

运用频闪模型探究自由落体运动规律

何述平

(西北师范大学教育学院物理教育研究所 甘肃 兰州 730070)

(收稿日期:2019-04-10)

摘要:研究了直接运用频闪模型探究自由落体运动规律的方法,结合实测数据给出了合理运用结果;提供了整合人教版和上科版教科书的自由落体运动规律探究式教学设计,提出了相应的教学建议。

关键词:频闪模型 自由落体 运动规律 教学设计 教学建议

1 引言

自由落体运动是普通高中课程标准实验教科书物理1的基本内容^[1,2],现行人教版和上科版教科书呈现的认知结构为:(1)观察重物下落快慢→毛钱管演示实验(仅受重力时不同物体下落快慢相同)→自由落体运动概念→打点计时器随堂实验(测定不同重物的加速度)→探究自由落体运动性质(初速度为零的匀加速直线运动)→自由落体加速度概念→探究自由落体运动规律(由匀变速直线运动规律演绎得速度-时间规律、位移-时间规律、速度-位移规律)→伽利略对自由落体运动的研究(过程、思想、方法)^[1];(2)伽利略对落体运动的研究(同上)→毛钱管演示实验→图1自由落体频闪模型(检验 $h \propto t^2$)→探究自由落体运动性质→自由落体运动概念→探究自由落体运动规律(依据加速度概念式推证速度-时间规律,

依据 $v-t$ 图像推证位移-时间规律)→运用频闪模型测定重力加速度→推证自由落体运动速度-位移规律^[2]。两版本教科书分别体现了“普遍→特殊”和“特殊→普遍”的认知逻辑,突显了“实验+演绎+历史”和“历史+实验+演绎”的版本特色。

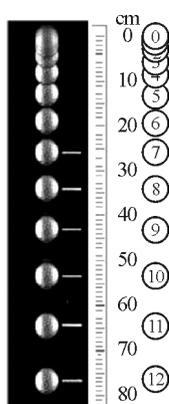


图1 自由落体频闪模型

学探究(物理学科核心素养之一),直接运用现行教科书的自由落体频闪模型(图1)^[2]探究自由落体运动规律?就此进行相应研究,以期直接运用频闪模型探究自由落体运动规律,并提供探究式教学设计。

2 自由落体频闪模型数据

自由落体频闪模型图1记录了小球自由落体运动的时空信息,即相等时间间隔的空间位置,提供了直接探究自由落体运动规律的实验数据信息;对应频闪点 n 和位移 h_n ,如图2所示,且 $n=0$,即 $t=0$ 时, $h_0=0, v_0=0$ ^[3]。

由现行教科书的自由落体频闪模型^[2]测6组 h_n 数据(频闪周期 $T=\frac{1}{30}$ s),如表1所

示(h_n 单位cm,实验原点为第1组数据)。

表1 自由落体频闪模型的 n 和 h_n 数据

n	0	7	8	9	10	11	12
h_n/cm	0.0	26.1	34.1	43.1	53.4	64.4	76.8

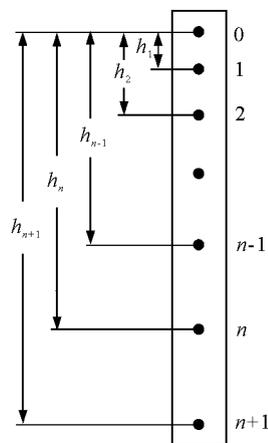


图2 频闪点 n 和位移 h_n

3 探究自由落体运动性质

如何探究自由落体运动性质?简明直观的方法是 $v-t$ 图像法,这就需要确定自由落体运动的瞬时

然而,可否整合两版本教科书相应内容,侧重科

速度与对应时刻;为此,假设(后有论证):计数点 n 与 $n+1$ 间中点时刻 $t_i = iT \left(i = n + \frac{1}{2}, n = 0, 1, 2, \dots \right)$ 的瞬时速度 v_i 等于该段的平均速度 \bar{v}_n (参见图 2), 即 $v_i = \bar{v}_n$; 而

$$\bar{v}_n = \frac{h_{n+1} - h_n}{T} \quad (1)$$

由式(1)和表1得表2(t_i 单位 $\times 10^{-1}$ s, v_i 单位 m/s, 实验原点为第1组数据).

表2 自由落体频闪模型的 t_i 和 v_i 数据

$t_i / (\times 10^{-1} \text{ s})$	0.00	2.50	2.83	3.17	3.50	3.83
$v_i / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	0.00	2.40	2.70	3.09	3.30	3.72

由表2和Excel程序^[4]得 $v-t$ 图像(表达式 $v = 9.611t$), 如图3所示.

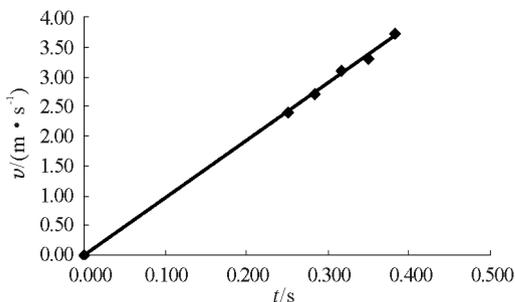


图3 $v-t$ 图像

$v-t$ 图像表明: v 与 t 呈正比函数关系(斜率为加速度, 恒量), 即自由落体运动的速度随时间均匀增大; 因此, 自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动.

