维到实践应用。本章教材将物理现象

和定律的各个研究要素，在教学过程中安排在适当的地位，并且相互联系，从而组成一个完整的知识系统。

学好本章知识，可为以后学习功能关系和曲线运动打下坚实的基础，因为功能问题和曲线运动是完全建立在运动学和动力学知识的基础之上的。对力的概念的全面认识，不仅在研究机械运动中相当重要，即使在研究微观现象中，例如原子、分子、电子等也是十分重要的。

根据上述教材系统，本章可划分为三个单元：

(1) 牛顿第三定律；

(2) 动量守恒定律；

(3) 反冲运动和碰撞。

二、教学任务

1. 通过对演示实验的观察、分析，使学生认识到在自然界里物体间的作用总是相互联系、相互制约的，并认识物体相互作用之间的定量关系。

2. 结合牛顿第一定律和第二定律使学生较全面地形成力的概念。

3. 使学生正确理解和掌握动量守恒定律，从而对物体在相互作用时彼此运动状态改变的情况，有较全面的了解。并在这个基础上理解反冲运动的实质及反冲运动在技术中的应用。

三、重点关键

1. 重点：

(1) 牛顿第三定律；

(2) 动量守恒定律。

2. 关键：

(1) 牛顿第三定律的关键在于使学生明确：

(a) 哪个物体是作用或反作用，不能誤解；

(b) 作用与反作用是作用在不同的两个物体上的，根本不存在“平衡”与“不平衡”的問題，同时也沒有主次之分，它們总是同时存在、同时消失的；

(c) 不论物体在靜止或运动，牛頓第三定律总是适用的。

(2) 学生对动量守恒定律較难理解，关键在于使学生掌握：

(a) 动量是机械运动的量度；

(b) 在物体的相互作用下，物体的动量是可以变化，同时也是可以传递的；

(c) 动量是矢量，服从矢量运算法則。

II. 实验实习

1. 物体間相互作用的实验：

(1) 課本上图 112 的实验，做起来可能有困难。在飘浮水面的軟木塞上放磁铁和小铁条，在一般情况下易于傾側或压沉，在实验室里也不易找到較大的玻璃容器。建议改用磁化的和沒有磁化的钢針(两枚都經磁化的钢針也可以)各一枚分別插在两个軟木塞中，把它們放在玻璃水槽中，浮在水面上，观察它們的相向运动(图 1-5-1)。

为了使學生清楚地看到整个现象，可在軟木塞上插上涂有顏色的小旗，作为标帜。

演示时，水面必須平靜无波，否則效果不好。为了让全班學生都能看到，可以用平面鏡反射。



图 1-5-1

(2) 課本上图 113 实验的成败关键是电学上的问题——往往挂小纸球的线有漏电现象,可以改用干燥而清洁的丝线,摩擦棒最好用有机玻璃棒。在这样的条件下,即使空气相对湿度较大,实验的效果也比较良好。

2. 牛顿第三定律实验: 牛顿第三定律的实验方法很多,这里仅选择一、二种以供参考。

(1) 課本上图 114 实验,较难得到良好的效果,关键是在难于使铁与磁体相平衡,往往相互吸到碰着。这个实验可按照《物理通报》1957 年 6 月号第 376—377 页两种方法予以改进。

(2) 課本上图 115 实验,建议改用两人相互一推,两人就相背地运动了。所以不通过一条绳子的相互拉动,是为了使问题简化(因为绳子也有重量,而各人手中的一段绳子的质量随两人的运动在变化,同时绳子也在作加速运动)。

为了使課本上图 115 实验能在讲台上进行,可以用两个小車,在一个車上装一个小电动机。电动机的转动轴端装上一绕线的小轮,上面绕的线連到另一小車上,如图 1-5-2。当电动机开动时,跟課本上图 115 实验相仿。因为两小車从开始到相撞所经的时间相同,只要量出它们所通过的路程 S_1 和 S_2 , 因为 $S_1 = \frac{1}{2}a_1t^2$, $S_2 = \frac{1}{2}a_2t^2$, 其中 t 相同, 所以 $\frac{S_1}{S_2} = \frac{a_1}{a_2}$ 。因为要建

