

怎样提高 解决物理问题的能力

俞贯中 贝 铮



河北人民出版社

怎样提高解决物理问题的能力

俞贯中 贝 铮

河北人民出版社

怎样提高解决物理问题的能力

俞贯中 贝 铮

河北人民出版社出版 (石家庄市北马路45号)

河北新华印刷一厂印刷 河北省新华书店发行

787×1092毫米 1/32 8.875 印张 180,000字 印数: 1—87,000 1984年9月第1版
1984年9月第1次印刷 统一书号: 7086·1156 定价: 0.81 元

编 者 的 话

一场考试结束，常听到同学说：“这次考试题目倒不难，有些题目面很熟，可是都做错了。”既然题目容易，又似曾相识，为什么做不对呢？这是一个值得深思的问题！究其原因，一是没有真正理解基本概念和基本规律，二是没有掌握好处理问题、分析问题的基本方法，缺乏一定的能力。许多同学对于后者往往不够重视，平时学习很用功，做了不少题目，却不能举一反三，灵活运用。我们希望这本书能引起读者重视自我能力的培养，并通过它得到一些指导。为此，我们根据教材的重点知识精选了十个论题，通过这十个论题的举例、分析和讨论，介绍学习方法，并帮助读者进一步理解基本概念和基本规律，掌握处理问题、分析问题的基本方法，从而提高解决问题的能力。

阅读本书时，希望读者准备好纸和笔，一起来讨论。对书中没有详细写出的演算过程以及讨论时提出的问题，要求读者自己来演算、解决。书中的讨论内容，我们认为正是本书精彩之处，能指导你举一反三、触类旁通，提高你解决问题的能力，应该重视。

本书有不少地方引用了北京师范大学阎金铎副教授的论文和著作中的话，特此说明，并向阎金铎同志致谢。

在编写过程中，承蒙华东师大物理系教学研究室主任唐志瞻、上海教育学院物理系主任俞乐、上海物理学会教学研究会杨超、南市区教师进修学院副院长朱国祥、青浦县物理学会王胜茂等同志的支持，并提出宝贵意见，还有南市区教育局副局长王季娴同志的热情支持和鼓励，在此一并表示感谢。

限于编者水平，错误或不妥之处在所难免，恳请读者、专家批评指正。

编 者

一九八二年九月

目 录

如何提高分析问题、解决问题的能力……………(1)

实例分析和讨论……………(18)

1 怎样分析物体受力情况……………(18)

2 如何处理物体的平衡问题……………(40)

3 动力学问题的基本解法……………(63)

4 怎样应用守恒定律解题……………(98)

5 理想气体状态方程的应用……………(130)

6 带电粒子在电场和磁场中的运动……………(151)

7 含“电源”的和含“电容”的直流
电路的分析……………(180)

8 怎样分析电磁感应的综合问题……………(203)

9 氢原子问题的讨论……………(233)

10 如何应用物理图象……………(243)

如何提高分析问题、 解决问题的能力

学习任何一门基础课程，不仅要学习这门课的基础知识，而且还要在学习基础知识的过程中，学习处理问题、研究问题的基本方法。这样才能不断提高学习能力、分析问题和解决问题的能力。

物理学是研究物质的最普遍的、最基本的运动形式的科学，也是一门实验科学。物理学的基本概念和基本规律都是在观察和实验的基础上，把所得到的结果进行概括抽象，并用数学作为逻辑推理的工具建立起来的。因此，在我们学习基本概念和基本规律的同时，学习如何通过观察和实验形成概念，建立基本规律，以及学习如何应用它来解决有关问题的基本方法，将会提高观察和实验能力、逻辑思维的能力、运用数学的能力，从而提高分析问题和解决问题的能力。

进入高中阶段后，有些同学说：“我很喜欢学物理，上课时老师讲的我都懂，举的例子也理解，但是，作业中的题目不会做，一做就错。”实际上，所谓“懂了”只是停留在表面上的理解，如会背一些定义和公式，但不会正确应用它。分析其原因，有两个方面：一是知识方面，二是能力方面。

知识和能力是有内在联系的。能力是通过知识的学习和

运用来培养的，能力又能促使学习效率的提高。要提高自己的分析问题和解决问题的能力，必须在学习知识的同时，注意能力的自我培养。

下面就四个方面谈谈如何提高分析问题和解决问题的能力。

1. 认真观察和实验，提高观察、实验能力和思维能力

物理学是一门实验科学。物理学中许多基本概念和基本规律，都是在实验基础上总结出来的，并由此而形成理论。即使是用已知的理论和数学方法推导出来的新理论，也必须通过实验来验证它。所以观察和实验是研究物理学的主要方法。