4 探究自由落体运动规律

4.1 探究速度-时间规律

(1) 实验探究

由实验探究获得的 $v-t$ 图像性质(v 与 t 呈正比函数)、引入自由落体加速度 g (恒量)、数学正比函数性质得自由落体运动速度-时间规律

$$v = gt \quad (2)$$

(2) 理论探究

由实验探究获得的自由落体运动性质(初速度为零的匀加速直线运动)、加速度概念式得自由落体运动速度-时间规律式(2).

至此, 分别从实验、理论探究获得了自由落体运

动速度-时间规律.

4.2 探究位移-时间规律

(1) 实验探究

自由落体运动的位移-时间关系如何? 经可能猜想后, 可作 $h-t, h-t^2, \dots$ 图像加以检验; 由表1得表3($t_n = nT$, 单位 $\times 10^{-1}$ s, h_n 单位 cm, 实验原点为第1组数据).

表3 自由落体频闪模型的 t_n 和 h_n 数据

$t_n / (\times 10^{-1} \text{ s})$	0.00	2.33	2.67	3.00	3.33	3.67	4.00
h_n / cm	0.0	26.1	34.1	43.1	53.4	64.4	76.8

由表3和Excel程序^[4]得 $h-t$ 图像(表达式 $h = 479.6t^2 - 0.009t$), 如图4所示.

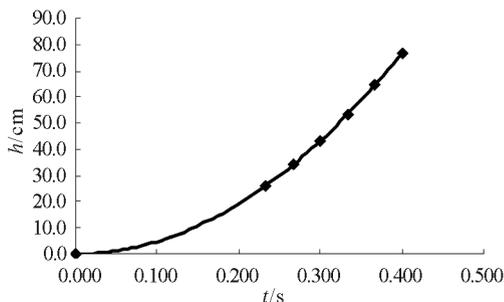


图4 $h-t$ 图像

$h-t$ 图像表明: h 与 t 不呈正比函数关系; 进一步猜想: h 与 t^2 可能呈正比函数关系.

由表1得表4($t_n^2 = n^2 T^2$, 单位 $\times 10^{-2}$ s², h_n 单位 cm, 实验原点为第1组数据).

表4 自由落体频闪模型的 t_n^2 和 h_n 数据

$t_n^2 / (\times 10^{-2} \text{ s}^2)$	0.00	5.44	7.11	9.00	11.11	13.44	16.00
h_n / cm	0.0	26.1	34.1	43.1	53.4	64.4	76.8

由表4和Excel程序^[4]得 $h-t^2$ 图像(表达式 $h = 4.797t^2$), 如图5所示.

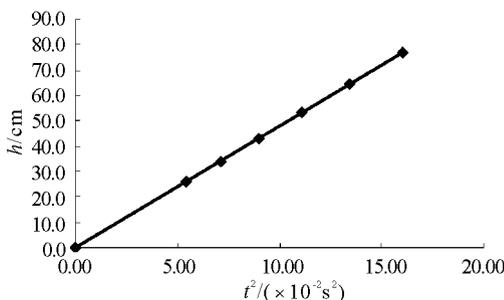


图5 $h-t^2$ 图像

$h-t^2$ 图像表明: h 与 t^2 呈正比函数关系(斜率为

恒量,但物理意义尚不明确;自然就有如下的理论探究),即自由落体运动的位移随时间平方均匀增大.

(2) 理论探究

先明确匀速直线运动速度-时间图像“面积”的物理意义(位移大小),再由自由落体运动 $v-t$ 图像即图3推得时间 t 时的“面积”即自由落体运动位移 $[h(\text{位移}) = t(\text{底}) \times gt(\text{高}) \div 2]$

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (3)$$

至此,从实验、理论探究综合获得了自由落体运动位移-时间规律.

4.3 探究速度-位移规律

自由落体运动的速度-位移关系如何?由速度-时间规律式(2)、位移-时间规律式(3),经演绎推理得自由落体运动速度-位移规律

$$v^2 = 2gh \quad (4)$$

式(4)表明: v^2 与 h 呈正比函数关系(g 恒量),即自由落体运动的速度平方随位移均匀增大.

至此,从理论探究获得了自由落体运动速度-位移规律.

5 假设论证

上述自由落体运动 $v-t$ 图像的瞬时速度假设 $v_i = \bar{v}_n \left(i = n + \frac{1}{2} \right)$ 合理否?此时已具备论证的条件,由式(1)~(3),得

$$v_i = g \left(n + \frac{1}{2} \right) T = \bar{v}_n \quad (5)$$

式(5)表明:自由落体运动 nT 到 $(n+1)T$ 时段中点时刻 $\left(n + \frac{1}{2} \right) T$ 的瞬时速度 v_i 等于该时段的平均速度 \bar{v}_n ;因此,瞬时速度 v_i 的假设合理.

