

弹力概念的教学疑难与化解*

白 晶

(南京市第一中学 江苏 南京 210001)

(收稿日期:2017-03-14)

摘 要:结合中美高中物理教材内容,探讨弹力概念教学中的疑难问题.弹性形变并非弹力产生的必要条件.压力和支持力概念的本质在于力的分解.张力概念的教学意义在于物理建模.

关键词:弹力 概念 教学疑难

1 弹性形变并非弹力产生的必要条件

人民教育出版社高中课程标准实验教科书(以下称《教材》)在介绍弹力概念时,描述了产生弹力的物理情境,即“发生形变的物体,由于要恢复原状,对与它接触的物体会产生力的作用”^[1].不妨对《教材》中的这个表述作如下解读:

第一,“发生形变的物体”并不一定是指发生弹性形变的物体.第二,“要”恢复原状”与“能”恢复原状的含义是不同的.“要恢复原状”反映了物体具有的某种性质,即保持原有形状不变的性质.无论物体有没有发生形变,无论物体发生形变后能不能完全恢复原状,物体都有保持原有形状不变的性质,这种性质通常叫做“弹性”.这里所说的“物体”通常指固体,有时也涉及流体(流变学中涉及流体粘弹性的概念).第三,由于物体具有“弹性”这种性质,才有了“弹力”这种相互作用的产生.因此,弹性形变并非弹力产生的必要条件.

教学中常见“弹性形变是产生弹力的必要条件”的误区,原因在于混淆了“弹力”与“弹性力”的概念.“弹性力”通常指满足胡克定律的弹力,是“弹力”的下位概念.教材中对胡克定律的表述是:“弹簧在发生弹性形变时,弹力的大小 F 跟弹簧伸长(或缩短)的长度 x 成正比.”^[1]事实上,弹力大小与形

变量成正比的关系成立的范围比弹性限度要小一些,通常称为比例限度.换句话说,物体发生弹性形变时,不一定满足弹力大小与形变量成正比的关系,即不一定在胡克定律成立的范围内.由于一般材料的比例限度和弹性限度相差不大,通常在工程上可不加区分,因此可近似认为弹性力是当物体发生弹性形变时产生的力^[2].

2 压力和支持力的概念是力的分解的产物

对于压力和支持力,《教材》的表述是:“压力和支持力都是弹力.压力和支持力的方向都垂直于物体的接触面.”^[1]如何说明压力或支持力的方向垂直于接触面,通常被认为是教学中的一个难点.事实上,如果能准确理解压力和支持力的概念,这个疑难会自然化解.

对于水平支持面与面上物体之间的弹力方向,根据力的平衡与相互作用原理易于理解.而对于非水平支持面与面上物体之间的弹力方向,学生是难以理解的.根据弹力产生的原因分析,压力和支持力的方向应当与物体要恢复形变的方向相同.这种分析思路在教学中往往陷入困境,无论是通过理论分析还是实验观察,原因在于:中学物理受力分析的研究对象通常是质点或刚体,而形变的研究对象已经不是质点或刚体,讨论发生形变的物体之间的压力

* 江苏省中小学教学研究第11期课题“基于科学素养目标的AP课程校本化实施研究”,项目编号:2015JK11-L001,国家社会科学基金“十二五”规划2014年度教育学课题“普通高中学生科学素养发展的研究”,项目编号:BHA140112,两项的阶段性研究成果.

或支持力是难以操作的.

之所以出现这样的教学困境,是因为对“压力”和“支持力”概念的本质理解不到位.第一,压力和支持力概念的建立需要一个理想化的前提,即物体和支持面的形变往往微乎其微,对受力情况无明显影响,通常忽略不计^[3].第二,压力和支持力概念来源于力的分解.对于相互压紧的两个物体,可将它们之间的接触力分解为两个分力,一个分力沿接触面切线方向,另一分力与接触面垂直.前者属于摩擦力,后者即压力或支持力.如果两个物体的接触面是理想光滑的,则仅有与接触面垂直的压力或支持力^[3].

美国高中物理教材《Physics: Principles & Problems(物理:原理与问题)》(以下称《原理与问题》)中将压力和支持力统称为“Normal Force”^[4].这里“Normal”一词的含义即是“法向”或“垂直”.“Normal Force”常被翻译为“正压力”,其实不妨翻译为“法向的接触力”,以利于理解压力和支持力概念的本义.值得一提的是,基于将接触力分解为法向和切向的思路,有一种观点认为静摩擦力也属于弹力的一种,这是有一定道理的^[5].

既然压力和支持力是力的分解的产物,那么可以说,压力和支持力的方向垂直于接触面不是一个物理现象,而仅仅是一种受力分析的方式.压力和支持力的方向为何垂直于接触面的问题不需要从物理上给予解释.下面借用2014年广东省一道高考题说明这种观点.

如图1所示,水平地面上堆放着原木,关于原木P在支撑点M、N处受力的方向,下列说法正确的是()

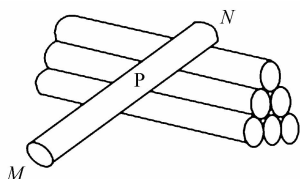


图1 2014年广东省一道高考题题图

- A. M处受到的支持力竖直向上
- B. N处受到的支持力竖直向上
- C. M处受到的静摩擦力沿MN方向
- D. N处受到的静摩擦力沿水平方向

M点实际受到水平地面的作用力只有一个,且属于接触力,可将其分解为切向的静摩擦力(沿水平地面)和法向的支持力(竖直向上).同理,N点实际受到下面原木堆的作用力也只有一个,且属于接触力,可将其分解为切向的静摩擦力(沿MN方向)和法向的支持力(垂直于接触面).

