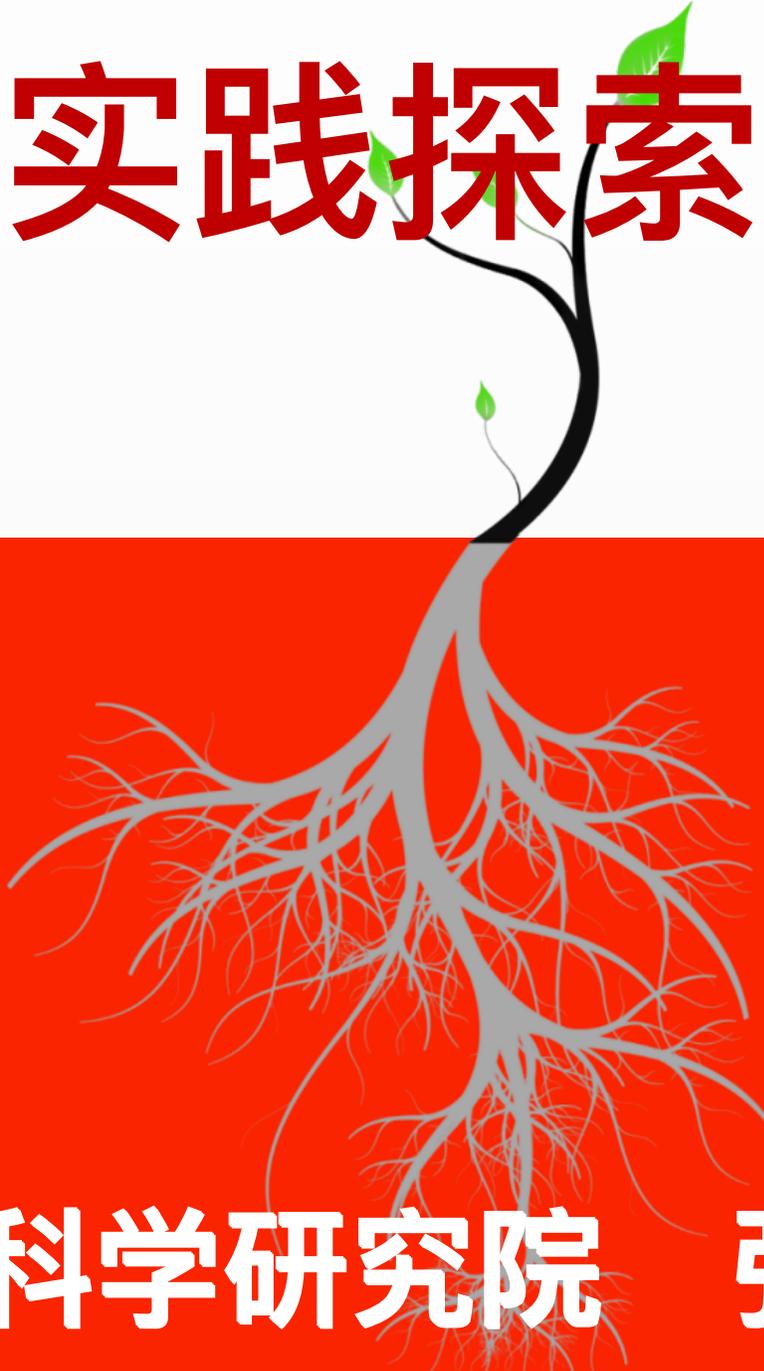


落实物理学科核心素养的 北京教学实践探索



北京教育科学研究院 张玉峰

2019.11

引子：中共中央、国务院《关于深化教育教学改革 全面提高义务教育质量的意见》

8.优化教学方式。坚持教学相长，注重**启发式、互动式、探究式**教学，教师课前要指导学生做好**预习**，课上要讲清重点难点、**知识体系**，引导学生主动思考、积极提问、自主探究。融合运用传统与现代技术手段，重视**情境教学**；探索基于学科的课程综合化教学，开展研究型、项目化、合作式学习。**精准分析学情**，重视差异化教学和个别化指导。各地要定期开展聚焦课堂教学质量的主题活动，注重培育、遴选和推广优秀教学模式、教学案例。



引子：国务院办公厅《关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见》

(十) 深化课堂教学改革。按照教学计划循序渐进开展教学，提高课堂教学效率，培养学生**学习能力**，促进学生**系统掌握**各学科基础知识、基本技能、基本方法，培养适应**终身发展**和社会发展需要的正确**价值观念、必备品格和关键能力**。积极探索**基于情境、问题导向**的互动式、启发式、探究式、体验式等课堂教学，注重加强课题研究、项目设计、研究性学习等**跨学科综合性**教学，认真开展验证性实验和探究性实验教学。提高作业设计质量，精心设计基础性作业，适当增加**探究性、实践性、综合性作业**。积极推广应用优秀教学成果，推进信息技术与教育教学深度融合，加强教学研究和指导。



引子：国务院办公厅《关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见》

(十五) 深化考试命题改革。学业水平选择性考试与高等学校招生全国统一考试命题要以**普通高中课程标准和高校人才选拔要求**为依据，实施普通高中新课程的省份不再制定考试大纲。优化考试内容，突出立德树人导向，重点考查学生**运用所学知识分析问题和解决问题的能力**。创新试题形式，加强**情境设计**，注重**联系社会生活实际**，增加**综合性、开放性、应用性、探究性试题**。科学设置试题**难度**，命题要符合相应学业质量标准，体现不同考试功能。加强命题能力建设，优化命题人员结构，加快题库建设，建立命题评估制度，提高命题质量。



引子：物理学科核心素养的内容及其关系

物理观念

- 物质观念
- 运动与相互作用观念
- 能量观念

科学思维

- 模型建构
- 科学推理
- 科学论证
- 质疑创新

科学探究

- 问题
- 证据
- 解释
- 交流

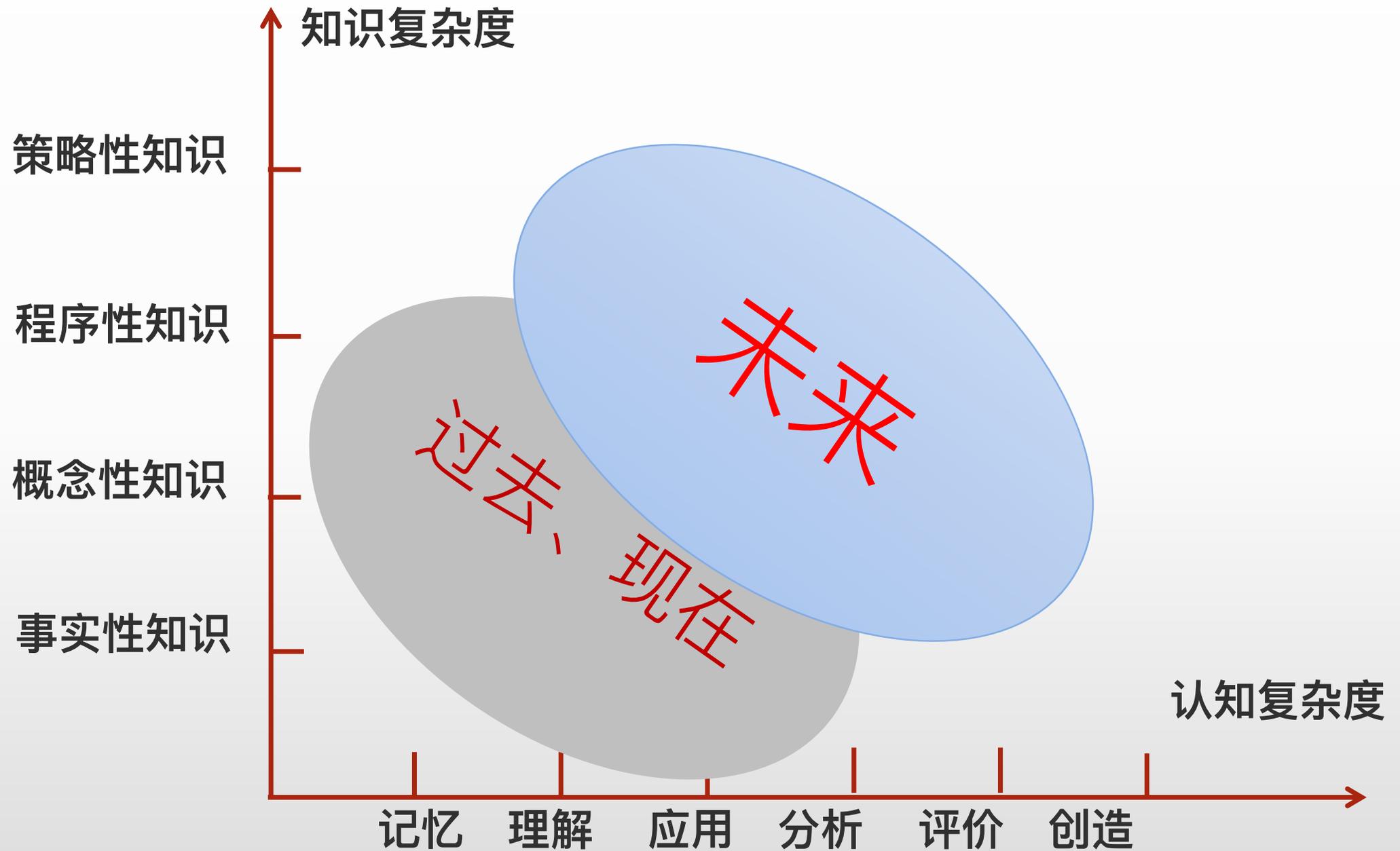
科学态度与责任

- 科学本质
- 科学态度
- 社会责任

物理学科核心素养如何落实？



引子：布鲁姆教育目标分类学视角下的物理教学



目录

1. 延展知识学习过程，全面规划核心素养发展
发展学生反思知识得出过程，形成认识
设计知识间的接口，让知识间自然发
生整合情境，在知识深层理解中孕育核
心素养教学方式，以理性思维激发学习
生探索核心素养诊断途径，以精准诊断
促发展



一、延展知识学习过程，全面规划核心素养发展

向后延展：体系、策略、
接口

物理知识

向前延展：已有知识、
经验常识

向中延展：路径、过程、
基础、条件

以高中物理“速度”概念为例



一、延展知识学习过程，全面规划核心素养发展

事实1

- 电荷间有力的作用：解释

映射

- 带电体在电场中不同位置受力不同：建模

事实2

- 某点的 F/q 是定值：推理

2

关联

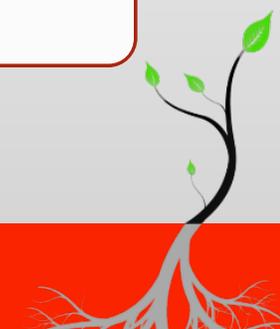
- F/q 可描述电场强弱：论证

概念

- 定义电场强度大小和方向：比值定义、约定

整合

- 解释、场的叠加、场的强度量



二、引导学生反思知识得出过程，挖掘隐性知识

网络技术进一步发展，会更加要求教师传授所谓的“隐性知识”（tacit knowledge）。这种隐性知识是不可能从网络上获得的，相反，那些显性知识，即可以通过语言、文字、概念、公式表达出来的东西，都很容易在网络搜索到。