立 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$, 只要观察 $\frac{S_1}{S_2} = \frac{m_2}{m_1}$ 是否正确就行了。

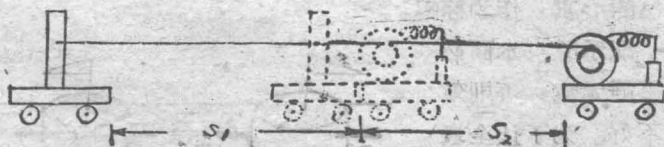


图 1-5-2

3. 为了清楚地看到作用与反作用是作用在两个不同的物体上,可以用下面的实验证明:用长约 60 厘米、宽约 15 厘米的稍厚的黄纸板,搁在两根光滑的试管上,再用小孩作玩具用的“惯性小汽车”,擦动摩擦轮后,立即放在黄纸板上,就会出现汽车前进而黄纸板后退的现象,这就强有力地说明了作用与反作用是作用在两个不同的物体上的。

4. 反冲运动的实验:

(1) 这里介绍一个实验,可以增加学生的兴趣,并能进一步理解反冲现象。

图 1-5-3 是利用蒸汽的反冲作用,使悬挂着的烧瓶向着喷出汽流的相反方向运动。

I 是挂钩,可以用铁丝弯成。II 是悬挂烧瓶的夹子,也是用铁丝弯成的。把挂钩上 c、d 二孔分别套在夹子的两端 c'、d',即能用线把烧瓶悬挂起来。

然后对烧瓶中热水加热,待蒸汽发生后,马上会看到烧瓶向气流相反方向运转。

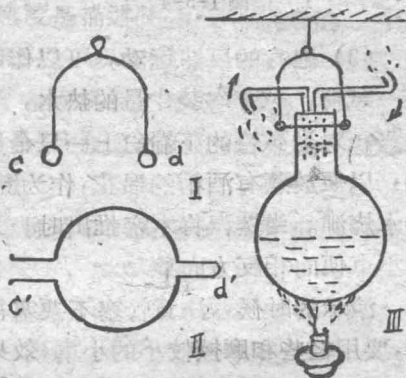


图 1-5-3

这种仪器的优点,是摩擦小而又不漏气。不过也存在着缺点,就是吊绳必须坚固,才能支持瓶重。但是太粗了,它抵抗扭转的力量也就大了。因此,它旋转 to 一定的周数,当扭力和反冲力平衡的时候,就会立即停止。假使要求旋转的周数不是太多,效果还是良好的。

改进方法可参阅《物理通报》1953 年第 34 页。

(2) 课本上图 126 实验,假使学校没有反冲水力机模型,可

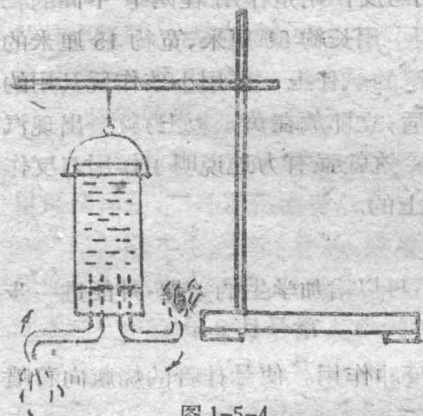


图 1-5-4

以自制一个。利用大口径破底的試管一只把破口的地方截平，并配以双孔木塞。在木塞中插入两根尖口的噴嘴管，并把它悬挂起来（悬挂方法参看图 1-5-3）如图 1-5-4 所示。当把水注入試管中，在噴出的水流的反冲作用下，試管就会向相反方向转动。

(3) 炮身的反冲运动，可以作图 1-5-5 的演示。在小車上装一試管，試管内装少量的热水，装上木塞，对准試管的下端釘上一只金属盒盖，以便放蘸有酒精的棉花，作为燃料，将水烧沸。当蒸汽将木塞推出时，試管和小車便向相反方向移动。