学习过程也是一种认识过程。观察和实验能帮助我们正确理解物理概念和掌握基本规律，并为我们逻辑思维提供可靠的感性知识。如果有人问你：一只“220 V 40W”的白炽灯泡，它的内阻多大？有的同学可能这样回答：它的内阻 $R = \frac{U^2}{N} = 1210 \Omega$ 。果真如此吗？如果你用万用电表测灯泡的电阻，结果是 100Ω 左右！这只灯泡未点亮时，内阻确实是 100Ω 左右。而 1210Ω 是灯泡正常工作时的电阻。这里反映了电阻随温度变化的规律。如果你没有测量过灯泡的电阻，也没有观察过灯泡在电源接通后电路上电流的变化，那就很可能想不到这种情况。

“见多识广”，这样分析问题才能全面，才能得出符合实

际的结果。

实践永远是知识的源泉。观察和实验给我们提出许多新鲜的问题去思考，有益于认识深化，甚至有所发明创造。历史上的事例很多，现举一个生活上的例子*。美国麻省理工学院机械工程系的谢皮罗教授，注意到浴缸放水时，水的旋涡总是逆时针方向转的！他紧紧抓住这个事实不放，还设计了一个碟形容器，里面灌满水，每当拔掉碟底的塞子，碟子里的水也总是形成逆时针旋转的旋涡，证明了浴缸里放水产生逆时针的旋涡决非偶然。1962年，他发表了一篇文章，认为这旋涡与地球自转有关。如果地球停止自转的话，浴缸放水时，就不会产生旋涡。由于地球是自西向东旋转，而美国和我们一样，都在北半球，所以浴缸里的旋涡都是逆时针的。他还指出，北半球的台风，同样是朝逆时针方向转的，其道理与浴缸中的现象一样。而南半球的情况恰巧相反。实验证明他的结论是正确的。同学们，你注意到这种现象吗？提出过什么问题？有什么收获？

上课时认真观察老师的演示实验，这不仅是帮助我们理解概念和规律的好机会，而且是培养自己有一双敏锐的眼睛、一个善于思索的头脑的好机会。

物理实验不仅要掌握实验原理、实验方法，了解仪器的结构、性能，懂得如何合理选择和正确使用仪器，懂得如何测定基本物理量，并会处理数据、计算误差、分析实验结果等，更重要的还要提高实验的能力，要亲手做实验。只有这

* 叶永烈：《真理诞生于一百个问号之后》（《科苑》创刊号）

样，才能真正地提高分析问题和解决问题的能力。

由于目前物质条件的限制，有些学校实验做得不多，也没有进行实验的考查。但是我们可以自己创造条件，设计简易的土设备，争取多做实验。这种实验的效果往往更好。李政道教授参观延安一所中学时说：“自己动手做的仪器永远比买来的好，这是一条定理。”*其实有些我们现在学习的定律，当年科学家正是用他们自己做的土仪器发现的。现在，我们用土仪器来学习这些规律，培养自己的科学方法和能力，又何尝不可以呢？

2. 学好基本概念、基本规律和基本方法

深入理解基本概念，正确掌握基本规律，是解决物理问题的基础，是学习物理的根本问题。深入理解基本概念又是正确掌握、熟练运用基本规律的前提。

如何理解基本概念呢？对于基本概念，绝不能只是会背定义和记公式，要弄清它的来龙去脉。首先要明确为什么要引入它？根据哪些事实？如何定义的？要理解它的物理意义，明确量值和单位，以及定义的局限性。其次还要了解它和其它物理量之间的关系，以及这些关系的物理意义。

譬如，速度概念。什么叫做速度呢？如果只能背出位移和时间的比值，记住公式 $v = \frac{s}{t}$ ，显然是不够的，甚至可能理解错了。由此必然会出现乱套公式的情况。

众所周知，速度这一概念，是从大量实践中抽象、概括

• 《李政道教授谈物理教学》《《教学参考资料》1981年第2期第1页）

出来的，就拿日常生活中的例子来说，每个人都知道物体运动有快慢的区别，譬如明天要赶到北京去开会，乘火车来不及了，怎么办呢？人人都会想到乘飞机去，因为大家都知道飞机比火车快。在物理学中为了描述物体运动的快慢和方向，就引入了速度这个概念。接着如何来定义呢？总需作出一种合乎事实的、最简单方便的规定才行。那就得进一步分析反映快慢的因素。譬如说乘火车从上海到北京需要23小时，乘飞机从上海到北京只要2小时，可以用时间来表示快慢，但不全面。又如两位同志都从自己家里出发到同一工作单位上班，一位骑自行车，另一位步行，路上花费的时间相同，那么，又是谁快呢？尽管两个人运动时间相同，但位移不同。经过大量事例的分析，考虑到人们的习惯，自然取位移和时间的比值来表示速度的大小，记作 $v = \frac{s}{t}$ 。因此速度的大小、单位都可以确定了。方向也必须从事实出发作出规定。在定义时，如果有人把速度定义为 $v' = \frac{t}{s}$ 或 $v'' = \frac{s^2}{t^2}$ ，