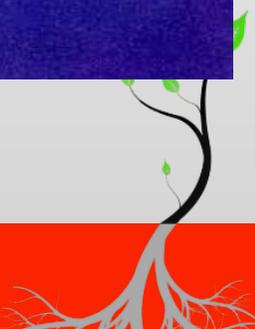
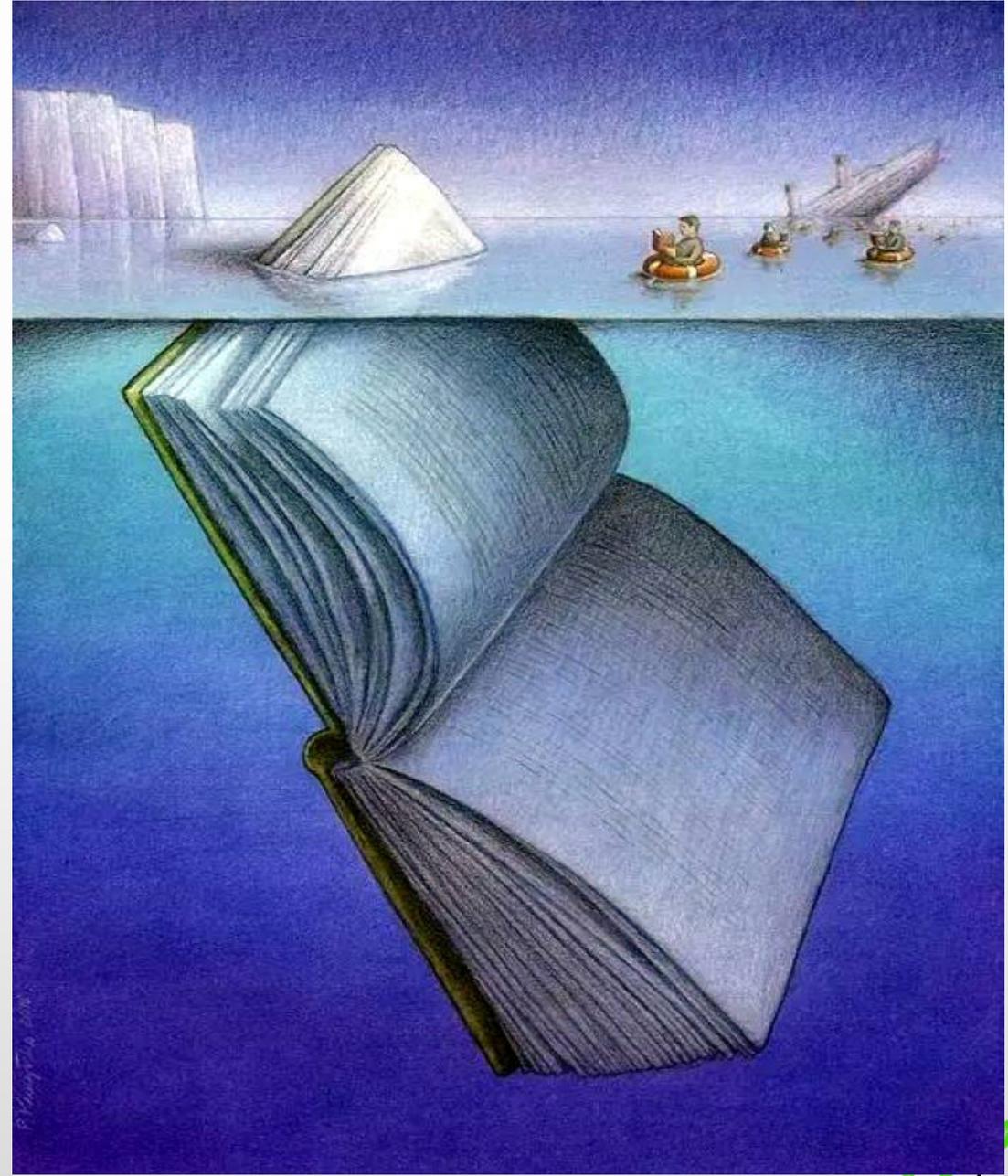
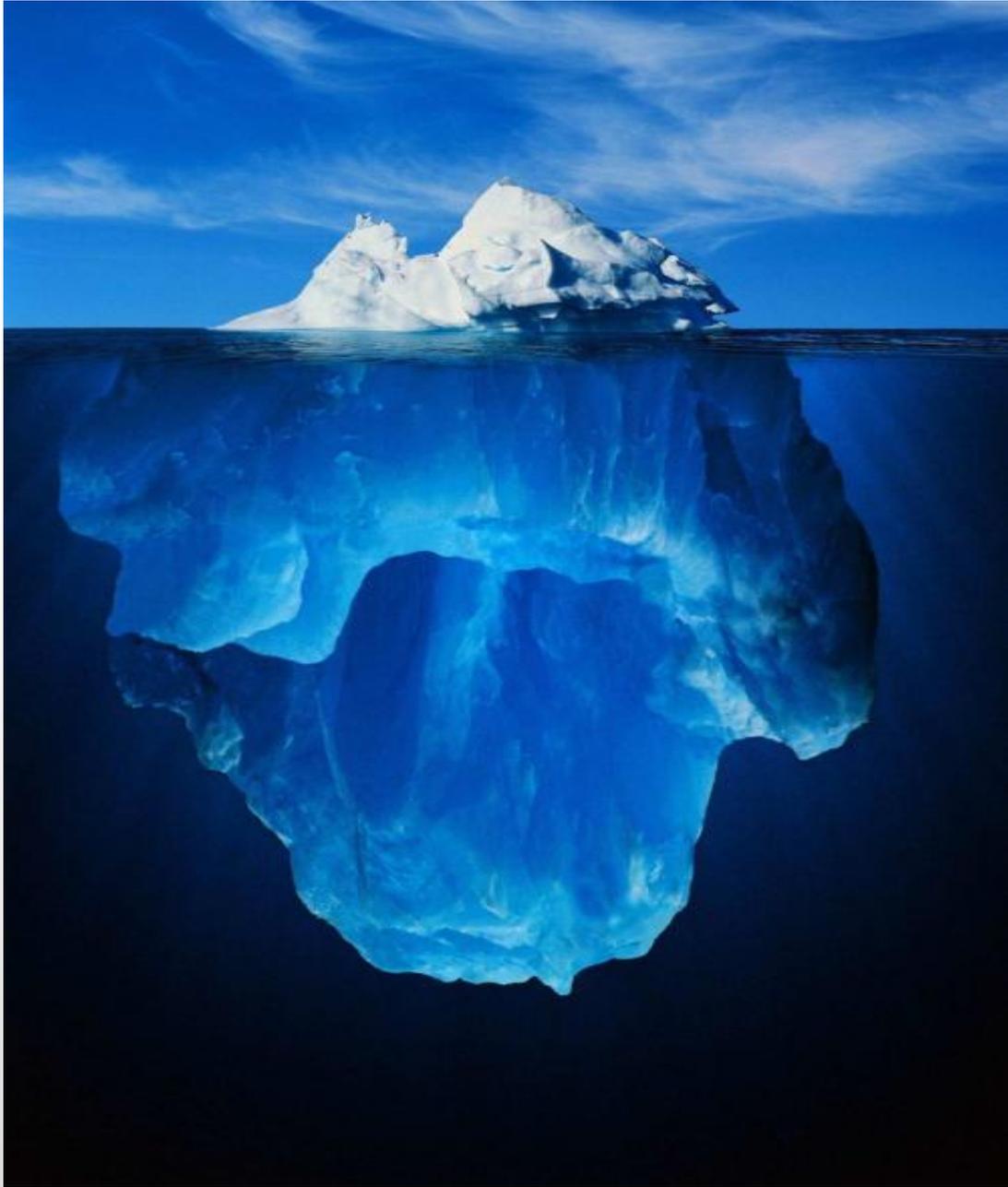
——吴国盛