3 张力概念的教学意义在于物理建模

《教材》中有关“张力”概念的相关表述是:“用绳子拉物体时,绳的拉力也属于弹力,它总是沿着绳子而指向绳子收缩的方向.绳中的弹力常常叫做张力.”^[1]为什么要给绳中的弹力另起一个名称叫做张力呢?何为“绳中”的弹力,绳中的弹力与绳给绳外物体的弹力有什么区别吗?这些问题是学生中常见的疑问,化解这些疑难的关键是在对绳模型进行受力分析的过程中渗透张力的概念.

《原理与问题》给出了这样的物理情境:用一根零质量的绳将重物Q悬挂在天花板上保持静止,如图2所示.绳之所以没有断裂,一定存在使得绳保持为一个整体的力.为了建立张力的概念,以不同的思路对绳子进行受力分析^[4].第一种思路是,从绳中某处将绳分为上下两部分,上部分对下部分的力和下部分对上部分的力是一对相互作用力,大小相等,方向相反;第二种思路是,选取绳上任意一点为研究对象,该点受到的其上下两部分绳的弹力为一对平衡力,大小相等,方向相反.两种思路的分析代表了不同的物理模型:一个是两个物体之间的相互作用模型,是牛顿第三定律的具体应用;另一个是物体的受力平衡模型,是牛顿第二定律的具体应用.两个物理模型结合在一起,体现了零质量的理想绳中张力概念的内涵,即绳中两个方向上大小相等的力.这里虽然研究的是竖直方向的绳模型,但分析方法仍不失一般性.

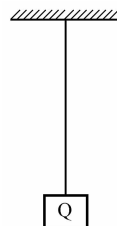


图2 重物被无质量的绳悬挂天花板上静止

张力概念建立的同时伴随着张力的分析方法. 研究张力问题的关键是选取恰当的研究对象, 建立物理模型. 为了深入理解张力概念, 还可以补充下面的讨论: 若图 2 中天花板、绳与悬挂的重物组成的系统有竖直方向的加速度, 绳中的张力是怎样的情况呢? 对于零质量的理想绳, 绳上任意一点仍然可以认为处于平衡状态, 此时张力仍然是绳中两个方向上大小相等的力, 只是这种情况下, 张力与重物 Q 的重力大小并不相等.

以上研究的是零质量的理想绳, 若将图 2 中的绳换成有质量的绳, 如图 3 所示. 绳中的张力又如何呢? 不妨在图 3 的基础上, 将有质量的绳看成若干有质量的物体与若干零质量的绳串联的连接体. 如图 4 所示, 用标有 1, 2, 3, 4, 5 的方块表示将绳分割为若干有质量的物块, 它们之间用零质量的绳连接. 图 3 到图 4 的转化又是一个物理建模的过程, 学生可以从中更深刻地理解张力概念反映的物理思想. 从这个意义上讲, 张力概念的教学要义在于物理建模的思想渗透与方法训练.

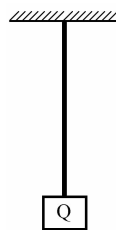


图 3 重物被有质量的绳悬挂在天花板上

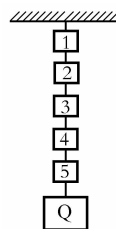


图 4 有质量的绳看成若干有质量的物体与零质量的绳串联的连接体

4 弹力概念图

化解弹力概念教学疑难的关键在于准确理解弹力及其相关概念之间的种属关系. 建议用概念图的方式帮助学生准确把握弹力及其相关概念的内涵与外延, 如图 5 所示.

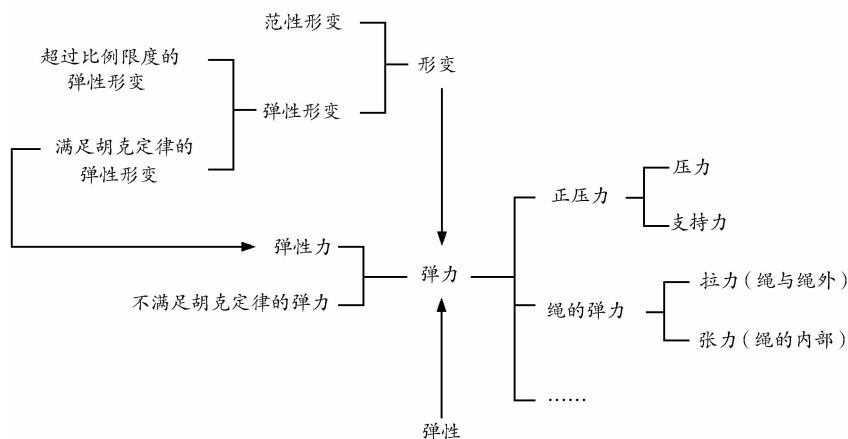


图 5 弹力概念图

参考文献

- 1 普通高中课程标准实验教科书物理 1(必修)(第 3 版). 北京:人民教育出版社, 2010. 54 ~ 55
- 2 米海珍, 胡燕妮. 塑性力学. 北京:清华大学出版社, 2014. 2 ~ 3

- 3 漆安慎, 杜婵英. 力学. 北京:高等教育出版社, 1997. 69
- 4 Physics: Principles & Problem. Columbus, OH: McGraw-Hill Companies, Inc. 2013. 91, 109
- 5 刘邦贵. 静摩擦力应理解为一种弹力. 现代物理知识, 2007, 19(2): 52