

力学动态平衡等效圆周角不变法变式分析

马 瑞

(乌鲁木齐市八一中学 新疆 乌鲁木齐 830000)

李 敏

(乌鲁木齐市第八十中学 新疆 乌鲁木齐 830000)

(收稿日期:2020-12-30)

摘 要:在物理学科核心素养的视角下审视教学,运用等效圆周角不变法变式分析动态平衡问题,提高学生的问题解决能力,培养学生的科学思维能力.

关键词:动态平衡 圆周角 科学思维 核心素养

1 问题的提出

发展学生的科学思维能力是高中物理教学中重要的教学目标之一,建构物理模型是一种重要的物理科学思维方法.教师引导学生经历物理模型建构过程,是发展学生科学思维的重要途径,也是物理教学对学生物理学科核心素养的培养.

力学动态平衡问题能够充分考查学生的科学思维能力,也是高考理综物理学科试卷中常常出现的考点.解决3力动态平衡问题常用图解法、相似三角形法、正弦定理法、等效圆周角不变法等,等效圆周角不变法对解决复杂的力学动态平衡问题效率非常高,数理结合也体现了STEAM理念,打破了常规学科界限.物体在3个力作用下处于动态平衡,如果一个力(一般是重力)保持不变,另外两个力的大小、方向都在变化,且这两个力的夹角保持不变时,常用等效圆周角不变法处理.在物理学科核心素养的视角下审视教学,本文运用等效圆周角不变法变式分析动态平衡问题,提高学生的问题解决能力,培养学生的科学思维能力.

2 原题再现

【例题】(2017年高考全国卷I第21题)如图1所示,柔软轻绳ON的一端O固定,其中间某点M系一重物,用手拉住绳的另一端N.初始时,OM竖

直且MN被拉直,OM与MN之间的夹角为 α ($\alpha > 90^\circ$).现将重物向右上方缓慢拉起,并保持夹角 α 不变.在OM由竖直被拉到水平的过程中()

- A. MN上的张力逐渐增大
- B. MN上的张力先增大后减小
- C. OM上的张力逐渐增大
- D. OM上的张力先增大后减小

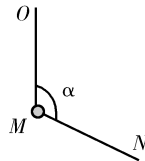


图1 例题题图

解析:如图2(a)所示,对重物受力分析,受到重力 mg ,绳MN的张力 F_1 ,绳OM的张力 F_2 ,由重物缓慢拉起可知,3个力动态平衡,作出这3个力的矢量三角形,如图2(b)所示.

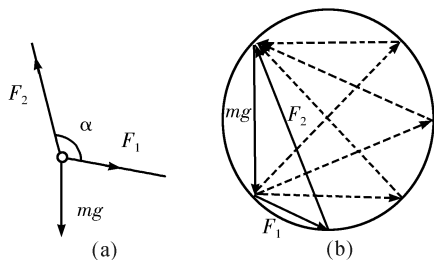


图2 例题受力分析和三力矢量三角形

由于夹角 α 不变,则 F_1 与 F_2 的夹角保持不变,在绳OM被拉到水平位置的过程中,这3个力的矢

量三角形在同一个外接圆内,重力大小不变,对应的内接圆的弦、圆周角不变,重物被缓慢拉起至OM水平的过程中,绳MN的张力 F_1 逐渐增大,绳OM的张力 F_2 先增大后减小,故选项A,D正确.

评析:本题是高考真题,对学生解决问题能力和科学思维能力要求较高,此题用等效圆周角不变法处理非常直观,效率非常高.但需要把握好物理模型规律“物体在3个力作用下处于动态平衡,如果一个力(一般是重力)保持不变,另外两个力的大小、方向都在变化,且这两个力的夹角保持不变时,常用等效圆周角不变法处理”.学生解题关键是结合数学知识“圆周角定理:在同圆或等圆中,同弧或等弧所对的圆周角相等”,分析出物理情景“力的矢量三角形在同一个外接圆里,不变的重力相当于固定的弦,张力 F_1 与 F_2 之间的夹角就是固定的弦所对应的圆周角,它始终保持不变”,再通过数形结合直观得出答案.教师构建物理模型,创设不同问题情境,学生思维迁移,变式训练,所遇同类情境迎刃而解,提高学生的问题解决能力,培养学生的科学思维能力.