我想知道这是为什么。我想知道为什么我想知道这是为什么。我想知道究竟为什么我非要知道我为什么想知道这是为什么！

——费曼



二、引导学生反思知识得出过程，挖掘隐性知识



二、引导学生反思知识得出过程，挖掘隐性知识

隐性 知识 挖掘 框架

知识结构

跨学科概念

物理学思想方法

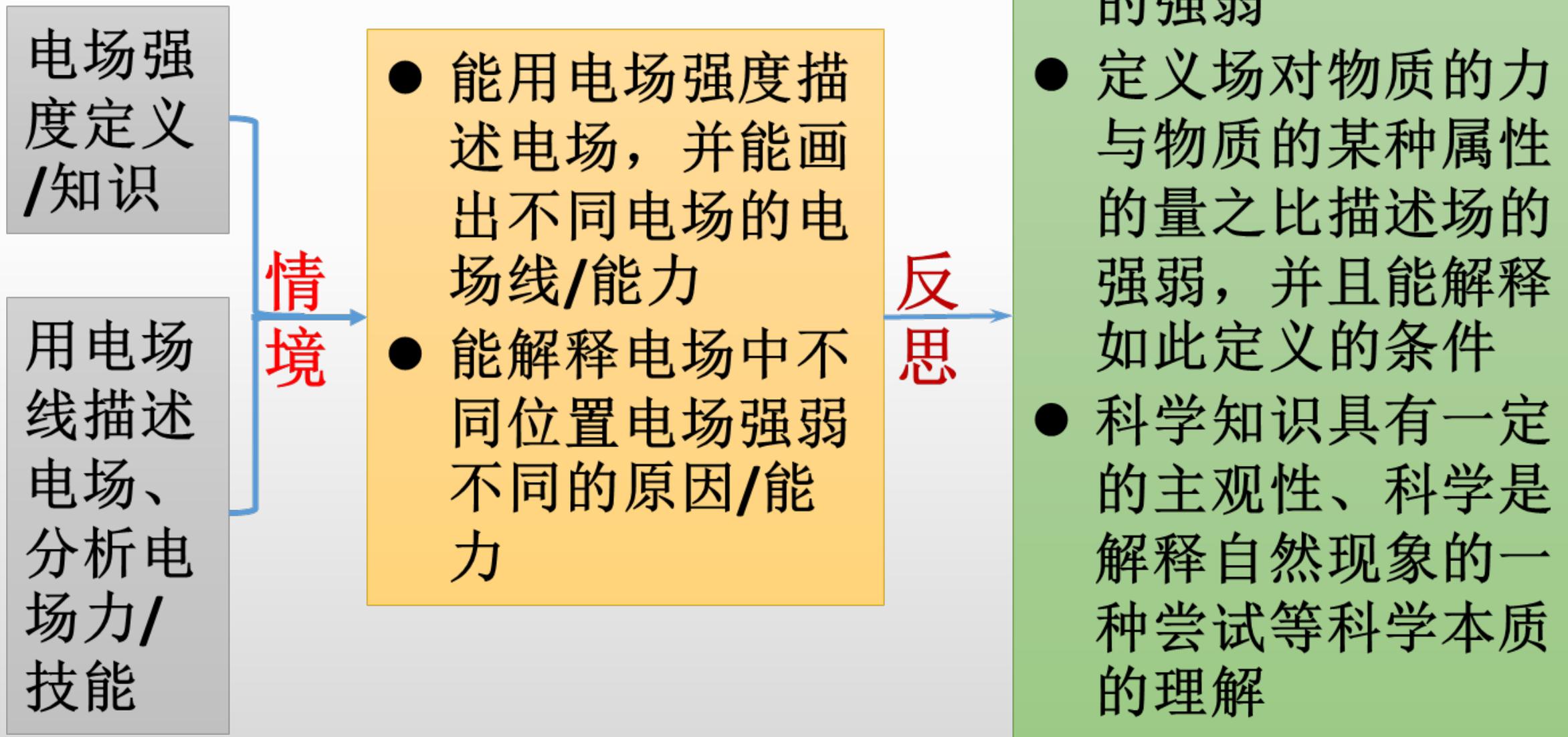
物理学认识方式

物理学实践活动

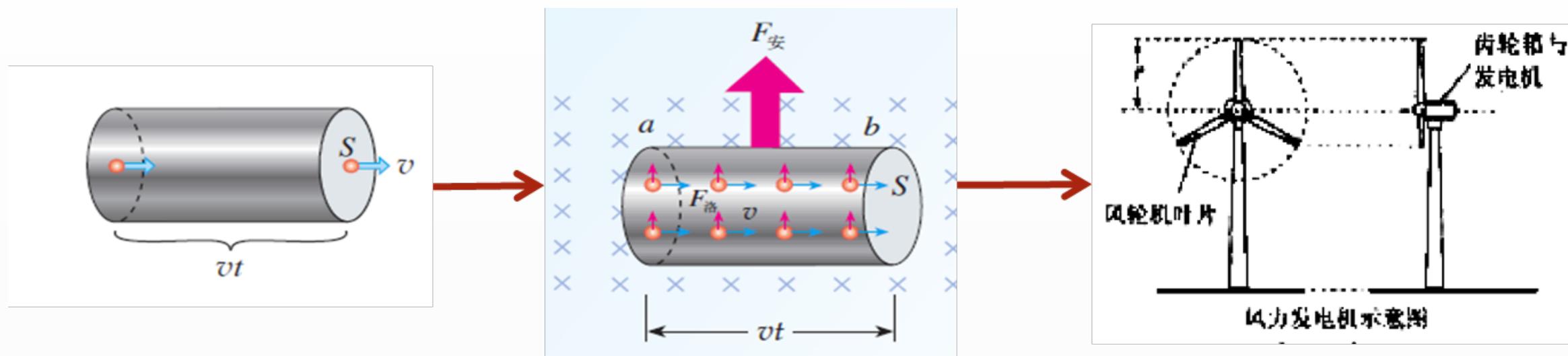
STSE



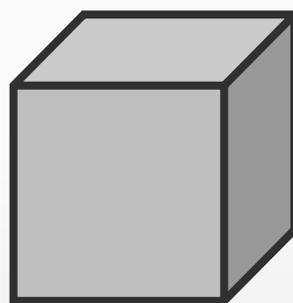
二、引导学生反思知识得出过程，挖掘隐性知识



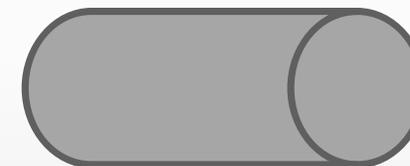
二、引导学生反思知识得出过程，挖掘隐性知识



雨滴受到阻力



器壁单位面积所受压力

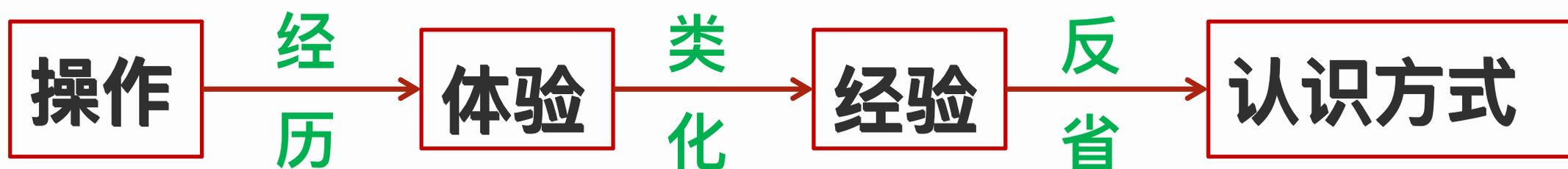


金属离子对自由电子的平均作用力

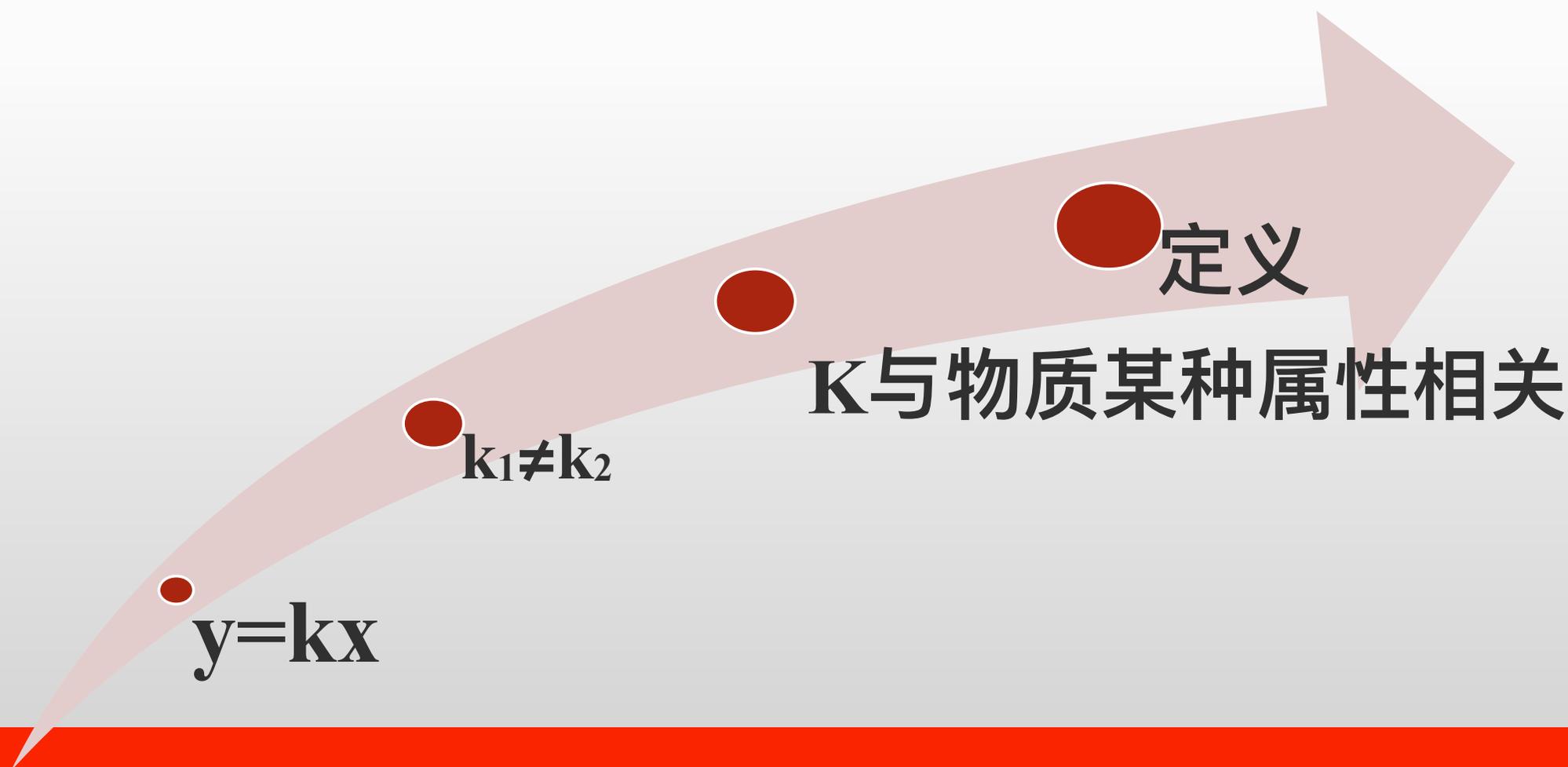
- 物质与能量的流动、转化与守恒
- 柱状模型：概念建构过程→问题解决过程
- 柱状模型分析的角度：电荷流动、相互作用、能量
- 柱状模型→球状模型



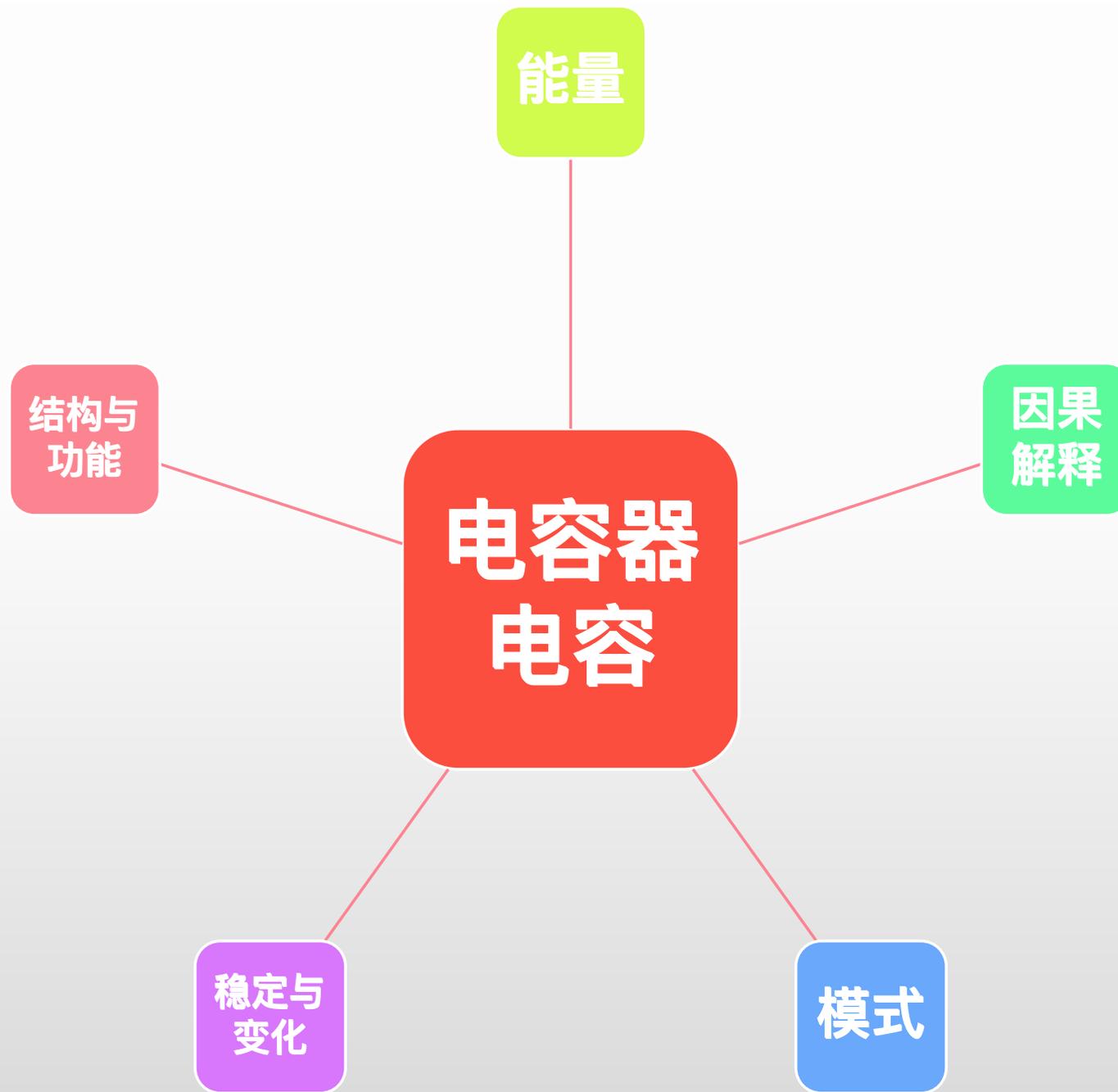
二、引导学生反思知识得出过程，挖掘隐性知识



物质属性的描述举例：密度、比热容、场强、电容、折射率



二、引导学生反思知识得出过程，挖掘隐性知识



二、引导学生反思知识得出过程，挖掘隐性知识

变
化
率

位置变化率

速度变化率

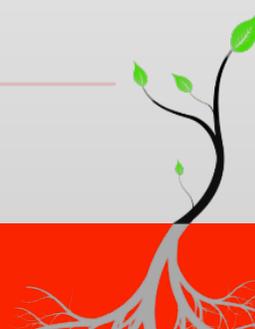
动量变化率

动能的变化率

电势随距离的变化率

磁通量的变化率

.....



二、引导学生反思知识得出过程，挖掘隐性知识

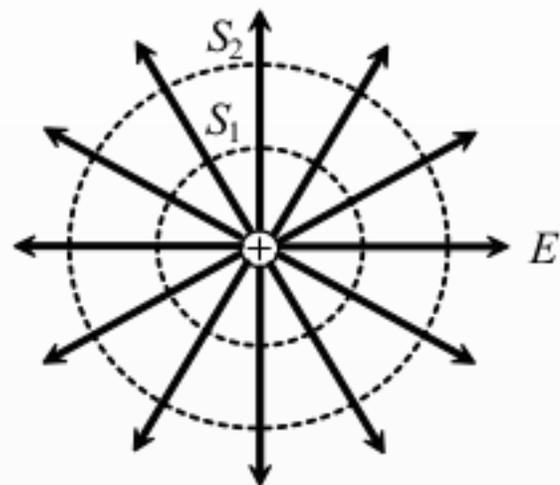


二、引导学生反思知识得出过程，挖掘隐性知识

例 4. 静电场可以用电场线和等势面形象描述。

a. 请根据电场强度的定义和库仑定律推导出点电荷 Q 的场强表达式；

b. 点电荷的电场线和等势面分布如图所示，等势面 S_1 、 S_2 到点电荷的距离分别为 r_1 、 r_2 。



我们知道，电场线的疏密反映了空间区域电场强度的大小。请计算 S_1 、 S_2 上单位面积通过的电场线条数之比 N_1/N_2 。

c. 穿过某个面的磁感线条数称为穿过此面的磁通量，类比磁通量，我们可以把穿过某个面的电场线条数称为穿过此面的电通量。分析穿过半径为 R 的球面的电通量与哪些因素有关。



二、引导学生反思知识得出过程，挖掘隐性知识

认识思路举例：

- 物体的机械运动由物体受力和初速度决定
- 物体的复杂运动可以分解为简单运动处理
- 宏观的物理现象可以从微观角度进行解释
- 通过对过程或者物理量的无限分割可以化变为不变
- 既可描述作用的瞬时效果也可描述积累效果
- 既可以定性也可以定量描述物理过程
- 场的性质可以用强度量和势概念进行描述
- 探究未知世界可以先提出猜想再进行验证
- 物理学不仅要分析事物所处的状态还分析过程
- 物理学不仅要描述客观世界还要因果解释
- 物理学不仅要分析变量之间的关系，还试图分析变化之中的守恒
- 物理学可以从物质、运动与相互作用、能量等视角研究
-

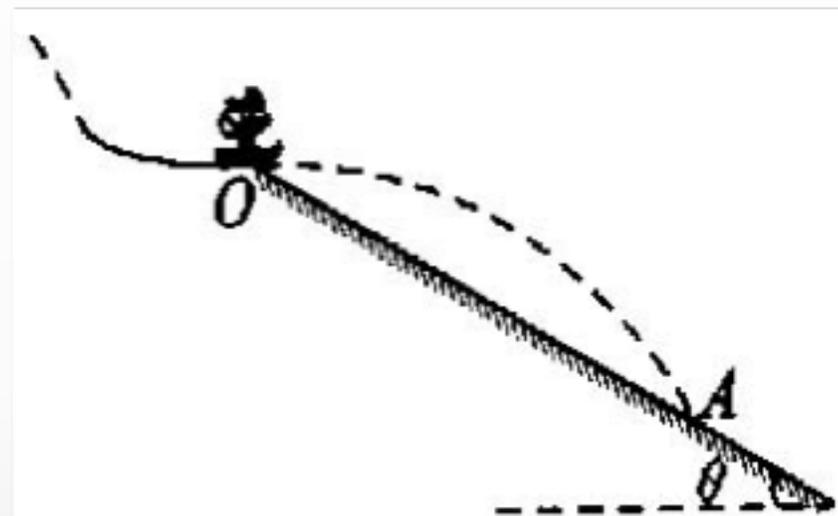


二、引导学生反思知识得出过程，挖掘隐性知识

22. (16分) 如图，跳台滑雪运动员经过一段加速滑行后从 O 点水平飞出，经过 3.0 s 落到斜坡上的 A 点。已知 O 点是斜坡的起点，斜坡与水平面的夹角 $\theta = 37^\circ$ ，运动员的质量 $m = 50\text{ kg}$ 。不计空气阻力。(取 $\sin 37^\circ = 0.60$ ， $\cos 37^\circ = 0.80$ ； g 取 10 m/s^2) 求

- (1) A 点与 O 点的距离 L ；
- (2) 运动员离开 O 点时的速度大小；
- (3) 运动员落到 A 点时的动能。

平抛知识



24. (18分) 真空中存在空间范围足够大的、水平向右的匀强电场。在电场中，若将一个质量为 m 、带正电的小球由静止释放，运动中小球的速度与竖直方向夹角为 37° (取 $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$)。现将该小球从电场中某点以初速度 v_0 竖直向上抛出。求运动过程中