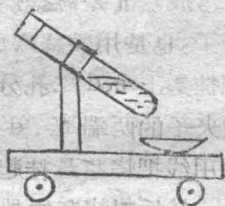


图 1-5-5

演示的时候，注意管塞不要塞得太紧，要用轻些和摩擦較小的小車，效果就比較好。

III. 参考材料

一、注 释

1. 課本上图 114 的实验的分析：

本书上图 1-5-6 是課本上图 114 的示意图。左面的磁铁(包括小車)受到两个力：一个力是右边磁铁給它的，方向向右(F_1)；

一个力是左边的测力计給它的，方向向左(F_2)。现在磁铁平衡，根据課本 37 中平衡的原理， $F_1 = F_2$ 。



图 1-5-6

再看右边的铁块，它也受到两个作用力：一个力是左边磁铁給它的，方向向左(F_3)，一个力是右边测力计給它的，方向向右(F_4)。同样根据平衡原理， $F_3 = F_4$ 。

实验指出 $F_2 = F_4$ 。

因此 $F_1 = F_3$ 。

F_1 与 F_3 是磁铁与铁块之间的相互作用，两测力计所示的拉力 F_2 、 F_4 根本不是作用与反作用。

2. 动量 机械运动的速度是描述物体运动状态的一个基本物理量。如果要对机械运动进一步观察与分析，仅仅使用“速度”这个概念是不够的。为了量度机械运动的运动量，比较物体的运动状况，还需要引入“动量”的概念。因此，动量就是表示物体运动状态的物理量。

3. 动量是矢量 决不能将动量的矢量方向与正负号混同起来，矢量的方向在一般情况下，决不可能只用正负号来表示的。只有当动量的两个分矢量的方向恰恰相反，而矢量的合成运算变成可用代数法进行时，我们才能用正负号来表示。

4. 碰撞 我们常把运动物体在碰到别的物体时，所发生的时间很短暫的相互作用叫做“碰撞”。

讲解“碰撞”时，最好举一些实例，譬如，单纯地把铁锤压在钉子上的情况与高速度地打在钉子上的情况作对比，碰撞作用的时间(t)很短，而运动物体(如铁锤)的动量变化很大(可以从速度的变化来看)。因此，它所受到的作用力(F)是很大的。这样，学生就不至于误解碰撞力的大小决定于重力了。

同时，还要注意在碰撞过程中，虽然作用时间(t)极短，但作用力还是有变化的。因此，我们所计算的是它的平均值。

5. 課本上习题的说明:

課本上第 123 頁第 2 題,可首先將作用力畫出來分析一下,如圖 1-5-7 所示。彈簧受到作用力的作用便伸長,產生彈力,也就是彈簧使它自己恢復到原來長度的力,它就以同樣大小的力作用在它兩端的繩上(這一點要注意,學生往往認為它作用在兩端繩上的力的和才等於它的彈力,這是錯誤的)。在任何一端繩對它的作用力,如 F_1 , 跟它作用在繩上的力,如 F_3 , 便是作用力與反作用力的關係。因此,它作用在繩上的力 F_3 , 是 5 公斤。顯然,它的彈力也是 5 公斤。

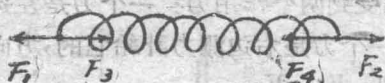


圖 1-5-7

二、資 料

1. 在牛頓第三定律的教學中,學生常常發生這樣的問題:馬拉車向前跑時,既然馬拉車和車拉馬的力相等,怎麼會使車前進呢?又如拔河比賽時,既然甲、乙雙方拉繩的力相等,怎能分勝負?

