

初中物理实验探究教学的问题与对策

北京教育科学研究院

秦晓文

目录 CONTENTS

1. 科学探究中的常见误区

2. 科学探究中的逻辑推理方法

3. 几点建议

PART 01

科学探究中的常见误区

探究教学面临的困难

物理教师、教材编者求学和工作期间都没有经历科学探究，缺乏科学探究相关的程序性知识和技能，更缺乏组织、指导科学探究的经验和能力。

科学探究比讲授需要花费更多时间，物理教学内容多与课时少的矛盾更加突出。

符合标准的科学探究资源仍严重不足，学生普遍缺少科学探究的机会。

科学探究与科学方法

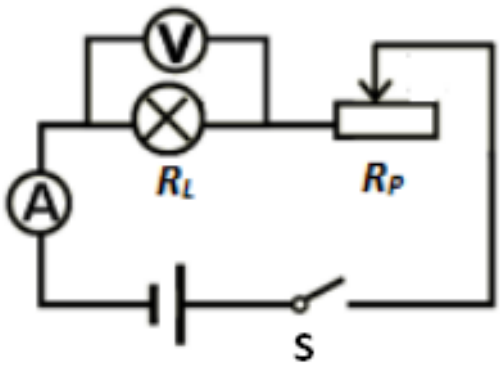
科学探究是以发现确定变量间因果关系为目的的一套复杂的程序，是各种科学方法的综合运用。

方法的本质是程序，属于程序性知识。跟陈述性知识相比，程序性知识只用语言表达比较繁琐，更适合用流程图表达。为交流方便，我们会给常用的程序起个名字，如放大法、等效法、转换法等。

教科学方法主要是教程序，要提供情境和任务，让学生反复应用程序。方法名称只是为了表达和交流方便。

科学探究中的常见误区：张冠李戴

例1 测量小灯泡的电功率



次数	电压U/V	电流I/A	电功率P/W	亮暗程度
1	1.5	0.22	0.33	暗
2	2.5	0.30	0.75	亮
3	2.7	0.32	0.86	更亮

实验结论：

1. 小灯泡的亮暗程度跟通过小灯泡的电流有关
2. 小灯泡的亮暗程度跟小灯泡两端的电压有关
3. 小灯泡的亮暗程度跟小灯泡的实际功率有关

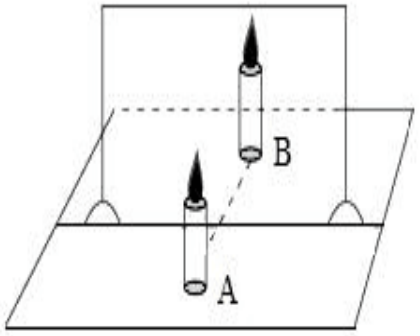
科学探究中的常见误区：文不对题

例2 探究平面镜成像特点

实验步骤：

1.取完全相同的蜡烛A和蜡烛B，将点燃的蜡烛A放在透明玻璃板前面的白纸上，标记蜡烛A的位置。

2.在玻璃板后面改变蜡烛B的位置，从不同角度观察，蜡烛B与蜡烛A的像均完全重合，标记蜡烛B的位置。用刻度尺分别测出蜡烛A、 B到平面镜的距离记入数据记录表。

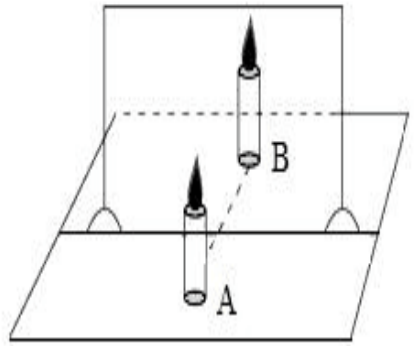


科学探究中实验设计的常见误区：文不对题

例2 探究平面镜成像特点

实验步骤：

3.改变蜡烛A的位置，在玻璃板后面改变蜡烛B的位置，从不同角度观察，使得蜡烛B与蜡烛A的像均完全重合，标记蜡烛B的位置。用刻度尺分别测出蜡烛A到平面镜的距离和蜡烛B到平面镜的距离，记入数据表格。