至此,不仅严谨论证了而且呼应了探究假设;同时运用了自由落体运动速度-时间规律、位移-时间规律,深化了自由落体运动速度特点的认识,呈现了物理科学探究的曲折性.

6 特点讨论

探究自由落体运动规律的教学设计不仅体现了物理科学探究的过程、方法,而且既有实验探究又有

理论探究,使实验探究与理论探究协调统一.不仅有边探究边建构(自由落体运动规律),使探究与建构同步;而且有探究假设与探究论证[式(5)],使探究逐步深入与完备.提供了整合两版本教科书相应内容的自由落体运动规律探究式教学设计,以满足提高型层次的教学需求.

7 教学建议

基于上述探讨,有如下直接运用频闪模型探究自由落体运动规律的教学建议.(1)不同物体(如质量相近的纸团、纸片)从桌面上同一高度同时释放,谁先落到桌面→学生猜想→实验观察→相近物体(如纸团,纸片→纸团),谁先落到桌面→学生猜想→实验观察→什么因素导致不同物体下落快慢不同→学生思考交流→毛钱管演示实验→自由落体频闪模型→测量频闪模型数据;(2) $v-t$ 图像法探究自由落体运动性质(先有瞬时速度的假设,后有假设合理性的论证);(3)探究自由落体运动规律,按上述采用“教师引导-学生探究”模式,依次探究速度-时间规律、位移-时间规律、速度-位移规律,尽可能使实验探究、理论探究相统一;(4)测定重力加速度应作为下一课时物理实验数据处理方法探究的内容(但也可由图3和图5分别得合理结果 $g_v = 9.611 \text{ m/s}^2$ 和 $g_h = 9.594 \text{ m/s}^2$;均小于 $g_{\text{上海}} = 9.794 \text{ m/s}^2$,因有空气阻力,相对偏差依次为 1.9%、2.0%),既可运用已探得的 $v-t$ 图像法、 $h-t^2$ 图像法,又可运用新探究的方法[如 $h-n^2$ 图像法、 $\frac{h}{t}-t$ 图像法、 $\frac{h}{t}-n$ 图像法(其中 $t=nT$)].

参考文献

- 1 人民教育出版社课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心.普通高中课程标准实验教科书物理1(第3版).北京:人民教育出版社,2010.43~49
- 2 束炳如,何润伟.普通高中课程标准实验教科书物理1(第3版).上海:上海科技教育出版社,2007.44~52
- 3 何述平.平均法处理自由落体频闪数据的研究.物理教师,2017,38(5):54~55
- 4 何述平.图像法处理打点纸带的研究.物理教师,2013,34(1):57~60

物理学习过程中思维定势形成的因缘粗探

田亚洲

(河北保定一中 河北保定 071000)

(收稿日期:2019-04-01)

摘要:思维定势对于某些机械重复、条件不变的认知和问题解决具有一定的优势,但是对于学习和创新活动来说却是禁锢和灾难.本文通过几个电磁学问题中学生因思维定势错解题目的实例,说明思维定势的形成原因和带来的危害,并简单谈谈自己的教学体会,以供同行们参考.

关键词:思维定势 模型 条件

思维定势(Thinking Set),也称“惯性思维”,是由先前的活动而造成的一种对活动的特殊的心理准备状态,或活动的倾向性.在环境不变的条件下,定势使人能够应用已掌握的方法迅速解决问题.而在情境发生变化时,它则会妨碍人采用新的方法.消极的思维定势是束缚创造性思维的枷锁.

学生在学习物理的过程中,由于个别教师在课堂教学中重结论轻过程,重讲解演示轻学生主动参与和构建,再加上学生长期低效重复的作业,使得学生在解决物理问题时形成思维定势.这种情况对于具有中等学力的学生来说,影响尤为突出.

下面笔者根据自己在教学过程中遇到的几个问

题来谈谈思维定势的问题.

1 理想模型的构建理解不透彻导致的思维定势

理想变压器模型,忽略磁损、铁损和铜损.没有磁损,根据互感原理才有电压比等于匝数比.忽略铁损和铜损,能量在转换和传递过程中才没有损失,所以输入功率才等于输出功率.在实际变压器的生产制造过程中会通过材料及其构造来尽量减少这些损失,比如用闭合铁芯、硅钢材料制作等等.教师在教学过程中往往忽视理想变压器结构和原理教学,重视结论在解题中的应用,加上日常训练的习题中学生遇到的大多是理想变压器,从而使学生对“理想变

Exploring the Law of Free - fall Motion Using Its Stroboscopic Model

He Shuping

(Research Institute of Physics Education, College of Education, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070)

Abstract: The method of exploring the law of free - fall motion by directly applying its stroboscopic model is studied, and the reasonable application results are given through measured data. The inquiry teaching design of the free - fall motion law by integrating two edition textbooks of People's Education Press and Shanghai Science and Technology Education Press is provided, and the corresponding teaching suggestions are put forward.

Key words: stroboscopic model; free - fall; motion law; teaching design; teaching suggestion