

再谈物体稳度与质量的关系*

林昌斌 郑渊方

(福建师范大学物理与能源学院 福建 福州 350007)

(收稿日期:2020-09-08)

摘要:结合生活实际,探讨用最大倾斜角表示物体稳度的不足之处,并从力矩平衡的角度分析稳度与质量的关系.在此基础上,提出用重力矩大小定量描述物体稳度的新看法.

关键词:稳度 质量 最大倾斜角 力矩

稳度是指物体平衡稳定的程度^[1].有学者采用物体最大倾斜角 θ 的正切函数值定量描述物体稳度,如图1所示,稳度可用 $\tan\theta = \frac{r}{h}$ [式中 h 为重心高度, r 为翻转半径,即重心在支持面上的投影点到翻转线(点)的距离]表示^[2].若物体最大倾斜角的正切值越大,则稳度越大.根据这一定义,教学中,有教师用如图2所示的教具演示物体的重心高度和底面积的大小对稳度的影响.图2显示的是当底面积大小相同时,缓慢上抬支持面,与物体重力作用线平行的重垂线将向外移动,当重垂线落到它的支持面外时,物体将倾倒,可以看到,重心越高越容易倾倒,重心越低越稳定;当从高到低3个物体按先后顺序都倾倒后,它们的重心高度变得相同,但底面积变得不同,此时,缓慢上抬支持面的另一端,可以看到,底面积越小越容易倾倒,底面积越大越稳定.现象明显、生动、直观,学生很感兴趣.但有人对此提出质疑:物体的质量会影响其稳度吗?要回答这个问题,必须从用最大倾斜角表示稳度大小的定义谈起.

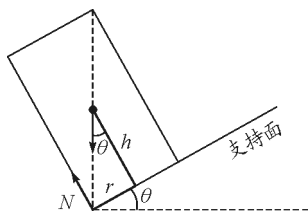


图1 最大倾斜角表示物体稳度



图2 稳度演示教具

1 最大倾斜角表示稳度大小的不足之处

为研究方便,本文选用质量分布均匀的物体进行讨论.如图3所示,缓慢上抬支持面,使物体绕着 O 轴逆时针匀速转动.若重力矩对物体产生顺时针旋转的效果,则物体不会倾倒.随着倾斜角 θ 的增大,物体受到的重力矩逐渐减小,当重力矩为零时,物体恰好处在倾倒的临界位置.

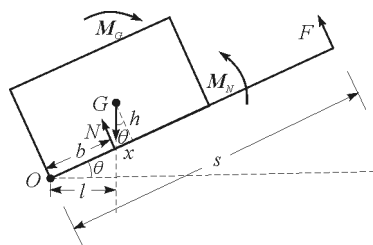


图3 支持面上物体转动的力矩分析

设物体的重心高度为 h ,重心在支持面上的投影点到转轴的距离为 x .物体在力 F 的作用下绕 O 轴转动至 θ 角度,此时支持力与重力对 O 轴的力臂分别为

* 福建省教学科学“十三五”规划2019年度重点课题“物理思维双核构架模型的物理学习资源可视化研究”,课题编号:FJJKCGZ19-273;福建师范大学研究生教改项目“基于物理思维双核构架模型的学习资源可视化研究”,课题编号:Y2019011

作者简介:林昌斌(1996-),男,在读硕士研究生,主要从事中学物理教学研究.

指导教师:郑渊方(1973-),女,硕士,讲师,主要研究方向为物理课程与教学论.