实验结论：

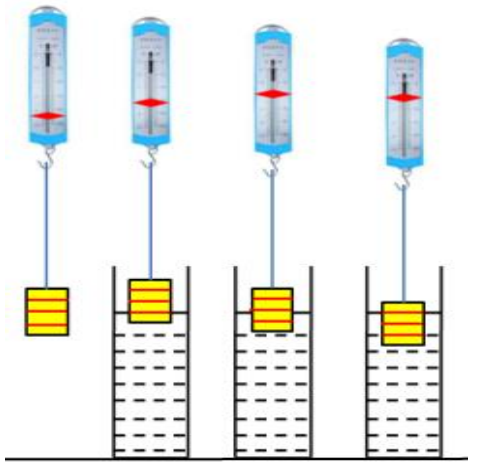
平面镜成像时，像的大小等于物体的大小，像距等于物距。

科学探究中的常见误区：狐假虎威

例3 探究物体没有浸没前，浮力跟深度是否有关

设计如图所示实验

由右表实验数据可得，没有浸没前，浮力跟深度有关，浮力随深度增大而增大。



h/cm	4	6
G/N	6	6
F/N	5	4
$F_{浮}$/N	1	2

科学探究中的常见误区：视而不见

例4 探究影响滑动摩擦力的因素

怎样观察或测量粗糙程度？在实验数据表中怎样填？

粗糙程度	毛巾	棉布	木板
滑动摩擦力/N	2	1.5	1

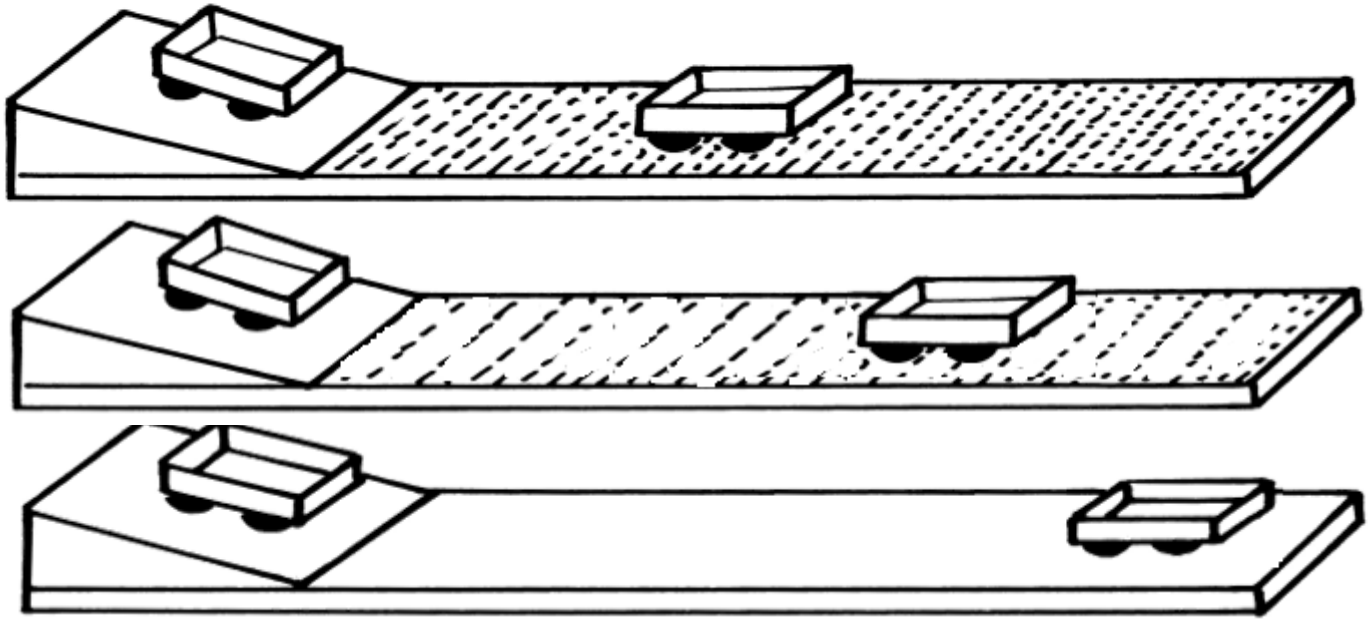
粗糙程度	很粗糙	较粗糙	粗糙
滑动摩擦力/N	2	1.5	1

粗糙程度	很粗糙	粗糙	光滑
滑动摩擦力/N	2	1.5	1

科学探究中的常见误区：视而不见

例5 探究阻力对运动的影响

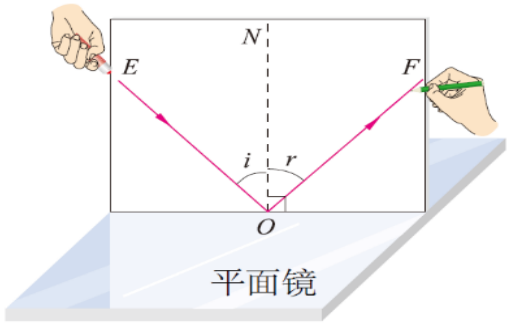
阻力大小是怎样观察的？

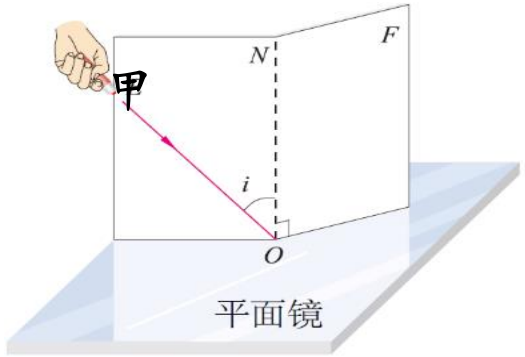


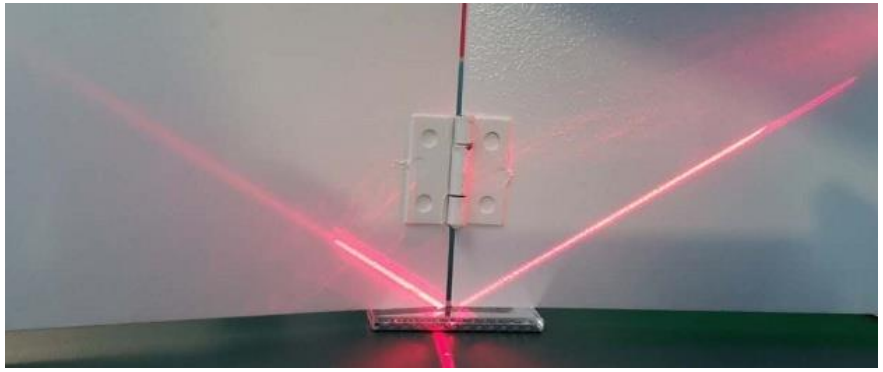
科学探究中的常见误区：掩耳盗铃

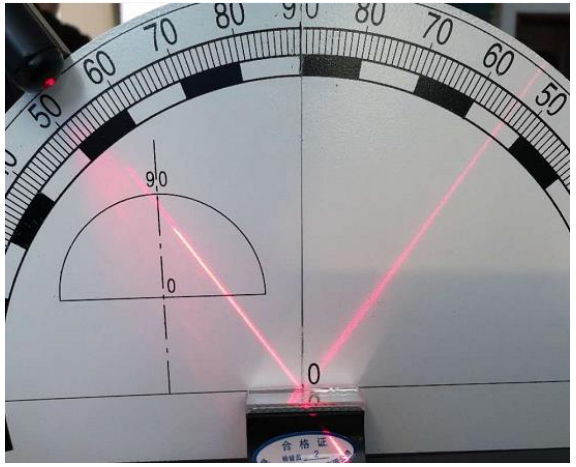
例6 探究光的反射定律

探究反射光线跟入射光线和法线共面时，用如图甲所示的装置进行实验。以法线*ON*为轴线，将纸板右半部分绕*ON*向后翻转一定角度，此时反射光线不能呈现在硬纸板上，纸板右半部分转回到跟左半部分在同一个平面时，反射光又呈现在纸板上。由此可以说明三线共面。



