

# 物理习题教学六要\*

尹明德

(秦安县第一中学 甘肃 天水 741600)

(收稿日期:2017-08-18)

**摘要:**“习题教学”,其重要性不言而喻,而力学和电学两大块知识是高中物理教学的主干内容,有“电学搭台,力学唱戏”之说的静电学、磁场和电磁感应知识完全是力学知识在新情境中的再现!撰文将以力、电实际问题为例浅析解题要领,以引起对“习题教学”的反思和讨论,从而提高习题教学效益.

**关键词:**过程 规律 隐含 联系 数理并举 思维迁移

中学物理的主干知识是力学和电学,而一些“电学搭台”问题,往往是“力学唱戏”,所以学好力学是学好中学物理的关键,解决力电综合性问题是离不开受力分析、运动分析和能量分析的,教学实践中引导学生有意识地进行这3个分析,无疑是提高教学效益的有效途径.

## 1 探明过程 规律先行

仔细认真的读题、品题及看图,思想题中每一句话、每一个关键词的意义,在头脑中形成清晰的物理过程情景是成功解题的第一步;根据情景来选择物理规律进行分析运算是第二步;反思总结解题过程是第三步.题不在多,而在通透、感悟和迁移.

**【例1】**一根质量分布均匀的长绳AB,在水平外力F的作用下,沿光滑水平面做直线运动,如图1(a)所示,绳内距A端x处的张力 $F_T$ 与x的关系如图1(b)所示,由图可知( )

- A. 水平外力  $F = 6 \text{ N}$
- B. 绳子的质量  $m = 3 \text{ kg}$
- C. 绳的长度  $l = 3 \text{ m}$
- D. 绳子的加速度  $a = 2 \text{ m/s}^2$

**分析:**本题显然是连接体问题,用牛顿第二定律

来解,难点是对“图1(b)”的理解,弄透本题,有助于学生将方法迁移到其他连接体问题.

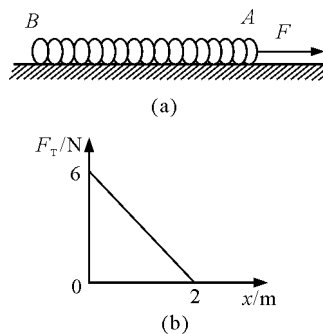


图1 例1题图

**解:**对绳子整体

$$F = ma$$

对绳子后段( $l-x$ )其质量为

$$m_1 = \frac{m}{l}(l-x)$$

式中 $\frac{m}{l}$ 叫绳子的线密度

$$F_T = m_1 a$$

联立得

$$F_T = F - \frac{F}{l}x$$

这个函数表达式和图1(b)比较易知 $x=0$ 时,有

\* 甘肃省教育科学“十二五”规划“陇原名师”专项课题“高中物理课堂教学本质规律的研究”成果之一,课题批准号:GSGB[2015]MSZX007

$$F = 6 \text{ N}$$

选项 A 正确;由斜率

$$\frac{F}{l} = \frac{(6-0) \text{ N}}{(2-0) \text{ m}} = 3 \text{ N/m}$$

或由  $x = 2 \text{ m}$ ,  $F_T = 0$ , 得

$$l = 2 \text{ m}$$

选项 C 错误. 由  $F = ma$  知, 在仅知  $F$ ,  $m$  未知时,  $a$  无法求出, 选项 D 不能确定, 本题只选 A.

## 2 挖掘隐含 找准联系

动态分析问题是物理学中非常典型的一类问题, “动中有静, 动中有变” 或 “牵一发而动全身” 是其重要特点, “变量和不变量” 是这类问题中 “深藏不露” 的, 需要 “瞻前顾后” 找准状态与过程的关联.