可以吗？原则上来说，都是合乎逻辑的。实际上， $v' = \frac{t}{s}$ 是原来定义的速度 v 的倒数，这个量越大反映运动越慢，叫它“慢度”也无妨，不过人们习惯讲快，这个“慢度”概念没有人用。物理学中有些地方两个互为倒数的概念，同时被人采用的也有，如周期和频率，电阻和电导，焦距和焦度等。

至于 $v'' = \frac{s^2}{t^2}$ ，这显然自找麻烦，人们总喜欢以最简单方便的形式来表达，何必上下来个平方呢！但是，有些情况中两个

不同量的量反映了不同的意义，且都有一套规律可循，也还是值得保留的。例如， mV 和 $\frac{1}{2}mV^2$ 都可用来描述机械运动，但又是两个不同意义的物理量。

这个速度定义，还有局限性，它对匀速运动的物体是完全适用的，对于一般运动只能反映平均的快慢。因此速度概念还必须作进一步深化，才能适应描述一般运动的快慢，就是要用极限来定义了。这样对速度概念的认识就越来越深刻了。

进一步还应了解物体的速度决定于什么呢？与那些量有关呢？关系又怎样呢？这就要讨论基本规律了。

对于基本规律，同样要了解它的来龙去脉。首先要明确这条规律回答了一个什么问题，反映了什么规律性？根据哪些事实总结和概括出来的？或根据什么规律推导出来的？如何表达的？它适用的条件和范围是什么？运用它解决问题的基本方法又是怎样的？等等。

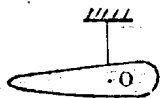
例如，动量定理 $F \cdot \Delta t = \Delta P$ ，它告诉我们物体的动量变化决定于什么？是由外力冲量引起的，物体动量的增量等于外力的冲量。动能定理 $W = \Delta E_k$ ，它告诉我们物体动能的变化决定于什么？是由外力做功引起的，物体动能的增量等于外力对物体所做功的代数和。这两条定理可由牛顿运动定律直接推导出来。在运用它们解题时，都必须分析研究对象的状态变化，受力情况和各力做功情况。

课本上有一个题目：一颗子弹以 700 米/秒 的速度打穿第一块木板后，速度减低到 500 米/秒，如果让它继续打穿

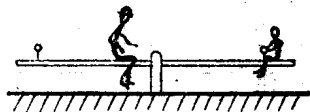
第二块木板，它的速度将为多大？它能否打穿第三块木板？这样的问题，可用上述哪一条定理来解题呢？就这两条定理适用的条件来说，都是适用的。那么，用哪一条定理方便呢？我们知道由于初速不同，穿过每一块木板所花的时间不相等，而经过的路程一样（即厚度）。如果木板对子弹的阻力不变（这假设比较合理），则阻力的冲量不相等，阻力功相等。所以子弹穿过每块木板，其动量变化不相等，而动能变化相等。显然应用动能定理可以方便地解出子弹穿过木板后的速度。有的同学做过这道题目后，就死记这类题目要用动能定理理解，而不知其所以然。

分析问题必须从基本概念和基本规律出发，用基本方法，按正确思路来解决问题，不可想当然地乱套公式，这是很重要的。

譬如，一根粗细不均匀的木杆，重心在 O 点。在 O 点用绳悬起，木杆恰好平衡，如图。如果在 O 点处锯断木杆，分成两段。短而粗的一段重还是长而细的一段重？



乍一想，我们取这两段木杆为研究对象，其重量应该相等。实际上，木杆平衡是以 O 点为转轴的两段木杆的重力的力矩相等，而不是两段木杆的重力相等。由于力臂不相等，两段木杆的重力应该不相等，粗而短的一段重。这种情况和图中所示的跷跷板平衡相似，离支点近的大人，显然他的重量大。所以我们不能想当然地处理问



题。

任何一套规律，应用时都有相应一套基本方法，我们在具体讨论问题时再作介绍。

3. 学会处理问题和研究问题的方法

研究物理、学习物理，从基本概念和基本规律的建立，到理论的应用和解决实际问题，都涉及到方法问题。

在力学中，一开始对研究对象——实在的物体作了简化，提出质点和刚体的模型。实际上，真正的质点和刚体是不存在的，是一种模型。在许多实际问题中将研究对象看作质点或刚体是完全可以的，而且是必要的。在分子运动论和热学中，理想气体也是一个模型。在常温常压下讨论真实气体的性质，完全可以看作理想气体来处理。在电学中，纯电阻、纯电容、纯电感、理想变压器，实际上也是一种模型。原子到底是什么样的？我们所描述的原子也是一种模型。建立模型，针对模型来研究，这是物理学常用的方法。