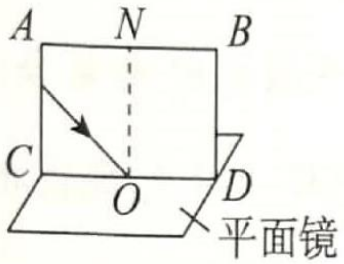




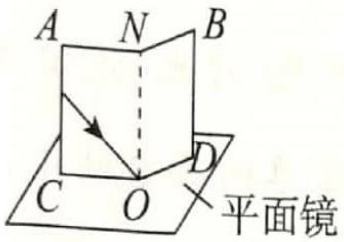


科学探究中的常见误区：掩耳盗铃

为了探究光的反射规律，同组的小明和小刚用如图所示的装置进行实验，把一块可沿 ON 折叠的白色硬纸板竖直放置在平面镜上。



甲



乙

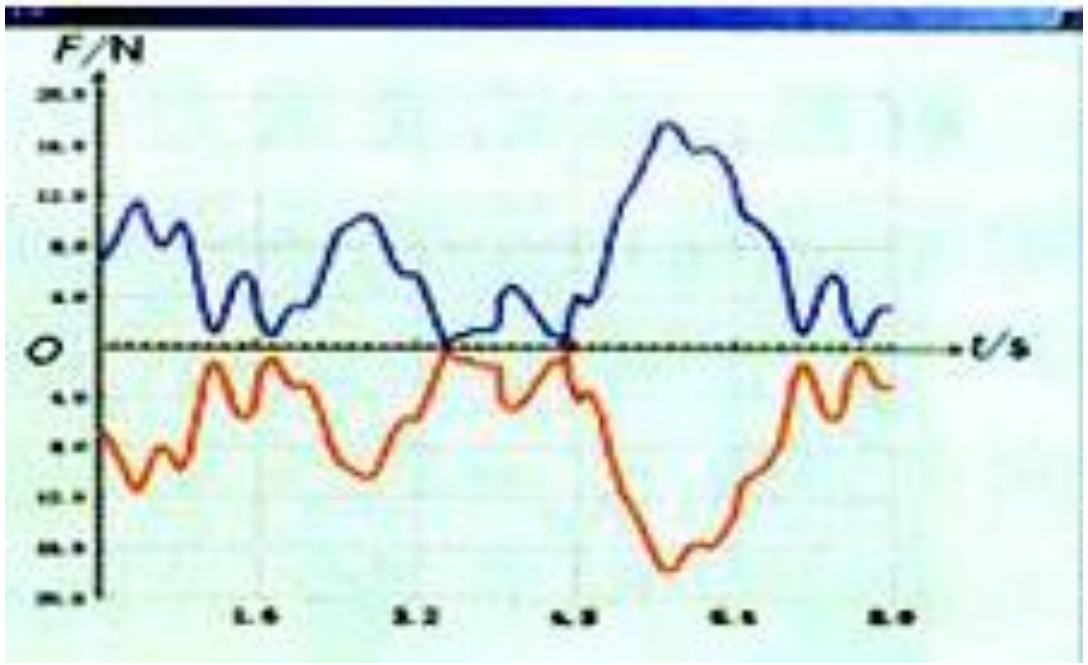
(1)如图甲所示，移动激光笔，使入射光束绕入射点 O 沿逆时针方向转动，这个过程中，反射角会_____(选填“变大”“变小”或“不变”)；

(2)如图乙所示，以法线 ON 为轴线，将纸板右半部分绕 ON 向后翻转任意角度，此时反射光线_____(选填“能”或“不能”)呈现在硬纸板上；

(3)实验结束后，小明和小刚都想从镜子中看到对方的眼睛，而不想让对方看到自己的眼睛，结果他俩谁都没有能做到，你认为没有能做到的原因是_____。

科学探究中的常见误区：偷换概念

例7 探究反作用力与作用力的关系



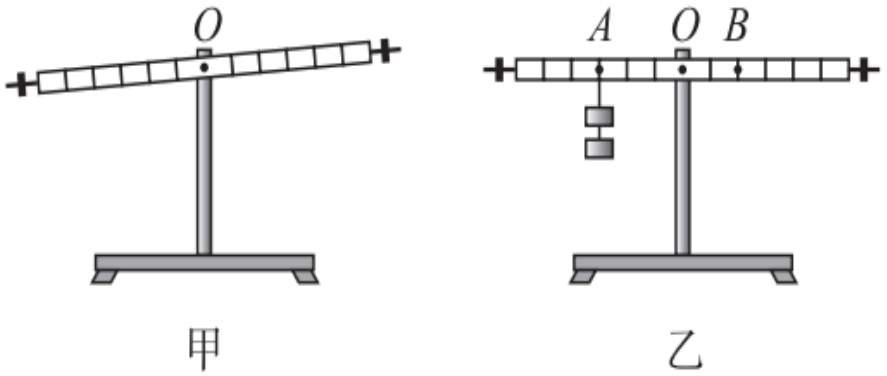
由图像得出反作用力等于作用力。

这个图像是F-*t图像*，是两个变力F（t）的图像，不能反应反作用力等于作用力的因果关系。

科学探究中的常见误区：自相矛盾

例8

在探究杠杆平衡条件时，使用的每个钩码的质量均相等，杠杆上相邻刻线间的距离相等。如图 18 甲所示，为使杠杆在水平位置平衡，应将右端的平衡螺母向_____（选填“左”或“右”）端调节；杠杆水平平衡后，在杠杆上的 A 点悬挂了 2 个钩码，如图 18 乙所示，为使杠杆保持水平平衡，应在 B 点悬挂_____个钩码，如果在 B 点不悬挂钩码，而用弹簧测力计在 B 点竖直向上施加拉力，则_____（选填“能够”或“不能够”）使杠杆保持水平平衡。



甲　　乙

图 18

科学探究中的常见误区：自相矛盾

例9

小刚探究“凸透镜成像规律”的实验装置如图 14 所示，其中焦距为 10cm 的凸透镜固定在光具座上 50cm 刻度线处，光屏和点燃的蜡烛分别位于凸透镜的两侧。

（1）小刚将蜡烛移至光具座上 15cm 刻度线处，移动光屏，直到烛焰在光屏上成清晰的像，则该像是_____的实像；（选填“放大”、“等大”或“缩小”）

（2）小刚将蜡烛从 15cm 移至 35cm 刻度线处，为了使烛焰在光屏上成清晰的像，应将光屏向_____移动；（选填“左”或“右”）

（3）小刚将蜡烛移至光具座上 45cm 刻度线处，小刚从透镜的右侧通过透镜可以看到烛焰的像，该实验现象可以说明_____的成像特点。（选填“照相机”、“幻灯机”或“放大镜”）

