

以点带面 方法自现

——高三复习课“物理中的图像思想”教学设计

张燕怡

(中国人民大学附属中学 北京 100080)

(收稿日期:2019-06-27)

摘要:物理图像能形象直观地表示物理量间的关系,帮助建立概念、理解规律、呈现情景,同时也是解决物理问题的一种重要方法.在高三二轮复习阶段,有必要抓住图像的统一特征,进行系统的专题教学.由于图像问题素材繁多,专题复习容易落入枚举、归纳、堆砌的窠臼.为此,笔者在教学中从“读图”“画图”“析图”3方面进行切入,让学生经历3个有一定挑战性的例题解答过程,以此带出物理图像问题中最通用、最本质的方法和注意事项,再上升到理论高度进行总结.

关键词:物理图像 线性关系 实验探究 变化率 积分思想

1 教学背景分析

物理图像能形象、直观地表示物理量间的关系,帮助建立概念、理解物理规律、呈现物理情景,同时也是解决物理问题的一种重要方法.分析、理解、应用物理图像,有助于学生物理观念、科学思维、探究精神等物理核心素养的培养.

最近几年的高考北京物理试题,多有涉及到图像思想的题目,如2011年第18题(蹦极中的 $F-t$ 图)、2009年第17题(振动、波动图像)、2005年第18题(交流电图像)、2010年第20题(线性图像反应物理量间关系)、2015年第21题(单摆 T^2-L 图像)、2013年第21题($U-x$ 图像判断)、2012年第23题(电梯超失重, $a-t$ 图)、2013年第23题(蹦床, $F-x$ 图)、2018年第23题($U-I$ 图)、2011年第24题($\varphi-x$ 图)、2012年第24题($E-x$ 图)等.这些题目涉及到物理教学各个板块、各个知识点,但大致可归纳为两条线索:一是要求学生正确地读取图像信息,并利用所学物理规律挖掘潜在信息;另一条是让学生根据已知规律,画图、用图、判断图像正误.

高三二轮复习阶段,为了进一步培养学生“透过现象看本质”的能力,提高思维水平,有必要抓住图

像的统一特征,进行系统的专题教学.

2 教学设计思路

物理图像贯穿高中3年物理教学的始终,每个模块都有大量图像,素材繁多.针对图像的专题复习,容易落入枚举、归纳、堆砌的窠臼,但如果学生不亲自动手总结,只依靠教师灌输,其实收获并不会很大,最终只是死记硬背了一堆东西而无法灵活应用,反而还加重了学生负担.

本节课的授课时机是在高三二轮复习的中间阶段.学生们通过系统、全面的一轮复习,知识网络已经基本建立起来,但熟练度和正确率还有待加强.他们面对陌生的情景缺乏迁移能力,面对熟悉的问题又容易出现思维定势.所以二轮复习,首先应该打通力学、热学、电磁学、光学、原子物理学各个板块之间的隔阂,通过类比、对比,在不同领域间建立起横向、纵向的联系,带领学生梳理出一些通用的物理思想和本质方法.在具体练习的过程中,应该避免低水平重复,更强调知识系统中的死角、漏洞、易错点和能力提升点,选择综合性强的题目进行突破.

从具体授课班级的学情来分析,学生水平差异巨大,所以教学过程中,对不同层次的学生应该有不同侧重点,但一节课应该力争让各个层次的学生

都有收获.

综合以上分析,本节课,笔者尝试从“读图”“画图”“析图”3个方面进行切入,让学生经历3个有一定挑战性的例题解答过程,以此带出物理图像问题中最通用、最本质的方法和注意事项,再上升到理论高度,通过阶段性总结进行“点睛”.在每个例题中,问题的思维难度依次增大、层次逐步递进,以满足不同学生的需求.

同时,本节课选用的素材涉及到力学和电磁学中多个方面的知识点,起到了以图像为载体,对一轮复习的重难点进行再强化的目的.

最后,教师在总结出通用思想方法的大前提下,精心设计提纲,以课后作业的形式,请学生自行完成对课内图像相关问题的归纳整理工作,有的放矢,既调动了学生的主观能动性,又提高了课堂效率.