- (1) 小球受到的电场力的大小及方向；
- (2) 小球从抛出点至最高点的电势能变化量；
- (3) 小球的最小动量的大小及方向。

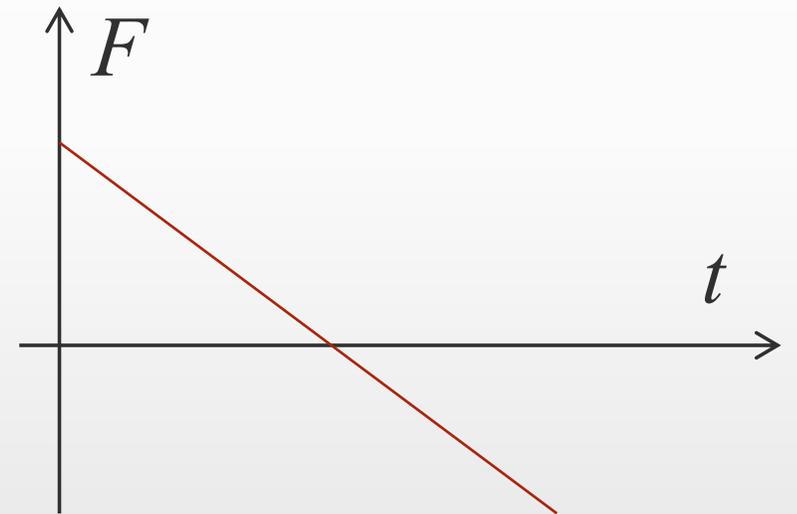
把复杂运动分解为简单运动的物理思想



二、引导学生反思知识得出过程，挖掘隐性知识

根据高中所学知识可知，做自由落体运动的小球，将落在正下方位置。但实际上，赤道上方 200 m 处无初速下落的小球将落在正下方位置偏东约 6 cm 处。这一现象可解释为，除重力外，由于地球自转，下落过程小球还受到一个水平向东的“力”，该“力”与竖直方向的速度大小成正比。现将小球从赤道地面竖直上抛，考虑对称性，上升过程该“力”水平向西，则小球

- A. 到最高点时，水平方向的加速度和速度均为零
- B. 到最高点时，水平方向的加速度和速度均不为零
- C. 落地点在抛出点东侧
- D. 落地点在抛出点西侧



- 把复杂运动分解为简单运动的物理思想
- 情境：新颖、复杂、结构不良
- 提取信息、整合信息、与已有知识建立联系



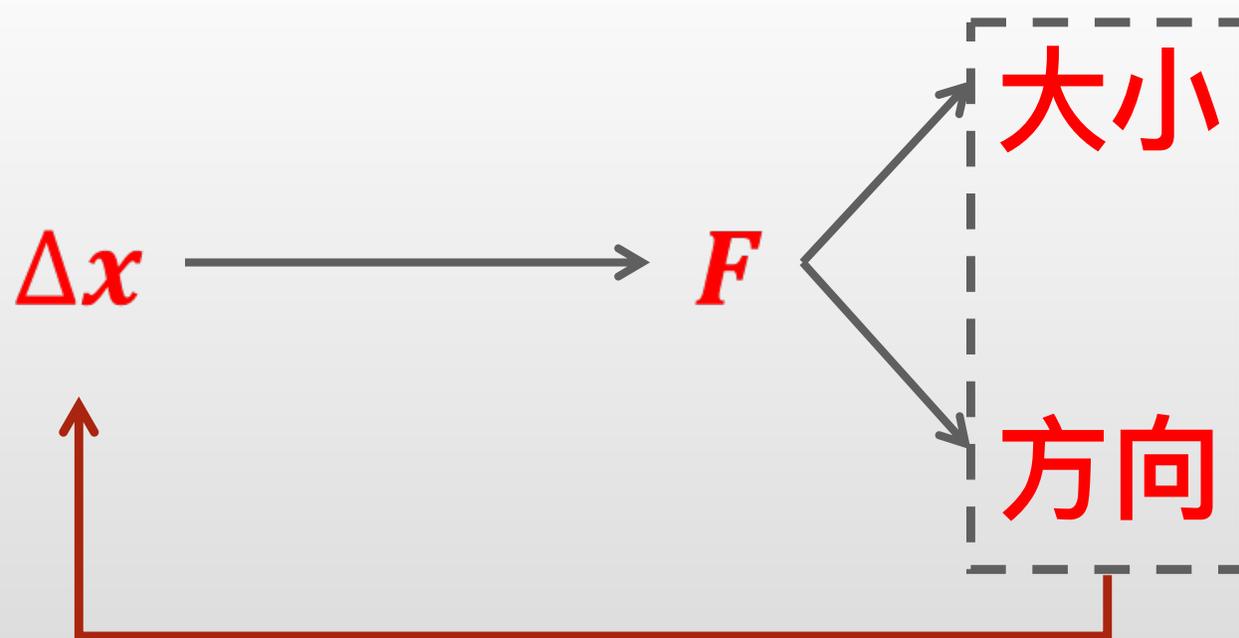
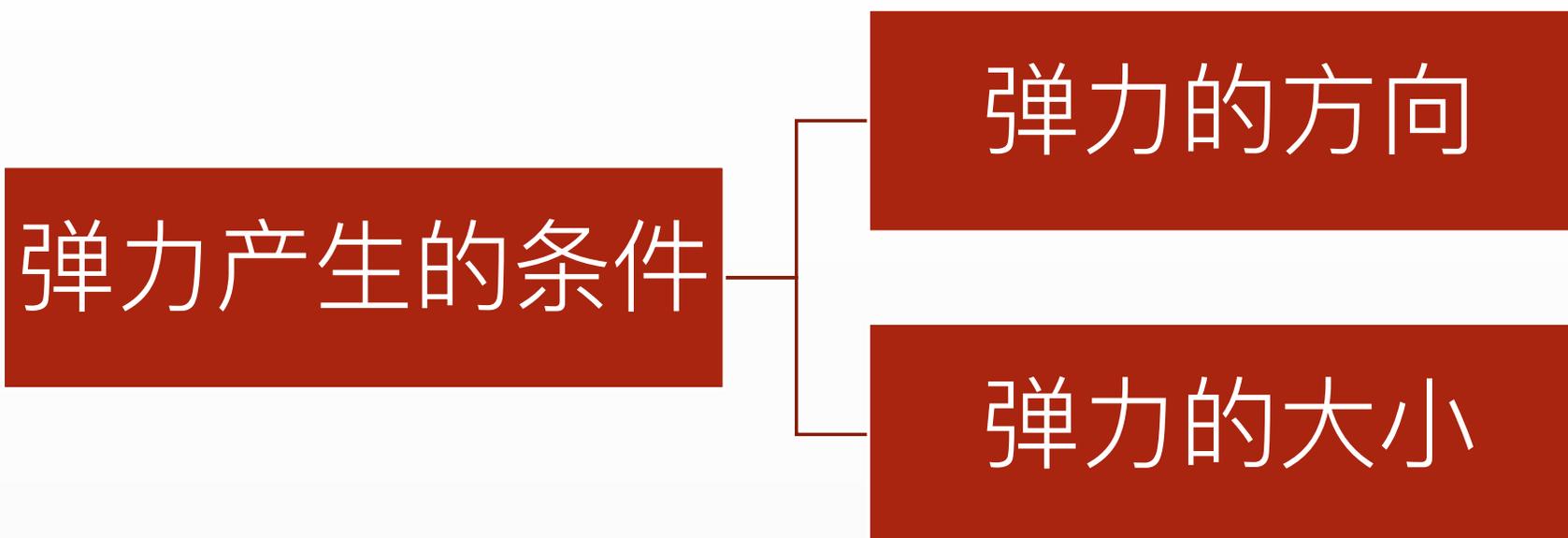
三、设计知识间的接口，让知识自然发生整合



三、设计知识间的接口，让知识自然发生整合



三、设计知识间的接口，让知识自然发生整合



物理学怎么来的?

- 归纳推理
- 演绎推理
- 直觉与灵感

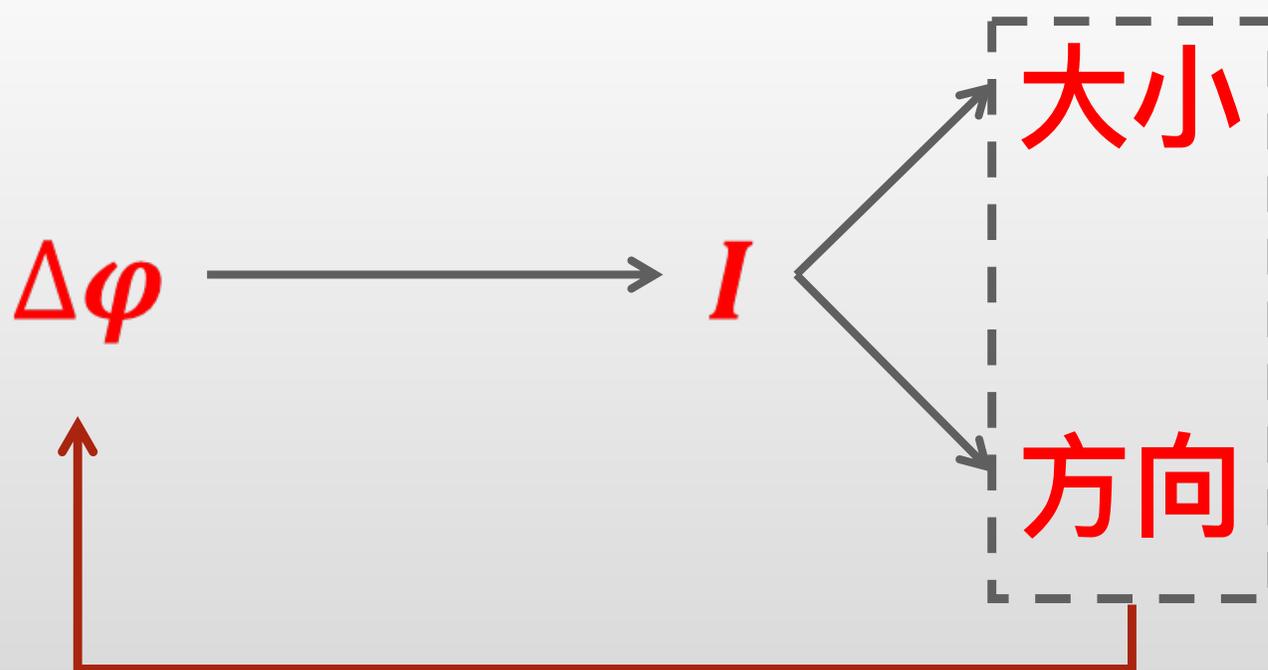


三、设计知识间的接口，让知识自然发生整合

感应电流的产生条件

感应电流的方向

感应电动势的大小



三、设计知识间的接口，让知识自然发生整合

- 复习安培力知识
- 提出问题并猜想：解释安培力
- 阴极射线管实验验证猜想
- 探究洛伦兹力方向
- 理论推导洛伦兹力大小
- 巩固应用：例题、解释极光现象
- 分析洛伦兹力做功特点并对带电粒子的运动提出猜想

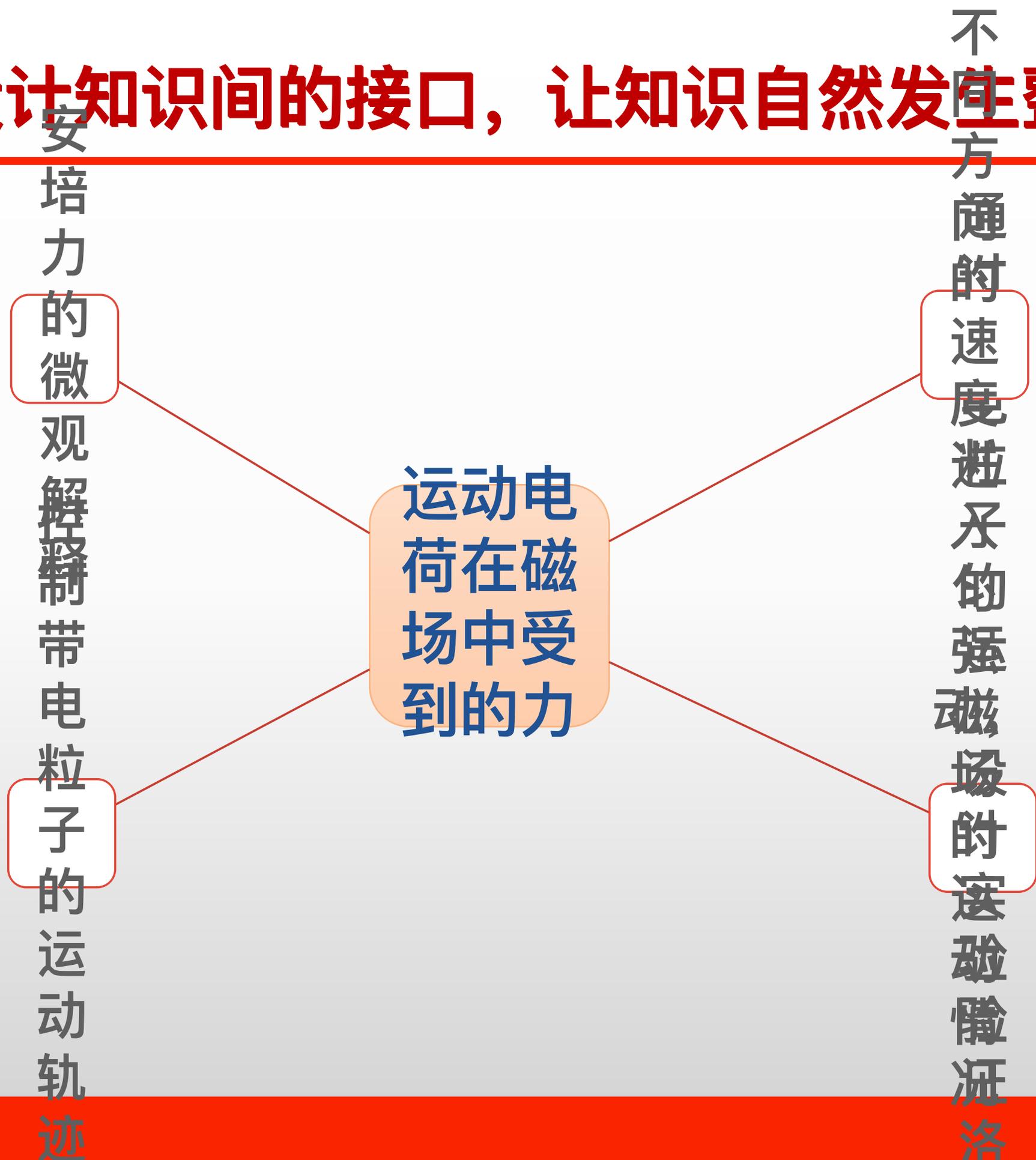
概念关联
科学推理

科学探究

概念关联
实验设计



三、设计知识间的接口，让知识自然发生整合



三、设计知识间的接口，让知识自然发生整合

特例

猜想

验证

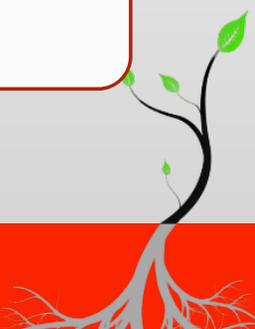
• 加速度与合力、质量关系→科学探究

论证

• 牛顿第二定律： $F=ma$ →科学论证

整合

• 力在时空的积累：科学推理，拓展整合



四、创设情境，在知识深层理解中孕育核心素养

- **2017年版课标：高中物理学业质量根据问题情境的复杂程度、知识和技能的结构化程度、思维方式或价值观念的综合程度等划分为不同水平。**
- **实验版物理课标：从生活走向物理，从物理走进社会。**
- **物理学是人类与自然界的对话。**
——普利高津