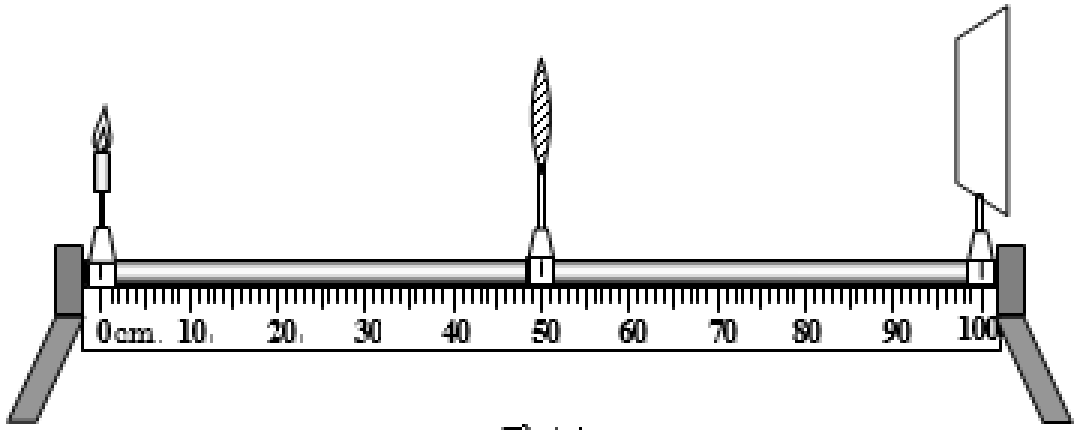


图 14

科学探究中的常见误区：自相矛盾

例10 在探究石蜡、海波的熔化和水的沸腾规律时，小琴记录的实验数据如下表所示。请回答下列问题。

加热时间/min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
石蜡的温度/℃	40	41	42	44	46	47	48	49	51	52	54	56	59
海波的温度/℃	40	42	44	46	48	48	48	48	48	48	50	53	56
水的温度/℃	92	93	94	95	96	97	98	99	99	99	99	99	99

（1）在上述三个探究实验中，都需要的测量仪器是秒表和_____；

（2）在石蜡和海波这两种物质中，属于晶体的是_____，它在熔化过程中温度随加热时间变化的特点是：_____；

（3）根据表中的实验数据可以判断：海波的温度达到42℃时，其状态是_____；（选填“固态”、“液态”或“固液共存”）

（4）根据表中的实验数据可知：该实验中水的沸点是_____℃。

PART 02

科学探究中的逻辑推理方法

科学探究中的逻辑推理方法

逻辑推理包括演绎推理、归纳推理和类比推理。逻辑推理是科学推理的主要形式。

演绎推理是从一般到个别的推理过程。大家在几何中受到训练，演绎推理的典型格式是三段论。

归纳推理是从个别到一般的推理过程，大家熟悉的归纳推理是简单枚举法。归纳推理主要包括简单枚举法、完全归纳法、因果关系归纳推理。

类比推理是由特殊到特殊的推理过程，根据两个对象在某些属性上相同或相似，通过比较而推断出它们在其他属性上也相同的推理过程。

科学推理必须符合形式逻辑的三大规律：同一律、不矛盾律、排中律。

科学探究中的逻辑推理方法

例1 以下论证科学吗？

手捏气球，气球形变（观察到的事实）➡力能使气球发生形变（由事实推出的观点）

手拉弹簧，弹簧变长。➡力能使弹簧发生形变。

人拉弓，弓变弯。➡力能使弓发生形变。

捏橡皮泥，橡皮泥形变。➡力能使橡皮泥发生形变。

所以，力能使物体发生形变。

科学探究中的逻辑推理方法

- 科学探究的核心目的是寻找并确定结果产生的原因。科学探究中从实验数据获得到结论的过程主要应用归纳推理中的因果关系归纳推理。
- 因果关系归纳推理的逻辑前提：任何结果的产生必有原因，原因决定结果。如果某个结果的原因只有一个，那么改变这个原因，结果一定会改变。穆勒提出的差异法、共变法都是基于这一逻辑前提。
- 通过控制变量，把多个自变量问题变为单一自变量问题，才能应用上述逻辑规则。