**【例 2】** 如图 2 所示, 竖立在水平面上的轻弹簧, 下端固定, 将一个金属球放在弹簧顶端 (球与弹簧不连接). 用力向下压球使弹簧压缩, 并用细线把小球和地面拴牵. 烧断细线后, 发现球被弹起且脱离弹簧后还能继续向上运动. 那么该球从细线被烧断到刚脱离弹簧的运动过程中, 下列说法正确的是 ( )

- A. 弹簧的弹性势能先减小后增大
- B. 球刚脱离弹簧时动能最大
- C. 球在最低点所受的弹力等于重力
- D. 在某一阶段内, 小球的动能减小而小球的机械能增加.

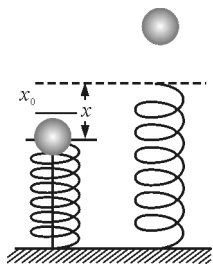


图 2 例 2 题图

**分析:** 在外力下压小球, 弹簧的压缩量要比只有重力时大, 烧断细线的瞬间隐含着 “速度为零而加速度最大”, “速度最大隐含着加速度为零”, 小球先做变加速、后做变减速、再后做竖起上抛运动, 要理解机械能概念和其守恒、增加、减少的原理.

**解:** 无外力下压, 小球靠自身重力作用到平衡位置  $x_0$ , 有

$$\kappa x_0 = mg$$

$$x_0 = \frac{mg}{\kappa}$$

有外力时, 小球在最低点不拴绳时, 有

$$F + mg = \kappa x$$

拴绳时, 有

$$F_T + mg = \kappa x$$

显然, 有

$$F = F_T$$

$$x = \frac{F + mg}{\kappa} > x_0$$

所以, 选项 C 错误;

当弹簧对小球的弹力为零时, 弹簧回到原长, 小球脱离弹簧, 故从细线剪断至小球刚脱离弹簧的过程中, 小球向上运动, 弹力一直做正功、弹簧的弹性势能一直减小, 选项 A 错误; 在平衡位置以下, 即当  $x > x_0$  时, 有

$$a = \frac{\kappa x - mg}{m}$$

方向向上,  $x$  减小,  $a$  减小, 而  $v$  增大; 在平衡位置以上, 即当  $x < x_0$  时, 有

$$a = \frac{mg - \kappa x}{m}$$

方向向下,  $x$  减小,  $a$  增大, 而  $v$  减小, 故速度、动能最大的位置在  $x = x_0$  处, 选项 B 错误; 在  $x < x_0$  的阶段, 小球的动能减小, 但弹力对它所做的功却增加小球的机械能, 故选项 D 正确, 题述过程中对小球、弹簧和地球这个系统来说, 机械能是守恒的; 当小球脱离弹簧后, 小球 (含地球) 的机械能守恒.

## 3 多方综合 以一敌十

对于多个物体组成的问题, 首先要弄清各物体所处的状态, 或某一物体的运动过程; 其次是要弄清物体相互间是通过什么物理量来关联的; 再者要找出问题的临界点; 要把问题彻底弄通才能使所解的题起到 “以一敌十” 的作用.

**【例3】**如图3所示,一根不可伸长的轻绳两端分别系着小球A和物块B,跨过固定于斜面体顶端的小滑轮O.倾角为 $\theta=30^\circ$ 的斜面体置于水平地面上,A的质量为 $m$ ,B的质量为 $4m$ .开始时,用手托住A,使OA段绳恰好处于水平伸直状态(绳中无拉力),OB绳平行于斜面,此时B静止不动.将A由静止释放,在其下摆过程中,斜面体始终保持静止,下列判断中正确的是( )

- A. 物块B受到的摩擦力先减小后增大  
 B. 地面对斜面体的摩擦力方向一直向右  
 C. 小球A的机械能守恒  
 D. 小球A的机械能不守恒,A,B系统的机械能守恒

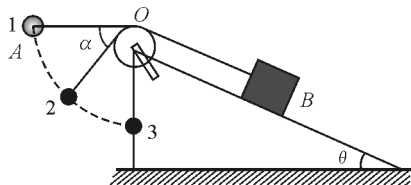


图3 例3题图

**分析:**斜面、物块B处于平衡状态,小球A做变速圆周运动,细绳连接着两物体;物块B所受静摩擦力为零是隐含的“临界状态”,假设、判断,隔离、整体是解题方法.

**解:**开始时物块B处于平衡状态,应有

$$f = 4mg \sin \theta = 2mg \quad (1)$$

可见最大静摩擦力满足

$$f_m \geq 2mg \quad (2)$$

受力分析如图4所示.