3 变式推进

3.1 知识迁移 模型应用

变式1:如图3所示,两根轻绳一端系于结点O,另一端分别系于固定圆环上的A和B两点,圆心O点下面悬挂一物体M,绳OA水平,绳OA和OB的拉力为 F_1 和 F_2 ,保持两绳之间的夹角 $\alpha=120^\circ$ 不变.把圆环沿地面向右缓慢转动,直到绳OA转过 75° ,在这个过程中()

- A. 拉力 F_1 逐渐增大
- B. 拉力 F_1 先增大后减小
- C. 拉力 F_2 逐渐减小
- D. 拉力 F_2 先减小后增大

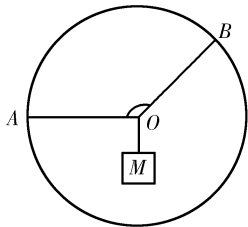


图3 变式1题图

解析:如图4所示,对结点O受力分析后, mg , F_1 , F_2 构成的矢量三角形动态平衡,由于重力 mg 不变,以及两绳之间的夹角 $\alpha=120^\circ$ 始终不变,即

$\beta=60^\circ$ 始终不变.当转过的角度为 60° 时, F_1 为圆的直径最大,所以 F_1 先增大后减小, F_2 一直减小,故选项B,C正确.

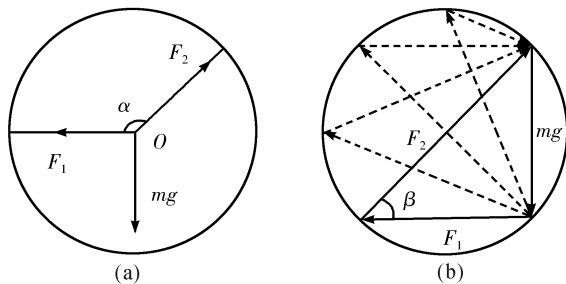


图4 变式1受力分析和三力矢量三角形

评析:本题是非常典型的动态平衡问题,让学生将实际较简单的物理情景能够应用所熟悉的物理模型去解决问题,培养学生知识迁移、模型应用的能力.通过受力分析、物理模型迁移、力的矢量三角形各边的变化,分析出力的变化.但需要注意的是,本题在基本模型拓展延伸中,存在具有隐蔽性的易错点,即绳OA转过 75° 而不是 60° ,死记常规模型结论容易出错.

3.2 数理结合 发散思维

变式2:如图5所示,竖直平面内的V形装置由两块光滑的挡板制成, $\angle AOB$ 恒为 60° ,装置内有一个小球.此时OB板处于竖直状态,将其以O为轴在竖直平面内沿顺时针方向缓慢转动,在转至OA处于竖直状态的过程中()

- A. OA板对球的支持力先增大后减小
- B. OA板对球的支持力一直减小
- C. OB板对球的支持力先减小后增大
- D. OB板对球的支持力一直增大

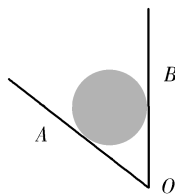


图5 变式2题图

解析:如图6所示,对小球受力分析,V形装置夹角恒为 60° ,则两板对球的支持力的夹角恒为 120° .因为装置是缓慢转动的,所以3力构成的矢量三角形动态平衡,为此可构建以力 F_A 的大小为直径的圆,在转动中弦 mg 保持不变,所以OB板对球的支持力 F_B 在增大,OA板对球的支持力 F_A 在减小,故选项B,D正确.

