



单摆教学新探

明善文

(西南石油大学理学院 四川 成都 610500)

谢泽坤

(四川南充高中 四川 南充 637000)

(收稿日期:2019-08-25)

摘要:以单摆教学为例,探索如何用自学材料唤醒并优化学生已有知识,如何用学习材料和演示实验引导学生思考问题、发现问题和解决问题,以实现知识和能力同步协调发展.

关键词:自学材料 单摆 激活

学生现有认知经验和教学目标之间的部分是教学设计的着力点,教师通过穿针引线,牵线搭桥,引导并帮助学生达成对知识的理解.在这过程中,虽然不同的教师做法不同,但下面3点常常是优秀教师具有的共同特征.

第一,调动学生的主动性,使学生积极参与到学习活动中来.

第二,唤醒并帮助学生不断优化、拓展已有知识和认知经验,提升学生的思维能力.

第三,为学生提供发现或创新的机会.

如何实现上述三者和谐统一,从而提高教学效率,下面以单摆教学为例来说明.教学过程,以最大摆角 θ_0 的变化为线索,以自学材料和实验为载体,向学生展现物理学上一类重要现象:当某物理量变化到一定程度时,会引起物理规律发生质的飞跃.让学生用科学研究的思维方式学习知识,在获取知识的过程中培养科学素养.

1 优化认知结构 形成知识最近发展区

首先让学生自学下面3段材料,在自学过程中,

像[J].大学物理,2018,37(02):26~28

7 同济大学应用数学系.高等数学(上册)(第5版)[M].北京:高等教育出版社,2002.170,172

8 赵凯华,钟锡华.光学(上册)[M].北京:北京大学出版社,1984.49

The Relationship between Aplanatic Refracting Surfaces and Paraxial Imaging Sphere Surfaces

Xing Rong Wu Liangcheng

(Department of Physics, College of Science, Hunan University of Science and Engineering, Yongzhou, Hunan 425199)

Abstract: The equation of aplanatic refracting surfaces is obtained by using Fermat's principle. Then, the expression of curvature radii of aplanatic refracting surfaces at vertices is deduced. The curvature radii expression is identical to the paraxial imaging equation of spherical surfaces. By analysing the curvature radii expression, the conclusion can be drawn that a spherical surface for paraxial imaging is an approximations to all of the aplanatic refracting surfaces which have the curvature radii at vertices euqal to the radii of the spherical surface, and are tangent with the spherical surface at vertices.

Key words: Fermat's principle; aplanatic points; aplanatic refracting surfaces; paraxial imaging

教师指导点拨中差学生学习.

材料一:如图 1 所示,摆线长为 l ,小球(半径忽略不计)从偏离竖直方向 θ_0 处静止释放,摆到与竖直方向成角 θ 时,速度大小为 v ,则由机械能守恒有

$$mg(l\cos\theta - l\cos\theta_0) = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{2gl(\cos\theta - \cos\theta_0)}$$

角速度
$$\omega = \frac{v}{l} = \sqrt{\frac{2g(\cos\theta - \cos\theta_0)}{l}}$$

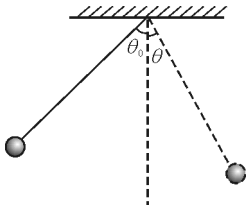


图 1 材料 1 示意图

由上式不难看出:

(1) 小球来回摆动一次的平均角速度 $\bar{\omega} \propto \sqrt{\frac{g}{l}}$;

表 1 不同摆角的相应数据

角度值 / (°)	1	2	3	4	5	6	30
弧度值	0.017 45	0.034 91	0.052 36	0.069 81	0.087 27	0.104 72	0.523 6
正弦值	0.017 45	0.034 90	0.052 34	0.069 76	0.087 16	0.104 53	0.5
差 值	0	0.000 01	0.000 02	0.000 05	0.000 11	0.000 19	0.023 6
相对差 / %	0	0.028	0.038	0.072	0.126	0.182	0.472

由表 1 容易看出:角越小,角的弧度值与其正弦值相差越小.

当单摆的摆角小于 5° 时,可作以下近似处理:

- (1) $\sin\theta \approx \theta$;
- (2) 摆球的轨迹可看作直线,如图 3 所示.

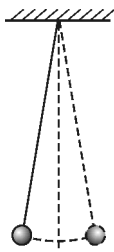


图 3 摆角小于 5° 的近似处理

这 3 则材料的学习难度并不大,也不涉及新知识.把它们集中在一起,是为了优化学生发现、理解单摆相关知识的基础和背景,产生 $1+1>2$ 的效果.学生通过自学这 3 则材料,激活他们已有的知识,优化他们的认知结构,帮助建立思维制高点,形

(2) 摆动周期 $T \propto \sqrt{\frac{l}{g}}$,与摆角 θ_0 有关,与小球质量无关.