3 教学目标

(1)通过一道易错点集中的“读图”例题,让学生通过经历因读图不清、思维定势而失误犯错的过程,深刻理解图像问题中“审图”的重要性,强调、固化读图的规范流程.

(2)通过半开放性问题的,引导学生思考画图的

一般思路:写函数表达式,合理选择自变量、因变量,追求线性关系图,并体会线性图像在物理探究性实验中的妙处.

(3)通过一道高考模拟题原题,引导学生从单调性、凹凸性等方面,挖掘定性图像中尽可能多的信息,并体会图像中的“变化率”和“微元”思想.

(4)通过例题的解答过程,对一轮复习力学、电磁学的部分重难点问题进行再强调和再认识.

4 教学重难点

重点:

- (1)“读图”的规范流程.
- (2)“画图”的基本思路原则.
- (3)分析定性图像的基本方法.

难点:

- (1)如何通过合理选择自变量、因变量,描绘出线性关系图,以帮助探究物理规律.
- (2)通过微元思想,理解定性图像下面所围面积为何能够对应相关物理量.

5 教学过程

教学过程如表1所示.

表1 教学过程

时间安排	教学步骤	
授课前 半天	教师活动	下发学案,请学生们先尝试独立完成学案上的例题
	学生活动	阅读、思考
	设计意图	让学生带着问题进入课堂,提高效率
点题引入 (1 min)	教师活动	开场白:在高考的二轮复习阶段,我们应尝试打破物理学学科力学、热学、电磁学、光学、原子物理学的界限,提炼统一的本质,找到通用的方法.今天,我们来谈谈物理中的图像
解读、分析、讨论例题1各个选项判断依据 (约10 min)	教师活动	<p>【例题1】某太阳能电池的伏安特性曲线如图1所示,由图像可知</p> <p>A. 该电池的电动势为50 V</p> <p>B. 该电池的内阻为40 Ω</p> <p>C. 该电池的内阻为0.013 Ω</p> <p>D. 该电池短路时的电流为50 mA</p> <p>E. 该电池给阻值为12 Ω的纯电阻供电时,通过回路的电流为50 mA</p> <p>F. 该电池给额定功率为20 mW的小灯泡供电,并恰好使其正常工作,则通过小灯泡的电流一定为20 mA</p> <p>请学生谈各选项判断依据,并引导归纳.</p> <p>选项A:利用图像求电动势的通用方法.根据闭合电路欧姆定律,$U = \epsilon - Ir$,电源开路(即电流为零)时的“路端电压”,数值上等于电动势,故往往可通过$U-I$图线的纵截距得出(50 V的错误由此而来)</p>