四、创设情境，在知识深层理解中孕育核心素养

- **核心素养是个体在面对复杂的、不确定的现实生活情境时，能够综合运用特定学习方式下所孕育出来的（跨）学科观念、思维模式和探究技能，结构化的（跨）学科知识和技能，世界观、人生观和价值观在内的动力系统）解决现实复杂问题过程中表现出来的综合性品质。**

——OECD (2005) The definition and selection of key competencies

——表现情境

——孕育方式

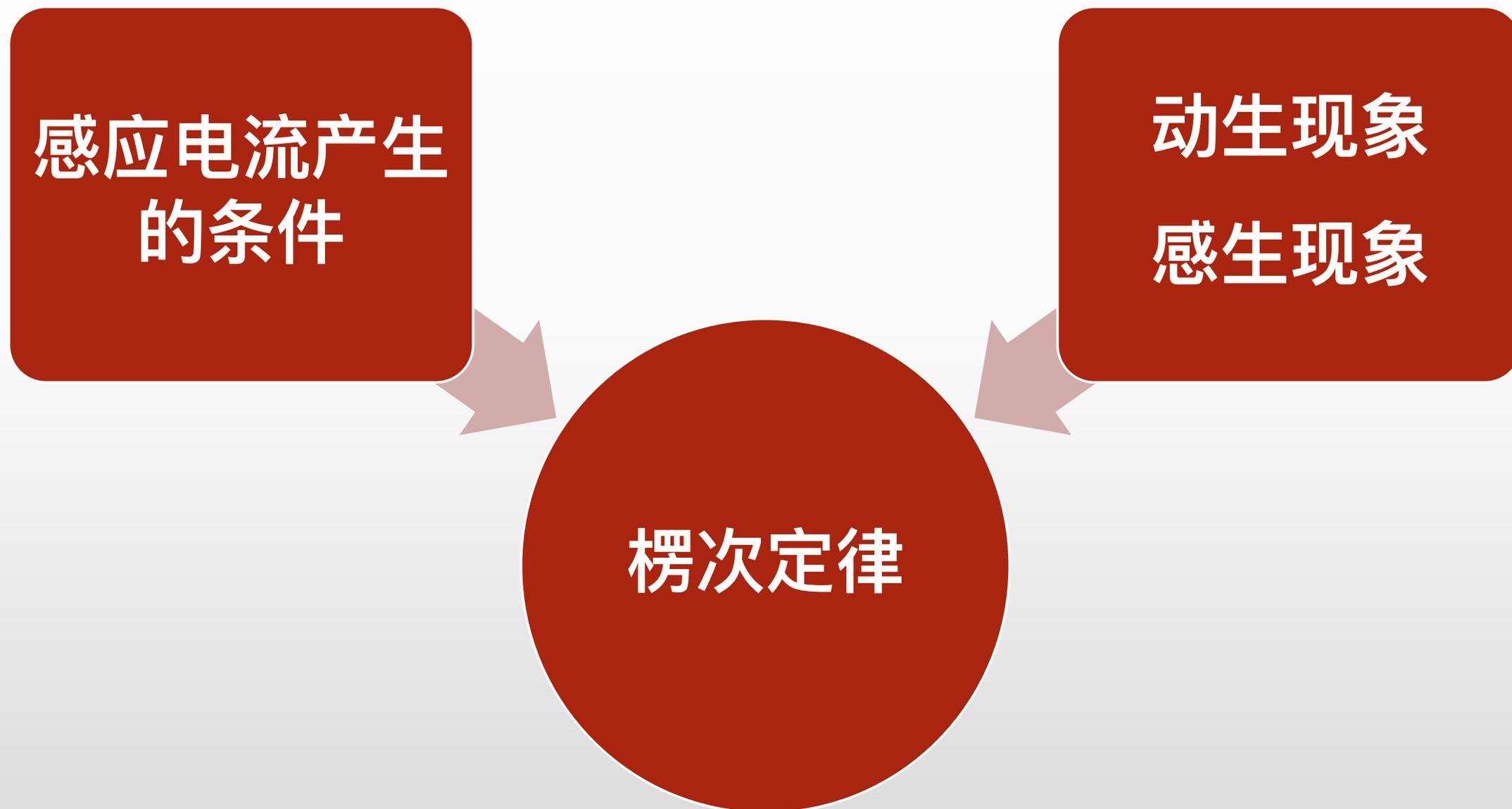
——具体内容



四、创设情境，在知识深层理解中孕育核心素养



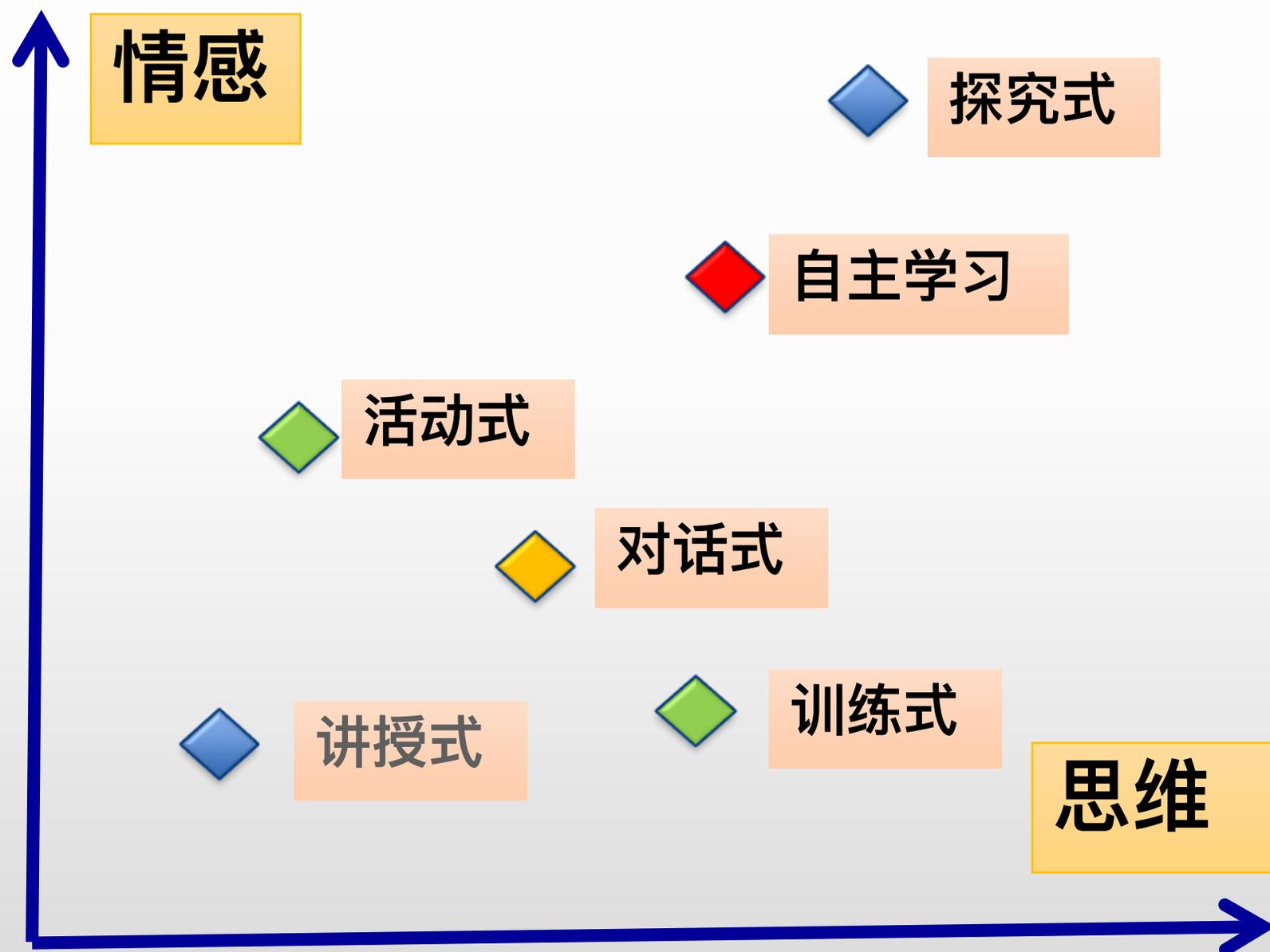
四、创设情境，在知识深层理解中孕育核心素养



四、创设情境，在知识深层理解中孕育核心素养



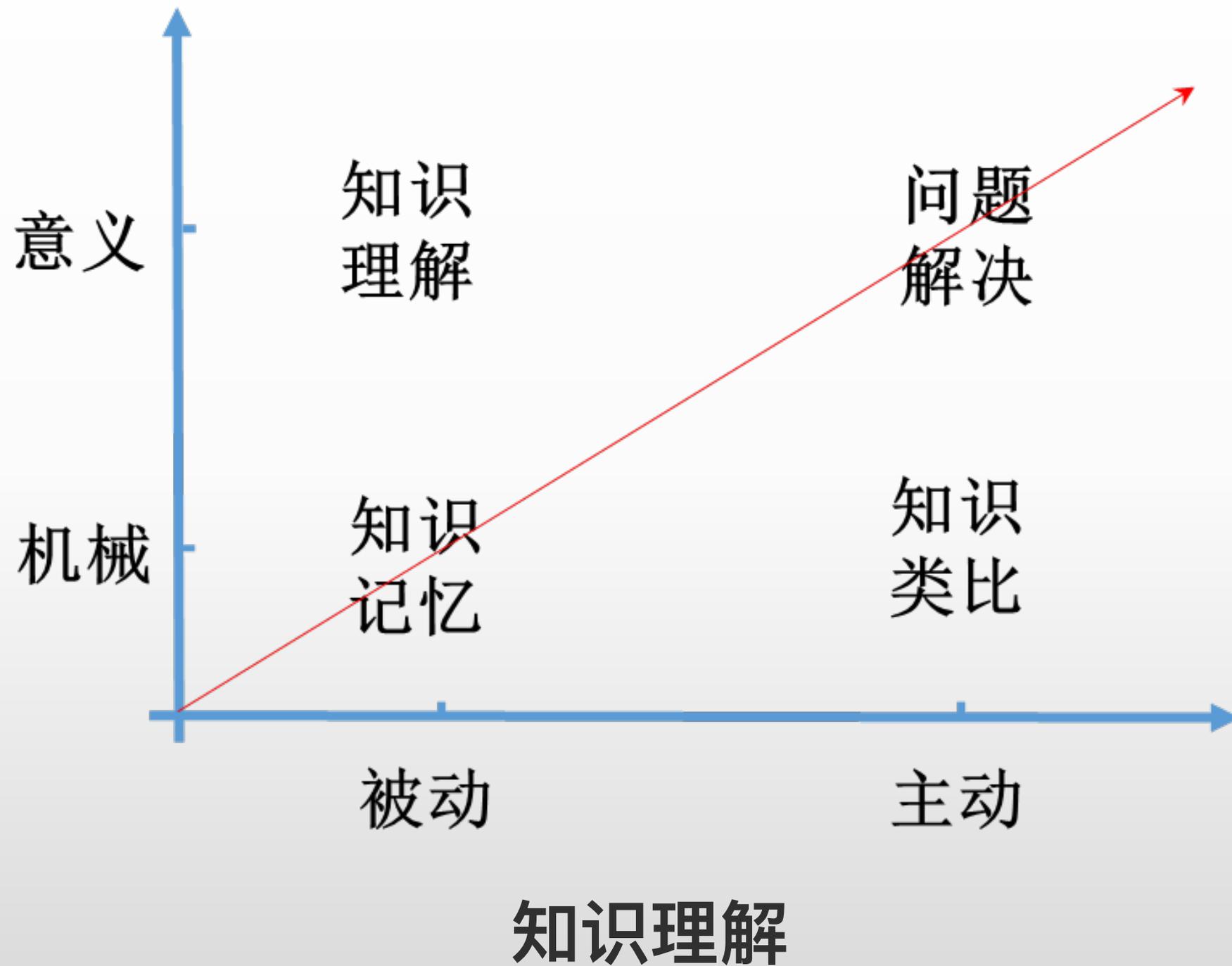
五、转变教学方式，以理性思维激发学习主动性



引自：李春密老师PPT