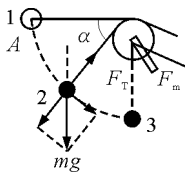


图4 例3受力分析

当小球下摆 $\alpha$ 角(2位置处)的过程中,假设物块B不动,即悬挂小球的轻绳悬点不动!对小球有

$$F_T - mg \sin \alpha = m \frac{v^2}{l} \quad (3)$$

$$mgl \sin \alpha = \frac{1}{2} mv^2 \quad (4)$$

联立可得

$$F_T = 3mg \sin \alpha \quad (5)$$

$$\text{当 } F_T = 4mg \sin \theta = 2mg \quad (6)$$

时B物块所受的静摩擦力为零!由式(5)、(6)得

$$\sin \alpha = \frac{2}{3} \quad (7)$$

显然A在1~2过程中,物块B所受的静摩擦力沿斜面向上,在减小;至3位置,绳上的拉力达到最大值,由式(5)知 $\sin \alpha = 1$ 时

$$F_m = 3mg \quad (8)$$

这时物块B所受的沿斜面向下的静摩擦力满足

$$4mg \sin \theta + f = F_m \quad (9)$$

即

$$f = mg < f_m \quad (10)$$

物块B不动的假设成立!选项C正确,且知2~3的过程中,物块B受的静摩擦力在增大,选项A正确;

对斜面体(含滑轮)和B整体:地面对斜面体的静摩擦力满足 $f_{\text{地静}} = F_T \cos \alpha$ ,起始时 $F_T = 0$ ,末了时 $\cos \alpha = 0$ ,故向右的 $f_{\text{地静}}$ 先增大后减小,选项B正确;因 $F_T$ 对球A不做功,A的机械能守恒,故选项D错误;本题选择A,B,C.

若把球A,斜面(含滑轮,设质量为 $M$ )、物B及细绳当成整体,用质点系的牛顿第二定律得

$$N_{\text{地}} - (mg + 4mg + Mg) =$$

$$m \frac{v^2}{l} \sin \alpha = 2mg \sin^2 \alpha$$

$$f_{\text{地}} = m \frac{v^2}{l} \cos \alpha = mg \sin 2\alpha$$

当 $\alpha$ 增大时,地面对斜面的支持力增大,当 $\alpha = 45^\circ$ 时, $f_{\text{地}}$ 最大.

#### 4 数理并举 思维迁移

物理题常要根据物理规律把它简化成数学问题,数学分析是对问题的深入探究,数理并举是学好物理的必备条件,思维迁移是融会贯通的思维嫁接.

**【例4】**如图5所示,一根不可伸长的轻绳两端

各系一个小球  $a$  和  $b$ , 跨在两根固定在同一高度的光滑水平细杆上, 质量为  $3m$  的球  $a$  置于地面上, 质量为  $m$  的球  $b$  从水平位置静止释放. 当球  $a$  对地面压力刚好为零时, 球  $b$  摆过的角度为  $\theta$ . 下列结论正确的是( )

A.  $\theta = 90^\circ$

B.  $\theta = 45^\circ$

C. 球  $b$  摆动到最低点的过程中, 重力对小球做功的功率先增大后减小

D. 球  $b$  摆动到最低点的过程中, 重力对小球做功的功率先一直增大

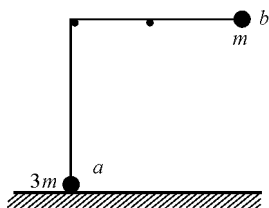


图5 例4题图

**解析:** 假设小球  $a$  不动, 则小球  $b$  绕着  $O$  点做竖直面内的变速圆周运动, 如图6所示.

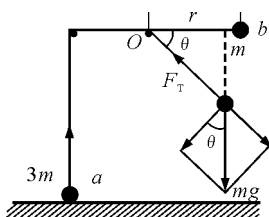


图6

小球做变速圆周运动的半径为  $r$  (定值), 当摆角为  $\theta$  时, 其速度为  $v$ , 绳拉球  $a$  和  $b$  的力为  $F_T$ , 对球  $b$  有