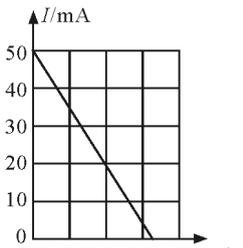


图1 例题1题图

续表

时间安排	教学步骤
	<p>但本图所给的是“伏安特性曲线”(I-U)图,故应该由横截距得出 $\epsilon = 1.25 \text{ V}$.</p> <p>选项 B,C:电源内阻 $r = -\frac{\Delta U}{\Delta I}$,往往取 U-I 图斜率的绝对值,对 I-U 图,则应该是斜率的倒数.</p> <p>计算斜率的方法,在“横坐标原点不是零点”的时候,不能用 $k = -\frac{\text{纵截距}}{\text{横截距}}$ 直接求得,而应该严格按照 $k = \frac{\Delta I}{\Delta U}$ 计算.</p> <p>具体计算过程:$r = \left \frac{\Delta U}{\Delta I} \right = \frac{(1.25 - 0.6) \text{ V}}{50 \text{ mA}} = 13 \Omega$</p> <p>还要关注坐标对应的单位、数量级</p> <p>选项 D:短路电流的计算,从公式出发,</p> $I_{\text{短}} = \frac{\epsilon}{r} = 96 \text{ mA};$ <p>从图像角度,是路端电压为零时对应的电流,应将 I-U 图与真正的 U = 0 V 坐标轴相交,找交点的纵坐标(见图 2)</p> <p>选项 E:从公式出发,接入外电阻后,</p> $I = \frac{\epsilon}{r + R} = 50 \text{ mA};$ <p>图像出发,连接(0.8 V, 50 mA)与“真正的零点”,该直线对应一个纯电阻的 I-U 图,斜率对应阻值,恰好为 12 Ω.</p> <p>(0.8 V, 50 mA)是电源、电阻 I-U 图像交点,是电源与电阻单独连接时的“工作点”,也是 $U = \epsilon - Ir$ 和 $U = IR$ 所组成的方程的解.</p> <p>选项 F:小灯泡以 20 mW 功率正常工作,对应电源的输出功率也是 20 mW. 在 I-U 图上,功率对应某点横、纵坐标的乘积(长方形面积),找一下这个点在哪儿? 很明显发现(1.0 V, 20 mA)满足要求. 但根据之前所学,此点并不唯一.</p> <p>由公式法可知:$P = UI = (\epsilon - Ir)I = -r(I - \frac{\epsilon}{2r})^2 + \frac{\epsilon^2}{4r} \leq \frac{\epsilon^2}{4r}$,小于 $\frac{\epsilon^2}{4r}$ 的功率,都对应两种电流的可能性.</p> <p>由图像法易知,工作点顺着图像往上走,功率所对应的面积由“瘦瘦的横长条”变成“方方的矩形”,再变成“瘦瘦的竖长条”,功率先增后减,存在两个等功率的点</p>
学生活动	听学生的解题思路,思考、补充、完善解答过程
设计意图	<p>(1) 让学生通过可能的初次做题的失误,深刻体会认真“审图”的重要性.</p> <p>(2) 同时对“闭合电路欧姆定律”中的常见问题(根据图像求电动势和内阻、最大输出功率的问题等)进行一个连带复习</p>
总结“读图”的注意事项 (2 min)	<p>教师:通过这个例题,学生们应该深刻体会到,我们拿到任何一幅图像后,千万不能因为“似曾相识”就想当然的思维定势,而是要优先做好如下工作:(配合 PPT 文字)</p> <p>(1) 弄清横、纵坐标的物理意义.</p> <p>(2) 关注坐标轴交点是否是自变量、因变量的零点.</p> <p>(3) 读取数据时,注意看坐标轴标注的单位和数量级</p> <p>学生活动:思考、总结、笔记</p> <p>设计意图:阶段性总结,强化、固化学生的“识图”规范</p>

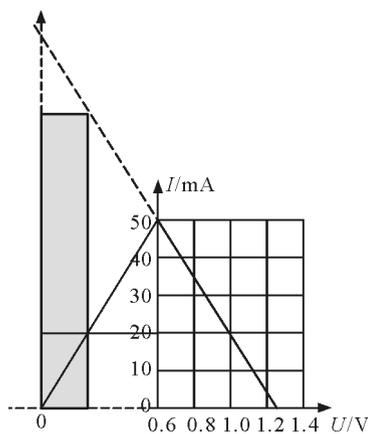
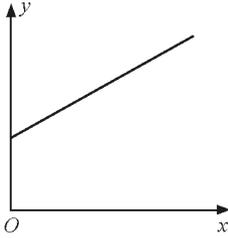
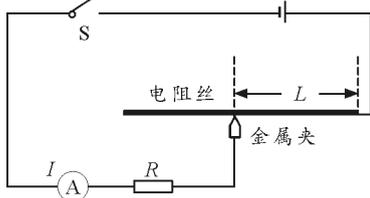
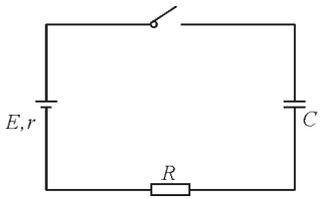
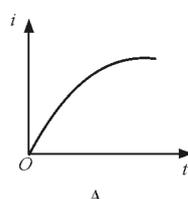
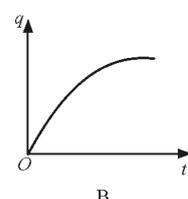
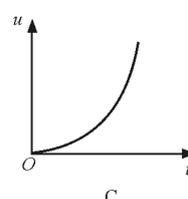
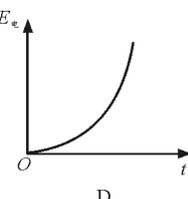


