

第1章 物理学习方法

1.1 物理品质

物理学科的核心素养主要包括“物理观念”“科学思维”“科学探究”“科学态度与责任”四个方面，由此可以具体到五个能力，即理解能力、推理论证能力、综合能力、实验探究能力、用数学处理物理问题的能力。这五个能力是评价学生物理品质的标准。

1.1.1 理解能力

- ① 理解物理概念、物理规律的确切含义，理解物理规律的适用条件，以及它们在简单情况下的应用。
- ② 能够清楚地认识概念和规律的表达形式（包括文字表述和数学表达）。
- ③ 能够鉴别关于概念和规律的似是而非的说法。
- ④ 理解相关知识的区别和联系。

1.1.2 推理论证能力

- ① 能够根据已知的知识和物理事实、条件，对物理问题进行逻辑推理和论证，得出正确的结论或做出正确的判断。
- ② 能把推理过程正确地表达出来。

1.1.3 综合能力

- ① 能够独立地对遇到的问题进行具体分析、研究，弄清其中的物理状态、物理过程和物理情境，找出起重要作用的因素及有关条件。
- ② 能够把一个复杂问题分解为若干较简单的问题，找出它们之间的联系。
- ③ 能够提出解决问题的方法，运用物理知识综合解决所遇到的问题。

1.1.4 实验探究能力

- ① 能独立地完成“课程标准”所要求的必做实验，能明确实验目的，能理解实验原理和方法，能控制实验条件，会使用仪器，会观察、分析实验现象，会记录、处理实验数据，并得出结论，对结论进行分析和评价。
- ② 能发现问题、提出问题，并制定解决问题的方案。
- ③ 能运用已学的物理理论、实验方法和实验仪器去处理问题，包括简单的设计性实验。

1.1.5 用数学处理物理问题的能力

- ① 能够根据具体问题列出物理量之间的关系式，进行推导和求解，并根据结果得出物理结论。
- ② 能够运用几何图形、函数图线进行表达、分析。

1.2 物理学习中的问题

通过调查发现，目前“物理难学，物理难教”的主要症结表现在以下几个方面：

- ① “物理三量”模糊不清。
- ② 比值定义模糊不清。
- ③ 概念的来龙去脉及理解模糊不清。
- ④ 轻视教材。
- ⑤ 轻视基础。
- ⑥ 轻视实验。
- ⑦ 对象与对象之间的联系混乱。
- ⑧ 状态与状态之间的过程混乱。
- ⑨ 物理与数学之间的融合混乱。

对于以上问题，本书将从另一个角度进行概括性说明和提示。

1.2.1 物理三量

所谓“物理三量”，是指特征量、状态量和过程量。其中，特征量是指物理对象本身的属性。例如，对电子而言，其电性为负，电量为 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ，质量为 $m_e = 0.91 \times 10^{-30} \text{ kg}$ （比荷为 $\frac{e}{m_e} = 1.76 \times 10^{11} \text{ C/kg}$ ）。反过来，若某粒子的电性、电量、质量（比荷）为上述值，则该粒子为电子。又如，某物理事件

中的电场，其电场强度分布和电势分布就是它的特征量。

所谓“状态量”，是指某时刻或某位置的物理量。例如，位置、时刻、速度、加速度、动量、动能、势能、角速度、力、压强、温度、体积等都是状态量。

所谓“过程量”，是指与时间或空间密不可分的物理量。例如，时间、空间、冲量、功等都是过程量。

1.2.2 什么是比值定义

物理概念建立的方法有比值定义和关联定义两种，由比值定义的物理量占绝大多数。为了使物理事件定量化，我们得制订量化的标准，七个基本物理量就是这个要求的产物。其他物理量都可由这七个基本物理量以某种对应的关系构成。例如，反映质点运动快慢的物理量速度 v ，定义为位移与时间的比值，即 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 。运动快慢由质点自身决定，而位移和时间只是用空间尺和时间尺量度的结果（在经典物理学中，空间与时间无关）。用不用这两把尺测量位移和时间，不会影响质点的运动，简单地说，由比值定义的物理量与构成比值的分子、分母无关。运动学中的加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 属于比值定义，加速度 a 与速度的变化 Δv 及变化对应的时间 Δt 无关；动力学中的加速度 $a = \frac{F}{m}$ ，它是关联定义，即加速度 a 与合外力 F 及物体的质量 m 有关。

1.2.3 概念的来龙去脉及理解

概念是物理学的基础。它是处理问题的需要，是自然规律的必然结果。例如，如何表征电容器容纳电荷的本领，这是处理问题的需要。我们引入电容的概念，并将其定义为 $C = \frac{Q}{U}$ ，它是比值定义，能直接反映电压为 U 时容纳的电荷量是 $Q = CU$ 。但此电压下的电量 Q 不是该电容器容纳电荷的本领。容纳电荷的本领与电荷量 Q 、电压 U 无关，但可由 $\frac{Q}{U}$ 来量度或反映这种本领。就像水杯盛水一样，水深为 H 时的水量体积 V 不是该水杯盛水的本领，但 $\frac{V}{H}$ 能反映水杯盛水的能力。又如，动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 这一概念是自然规律的必然结果。

