

探寻问题本质 规范解题思路

——关联速度之绳杆模型的解题三步骤

何咏志

(常州市龙城高级中学 江苏 常州 313003)

(收稿日期:2022-03-11)

摘要:高中物理学习过程中,在学习运动的合成与分解时,教师和学生都会遇到一些经典的关联速度问题.学生解决此类问题时也常常出错,教师的讲解往往看似合理,实质还是有背逻辑思维.文章分析了关联速度中的经典模型:绳模型和杆模型,探讨了问题背后的逻辑本质,为学生提供了可参考的解题思路和步骤,帮助学生理解和解决此类问题.

关键词:关联速度 绳模型 杆模型

“关联速度”一般指两个或多个物体通过某种形式连接在一起后形成的速度问题^[1],学生在生活中很难接触这类问题的实际生活情境,使得这类问题具有很强的抽象性,是学生学习过程中的一个难点所在.

“关联速度”的本质是速度的合成与分解,在更大的概念上是属于运动的合成与分解,本文从最基础的概念本质出发,探寻解决这类问题的思维脉络;任何物理问题的研究必须明确研究对象,故第一个步骤为研究对象的选取;该类问题的本质为运动的合成与分解,故第二个步骤为明确研究对象的合运动与分运动;不同的情境具有不同的限定条件,故第三个步骤是挖掘特定情境中的限定条件.

1 研究对象的选取

“关联速度”类问题必定涉及多个物体,那么,对于哪个物体进行研究就是首先需要解决的问题,而且正确的选取研究对象是顺利解决该类问题的先决条件;如图1所示,人通过绕过定滑轮的轻绳拉动重物的情境,若选取的研究对象是重物,显然难以解决问题.

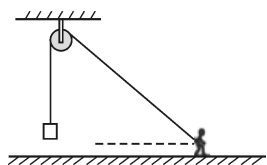


图1 人拉物

2 明确合运动与分运动的方向

在该步骤中,我们又可以将其分解为两个小步骤进行讨论:

- (1) 合运动和分运动的区分;
- (2) 明确分运动的性质.

2.1 合运动和分运动的区分

在实际的教学活动中,笔者经常发现学生选择错误的速度分解,如图2所示,许多学生选择将沿绳方向的速度进行分解.探究错误背后的原因,学生不能够正确地判断哪一个速度是合运动的速度,哪一个速度是分运动的速度.这里帮助学生进行判断的方法是合运动一定对应物体的实际运动,即合速度对应物体的实际速度.

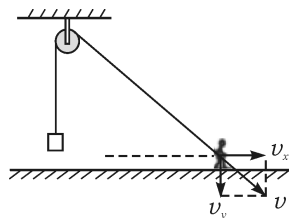


图2 对沿绳方向的速度分解

依然以该情境为例,因为人的实际速度方向为水平方向,所以合速度方向水平,故我们应该将水平方向的速度分解.

教学建议:学生对于合运动以及合速度等相关概念理解不到位是导致这个错误的原因,所以在平时教学中需要加强学生对基础概念的理解和掌握.

2.2 明确分运动的性质

(1) 理论探究

关联问题是高中教学的难点,绳拉小船问题最为典型,学生往往难以确定分解的对象以及分速度的方向,且在教学中教师往往难以提供严密的逻辑推理,使得学生难以理解和接受^[2];笔者认为造成该教学难点的原因是高中讨论的关联类问题往往涉及转动问题,如图3所示,人在向右运动的过程中,人与定滑轮的连线是在做逆时针转动。

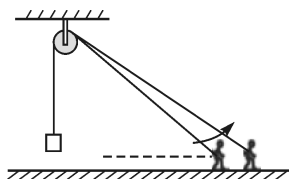


图3 绳的转动方向

在平时教学中教师又往往忽视转动类问题的讲解,进而导致学生对转动问题理解不到位,那么对于学生能力要求更高的知识点应用自然是难上加难了,故我们在进行关联速度类问题教学之前需要完成转动类问题的讲授,增加教学梯度,降低思维难度。

在运动的合成与分解视角下看转动问题,又可将其分为3种不同的运动的合成与分解类型,即圆周运动、离心运动和向心运动。

如图4所示,若物体的实际速度始终与半径垂直,则为圆周运动。

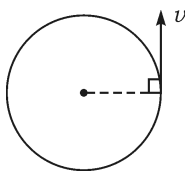


图4 圆周运动

如图5所示,若物体的实际速度与半径成钝角,即物体逐渐远离圆心,则为离心运动。

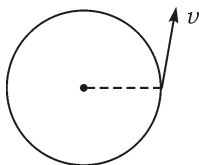


图5 离心运动

从运动的合成视角看离心运动,离心运动为垂直半径方向的运动与沿半径方向上(背离圆心)运动的合成,如图6所示;垂直半径方向的速度提供转动的效果,沿半径方向上(背离圆心)的速度提供远