(1) 車輪克服阻力向前滾動,是因為有從外界(馬)直接加在輪軸上的作用力(圖 1-5-8),因此,地面對車輪就不需要推力了(也無法產生)。

但是馬蹄給地面一個作用力 F' , 地面給馬蹄以反作用力 F , 它有一平行於地面的分力 F_1 (圖 1-5-9), 就是這個地面反作用



圖 1-5-8

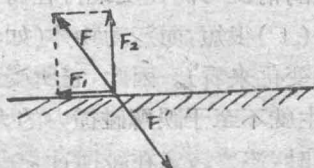


圖 1-5-9 馬蹄對地面的作用力

力的分力使馬車前进的。这跟人走路时用脚蹬地，地球就向相反的方向推动人的道理是一样的。

又如汽車怎样前进呢？車輪克服阻力向前滚动是因为輪子上有个力矩（转矩）在作用（图 1-5-10），这转矩可以化为如图 1-5-11 中所示的一对力偶。这样，力偶中通过輪軸的一个力与阻力平衡，而在周緣上的一个力則作用于地面而引起地面对輪胎的切面反作用力。事实上，若把汽車作为一个整体来看，为了克服外界阻力向前进，必須有一个与阻力方向相反的外力加于其上，地面的切向反作用力正是这样的一个外力，因此，它就被称为汽車的牽引力。



图 1-5-10



图 1-5-11

(2) 拔河比賽中甲、乙双方用力相等怎么会分勝負呢？这个问题的关键，在于学生沒有考虑到地面对人的作用。

甲要获得胜利，他必須受到一个方向向着甲的合力的作用，这时，作用在甲身上的力有两个：一个是绳子拉甲的力 f_1 ，一个是地推甲的力 F （图 1-5-12），这两个力都是作用在甲身上的。其中地推甲的力 F 在水平方向的分力 F_1

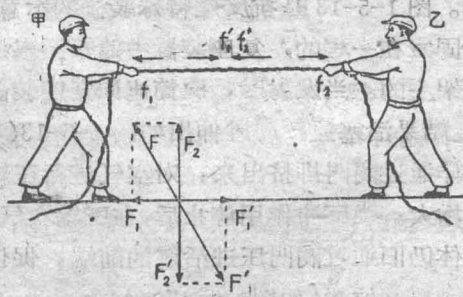


图 1-5-12

是决定甲胜负的力,如果 $F_1 > f_1$, 甲就能获得胜利。由此可见,甲是否能获得胜利,要看他蹬地的力如何。设想甲穿一双很滑的溜冰鞋,那么不管他手上能施出多大的力,他总归要失败的。

2. 轮船在前进时和飞机在飞行时的牵引力:

(1) 分析轮船在前进时的牵引力可参阅《力学》(下册),葛利姆塞著,葛庭燧译,第392—393页。

(2) 安装活塞式发动机的飞机飞行时的牵引力,是依靠螺旋桨在工作过程中,把空气自前面吸入并把它向后抛到飞行的相反方向去,被螺旋桨抛出的空气,就产生推动着螺旋桨叶的反作用力,同时整个飞机就会和它一起前进。螺旋桨在单位时间内抛出的空气量越多,则桨叶上得到的拉力就越大。现代强力发动机所用的螺旋桨为了产生足够的拉力,每秒钟内可以抛出二百立方米以上的空气。当抛出空气时,螺旋桨受到方向向前的压力,这就是牵引力。

为了在螺旋桨的直径和转速一定的情形下,增大所抛出的空气数量和空气的速度,可以制造出有三片或四片桨叶的螺旋桨。

3. 现代的大炮里为了制止在发射时的后退,都装有特殊装置。图1-5-13是抗反座特殊装置的示意图。复座装置是跟炮筒架固定在一起的,复座装置中连接活塞连杆的另一端是固定在炮架上的。当发射时,炮筒连同复座装置一起因反冲作用而后退。结果活塞连杆向外伸出如图1-5-13(4),把压在活塞前面的液体通过阀门排挤出来,对空气进行压缩,压缩空气的压强因而增大。当反冲作用停止后,在压缩空气的作用下,把被排挤的液体仍旧通过阀门压进活塞的前端,促使复座装置连同炮筒恢复到原来位置(如图1-5-13(5))。