材料二:如图 2 所示,小球摆动过程中, x 方向的合力

$$F_x = -mg\sin\theta$$

y 方向的合力

$$F_y = T - mg\cos\theta$$

其中 F_y 改变速度的方向, F_x 改变速度的大小.

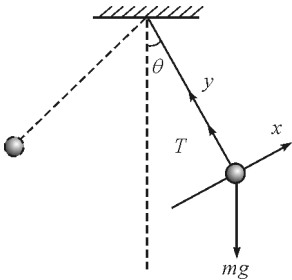


图 2 材料 2 示意图

材料三:观察表 1,看看有什么特点.

成产生新知识的源头和依托,即形成知识的最近发展区.

2 检查学生对材料自学的质量

- (1) 从哪里看出平均角速度 $\bar{\omega} \propto \sqrt{\frac{g}{l}}$ 的?
- (2) 说出周期与摆角 θ_0 有关,与小球质量无关的理由.
- (3) 说说 F_y 改变速度的方向, F_x 改变速度的大小的原因.
- (4) 你认为 F_x 和 F_y 中哪个与周期有关?

在确认学生已经理解前面 3 段自学材料后,教师根据图 1 定义什么叫单摆.

3 实验演示 发现问题

实验演示一:相同摆长,摆角 θ_0 不同的单摆,周期不同.(印证材料一中的结论,即周期与最大摆角

θ_0 有关)

实验演示二:当摆角 θ_0 小到一定程度时,发现单摆周期变得与摆角 θ_0 无关了。(引出认知冲突)

4 探索发现

根据实验现象,引导学生思考:当摆角 θ_0 小到一定程度时,摆球周期的特性发生了突变,变得与 θ_0 无关了,你认为是什么原因引起的?

由“材料二”和“材料三”不难想到:当摆角小到一定程度时可能是 F_x 中的 $\sin \theta$ 特性发生突变引起的,即变为 $\sin \theta \approx \theta$ 了. $\sin \theta$ 特性的突变,会引起 F_x 的特性突变,然后传递给速度和周期.

教学过程从最开始到这里,教师做的所有工作,都意在帮助学生拓展和优化认知结构.至此,学生获取新知识的时机成熟.

5 学习并讨论“材料四”获得新知识

材料四:根据前面的学习和研究可以得出下面结论和推理.

(1) 单摆的回复力就是材料二中的 F_x .

(2) 当摆角小于 5° 时

$$F_x = -mg \sin \theta \approx -mg \theta = -mg \frac{x}{l}$$

由此有,当摆角小于 5° 时:

1) 单摆的振动可看作简谐振动.

2) 周期

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\frac{mg}{l}}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

周期与 θ_0 无关.

对上述材料的讨论,主要放在3点上.第一,回复力为什么是 F_x ? 第二,(2)中 $\theta = \frac{x}{l}$ 是怎样来的? 第三,为什么 $k = \frac{mg}{l}$? 其他内容一般说来学生都能理解.

6 利用“材料一”弄清单摆与复摆的区别

教师作简单说明:由于复摆(图4)不能当质点处理,所以“材料一”中动能公式不适用了.复摆转动点的力一般不沿质心与转动点的连线方向,所以复摆中的 F_x 与材料二中的 F_x 表达式也不同.因此,单摆的周期公式不能用于复摆.



图4 复摆

7 课后延伸

材料五:单摆属于一维转动问题,利用力矩来研究更能看清问题的本质.如图5所示,摆线张力对O点的力矩为零,所以单摆对O点的合力矩 M 等于重力的力矩,即 $M = -mgl \sin \theta$,负号表示力矩方向与 θ 方向相反.当 θ 小于 5° 时, $M = -mgl \theta$.式中 M 与 θ 的关系,恰似简谐振动回复力 F 与 x 的关系.

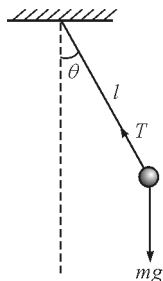


图5 用力矩分析单摆

根据转动定律

$$M = J\beta$$

$$\beta = \frac{M}{J} = -\frac{mgl\theta}{m l^2} = -\frac{g}{l}\theta \quad (1)$$

简谐振动加速度

$$a = \frac{F}{m} = -\frac{k}{m}x \quad (2)$$

由此不难看出,单摆角加速度 β 与 θ 的关系,与简谐振动加速度 a 与 x 的关系也相似.这就意味着:单摆摆角的变化周期(即振动周期)公式与简谐振动的周期公式在推导方法上相似.

对简谐振动由式(2)有

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

同样对于单摆由式(1)有

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{l}}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

把“材料五”提供给学有余力的学生课后学习,借此引导学生向课外深度学习.