离圆心的效果。

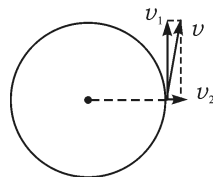


图6 离心运动的分解

如图7所示,若物体的实际速度与半径成锐角,即物体逐渐靠近圆心,则为向心运动。

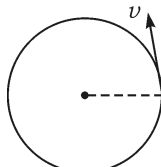


图7 向心运动

从运动的合成视角看向心运动,向心运动为垂直半径方向的运动与沿半径方向(指向圆心)上运动的合成,如图8所示;垂直半径方向的速度提供转动的效果,沿半径方向上(指向圆心)的速度提供靠近圆心的效果。

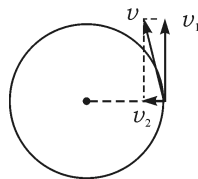


图8 向心运动的分解

(2) 理论应用

在图1所示的情境中,人若水平向右运动,从转动的视角看,人与定滑轮的连线在逆时针转动且人逐渐远离圆心(定滑轮),即人的运动可以看成是以定滑轮为圆心的离心运动;在运动的合成与分解的视角下,可以将人的运动分解为沿半径方向(即人与定滑轮的连线方向)和垂直半径方向(即垂直于人与定滑轮的连线方向),如图9所示。

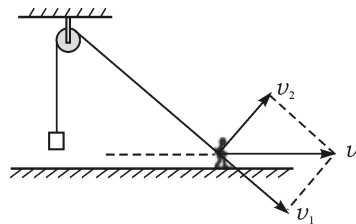


图9 对人的实际速度分解

3 挖掘特定情境中的特定条件——关联速度

“关联速度”是指两个或多个物体连接后的速度关联问题,在特定情境中找出两个物体的速度关

联的数学关系是解决该类问题的关键;物体的连接方式一般分为绳连接和杆连接两种方式,不同的连接方式就产生了不同的关联特征.

3.1 绳连接

相较于杆连接模型,绳连接模型的情况更为复杂;我们需要区分绳绕过的滑轮(或滑轮组)是定滑轮还是动滑轮,不同的滑轮对应的情况是不一样的,我们将分别讨论.

(1) 定滑轮

依据定滑轮的特性,在绳上任意位置沿绳方向上的速度大小相等,即沿绳方向的速度为关联速度.

【例1】如图10所示,人在岸上拉船,已知船的质量为 m ,当轻绳与水面的夹角为 θ 时,船的速度为 v ,则此时人拉绳行走的速度是多大?

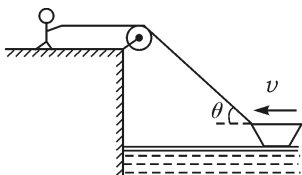


图10 人拉船

解题分析:以船为研究对象,船的运动可以看成是以定滑轮为圆心的向心运动,故可将小船的实际速度分解为沿绳方向和垂直绳方向,如图11所示.

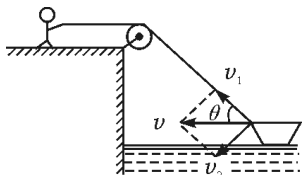


图11 对船的实际速度分解

由几何关系可知

$$v_1 = v \cos \theta$$

因沿着绳方向的速度为关联速度,所以

$$v_A = v_1 = v \cos \theta$$

(2) 动滑轮

涉及动滑轮的问题较为复杂,依据动滑轮的特性,绳上不同位置的速度并不相同,故定滑轮的相关定律不能直接套用.

【例2】如图12所示,物体A置于水平面上,A前端固定一滑轮B,高台上有一定滑轮D,一根轻绳一端固定在C点,再绕过B和D,BC段水平,当以恒定水平速度 v 拉绳上的自由端时,A沿水平面前进,求当跨过B的两段绳子的夹角为 α 时,A的运动速度?

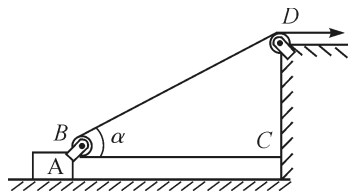


图12 动滑轮模型图

解题分析:物体A相对于定滑轮D在做向心运动,如图13所示,对物体A的实际速度分解,故在绳BD方向上的速度为

$$v_1 = v_A \cos \alpha$$

又因为物体在运动过程中相对于绳BC方向上的速度为 v_A ;所以绳自由端与物体的关联速度方程为

$$v = v_A + v_A \cos \alpha$$

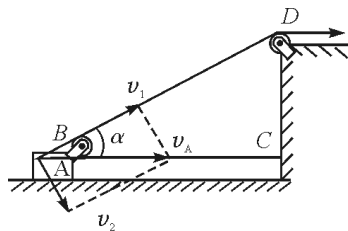


图13 动滑轮的运动分解

3.2 杆连接

在高中学习阶段,杆通常指的是轻杆模型,即忽略杆的质量以及杆的形变;由于杆的长度不可以伸长也不可以缩短,故杆上的任意位置沿杆方向上的速度大小始终相等,即沿杆方向的速度即为关联速度.