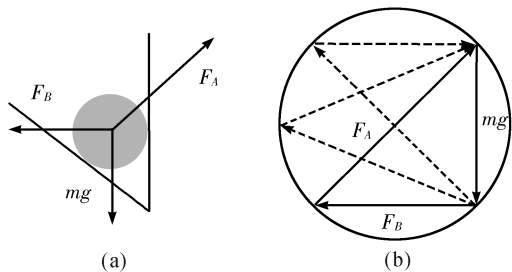


图6 变式2受力分析和3力矢量三角形

评析:本题是动态平衡问题的进一步拓展,进一步让学生将实际较复杂的物理情景能够较快地运用熟悉的物理模型去解决问题,培养学生数理结合、发散思维的能力.由V形装置的夹角不变迁移到两挡板弹力的方向不变,创设此物理情境,变式训练,可以帮助学生提高数理结合的能力.

3.3 应用延伸 拓展思维

变式3:如图7所示为一玩具,在竖直平面内以O点为圆心的四分之一光滑圆弧轨道上有一小球.挡板OM沿光滑圆弧轨道以圆心O点为转轴,顺时针方向从竖直位置推着小球缓慢地转动到水平位置过程中()

- A. 挡板对球弹力和球重力的合力逐渐增大
- B. 挡板对球弹力和球重力的合力逐渐减小
- C. 圆弧对球弹力和球重力的合力先增大后减小
- D. 圆弧对球弹力和球重力的合力先减小后增大

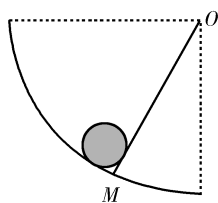


图7 变式3题图

解析:如图8所示,以小球为研究对象,受力分析,3力构成的矢量三角形动态平衡,在几何圆中重力为圆中的固定弦,挡板和圆弧对球的支持力垂直于接触面,力 F_1 与 F_2 之间的夹角是直角,弦比较特殊,是直径.在小球沿着圆弧被挡板推动缓慢移动过程中,挡板对球的支持力变大,圆弧对球的支持力变小.挡板对球的支持力和球重力的合力为圆弧对球的支持力,圆弧对球的支持力变小;圆弧对球的弹力和球重力的合力为挡板对球的支持力,挡板对球的支持力变大,故选项B正确.

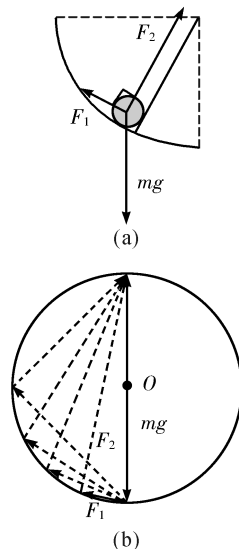


图8 变式3受力分析和3力矢量三角形

评析:本题是一道考查学生推理能力和分析综合能力的好题,进一步让学生将实际综合性的物理情景灵活的用熟悉的物理模型去解决问题,应用延伸变式,拓展学生思维能力.解题的关键是画出力的矢量三角形,对球受力分析知,挡板对球的支持力和圆弧轨道对球的支持力夹角为直角且在缓慢移动过程中保持不变,在几何圆中,固定弦是圆的直径,比较特殊.变式训练使学生思维飞跃,效率提高.

4 结论

多视角分析动态平衡问题,通过变式分析,在不同情境下激发学生的科学思维能力,教师对所学物理模型进行总结和迁移,开展“一题多变”训练,激发学生学习兴趣,增强知识获得感和拓宽学生物理视野.物体在3个力作用下处于动态平衡,如果一个力(一般是重力)保持不变,另外两个力的大小、方向都在变化,且这两个力的夹角保持不变时,常用等效圆周角不变法处理.在物理学科核心素养的视角下审视教学,本文运用等效圆周角不变法变式分析动态平衡问题,提高学生的问题解决能力,培养学生的科学思维能力.

参考文献

- 1 课程教材研究所.普通高中课程标准教科书 物理·必修1[M].北京:人民教育出版社,2010.71~73
- 2 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准[M].北京:人民教育出版社,2017.12~14
- 3 许冬保.2017年理综全国I卷第21题评析与教学启示[J].物理教师,2018,39(1):85~87
- 4 吕艳坤,吴潇.基于科学思维进阶的力学动态平衡变式分析[J].物理教学,2019,41(5):49~51