由机械能守恒, 有

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgr \sin \theta$$

$$v = \sqrt{2gr \sin \theta} \quad (11)$$

由牛顿第二定律的瞬时性, 有

$$F_T - mg \sin \theta = m \frac{v^2}{r} \quad (12)$$

由式(11)、(12)得

$$F_T = 3mg \sin \theta \quad (13)$$

对球  $a$  有

$$F_T + F_N = 3mg \quad (14)$$

离地时有

$$F_N = 0 \quad F_T = 3mg \quad (15)$$

由式(13)、(15)得

$$\sin \theta = 1 \quad \theta = 90^\circ$$

选项 A 正确, 同时说明假设成立.

要探究重力的功率变化, 因为

$$P_G = mgv_y \quad (16)$$

(1) 用极端法. 小球  $b$  在水平位置  $v_{初} = 0$

$$v_{初x} = 0 \quad v_{初y} = 0 \quad (17)$$

当摆到  $\theta = 90^\circ$  的竖直位置时, 由式(11)知

$$v_{末x \max} = \sqrt{2gr}$$

而

$$v_{末y} = 0 \quad (18)$$

由式(17)、(18)知, 球  $b$  在运动途中某处必有  $v_{y \max}$ ,

由式(16)知, 选项 C 是正确的.

(2) 用“数理结合”法. 把小球  $b$  的受力和速度沿水平方向和竖直方向分解, 如图7所示.

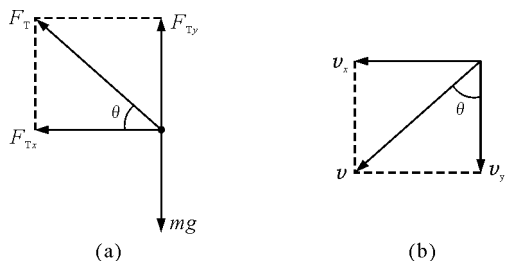


图7 力和速度的分解

则

$$F_{y \hat{=}} = F_T \sin \theta - mg \quad v_y = v \cos \theta \quad (19)$$

$$\text{当 } F_{y \hat{=}} = 0 \quad F_T \sin \theta = mg \quad (20)$$

$y$  方向的加速度  $a_y = 0$ , 此时有  $v_{y \max}$ , 由式(13)、(20)得

$$\sin \theta = \frac{\sqrt{3}}{3} \quad \text{或} \quad \theta = \arcsin \frac{\sqrt{3}}{3}$$

此处

$$v_{y \max} = \sqrt{2gr \sin \theta} \cos \theta =$$

$$\sqrt{2gr \cdot \frac{\sqrt{3}}{3}} \cdot \frac{\sqrt{6}}{3} = \frac{2}{3} \sqrt{\sqrt{3} gr}$$

即重力的功率在此处也最大! 且

$$P_{G \max} = mgv_{y \max} = \frac{2}{3} mg \sqrt{\sqrt{3} gr}$$

(3) 如果由式(11)、(16)、(19)得

$$P_G = mg \cdot \sqrt{2gr \sin \theta} \cdot \cos \theta$$

令

$$y = \sqrt{\sin \theta} \cdot \cos \theta$$

则

$$y^4 = \frac{1}{2} \cdot 2 \sin^2 \theta \cdot \cos^2 \theta \cdot \cos^2 \theta$$