图 2 U = 0 V 时的 I 值

续表

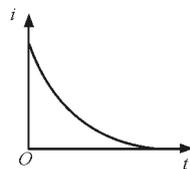
时间安排	教学步骤														
解读、分析、 讨论例题 2 各个小问 (约 10 min)	教师活动	<p>过渡:我们学会了怎样“读”图,接下来就该想办法自己“画”图.下面我们来讨论一下例 2.</p> <p>【例题 2】如图 3,若 x 轴表示时间,y 轴表示位置,则该图像反映了某质点做匀速直线运动时,位置与时间的关系.</p> <p>若令 x 轴和 y 轴分别表示其他物理量,则该图像又可以反映在某种情况下,相应物理量之间的关系.</p> <p>以下各小问先请学生说,再点拨总结.</p> <p>(1) 某物体受恒定合外力作用做直线运动过程中,若 x 轴表示 _____, 则 y 轴可以表示 _____, 由图像可以得到哪些信息?</p> <div style="text-align: right;">  <p>图 3 例题 2 题图</p> </div>													
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">x</th> <th style="width: 15%;">y</th> <th style="width: 70%;">线性关系</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>时间 t</td> <td>速度 v</td> <td>$v = v_0 + at$ 斜率 = a 截距 = v_0</td> </tr> <tr> <td>时间 t</td> <td>位移时间 比 $\frac{s}{t}$</td> <td> $\text{由 } s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \Rightarrow \left(\frac{s}{t}\right) = v_0 + \left(\frac{1}{2} a\right) t$ 斜率 = $\frac{1}{2} a$, 截距 = v_0 (此法用于实验中不方便测速度 v, 只能测位移 s 的时候, 是一种巧妙的“化曲为直”) </td> </tr> <tr> <td>时间 t</td> <td>动量 p</td> <td>由动量定理: $p = p_0 + Ft$ 斜率 = F(恒力), 截距 = p_0</td> </tr> <tr> <td>位移 s</td> <td>动能 E_k</td> <td>由动能定理: $E_k = E_{k0} + Fs$ 斜率 = F(恒力), 截距 = E_{k0}</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 在“利用单摆测重力加速度”实验中,若 x 轴表示 _____, 则 y 轴可以表示 _____, 如何由该图像得到信息? 由: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{g}\right)l$ 是直线, 但是过原点若“摆长忘记了加小球半径”, 则 $T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{g}\right)(l_{\text{线}} + r)$ 令 $x = l_{\text{线}}, y = T^2$, 可画出与题干一致的图像. 由斜率得出 g, 横截距可得出小球半径 r.</p> <p>(3) 在“测金属丝电阻率”实验中,若 x 轴表示 _____, 则 y 轴可以表示 _____, 如何由图像得到所需要的信息? 点拨启发: 测电阻最容易想到的是“伏安法”, $R_x = \frac{U}{I}$; 但 $U-I$ 图直接过原点, 与题干不符, 而且此法由于电表内阻存在系统误差.</p> <p>利用此电路图, 测量电阻丝接入电路取不同长度 L 时的电流 I,</p> $I = \frac{\epsilon}{r + R_A + R + R_x}, R_x = \rho \frac{L}{S} \text{ 得: } \frac{1}{I} = \frac{r + R_A + R}{\epsilon} + \frac{\rho}{\epsilon S} L,$ <p>令 $x = L, y = \frac{1}{I}$ 已知电源电动势、测量出金属丝横截面积 S, 则由斜率 $k, \rho = \epsilon S k$</p> <p>教师点拨: 采用此法, 可以很好地消除“伏安法”测电阻率时, 由于电表内阻而存在系统误差.</p> <p>(4) 在“测电源内阻和电动势”实验中, 若 x 轴表示 _____, 则 y 轴可以表示 _____, 如何由图像得到所需要的信息?</p> <p>安阻法: $E = I(r + R) \Rightarrow \frac{1}{I} = \frac{r}{E} + \left(\frac{1}{E}\right)R, x = R, y = \frac{1}{I}$</p> <p>伏阻法: $E - U = \frac{U}{R}r \Rightarrow \frac{1}{U} = \frac{1}{E} + \frac{r}{E} \frac{1}{R}, x = \frac{1}{R}, y = \frac{1}{U}$</p> <div style="text-align: right;">  </div>	x	y	线性关系	时间 t	速度 v	$v = v_0 + at$ 斜率 = a 截距 = v_0	时间 t	位移时间 比 $\frac{s}{t}$	$\text{由 } s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \Rightarrow \left(\frac{s}{t}\right) = v_0 + \left(\frac{1}{2} a\right) t$ 斜率 = $\frac{1}{2} a$, 截距 = v_0 (此法用于实验中不方便测速度 v , 只能测位移 s 的时候, 是一种巧妙的“化曲为直”)	时间 t	动量 p	由动量定理: $p = p_0 + Ft$ 斜率 = F (恒力), 截距 = p_0	位移 s
x	y	线性关系													
时间 t	速度 v	$v = v_0 + at$ 斜率 = a 截距 = v_0													
时间 t	位移时间 比 $\frac{s}{t}$	$\text{由 } s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \Rightarrow \left(\frac{s}{t}\right) = v_0 + \left(\frac{1}{2} a\right) t$ 斜率 = $\frac{1}{2} a$, 截距 = v_0 (此法用于实验中不方便测速度 v , 只能测位移 s 的时候, 是一种巧妙的“化曲为直”)													
时间 t	动量 p	由动量定理: $p = p_0 + Ft$ 斜率 = F (恒力), 截距 = p_0													
位移 s	动能 E_k	由动能定理: $E_k = E_{k0} + Fs$ 斜率 = F (恒力), 截距 = E_{k0}													