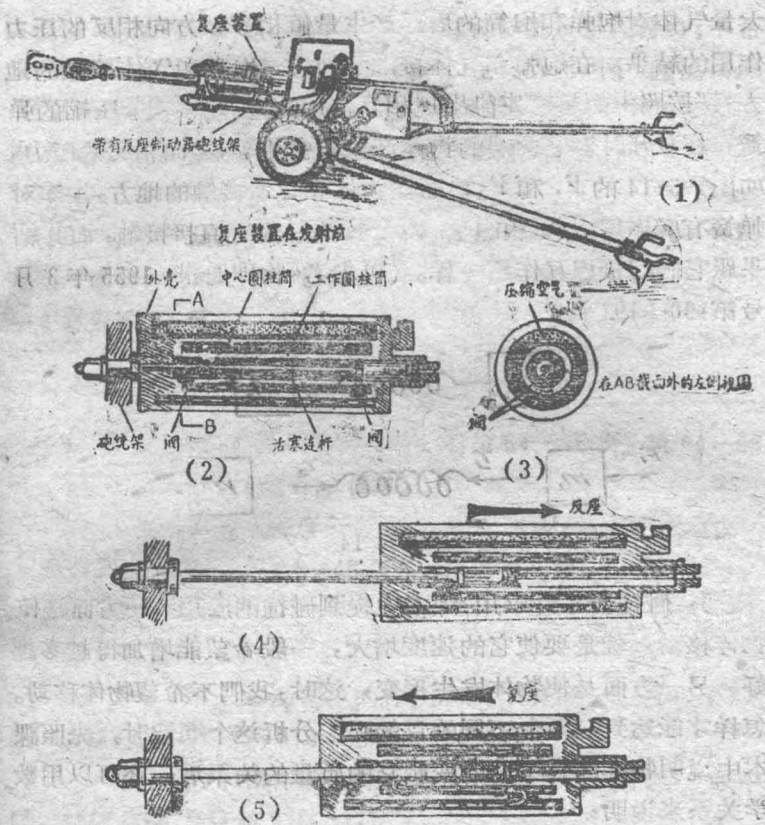


图 1-5-13

图 1-5-13 是利用压缩空气作用的复座装置，除此以外，还有利用液体的复座装置，详细结构可参考苏联《大百科全书》第 35 卷第 123 页。

4. 炮身的反座力是火药爆炸时所产生的压力，还是炮弹的反作用力？

关于发炮时炮弹向前飞出，炮身向后退的现象，并不是由于炮弹和炮身直接相互作用的结果；而是由于火药爆发所产生的

大量气体对炮弹和炮筒的后部产生量值相等、方向相反的压力作用的结果。在炮弹和气体接触的地方，炮身和气体接触的地方，都按照牛顿第三定律出现相互作用的力。好像一个压缩的弹簧，在放开时对它两端的物体产生量值相等、方向相反的压力，如图1-5-14的 F_1 和 F_2 ；而在物体和弹簧接触的地方，物体对弹簧有反作用力 T_1 和 T_2 。两个物体并没有直接接触，而其结果跟它们直接相互作用一样。（可参考《物理通报》1955年3月号第190—191页）

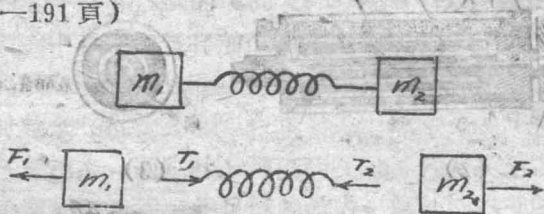


图1-5-14

5. 碰撞的实际应用，课本中提到碰撞的应用 一方面是使物体移动，就是要使它的速度增大，一般希望能增加得越多越好。另一方面是使物体发生形变，这时，我们不希望物体移动。怎样才能达到这两个不同的目的呢？分析这个问题时，先照课本中说明物体的速度的改变跟它的质量的关系后，还可以用数学关系来说明：