【例3】如图14所示,当放在墙角的均匀直杆A端靠在竖直墙上,B端放在水平地面,当滑到图示位置时(α 已知),B点速度为 v ,则A点速度是多大?

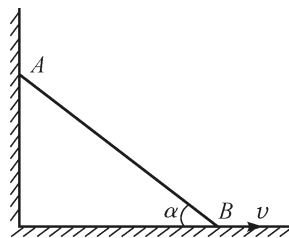


图14 杆模型

解题分析:如图15所示,直杆下滑的过程可看成一个转动的过程,即A和B两点分别围绕杆上的某一个点做向心运动和离心运动;我们分别按照向心运动和离心运动的思路对A点和B点的实际速度分解,如图16所示.

(下转第93页)

图展示.沪科版高一下册未配置任何插图.

在新版本教材中,仅有1个版本的教材将“分子间的作用力”作为单独的一节呈现,其余4个版本将其作为“分子动理论”一节中的部分内容.在文字描述部分,5个版本教材均突出“合力随距离的变化”,不再讨论“斥力和引力具体的变化”,也不讨论“斥力和引力变化得快慢”.在插图部分,人教版选择性必修3和教科版选择性必修3仅呈现合力的图线.粤教版选择性必修3、鲁科版选择性必修3和沪科版选择性必修3中将斥力图线、引力图线、合力图线三者同时呈现.

3.2 纵向变化

首先,新教材修正了隐蔽错误.旧版本教材中“斥力始终变化得比引力快”这一错误观点被彻底删除.

其次,新教材优化了主题结构.“分子动理论”这一大主题是核心,“分子间的作用力”是大主题下的小主题.这样的设计从宏观走向微观,层次清晰,有利于学生形成对“分子动理论”的整体性认识.

最后,新教材突出了重点知识.课程标准对本节的内容要求是“了解分子动理论的基本观点和相应的实验证据.”^[2]新教材删除了斥力引力的变化规

律,强调合力的变化规律,精简了知识内容,符合课程标准的要求.

3.3 教学方向

结合课程标准和教材变化,笔者认为,分子间的斥力和引力不是核心知识,学习分子间作用力的意义是推理出分子势能的变化,进而引出内能和热力学定律,从微观到宏观,为能量观的培育搭梯架桥.在新教材的教学中,建议淡化“斥力和引力的变化”,突出“合力的变化”.命制试题时也应避免涉及“斥力引力变化得快慢”这类超出课程标准要求的试题.

4 结束语

2021年是江西省进入“新课标,新教材,新高考”的第一年.在新旧交替的转折点,教师应该关注课标、教材的变化,准确捕捉教学重点,更好地提升教学质量,将核心素养的培育落到实处.

参考文献

- 1 陈野.“快”不如“多”——谈分子斥力和分子引力的变化[J].物理教师,2017(11):53~55
- 2 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准[S].北京:人民教育出版社,2020.5

(上接第88页)

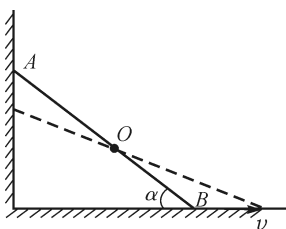


图15 杆的转动

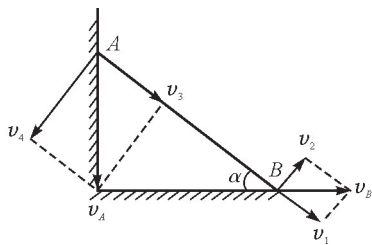


图16 杆两端点的运动分解

因为在运动过程中杆的长度不变,所以沿着杆的方向上速度相等,即

$$v_1 = v_3$$

又因为

$$v_3 = v_A \sin \alpha \quad v_1 = v_B \cos \alpha$$

$$v_B = v$$

所以

$$v_A = \frac{v}{\tan \alpha}$$

参考文献

- 1 魏文超.如何将“关联速度”问题讲得通俗易懂[J].高中数理化,2014(13):91
- 2 陈钢,陶洪.关于速度分解的逻辑分析[J].物理通报,2015,34(11):28~30