科学探究中的逻辑推理方法

- 函数方法为因果关系归纳推理提供了新的工具：定量的因果关系归纳推理

1.将实验数据在坐标系中描点

2.观察坐标系中数据点的变化趋势，判断这种变化趋势跟哪种一元函数图像的变化趋势接近。

3.利用这种一元函数拟合实验数据，画出拟合线。

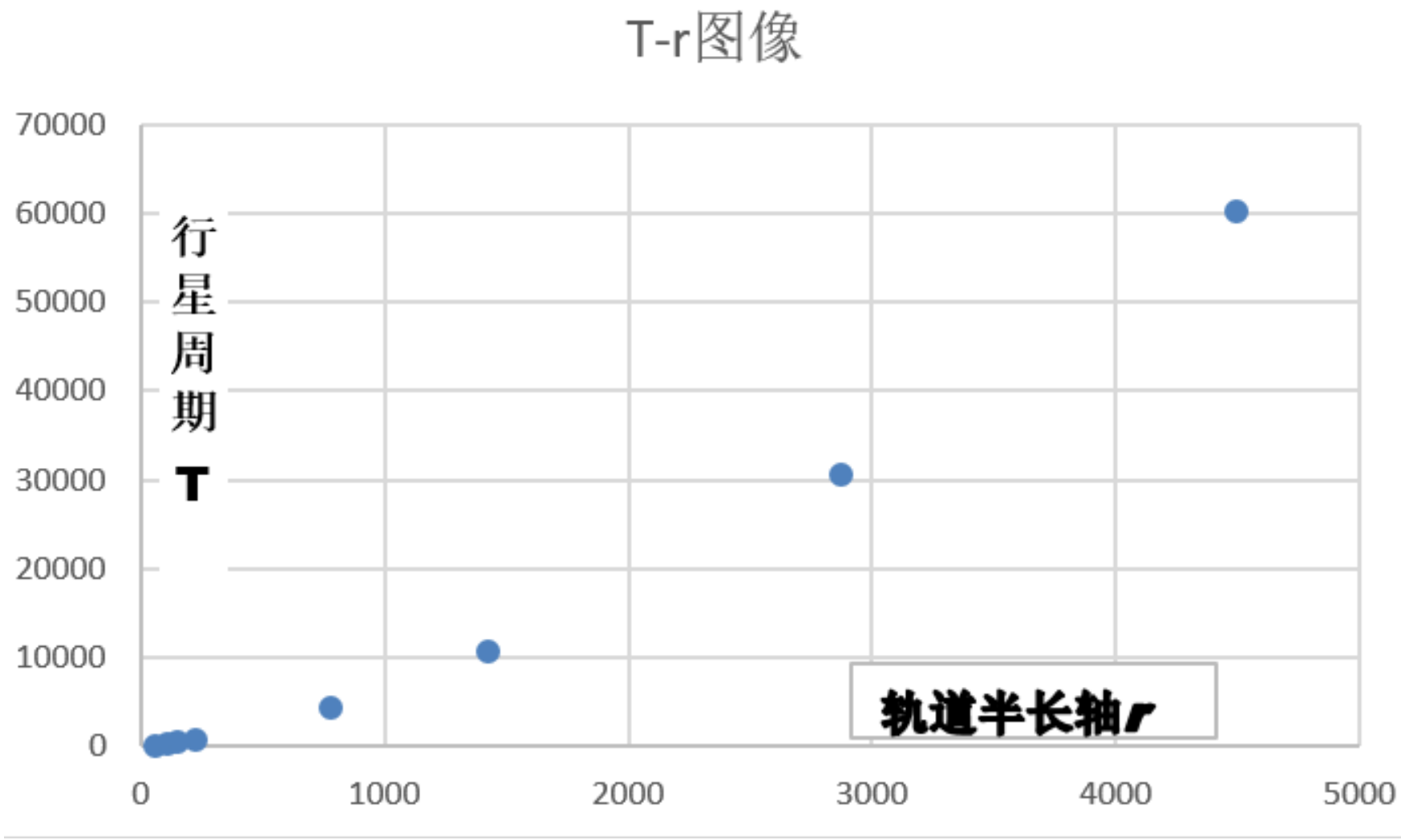
例1 根据八大行星的观测数据归纳结论

八大行星的观测数据

行星	水星	金星	地球	火星	木星	土星	天王星	海王星
半长轴r（$\times 10^6$km）	57.9	108.2	149.6	227.9	778.3	1427	2869.6	4496.6
周期T（天）	88	224.7	365.256	687	4331.816	10759.424	30686.5	60189.984