在合外力做功的过程中，总有 $W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ ，其中表达式 $\frac{1}{2}mv^2$ 对应于该过程的初、末状态，具有能的属性，我们就定义它为动能，即 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 。用这种方式获得的概念还有动量、重力势能、弹簧的弹性势能、电势能等。

清楚了概念的来龙去脉，理解起来就很容易。例如，对电场线性质的理解如下：它的疏密程度由该处的电场强度大小决定；它的弯曲方向由该处的场强方向判定；顺着电场线方向电势降低，由电势的分布来决定；电势降得最快的方向由电场的方向决定。

1.2.4 教材是教与学的根本

教材具有知识内容的全面性。依据学生心智发展的特点和当今科学发展的规律，高中学生在规定的时间内应完成的物理学习内容教材中完整、系统地呈现给了读者。教材具有概念来龙去脉的完整性。概念的建立过程就是理解概念和应用概念解决问题的过程。例如，牛顿寻找万有引力的过程就是这方面的典范。教材具有物理思想和物理方法的权威性。教材是在物理权威工作者反复斟酌、商榷下编撰成书的，是集体智慧的结晶，并且充分体现了物理界乃至整个科学界公认的有效方法：对现象的一般观察→提出假设→运用逻辑（包括数学）得出推论→通过实验对推论进行检验→对假说进行修正和推广→……教材中的正文、思考与讨论、例题、练习题是一个完整的体系，没有一道练习题是多余的。

1.2.5 基础即概念和方法的起源

俗话讲：基础不牢，地动山摇。高中物理的基础主要表现在两个方面：一是知识基础，二是方法基础。所谓知识基础，是指我们进入物理大厦的物理学概念。完整、准确的概念是物理品质学习的第一步。所谓方法基础，是指我们处理物理问题的常用方法，如比值定义法、控制变量法、类比法、对比法、替代法、模拟法、图线法、实验法、假设法、平权法与对称法等，这些方法会在后面的具体应用中体现。常用方法的灵活运用是物理品质学习的第二步。

1.2.6 物理是以实验为基础的学科

中学实验课的目的有两个：一是通过基础实验，让学生

知道实验的基本流程，为在大学独立实验进行前期准备；二是通过实验对物理现象和规律进行探究、测量、验证，还原和索取物理事件的本真规律。实验的基本流程如下：明确实验目的→制订实验原理→选择实验器材→进行实验操作并记录实验现象和实验数据→处理实验记录并得出结论→对实验结论进行评估→分析误差来源→判定是否要改良或重新进行实验。实验对我们的学习很重要，它可将课堂上某些抽象的知识具体化，将枯燥的学习趣味化，以不断提升自己的应用能力和创新能力。

1.2.7 物理事件是多对象联系的系统

对象与对象之间是有联系的。从数学上讲，这种对应关系就是它们之间的函数关系。例如，卫星围绕地球做圆周运动有引力的联系，具体的对应关系为 $F = G \frac{Mm}{r^2}$ ；两列波在空间相遇有时间和空间的叠加联系；理想变压器原、副线圈上的电压有磁通量的变化率的联系，即 $\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{U_1}{n_1} = \frac{U_2}{n_2}$ ；物块在粗糙面上滑动有弹力和摩擦力的联系，即 $f = \mu N$ ；电源和电阻构成的闭合电路，有闭合电路欧姆定律联系，即 $I = \frac{E}{R+r}$ 。有些对象之间有多种联系。例如，电荷在电场中，既有力的联系 $F = qE$ ，又有能的联系 $E_p = q\phi$ 。在相对论中，时间和空间也有联系。

1.2.8 状态变化必有合理的过程

万物源于时空。事物的变化必在时间和空间中进行。在经典物理学中，时间和空间的描述是独立的，但在应用时，时间和空间又是不可分的，可用空间换时间，也可用时间换空间。中学物理中，功的定义为 $W = Fl \cos \alpha$ ，它是过程量，是力对空间的积累，度量的是初、末状态的动能变化，即 $W = \Delta E_k$ ；冲量的定义是 $I = Ft$ ，它也是过程量，是力对时间的积累，量度的是初、末状态的动量变化。还可以这样理解，即过程量是量度状态量变化的尺，它是可有可无的、虚构的，而状态量是客观的、实在的。