按动量守恒定律的公式： $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$

移项，成为： $m_1 v'_1 - m_1 v_1 = m_2 v_2 - m_2 v'_2$ 。

这里 $m_1 v'_1 - m_1 v_1$ 表示第一物体动量的增加， $m_2 v_2 - m_2 v'_2$ 表示第二物体动量的减少，这等式说明第二物体动量的减少部分，在碰撞时传递给第一物体了。再将公式改写成 $m_1 (v'_1 - v_1) = m_2 (v_2 - v'_2)$ ，然后写成 $\frac{(v'_1 - v_1)}{(v_2 - v'_2)} = \frac{m_2}{m_1}$ 。由此可见，两物体速度的改变是跟它们的质量成反比的。因此，要使被碰撞的物

体移动,碰撞物体的质量就要比被碰撞物体的质量大得多;不希望被碰撞的物体移动时,条件就相反。在实际应用中,碰撞物体当然还须保持一定的质量;同时,可以利用固定台架增加被碰撞物体的质量。详细的数学推导,可参考《物理通报》1958年12月号第684、688页。

6. 本章中提到的两位杰出的科学家“牛顿”和“左尔可夫斯基”,可参考《物理通报》1956年10月号第585—590页及1958年1月号第22页。

三、索引

1. 福里斯著《普通物理学》第一卷第54—56页,第64—68页,第72—76页。(商务印书馆)

2. 上海市高等工业学校物理学编写组编:《普通物理学》上册第37—38页,第44—48页,第57—60页。

3. 《物理通报》

(1) 实验:

(a) 《第三运动定律的作用和反作用的实验》 苏步高 1957年6月号第376页。

(b) 《两个物体间作用力与反作用力大小相等》 张中民 1957年6月号第376—377页。

(c) 《反作用力的演示》 桑洁 1958年1月号第57页。

(2) 《牛顿运动定律的教学中的几个问题》 雷树人 1953年9月号第400页。

(3) 《动量守恒定律与机械能守恒定律》 郑华熾 1957年3月号第143页。

(4) 《球体的对心碰撞问题》 白玉山 1958年12月号第684—687页。

(5) 《碰撞实际应用》 焦树霖 1958年12月号第688页。

(6)《枪身反座力是火药爆炸所产生的压力还是枪弹的反作用力?》 吳材襄 項志遴 1955年3月号第190—191頁。

(7)牛頓 T. П. 克拉維茨 П. С. 庫德利亞夫切夫 A. C. 尤希略維奇 1956年10月号第585—590頁。

(8)康·愛·齊奧爾科夫斯基 A. A. 柯斯莫登揚斯基 1958年1月号第32頁。

4. 《物理教学》

(1)《谈谈动量和动能》 姚启鈞 1958年11月号第6頁。

(2)《“动量与动量守恒定律”的教学》 唐滄 1960年2月号第4頁。

5. 人民教育出版社出版《高级中学課本物理第一冊教学参考书》第193—214頁。

6. 《动力学》(高中物理教学参考读物)中国物理学会上海分会編 第21—30頁, 第40—45頁。

7. 《苏联大百科全书》 第35卷第120頁。

8. 《力学》下冊 葛利姆塞著 葛庭燧译 商务印书館出版 第392—393頁。

IV. 参 考 題

1. 当枪弹穿过一块木板时,木板被击穿了,说明木板受到了枪弹的作用。能否说明枪弹也受到木板的作用呢?

2. 如果在拔河比赛中,双方都穿了溜冰鞋(与地面的摩擦力都不計在內)来比赛,会发生什么結果呢?

3. 有人说:“因为作用与反作用大小相等、方向相反,因此,人永远也不可能从地上把任何东西拾起来”,他的话錯在哪里?

4. 人站在磅秤上不动,設磅秤的读数是50公斤,如果这人急速地往下蹲下去,在蹲下去的时候,磅秤的读数是不是还是