科学探究中的逻辑推理方法

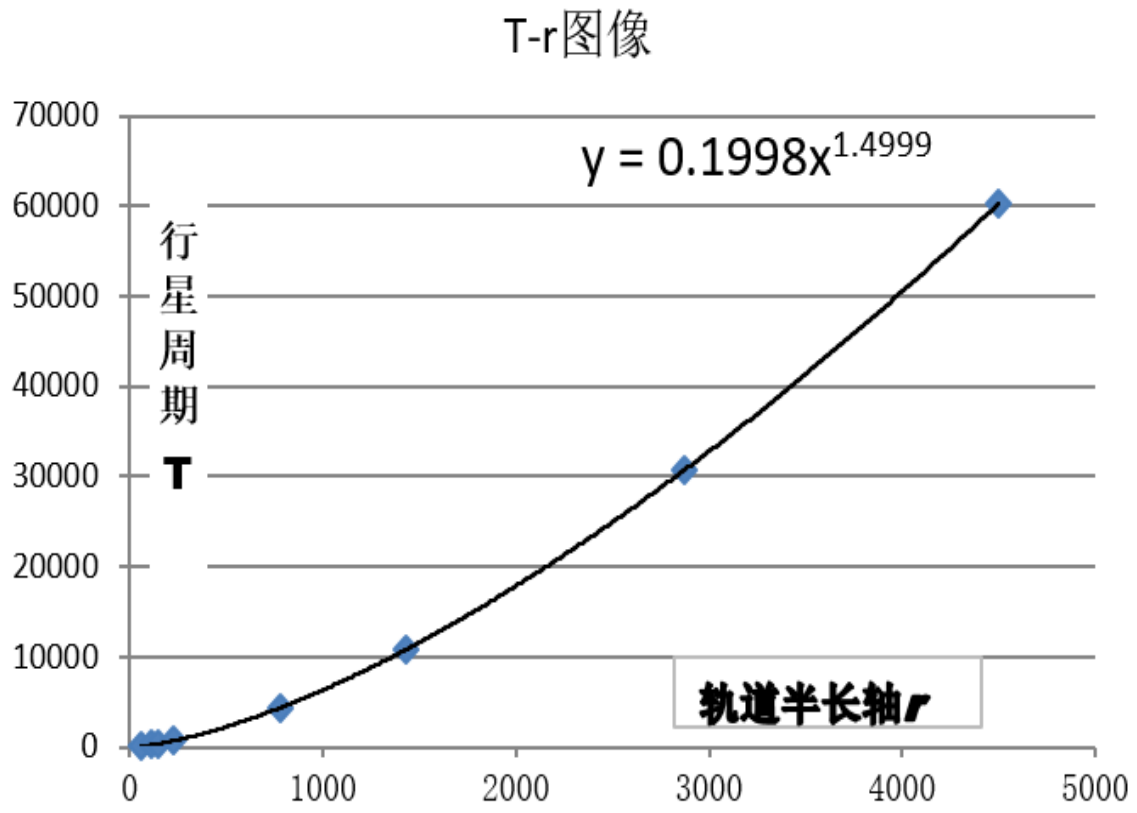
例1 利用Excel画出行星周期与轨道半长轴的散点图



科学探究中的逻辑推理方法

例1 根据八大行星的观测数据归纳结论

添加趋势线，选择幂函数，选择显示公式，如下图所示图像。



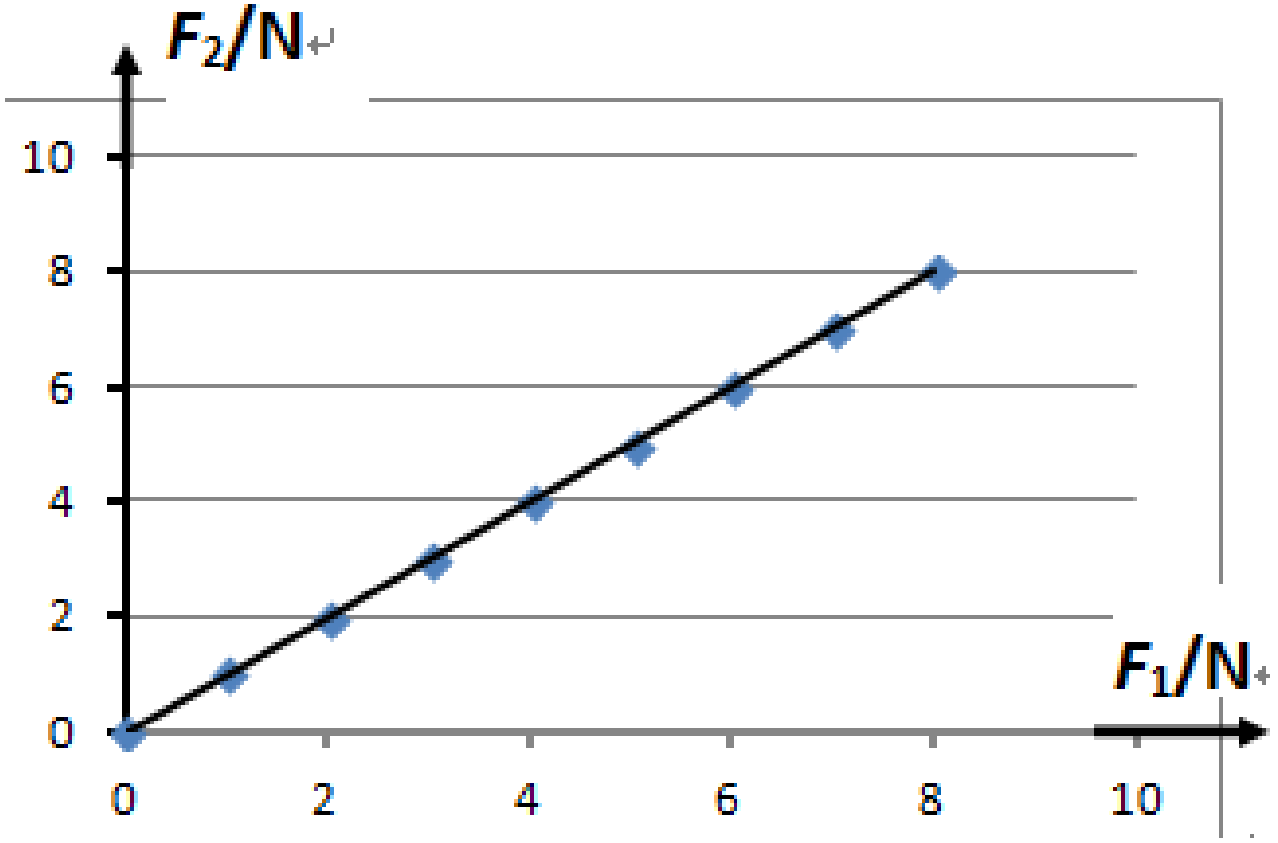
由图像，系数和指数均保留一位小数，则有：

$T^2=0.04r^3$

开普勒第三定律：行星绕太阳运动周期T的平方与椭圆轨道的半长轴r的立方成正比。

科学探究中的逻辑推理方法

例2 怎样归纳反作用力和作用力的关系？



科学探究中的逻辑推理方法

科学推理与论证的关系：科学论证不只有归纳推理

例3 探究导体电阻跟导体长度的关系

归纳推理与演绎推理综合运用

下表为 φ0.25mm 的镍铬丝的电阻与长度关系的实验数据

L / mm	125	250	500
I / A	0.68	0.44	0.25

根据实验过程及表中数据可以归纳出：

在金属丝的材料和横截面积相同时，金属丝的长度越长，电流越小。

又根据金属丝电阻的操作定义，金属丝的电阻用电流大小来反映，电流越小，说明金属丝的电阻越大。

所以，可推出如下结论：在导体的材料和横截面积相同时，导体的长度越长，导体的电阻越大。

归纳推理

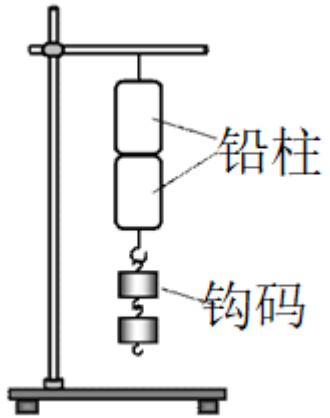
演绎推理

论证

科学推理与论证

例4 用实验证明分子之间存在引力

如图所示，将端面已切平的两块铅柱紧压在一起，下面悬挂钩码后两铅柱仍不分离，这说明铅块分子之间存在引力。



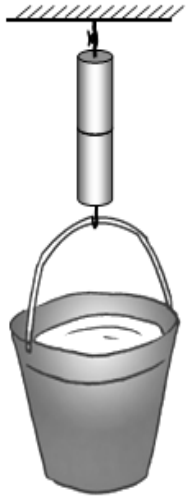
有的同学会提出质疑，两个铅柱之所以没被拉开，是因为大气压的作用。

怎样做这个实验才能为科学论证提供有力的证据？

科学探究中的逻辑推理方法

收集证据应符合证据规则，不符合规则的证据属于无效证据

为此，需要收集更多证据，测量铅柱A和铅柱B所受的重力（ 2N ），测量两个铅柱接触面的面积（ $3cm^2$ ），所挂物体重力（20N）。



所以， $\boldsymbol{F}_{大气}$=30N，铅柱B和重物所受重力$\boldsymbol{G}_{总}$=22N，此时不能说明两个铅柱拉不开是由于铅柱分子之间的引力。只有当所挂重物和铅柱B的重力大于大气压力30N，两个铅柱仍然拉不开，才能说明铅柱分子之间有引力，此时，两个铅柱仍然拉不开是由于大气压力和分子力的共同作用。