1.2.9 物理学中的数学

定量化物理概念和规律离不开数学。数学的首要任务是简洁明了地描述自然现象及其规律。函数式和图表是数学在中

学物理中常用的表达方式。例如，物体受力平衡条件可以用函数式表达，即 $F_{\text{合}} = 0$ ，也可以用物体所受的力构成的封闭多边形表达。在直线运动中，反映运动过程的函数和图线经常结合在一起应用。在中学的波动问题中，各振动质点的时空关系用时空圆表达要比用函数表达更为简单。多对象、多过程的复杂问题，往往要多个方程联立求解，因此运算技能就显得尤为重要。将物理问题数学化是反映物理学习品质高低的重要标准。例如，在受力分析中，将反映物理情境的示意图平面几何化；在动态的空间问题中，将空间情境解析几何化。对于运算的结果，不但要进行合理性分析，必要时还要拓展与创新结果蕴含的物理意义。中学物理中还常用坐标系表达概念、过程、规律等内容，这就要从四个方向来获取图线的信息：一看坐标轴，获取物理量的直接信息；二看切线和割线，切线的斜率反映变化率，割线的斜率反映平均变化率；三看截距，截距反映初、末状态；四看面积，面积反映由坐标轴乘积定义的物理量。面积又分为“线面积”和“点面积”，在后面的具体问题中会涉及。

1.3 提升能力的两条主线

1.3.1 五种能力的解读

1. “理解能力”解读

学习物理，理解是最基础的一环。

- ① 要知道知识是怎样得来的，想通其中的道理。
- ② 要知道知识的来龙去脉，以致融会贯通。
- ③ 要将知识反复运用，以求加深理解。
- ④ 要将知识反复联系与区别，以求透彻理解。
- ⑤ 物理概念和规律通常有三种表达方式，即文字表达、公式表达和图线表达。后两种属于数学表达。对三种表达应有统一的理解，看到其中的一种表达方式，要能够联想到其他表达方式，并能进行不同表达方式的相互转换。

提高理解能力的主要方法是：回归教材，熟读教材，读懂教材。

2. “推理论证能力”解读

根据已知的规律经过推导论证得出新形式的规律，或者根据已知的知识和给出的事实、条件等进行推理，以得出结论，

做出判断，这是物理学的基本方法。

- ① 推理要有依据。依据不可靠，会导致结论错误，这个依据就是已知的知识和题中给出的信息。正确运用概念和规律分析事实是进行正确推理的前提。
- ② 推理要有步骤，要合乎逻辑。合乎逻辑的推理步骤是推理能力高低的一个重要标志。学习时要注意培养思维的逻辑性和严密性，言必有据，推必有理，步骤清楚，思路简明。
- ③ 要善于选择推理的起点，或者通俗地说，知道从何处下手。既可以选择实际过程的初状态作为出发点，也可以选择末状态作为出发点。会从原因推及结果，也会从结果推及原因。会正向推理，也会反向推理。要对问题进行认真分析，最好能抓住关键之处作为推理的逻辑起点。
- ④ 要善于选择推理的方法。常用的方法有定性推理（条件）、定量推理、定性和定量推理、半定量推理、假设推理、特值推理、模型推理等。

提高选择题推理论证能力的方法如下：

- 一是做中等难度的小题，在小题练习中“出”方法。
- 二是要适当练习常见的七种推理事件，在练习中“会”推理的起点。
- 三是学会用“专业术语、简洁回答、逻辑自洽”的表达方式。

3. “综合能力”解读

所谓具体问题具体分析、研究，就是对于一个物理事件，要求做到：

- ① 要清楚对象的特征及对象与对象之间的联系；要准确把握对象所处的状态及对应状态的条件；要清楚从一个状态到另一个状态满足的过程及控制过程的原理。
- ② 能将大物理事件转化为多个小物理事件，将复杂事件转化为简单事件。
- ③ 能从多角度分析和处理事件的逻辑关系及物理进程。

提升建构能力的主要方法如下：

- 用“慢镜头”审题：对象的特征量是否完整？状态量是否完整给出？物理关联（对象关联、过程关联、规律关联等）是否明晰？
- 将“大题”分解为“小题”，从建构小模型到建构大模型。

- 做好四个分析（有必要结合图示）：状态分析、运动过程分析、受力过程分析、功能过程分析。

4. “实验探究能力”解读

实验能开拓、获得物理真相，提升学习物理的兴趣，是走向学以致用必要环节。

- ① 物理实验是重现、验证、应用、创新等的必要手段。
- ② 独立完成实验是提升实验能力的必由之路。
- ③ 实验目的是用某种实验形式完成规定的实验任务。
- ④ 实验原理是进行实验的具体方案，也是实验的根本大法。
- ⑤ 会实验操作、会使用仪器、会记录和处理数据，是实验的基本要求。
- ⑥ 能在实验中发现、提出问题，并制定解决问题的方案，是从“重复实验”到“自主实验”的尝试之路。
- ⑦ 能将物理理论与简单的设计实验相结合，这是高标准物理品质的体现。