$$b = x - h \tan \theta \quad (1)$$

$$l = b \cos \theta = x \cos \theta - h \sin \theta \quad (2)$$

当物体处在倾倒的临界位置时,重力矩为零

$$M_G = mgl = mg(x \cos \theta_{\max} - h \sin \theta_{\max}) = 0 \quad (3)$$

$$\tan \theta_{\max} = \frac{x}{h} \quad (4)$$

$$\theta_{\max} = \arctan \frac{x}{h} \quad (5)$$

式(5)表明,物体最大倾斜角与两个参数有关,即 h 和 x . 而对于质量分布均匀的物体,其重心的位置只跟物体的形状有关,重心在支持面上的投影点到转轴的距离也只跟物体的形状有关. 可见,它的最大倾斜角仅与其形状有关,与它的质量大小无关. 图2所示的教具就是显示这种情况. 如果采用物体的最大倾斜角表示稳度大小,那么物体的稳度与质量无关. 但用最大倾斜角表示稳度大小会出现与实验结果矛盾的现象. 如图4所示,将两个形状相同、材料不同的均匀长方体A和B放置在水平面上,A和B分别由泡沫和铁构成. 用电吹风机分别作用在两物体的侧面,可以发现A物体容易被吹翻,而B物体基本不动. 两物体受到相同的外力作用,最大倾斜角更大的物体反而更容易倾倒. 生活中,人们认为“稳定”是指稳固安定、没有变动的意思,若处在图4所示的情境下,B是更加稳定的. 如果仅用最大倾斜角来表示物体稳度的大小,那么得到的结论是:A的稳定程度比B好,即A比B更稳定. 可见,得到的结论与实际矛盾. 最大倾斜角仅体现了物体可倾斜的程度(物体能够偏离平衡位置而不倾倒的程度),而未体现出使它发生倾斜的难易程度. 结合生活实际,考察物体偏离平衡位置的难易程度应当属于稳度的讨论范畴.

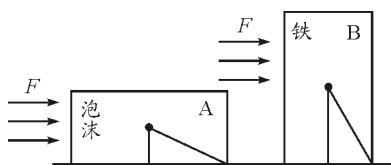


图4 外力作用下不同材料的物体稳度

2 质量对稳度的影响

以图3为例,物体在力 F 的作用下绕 O 轴转动至 θ 角度,由力矩平衡

$$Nb = mgl \quad (6)$$

据杠杆原理

$$Nb = Fs \quad (7)$$

$$F = \frac{Nb}{s} = mg \frac{x \cos \theta - h \sin \theta}{s} \quad (8)$$

式(8)表明,对于质量越大的物体,需要更大的外力才能使它发生偏转. 同理,如图4所示,要使处于平衡状态的物体发生倾倒,所施加的外力矩必须大于物体的重力矩. 若物体的质量越大,则重力矩越大,使它偏离平衡位置的难度更大,即质量越大越稳定.

3 物体稳度的定量描述

若考察物体在外力作用下的稳定性,则可用物体的重力矩大小定量描述物体稳度,即

$$M_G = mg(x \cos \theta - h \sin \theta) \quad (9)$$

式中 x 为重心在支持面上的投影点到转轴的距离, h 为物体的重心高度, θ 为物体的支撑面与水平面的夹角(倾斜角). 物体的重力矩越大,则稳度越大. 由式(9)可知,可通过增大重力、增大支持面的面积以及降低重心高度等措施增大重力矩,这与提高物体稳度的措施是一致的. 而对于处在稳定平衡状态的物体,使它从原平衡位置偏转至倾倒的临界位置的过程中,物体在不同位置处的稳定性是不同的. 如图5和图6所示,缓慢上抬支持面,使物体分别偏转至倾斜角为 θ_1 和 θ_2 的位置 ($\theta_1 < \theta_2$).

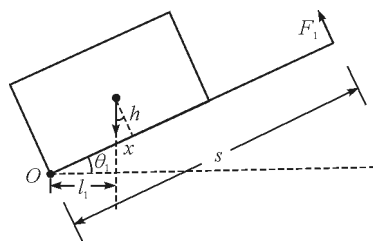


图5 物体处在 θ_1 位置

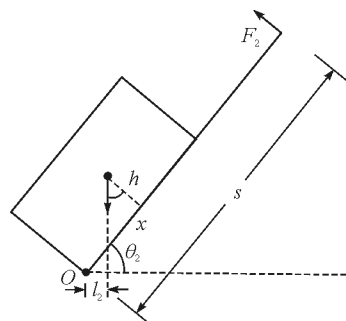


图6 物体处在 θ_2 位置

(下转第74页)