五、转变教学方式，以理性思维激发学习主动性



五、转变教学方式，以理性思维激发学习主动性

举例：知识理解→问题解决

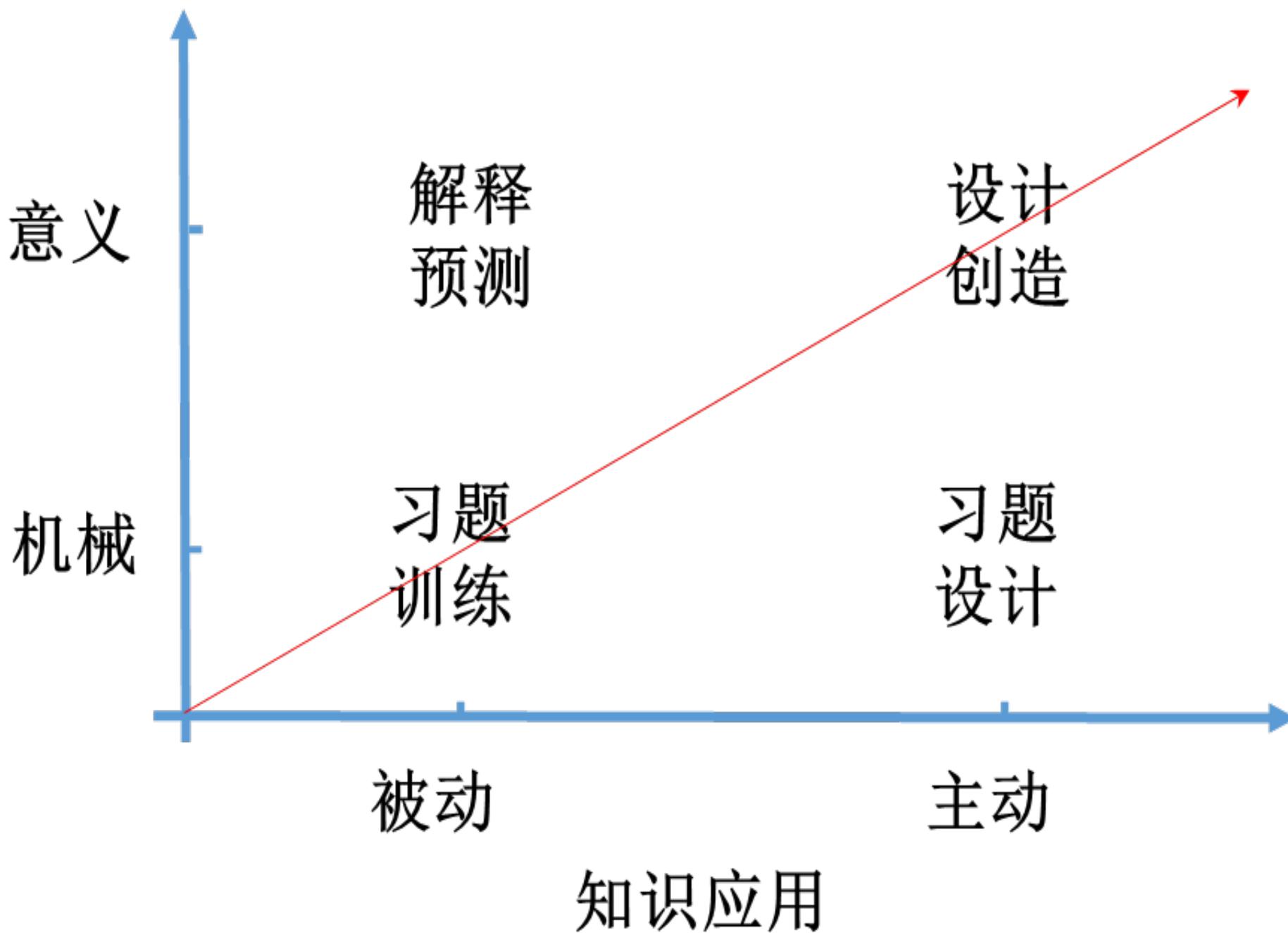
● 匀速直线运动的位移-时间图像

- ✓ 任务：使小车做最接近匀速直线运动
- ✓ 证据：匀速运动的证据
- ✓ 问题转换：如何获取匀速运动的数据
- ✓ 活动1：设计记录小车运动信息的手段
- ✓ 活动2：用图像处理数据

● 如何描述磁场的强弱：磁感应强度



五、转变教学方式，以理性思维激发学习主动性



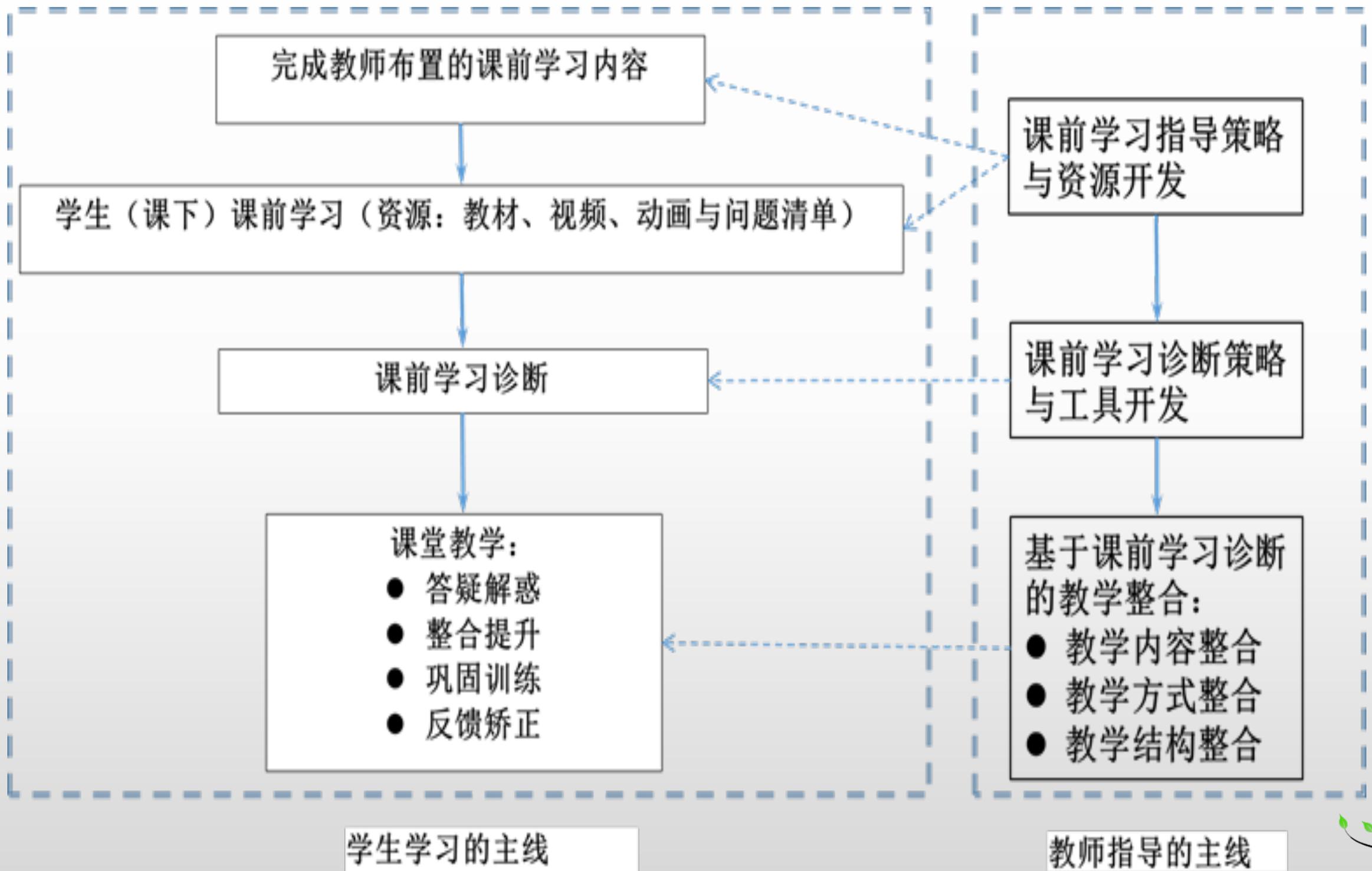
五、转变教学方式，以理性思维激发学习主动性

举例：知识应用→设计创造

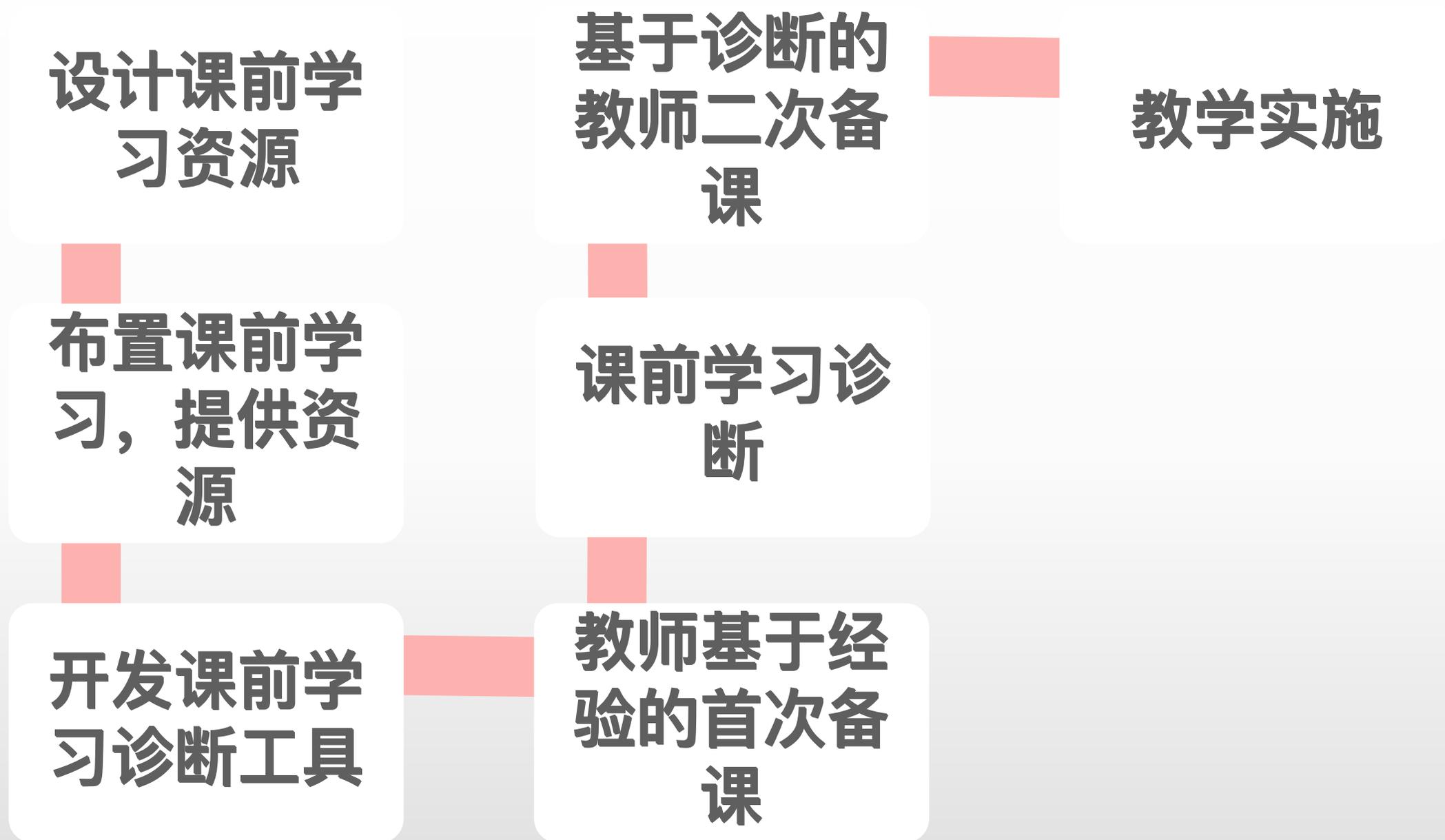
- 如何提高刻度尺测量的精确度？
 - ✓ 聚焦问题：减小估读误差。
 - ✓ 转换1：微小量如何放大？
 - ✓ 转换2：如何把估读进一步量化？
- 如何获得高能粒子？
- 如何获取更高或者更低电压？