PART 03

几点建议

教学建议

认真**学习基本的逻辑思维方法，尤其是因果关系归纳推理方法。**

研究12个必做探究性实验，不仅要亲身经历科学探究过程，还要撰写探究报告，体会科学探究中出现的思维误区和问题，纠正在提出问题、设计实验和分析论证等环节中常见的误区，为指导学生科学探究奠定基础。

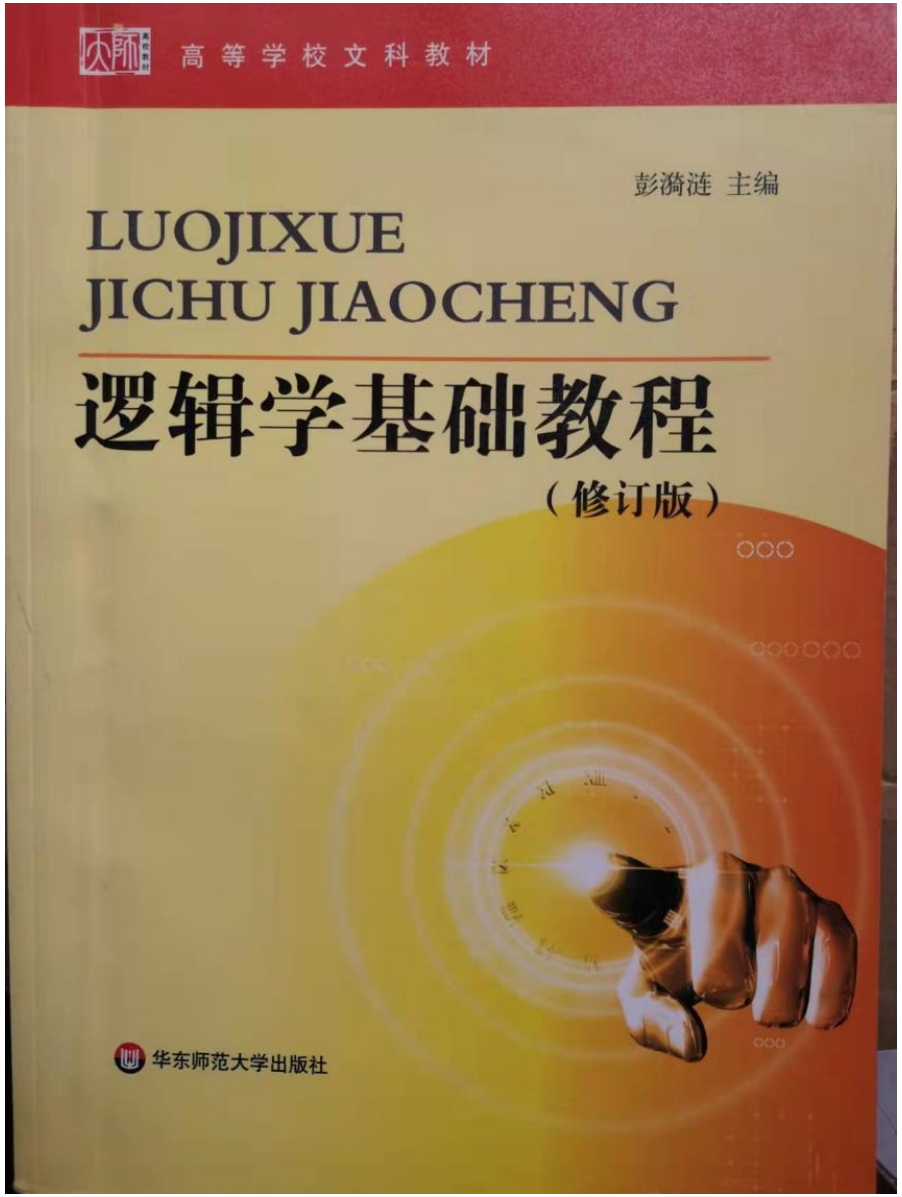
教学建议

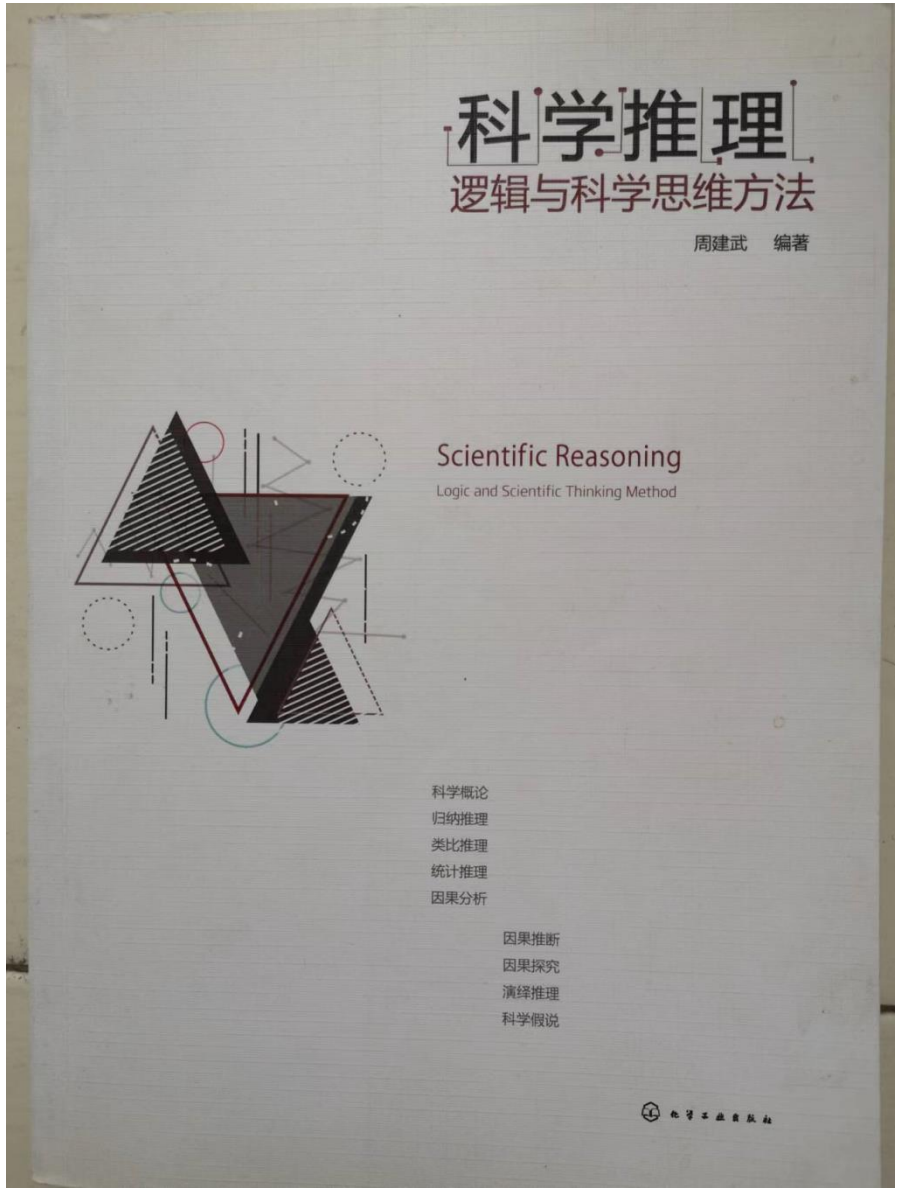
把问题作为科学探究的出发点，指导学生学会把疑问、课题转化为可探究的科学问题，避免从结论出发，或没有问题的探究。加强探究教学的规范性，采用多种措施指导学生的探究过程。指导学生学会识别问题中的变量，学会控制变量、观察或测量变量的方法。指导学生学会基于实验数据进行分析论证，还要根据学生的实际水平和探究任务的难度采用不同层次的指导。