续表

时间安排	教学步骤	
	学生活动	听学生的解题思路,思考、补充、完善解答过程
	设计意图	<p>(1) 通过常见学生实验中几种“不常规”的方法,让学生经历通过已知物理规律写出表达式,通过合理选择自变量、因变量,尽可能让表达式变为线性函数,以方便做出图像,从斜率、截距中获取信息的过程.让他们学会通过已知规律“画”图,画得对、画得巧妙.</p> <p>(2) 同时,本环节也在更高的能力要求下,让学生们对几个高频考察的实验(匀变速直线运动的运动学、动力学探究性实验,单摆实验,测电阻率实验,测电源内阻和电动势实验)进行了巩固复习和拓展</p>
总结“画图”的注意事项 (2 min)	教师活动	<p>教师:对例题2做一个小结,当我们需要自己画图的时候,应该关注些什么呢?(配合PPT文字)</p> <p>(1) 优先考虑根据物理规律,写出物理量间的函数关系式.</p> <p>(2) 合理选择自变量、因变量,设法画出线性关系图.</p> <p>(3) 通过直线的斜率、截距,获取更多信息.</p> <p>教师:(配合PPT)高考范围内的实验,有不少都涉及到用图像法处理数据、探究物理规律的思想,希望学生们课后能做一个小总结</p>
	学生活动	思考、总结、笔记
	设计意图	阶段性总结,强化学生画图前写表达式分析的意识,让学生体会到探究实验中“线性图像”的妙处所在
解读、分析、讨论例题3各个选项 (约10 min)	教师活动	<p>过渡:有的时候,我们只能先通过做实验获取数据,做出图像,图像可能不是线性的,也看不出它背后的函数关系,这个时候,我们又能怎样去尽可能地挖掘信息呢?下面讨论例题3.</p> <p>【例题3】(2019年北京朝阳区一模)某物理兴趣小组利用如图4所示的电路给一个原来不带电的电容器充电.在充电过程中,电路中的电流为<i>i</i>,电容器所带的电荷量为<i>q</i>,两极板间的电势差为<i>u</i>,电容器储存的能量为<i>E_电</i>,充电时间为<i>t</i>,下面4幅示意图中,可能正确的是()</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div> <p style="text-align: center;">图4 例题3题图</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">     </div> <p>先请学生谈各选项的判断依据,再点拨总结.</p> <p>选项A:含容电路,瞬时电流由 $i = \frac{E-u}{R+r}$ 决定.</p> <p><i>u</i> 随时间 <i>t</i> 增加,<i>i</i> 应随时间 <i>t</i> 减小,</p> <p>由图像单调性判断A错误.</p> <p>提出思考:那应该怎样定性作出<i>i-t</i>图?(减函数也有不同的“减”法)</p> <p>选项B:充电过程,<i>q</i>增加,但不能无限制地增加,最后趋于稳定值,从单调性看,B符合.但是不是任何一个增函数都能代表<i>q-t</i>图?</p> <p>B图另外的特征,点切线斜率越来越小,对应 $\frac{\Delta q}{\Delta t} = i$,<i>i</i>减小,符合</p>