五、转变教学方式，以理性思维激发学习主动性



五、转变教学方式，以理性思维激发学习主动性



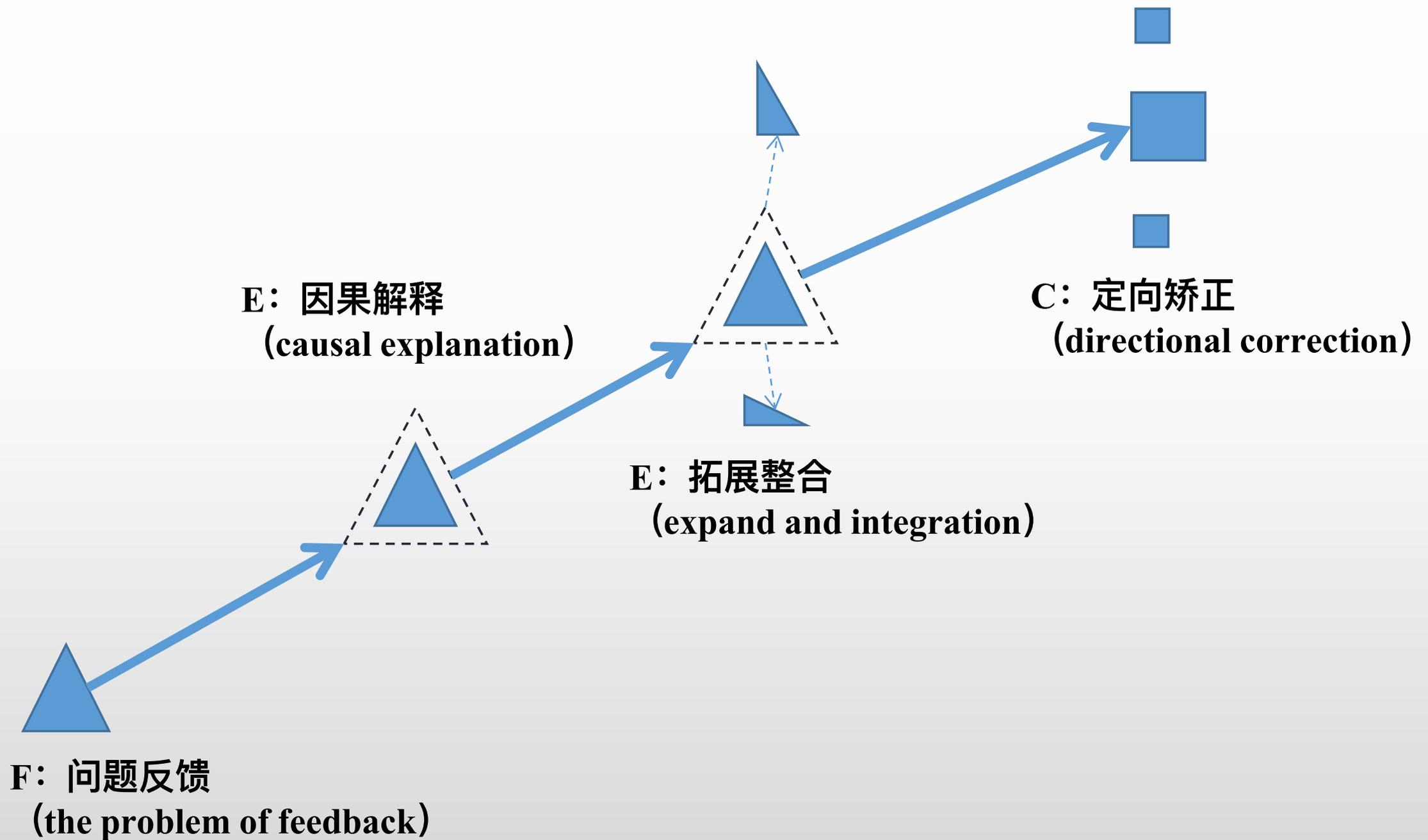
教师工作基本程序



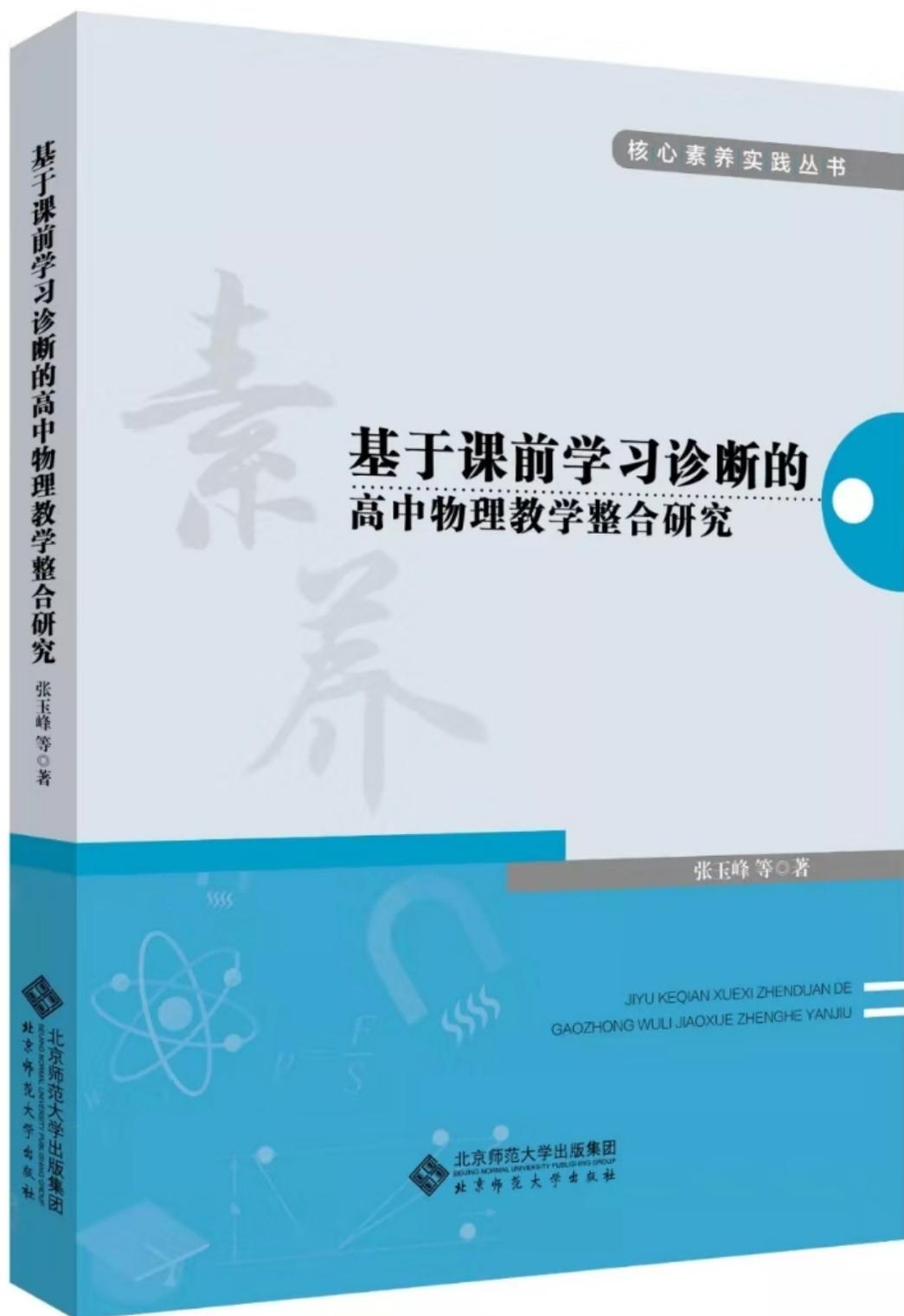
五、转变教学方式，以理性思维激发学习主动性



五、转变教学方式，以理性思维激发学习主动性



五、转变教学方式，以理性思维激发学习主动性



课例比较：《自由落体》的三种教学设计思路

1

- 反应尺→出示课题

2

- 自由落体运动的定义

3

- 定性研究：加速运动

4

- 定量研究：匀变速直线运动

5

- 测量重力加速度

6

- 解释反应尺



课例比较：《自由落体》的三种教学设计思路

1

- 分析不同物体下落特点：下落快慢与多种因素有关

2

- 建模的必要性：深入分析不同物体自由下落的特点

3

- 建构自由落体运动的模型

4

- 研究自由落体运动规律并测量其加速度

5

- 解释：为什么不同物体自由下落的加速度大小相同？

6

- 基于解释的猜想：一般物体加速度与其受力、质量的关系

7

- 课下作业：设计实验验证猜想



课例比较：《自由落体》的三种教学设计思路

1

- 基于课前学习的交流：自由落体运动的条件是什么？满足什么规律？加速度多大？

2

- 为什么建立自由落体运动模型？如何建立？

3

- 如何设计实验探究自由落体运动的运动规律？

4

- 如何测量自由落体运动的加速度（设计多种实验）

5

- 实验：测量自由落体运动的加速度

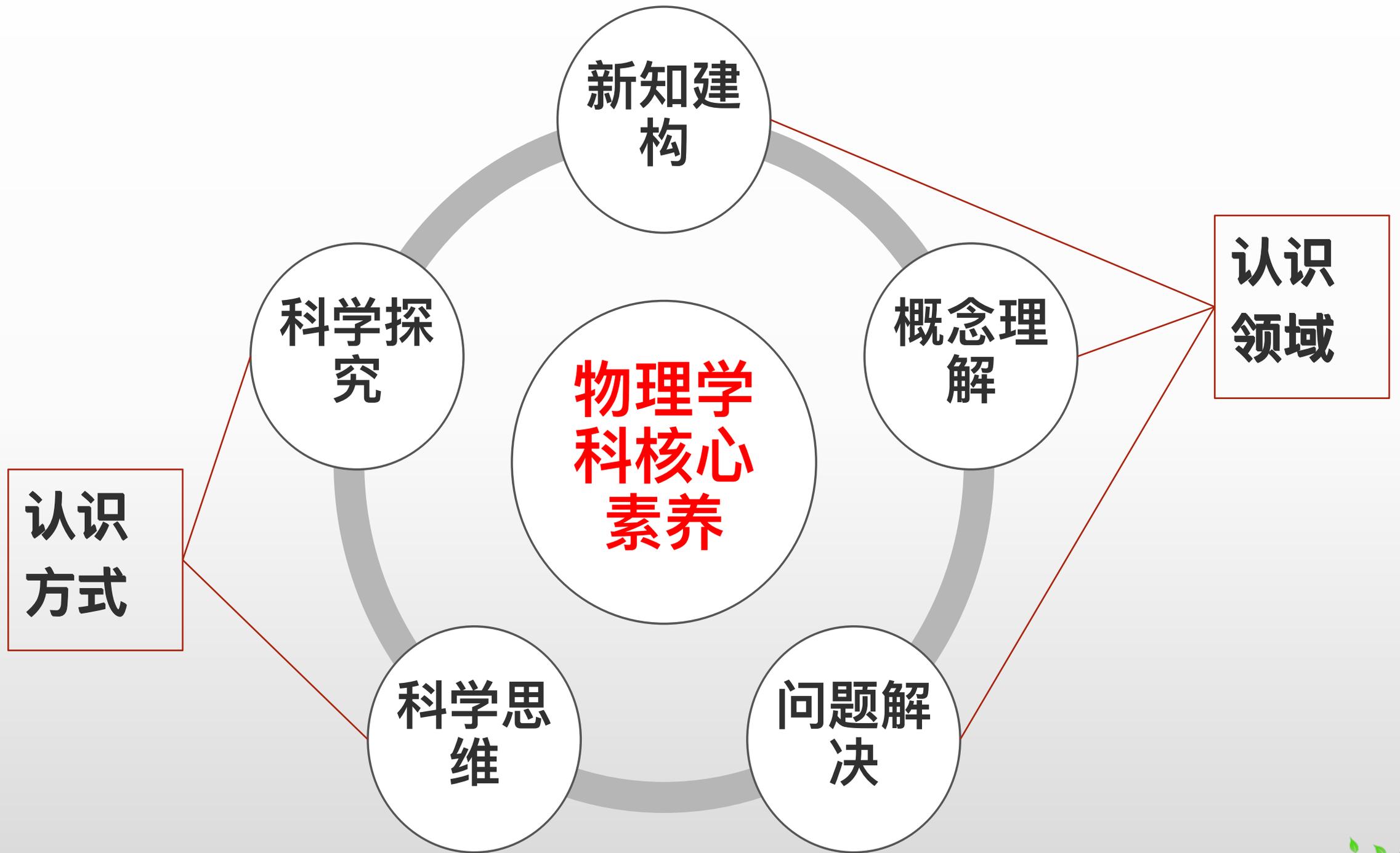
6

- 有何启发？一般物体的加速度由哪些因素决定？

7

- 猜想：加速度与受力、质量的关系，并设计实验验证

六、探索核心素养诊断途径，以精准诊断促发展



六、探索核心素养诊断途径，以精准诊断促发展

物理学科核心素养 (3+2) ×3 诊断性评价框架

认识任务

认识方式

概念理解

问题解决

新知建构

科学思维

科学探究

概括论证

关联整合

策略反省

问题与条件

方案与路径

执行与评价

信息选择与表征变换

信息整合与意义建构

关联整合与应用迁移

模型建构

推理论证

质疑创新

问题与猜想

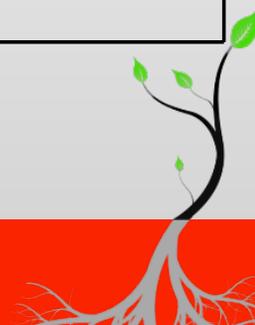
设计与操作

解释与评估

六、探索核心素养诊断途径，以精准诊断促发展

举例：概念理解二级指标解读举例

指标	要素	具体表现（基于学业质量水平4）
一级	A概念理解	学生弄清楚事实或者经验与概念，以及概念与原有知识体系间实质性联系的认知活动。
二级	A1概括论证	能从事实经验中提取事物或过程的本质特征，能在已有知识基础上通过逻辑推理，得出知识
	A2关联整合	能建立知识间的联系；能说明知识与核心概念间的关系以及知识在核心概念体系中的地位
	A3策略反省	能说明知识建立过程和知识关联中蕴含的思维方式、策略与研究方法等认识方式