教学建议

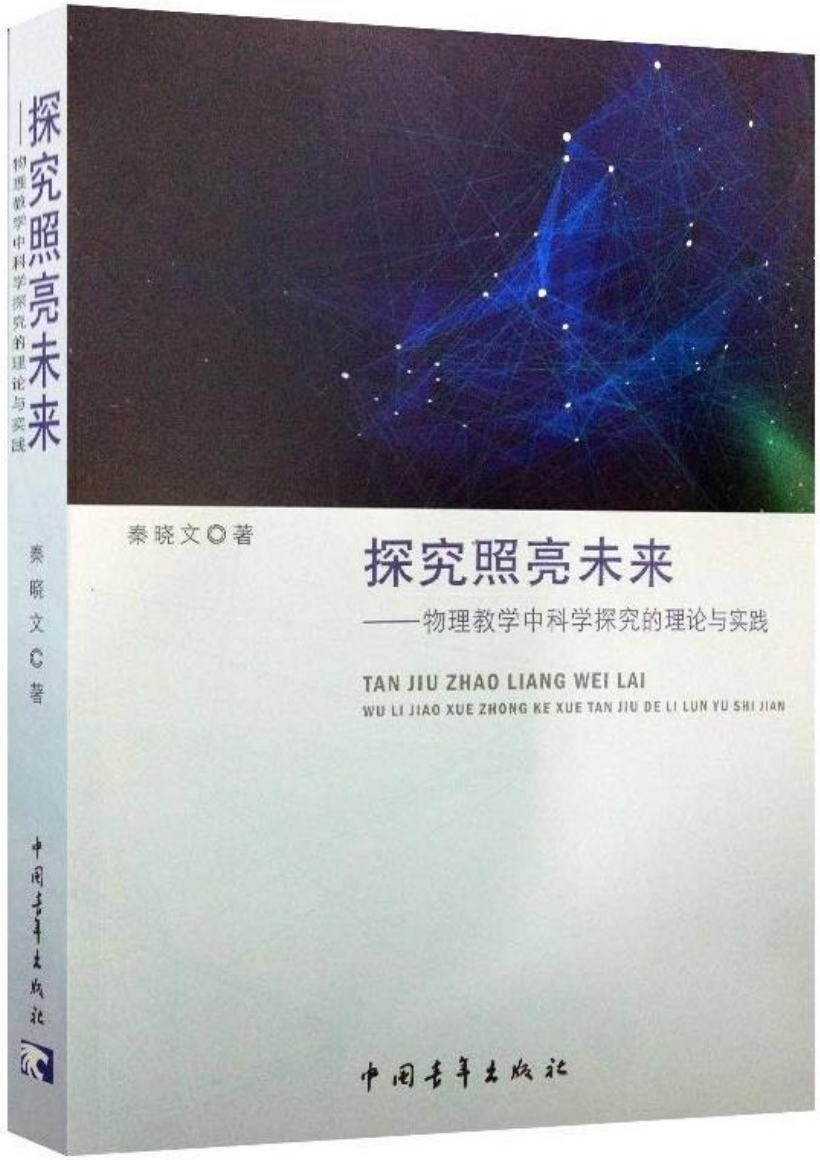
针对课堂内探究时间不足的问题，可以将探究类作业跟课堂内探究有机结合起来，统筹规划，落实必做学生实验。例如，可以将提出问题、猜想假设和设计实验等环节设计成纸笔类的探究作业，在课前完成。课堂内重点实施做实验、收集数据、分析论证。课后再安排相应的作业，将整个探究过程规范地表达出来。如果探究中包含的问题比较多，课堂内无法全部完成，则可以将课堂内没有完成的问题设计成课后作业。

参考书目


高等学校文科教材
彭漪涟 主编
LUOJIXUE
JICHU JIAOCHENG
逻辑学基础教程
（修订版）
华东师范大学出版社


科学推理
逻辑与科学思维方法
周建武 编著
Scientific Reasoning
Logic and Scientific Thinking Method
科学概论
归纳推理
类比推理
统计推理
因果分析
因果推断
因果探究
演绎推理
科学假说

参考书目


探究照亮未来
物理教学中科学探究的理论与实践
秦晓文◎著
中国青年出版社
秦晓文◎著
探究照亮未来
——物理教学中科学探究的理论与实践
TAN JIU ZHAO LIANG WEI LAI
WU LI JIAO XUE ZHONG KE XUE TAN JIU DE LI LUN YU SHI JIAN
中国青年出版社



谢谢观看

北京教育科学研究院 秦晓文