显然有

$$2 \sin^2 \theta + \cos^2 \theta + \cos^2 \theta = 2$$

利用数学中

$$\sqrt[n]{a_1 a_2 \cdots a_n} \leq \frac{a_1 + a_2 + \cdots + a_n}{n}$$

得

$$y^4 \leq \frac{1}{2} \left( \frac{2 \sin^2 \theta + \cos^2 \theta + \cos^2 \theta}{3} \right)^3 = \frac{4}{27}$$

$$y \leq \frac{\sqrt{2\sqrt{3}}}{3}$$

当  $2 \sin^2 \theta = \cos^2 \theta = 1 - \sin^2 \theta$ , 即  $\sin \theta = \frac{\sqrt{3}}{3}$  时

取等号, 结果同(2), 即数理结合法.

(4) 对  $y = \sqrt{\sin \theta} \cdot \cos \theta$  求导数得

$$\frac{dy}{d\theta} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\cos^2 \theta}{\sqrt{\sin \theta}} - \sqrt{\sin \theta} \sin \theta = \frac{1 - 3 \sin^2 \theta}{2\sqrt{\sin \theta}}$$

当  $\frac{dy}{d\theta} = 0$  时,  $\sin \theta = \frac{\sqrt{3}}{3}$ , 函数  $y$  有最大值.

## 5 体现思想 享受解题

物理题中大多渗透着物理思想方法, 如微元、累加(牛顿的微、积分, 或叫积零为整, 化整为零思想); “曲”化“直”或合成、分解的等效思想; 整体法、隔离法思想; “和谐对称”的思想……这些思想的集合, 体现着物理学的“美”, 体验“美”将会使师生的教与学活动充满内在的快乐, 也会激发思维的敏捷性.

**【例5】**如图8(a)所示, 电荷均匀分布在半球面上, 在这半球的中心  $O$  处电场强度等于  $E_0$ . 两个平面通过一条直径, 夹角为  $\alpha$  ( $\alpha < \frac{\pi}{2}$ ), 从半径中分出这一部分球面, 则剩余部分球面上(在“大瓣”上)的电荷(分布不变)在  $O$  处的电场强度是( )

A.  $E = E_0 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}$

B.  $E = E_0 \sin \alpha \cos \alpha$

C.  $E = E_0 \sin \frac{\alpha}{2}$

D.  $E = E_0 \cos \frac{\alpha}{2}$

**解:** 半球面带正电但不是点电荷, 利用微元、累加思想和球上分布电荷的对称性知: 半球面产生的电场强度  $E_0$  竖直向下, “小瓣”球产生的电场强度  $E_1$  斜向右下, 与水平方向夹角为  $\theta = \frac{\alpha}{2}$ , “大瓣”球产生的电场强度  $E_2$  斜向左下, 与竖直方向成  $\theta$  角, 且  $E_1 \perp E_2$  (二向垂直), 再利用等效思想知,  $E_0$  是  $E_1$  和  $E_2$  的合矢量, 故由图8(c)有

$$E_1 = E_0 \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$E_2 = E_0 \cos \frac{\alpha}{2}$$

可见选项 D 正确.

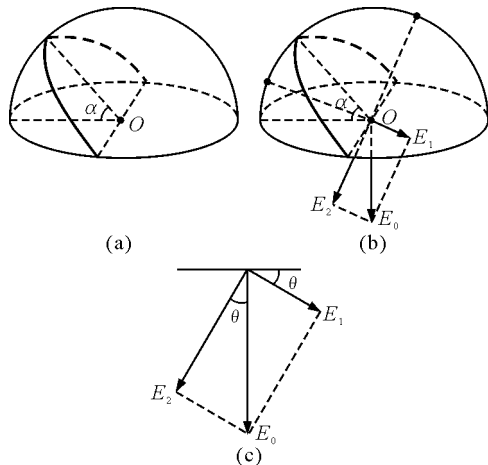


图8 例5题图

## 6 构建模型 显性思维

抽象的物理思维常要建立在显见的物理模型上, 解题时根据题设条件或图像通过联想常见物理模型、对比其异同, 画出粗略符合题设的物理模型(或把它呈现于头脑中), 使解题思路显性化、简单化、敏捷化, 从而准确、快速的得出解题结果.