板块模型的核心是摩擦力的分析,它是确定运动过程和选择合适定律的起点,是复杂动力学问题的分析重点.上述范例从摩擦力的判断为思维起点构建了难度依次加大的3种情境,教师可根据学生情况,微调条件或给变量赋值,让学生经过充分思考分析,归纳出应对这类综合动力学问题的普遍性方法:力学分析入手(摩擦力为重点)—确定具体运动过程—选择合适定律解决问题.再辅以一些实际生产与生活情境的范例将一般性方法加以应用,比如从字典中抽纸、货车拉货上坡、泥石流滑坡等实际情境,学习如何将实际问题去情境化,筛除无用信息、提炼有用信息,转化为我们熟悉的物理问题.虽然解决这种范例看似很消耗时间,实际上深度挖掘典型范例将极大提升学生的分析综合能力和构建系统的知识框架.

需要注意的是,在设计应用范例时一定要加入与生活情境相关的内容,切勿全部设计成“木块叠木块”“滑轮加斜面”的“经院式概念题”^[3],这样不利于学生将所学理论转化为实际应用和将复杂生活情境去情境化的能力.

(上接第70页)

当物体处于 θ_1 位置时,物体的重力矩大小为

$$M_1 = mg l_1 = mg(x \cos \theta_1 - h \sin \theta_1)$$

处于 θ_2 位置时,其重力矩大小为

$$M_2 = mg l_2 = mg(x \cos \theta_2 - h \sin \theta_2)$$

可以得到 $M_1 > M_2$,物体在 θ_1 位置处的稳定性较高.进一步分析,当物体水平放置时($\theta=0$),物体的重力矩最大,此时物体的稳定性最好.随着倾斜角的增大,重力矩逐渐减小,物体的稳定性逐渐降低.当物体的重力矩为零时,物体恰好处在倾倒的临界位置.若重力矩为负值,物体将会倾倒.可见,重力矩的大小变化很好地体现了稳度大小在偏转过程中的变化趋势.用重力矩大小定量描述物体稳度,既可以比较不同物体的稳度大小,又可以体现出物体在偏转过程中的稳定性变化.

3 结束语

范例教学的基本思想是促进学生独立学习,使所学基础知识迁移到新情境中,发展所学知识,改变学生的思维方法和行为能力.知识加技能并不等于素养,学科素养能力的提升需要学生深度参与到问题解决的实践中去,范例教学创造引发深入思考的情境是渗透提升学科能力的关键.通过呈现典型的问题情境,给学生提供一个良好的知识生长点,使学生不断深入探究,反思、改进、修正理论,从基础逐渐深入到学科的根本和核心,在问题解决中进行有效的知识建构,提高认知维度,进而实现概念的深刻理解、规律方法的迁移和系统性高阶思维的发展.

参考文献

- 1 田世昆,胡卫平.物理思维论[M].南宁:广西教育出版社,1996
- 2 王海军.教会学生利用反例提升学习效率[J].物理教学,2019(10):18~20
- 3 张三慧.让物理教学更广泛地联系各种实际现象[J].大学物理,1991(1):32~33

4 总结

最大倾斜角体现了物体可倾斜的程度,而质量大小影响物体偏离平衡位置的难易程度.对于质量分布均匀的物体,它的最大倾斜角只跟形状有关,跟质量无关.物体稳度既要考虑物体可倾斜的程度,又要考虑使物体偏离平衡位置的难易程度.若考察物体在外力作用下的稳定性,则可用重力矩大小定量描述物体稳度.在相同的条件下,物体的质量越大,稳度越大.

参考文献

- 1 廖伯琴.物理1(必修)教师用书[M].济南:山东科学技术出版社,2004.51~52
- 2 丁邦宏.再谈物体的稳度及其定量描述[J].物理教学,2014,36(01):42~43