提升实验能力的主要方法如下：

- 认真观察演示实验，并结合实验能力要求的三个方面领悟实验的流程。
- 认真做好必做实验，并在实验过程中强化实验的“三基”能力。
- 有必要拓展一些从已知原理求应用到已知应用找原理的实验。

5. “用数学处理物理问题的能力”解读

用数学处理物理问题的目的就是将物理事件程序化。

- ① 依据物理事件得出物理量的函数表达式，通过分析、运算得出结果，并能对结果进行判断、讨论和外延。
- ② 能用函数图线进行记录、分析、求解和表达。
- ③ 能用图线记录、表达和处理物理事件。
- ④ 能在文字表达、函数表达和图线表达之间转换。

提升用数学处理问题能力的主要方法如下：

- 强化常用数学运动的简便性和准确性。
- 强化用图线处理问题的约束性。
- 强化用数学方法处理物理问题的规范性。

1.3.2 提升物理能力的方法

提升物理能力的方法主要有两条，它们是“对象1”与“对

象 2”之间的联系线和“状态 1”变化到“状态 2”之间的过程线，如图 1.1 所示。

1. 联系线

例如，对象 1 为电荷，其电荷量、质量、形状为它的特征量；对象 2 为电场，其大小、方向、边界（即电场的分布）为电场的特征量。所谓“联系”，是指它们之间的关联，往往用公式或图线表示。例如，将电荷放入电场，它们之间既有力的联系（ $F = qE$ ），又有能的联系（ $E = q\varphi$ ）。

2. 过程线

如果对象为某一质点，那么位置（ x ）及对应的势能（ E_p ），速度（ v ）及对应的动能（ E_k ）、动量（ p ），某时刻或某位置的加速度（ a ）等，都是描述它的状态量。对象处于什么状态往往是有条件的。若质点的初速度为零，则条件是质点所受的合力为零；若质点上升到最高位置，则条件是质点在最高点的速度为零。从“状态 1”到“状态 2”是需要“过程”的，大过程就是我们通常讲的“时空过程”，在这个“时空过程”中，往往又具体到运动过程、受力过程、功能过程等，而这些过程往往会受到一些规律的制约。例如，运动过程受运动学规律制约、受力过程受牛顿运动定律制约、功能过程受功能原理制约等。下面结合例题讲解。

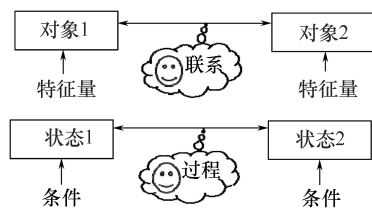


图 1.1

【例 1.1】质量为 m 、电量为 e 的电子，由左金属板小孔处静止出发，通过图 1.2 所示的加速电场加速。加速电压为 U ，两平行金属板间的距离为 d 。求：

(1) 电子出电场时的速度。

(2) 电子通过电场的时间。

电场力 $F = eE = e \frac{U}{d}$ ，这是对象与对象的联系。

加速度 $a = \frac{F}{m}$ ，这是加速度与力、质量的联系。

末速度 $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ ，这是通过时空过程或功能过程求得的末状态。

时间 $t = d \sqrt{\frac{2m}{eU}}$ ，这是通过时空转换求得的时间过程量。

【拓展】若换成图 1.3 所示的加速装置，上述结果是否正确？

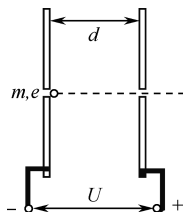


图 1.2

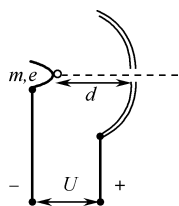


图 1.3

电场对象的特征发生了变化，即由原来的匀强电场变成了非匀强电场。由于受到数学的制约，在中学物理中的电场强度计算式 $E = \frac{U}{d}$ 中， E 、 U 都是恒定不变的量；同样，在加速度计算式 $a = \frac{F}{m}$ 中， F 也是不变的，所以用牛顿运动定律和运动学公式求末速度就会遇到麻烦。若用功能原理处理末速度，这符合中学要求，则求得的末速度仍然是 $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ 。用初等数学求时间，中学生则更是无能为力。

在处理具体的物理问题中，围绕提升能力的两条主线，自然会用到“四个分析”。

- 特征、状态分析：即对象的属性分析和对象在某时某地的状态分析。
- 运动过程分析：即运动的性质分析。
- 受力过程分析：在运动过程中分析物体的受力。
- 功能过程分析：在运动过程和受力过程中进行功能分析。

“四个分析”常常同步进行，特别是前面三个分析。