(下转第72页)

## 3 总结

Tracker 软件的应用实现了物体运动规律的定量分析. 同时相较于原有动量守恒的验证实验, 可以提供碰撞过程中的运动情况, 使信息量大大增加. 不仅是动量守恒定律的研究, 学生可以随手拍摄出生活中物体运动的视频, 例如自由落体、圆周运动、平抛运动等. 用 Tracker 中进行运动分析, 研究其运动规律. 可以大大提高学生的观察能力、动手实践能力和创新精神.

另一方面在教学过程中教师所讲授的知识与学生在过程中认识到的知识是不等价的. 所以教师应该多多去关注学生对于知识的理解情况, 发现

他们在知识构建过程中遇到的问题, 并积极地解答这份疑问. 就像学生对动量守恒定律的验证实验会出现系统动量在碰撞过程中是否守恒的疑惑一样, 教师应该积极帮助学生去解答疑惑, 而不是得过且过.

## 参考文献

- 1 赵凯华, 罗蔚茵. 新概念物理教程力学. 北京: 高等教育出版社
- 2 赵凯华, 张维善. 新概念高中物理读本第一册. 北京: 人民教育出版社
- 3 高中物理课本选修 3-5. 北京: 人民教育出版社
- 4 高中物理课本选修 3-5. 广州: 广东教育出版社
- 5 何立平, 程敏熙. 用视频分析软件 Tracker 研究二维平面碰撞的动量守恒. 大学物理, 2015, 34(9): 31 ~ 34

(上接第 68 页)

**【例 6】**空间有一沿  $x$  轴对称分布的电场, 其电场强度  $E$  随  $x$  变化的图像如图 9(a) 所示, 下列说法正确的是( )

- A.  $O$  点电势最低
- B.  $x_1$  和  $x_3$  两点的电势相等
- C.  $x_2$  和  $-x_2$  两点的电势相等
- D.  $x_2$  点的电势低于  $x_3$  点的电势

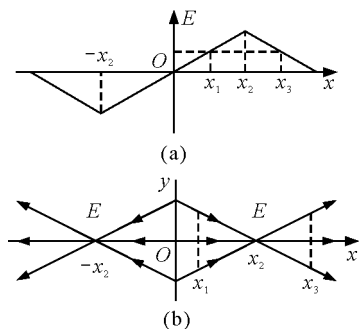


图 9 例 6 题图

**解:**

(1) 看懂图像, 即  $x$  负半轴, 负向电场强度由零均匀增加, 然后又均匀减小至零;  $x$  正半轴正向电场强度由零均匀增加, 然后又均匀减小至零;

(2) 构建电场, 若电场正方向与  $x$  轴正方向相同, 由电场线的疏密程度代表场强的强弱出发, 构建如图 9(b) 所示的设想电场;

(3) 由电场方向是电势降落最快的方向及电场关于  $y$  轴的对称性, 易知  $O$  点电势最高, 选项 A 错;  $x_1$  点的电势高于  $x_3$  点的电势, 选项 B 错; 由  $U = Ed$  应用微元累加思想和对称性知:  $\varphi_y - \varphi_{x_2} = \varphi_y - \varphi_{-x_2}$ , 选项 C 是正确的;  $x_2$  点的电势高于  $x_3$  点的电势, 选项 D 错.

## 7 结束语

如果把解题比做建金字塔, 则物理概念、规律、思想和方法以及扎实的数学知识为塔底, 受力分析、运动分析、能量分析为塔腰, 解题结果则是塔顶! 显然, 不打好基础而想要“空中楼阁”是异想天开! 核心素养教学更需要专业过硬的教师和基础知识雄厚的学生做“塔底”; 更需要教师在习题教学中的精编精选和举一反三; 还需要从学生中不断的搜集问题, 有的放矢地去解决.