六、探索核心素养诊断途径，以精准诊断促发展

举例：概念理解二级指标解读举例

磁体或通电导体周围存在磁场，不同位置的磁场强弱可能不同。磁场可以对置于其中的通电导线有作用力。

1. 如图1.1所示，足够短的 a 、 b 两段通电直导线，分别放置于磁场 P 、 Q 两处，并与该处磁场方向垂直，相关参数如下表所示：

导线	导线长度	电流强度	导线受到的安培力
a	L_1	I_1	F_1
b	L_2	I_2	F_2

为比较 P 、 Q 两处磁场的强弱，下列做法可行的是

- A. 比较 F_1 和 F_2 的大小
- B. 比较 I_1L_1 和 I_2L_2 的大小
- C. 比较 $\frac{F_1}{I_1L_1}$ 和 $\frac{F_2}{I_2L_2}$ 的大小
- D. 比较 $\frac{I_1L_1}{F_1}$ 和 $\frac{I_2L_2}{F_2}$ 的大小

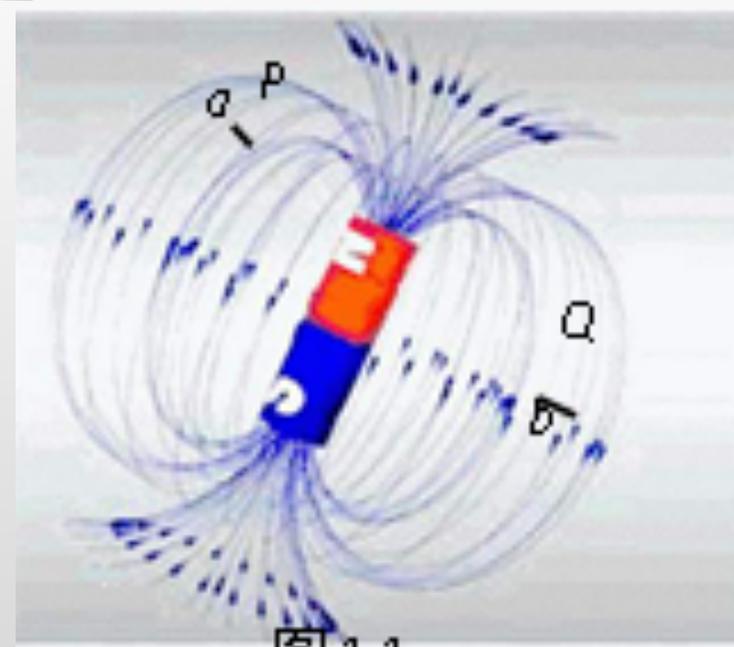


图 1.1



六、探索核心素养诊断途径，以精准诊断促发展

举例：概念理解二级指标解读举例

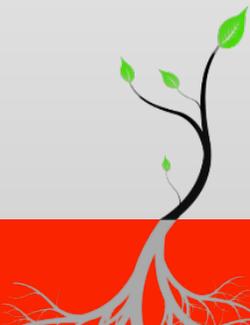
2. 已知上述导线 a 中单位体积的自由电子数目为 n ，自由电子的电荷量为 e ，定向移动速率为 v ， P 处磁感应强度大小为 B ，请由安培力的表达式推导在上一问中导线 a 中单个自由电子由于定向移动而受磁场作用力的表达式。
3. 在物理学中，把很短一段通电导线中的电流 I 与导线长度 L 的乘积 IL 叫做电流元。将电流元垂直于磁场方向放入磁场中某处时，电流元所受到的磁场力 F 与电流元之比叫做该点的磁感应强度，即 $B = \frac{F}{IL}$ 。在磁场中定向移动的自由电子 e 也会受到磁场的作用力 f ，请说明如何根据这一特点来定义某处的磁感应强度，并给出定义式。



六、探索核心素养诊断途径，以精准诊断促发展

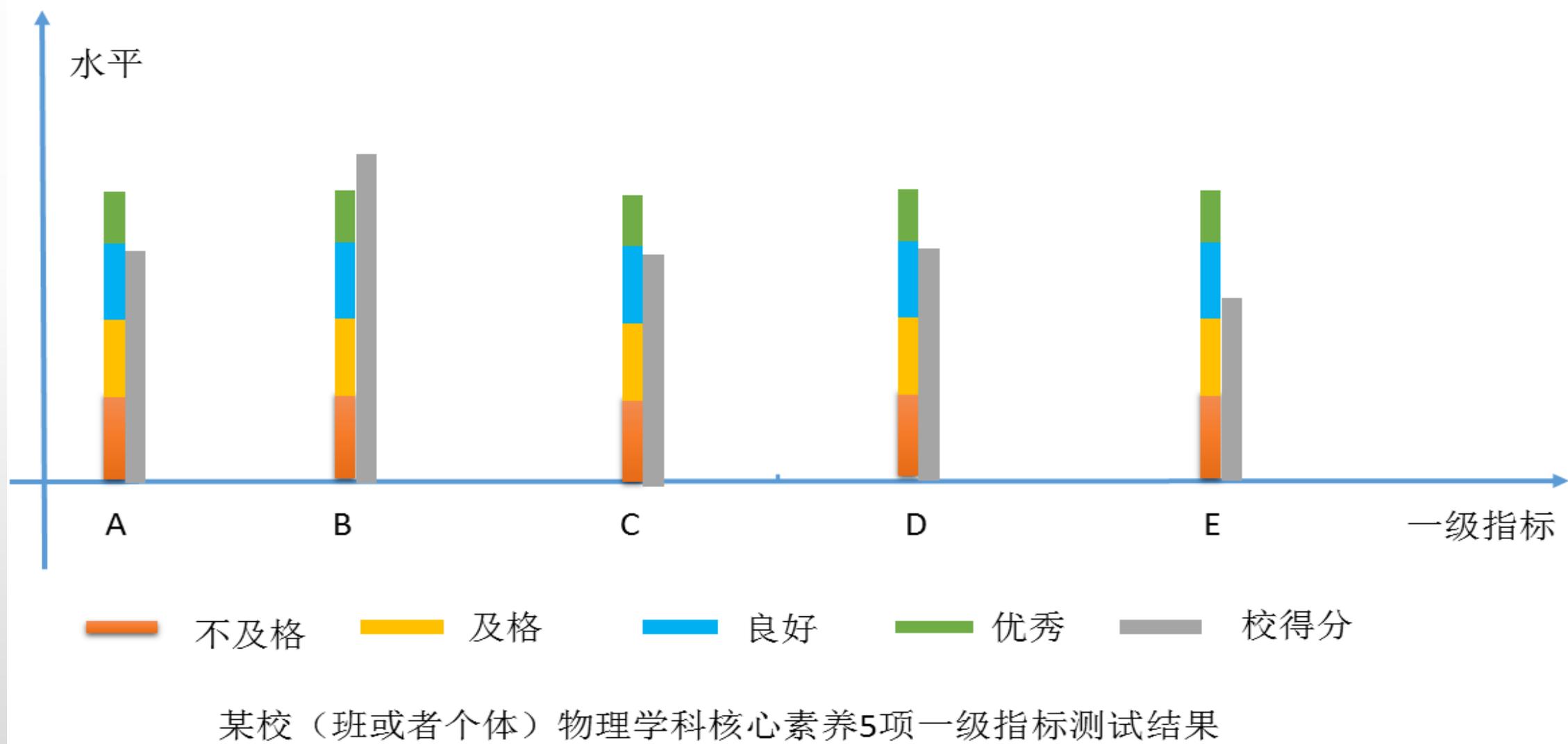
物理学科核心素养诊断性评价结果应用举例

- 为班级或者学校整体进行诊断
- 为每个学生进行诊断
- 对学业成就接近的学生进行比较性诊断
- 对边缘生、尖子生进行诊断
-



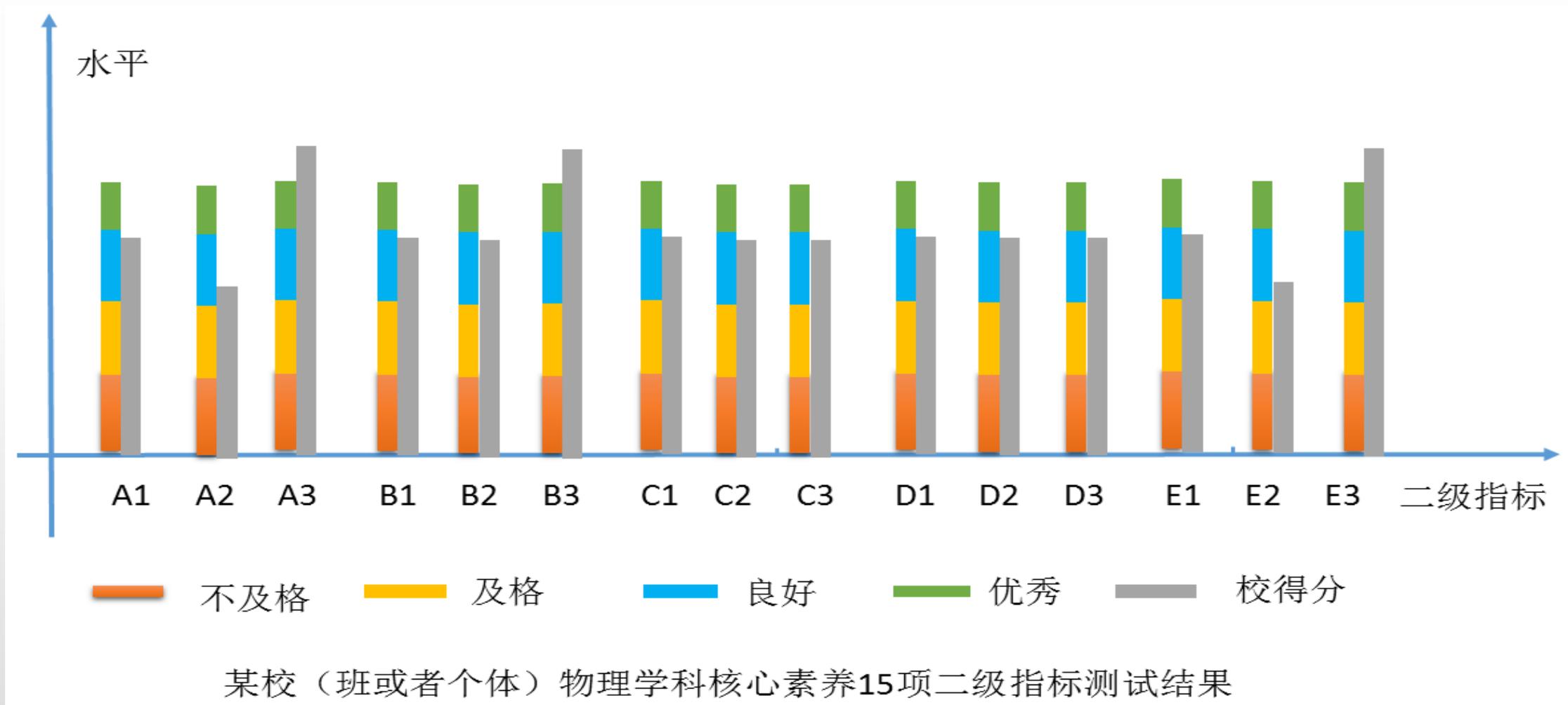
六、探索核心素养诊断途径，以精准诊断促发展

物理学科核心素养诊断性评价结果应用：个体诊断



六、探索核心素养诊断途径，以精准诊断促发展

物理学科核心素养诊断性评价结果应用：个体诊断



六、探索核心素养诊断途径，以精准诊断促发展

物理学学科核心素养诊断性评价结果应用：个体诊断

评价及建议：

学习过程中能够通过阅读观察，能获取新知识、新方法，抽象概括关键信息并使用文字、图表等手段表达。

建议对概念和规律的学习不能只关注最后的结果，更重要的是要关注概念和规律建立的过程，为什么要建立，如何建立的；在理想模型的学习过程中，要关注模型对应的理想条件，面对实际问题时，要学会区别主要矛盾和次要矛盾；学习过程中要培养主动思考的习惯，尝试对同一个问题从不同角度进行思考，用不同的方法来解决。



六、探索核心素养诊断途径，以精准诊断促发展

物理学科核心素养诊断性评价结果应用：处方式课程

物理概念深层理解课程.....

- 一、 关键物理概念的建构.....
- 二、 物理规律推理论证.....
- 三、 概念体系建构.....
- 四、 概念得出的反省认知策略.....

物理问题解决能力提升课程.....

- 一、 物理过程分析能力提升.....
- 二、 新情境分析.....
- 三、 问题提炼与条件分析.....
- 四、 路径规划与策略分析.....

新知建构能力培养课程.....

- 一、 获取信息与转换表征.....
- 二、 信息整合与意义建构.....
- 三、 类比迁移.....

科学思维能力提升课程.....

- 一、 经典模型分析.....
- 二、 中学物理学认识方式.....



小结

1978 年高考物理试题（全国卷）

一、填空题（10 分）

- (1)当穿过一个线圈的()发生变化时,线圈中产生感应电动势;感应电动势的大小,除与线圈的匝数成正比外,还与()成正比。
- (2)单摆在摆动过程中,其速度和加速度都是随时间变化的。从最大位移处向平衡位置运动的过程中,速度越来越(),加速度越来越()。
- (3)在天然放射性元素的放射线中,已经查明, α 射线是(), β 射线是(), γ 射线是()。
- (4)在 20°C 的空气中,声音的传播速度是 340m/s 。如果它的频率是 100Hz ,那么它的波长是()。
- (5)两个点电荷之间距离为 a ,相互作用力为 f ;如果距离变为 $2a$,则相互作用力变为()。

小结

- 大概念 (big idea)
- 大思路 (general pattern)
- 大方向 (general direction)
- 大格局 (big picture)



感谢大家!

个人微信: zhangyf318

公众号: 物理学习研究