续表

时间安排	教学步骤	
		<p>选项 C: $q = Cu$, $u-t$ 图相对 $q-t$ 图只需要乘以一个常数就行, $\frac{\Delta u}{\Delta t}$ 应该越来越小, C 错误.</p> <p>回头再看选项 A, 正确的 $i-t$ 图怎么画?</p> <p>减函数, $\frac{\Delta i}{\Delta t} = -\frac{1}{R+r} \frac{\Delta u}{\Delta t}$, 斜率绝对值越来越小, 应该画成图 5 所示.</p> <p>直接得到的: 各时刻的电流值.</p> <p>间接得到的: 总充电电荷量, 面积 $i\Delta t = \Delta q$</p> <p>类比 $v\Delta t = \Delta x$ 微元、积分思想.</p> <p>选项 D: 能量增加得越来越快, 没有趋于稳定值, 与最终充电结束, 能量保持不变矛盾.</p> <p>拓展思考: 电容器的能量如何计算?</p> <p>电容器充电过程中, 两极板带电量要增加 Δq, 可以看作是从电容器内部, 将电荷 Δq 从负极搬运到正极, 克服电场力(电势差近似不变)所需要做的功为 $\Delta E = u\Delta q$, 对应 $u-q$ 图像下“一条线”的面积, 将每一个微元面积加起来, $u-q$ 图像与横轴间的面积, 对应电容器从不带电到充电结束, 储存的总电势能, 所以 $E = \frac{CU^2}{2}$</p>
	学生活动	听学生的解题思路, 思考、补充、完善解答过程
	设计意图	<p>(1) 利用“电容器充电”这个学生不太熟悉的情景, 让学生经历非线性图像的分析过程, 从单调性、凹凸性、是否趋于稳定值、点切线斜率意义、图像所围面积意义等多个方面, 多个角度, 对定性图像进行全面分析.</p> <p>(2) 同时对电容器相关知识点进行连带复习, 从功能关系入手理解电容器能量的来源, 利用图像得出电容器能量的表达式, 拓展了学生的知识边界</p>
总结“析图”的注意事项 (2 min)	教师活动	<p>教师: 例题 3 告诉我们, 即使面对不太熟悉的图像, 我们至少可以做到以下 3 点.</p> <p>(配合 PPT 文字)</p> <p>(1) 对于无法看出函数关系的图像, 可通过图像的单调性、凹凸性、是否趋于稳定值进行定性判断.</p> <p>(2) 利用“变化率”思想, 解读图像点切线斜率的信息.</p> <p>(3) 巧用“微元”思想, 解读图像所围成的面积信息</p>
	学生活动	思考、总结、笔记
	设计意图	强化、固化分析定性图像的步骤方法
本课小结布置作业 (2 min)	教师活动	<p>教师: 我们今天通过 3 个综合性的例题, 明白了要认真读图、学会画图、巧妙析图.</p> <p>物理中的图像实在是太多了, 短短 40 min 的一节课, 难以穷尽. 但只要掌握了通用的方法和原则, 我们面对任何图像, 都可以轻车熟路、信手拈来.</p> <p>布置两个课后作业:</p> <p>(1) 对照《考试说明》, 归纳、整理物理实验中所有可能用到的线性图像和相应表达式.</p> <p>(2) 根据学案中课后练习的提示, 总结、归纳所有高中物理常见图线中, (点切线) 斜率或图像面积所可能对应的物理量, 并注意斜率或面积取正、负时的意义</p>
	设计意图	总结出图像问题通用的方法, 布置作业, 让学生们带着方法, 对难度较低的基础课内容进行自主的再加工

图 5 充电 $i-t$ 图

参考文献

- 1 王君. 例说高三物理复习中的图像问题[J]. 湖南中学物 理, 2015(06): 96
- 2 杨静. 高中生物理图像应用能力的研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2016