在建立物理概念和基本规律的时候，在应用规律解决实际问题的过程中，常常忽略一些次要的因素而抓住主要的因素，将问题简化。这也是物理学中常用的方法。实际问题各种因素很多，千头万绪，不抓主要因素，就会陷于无法处理的地步。例如研究摩擦对物体运动影响时，常常认为最大静摩擦力的大小等于滑动摩擦力的大小，滑动摩擦力是一个恒量，这都是一种近似。又如单摆摆动时，在振幅很小时，其周期与振幅无关，也是抓主要因素的处理方法。在许多题目中，提出某某忽略不计，就体现抓主要因素的思想。

再例如在打桩的问题中，重锤从高处落下与木桩相碰，只要碰撞时间很短，相互作用力比重力和地基阻力大得多，后者可以忽略，因而能运用动量守恒定律来计算碰撞后的共同速度。如果重力和地基阻力并不比相互作用力小，任意忽略不计，将导致错误的结果。因此，在具体问题中，哪些是主要因素，哪些是次要因素，哪些可以忽略，要由具体情况和具体要求来决定，不能一概而论。有的同学在学习中对一些忽略不计的因素重视不够，不知道为什么可以忽略不计，遇到比较复杂、综合的具体问题，想当然地一概忽略，无原则地简化，这是常见的造成错误的原因。

要知道教科书上对许多问题的阐述，也都是作了简化的。有些看起来很简单的问题，进一步追究下去也不简单。譬如，一块石头自高度为 H 的地方无初速释放，问几秒后落地？也许你会很快地回答， $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ 。其实这仅仅是一个

比较好的近似，其中已作了许多假设，抛弃了许多次要的因素。首先，研究的对象石头理想化了，看作质点，不计它的形状，不考虑它的转动效应。其次，认为 H 不大， g 是一个恒量，石头作匀加速运动。再次，不考虑地球的自转。如果考虑了地球的自转，石头下落就不是一个简单的匀加速运动，轨迹也不是直线。若石头在纬度 40 度的地方从 $H = 44.1$ 米的高处下落，落地点向东偏移 0.49 厘米，还要向南偏移 3.5×10^{-5} 厘米。显然，这些影响都是很小的，在一般情况下，不考虑这些因素，完全是合理的，简化后的问题就容易解决多了。

如果不善于抽象和概括，找不到恰当的研究对象及相应的模型，不能由表及里，去伪存真抓住事物的主要方面，弄不清问题的物理图景（物理图景永远是理想化的、条理清晰的），因而就不知道该用什么规律来解决问题，甚至题意都不能领会。

应该重视运用数学工具去研究物理问题。数学是一种科学语言，是一种科学工具。许多物理概念和规律，都要用数学语言来表述，也只有利用了数学表述，才是严谨的、科学的，才能进一步研究它和应用它。例如变速运动中的即时速度概念，用了极限的数学语言来表述，才是严谨的。将来用微分来表述速度，连计算也方便多了。用数学来表述物理概念、规律和处理问题，与强调物理意义是不矛盾的。我们阐明某问题的物理意义，一般用语言来表述，这是大家自小就习惯的方式。然而用作为科学语言的数学来表述，又怎么说没有阐明物理意义呢？这是一种偏见，这是对数学工具掌握得不熟练，不那么得心应手的缘故。我们必须自觉地努力掌握好数学，习惯用数学来表述、处理物理问题。

物理问题要进行运算，是不可避免的，否则就不成为科学了。应该指出，如果对公式的物理意义不清楚，乱套公式，盲目计算，是不能算正确运用数学工具处理问题的。

数学不仅用来表述物理概念、规律和解决物理问题，而且可以利用数学的逻辑推理方法，导致新规律的发现和新理论的建立。例如，牛顿在开普勒行星运动规律的基础上，应用数学方法，导出了万有引力定律。在近代物理中这类事例更多。随着物理学研究的深入，数学显得越来越重要。

总之，掌握的数学知识越多，处理问题、解决问题就越方便。因此把数学学活，掌握各种数学知识，才能提高解决物理问题的能力。在以后具体例子的讨论中，函数知识，方程组的理论，图象的知识……广泛地被采用。

4. 在解题实践中提高解决问题的能力

在学习过程中做习题有两个目的：一是加深对基本概念和基本规律的理解，二是培养分析问题和解决问题的能力。理解和掌握基本概念及基本规律的目的，还在于应用。

如何通过解题实践提高解决问题的能力呢？乱套公式，只满足于一个答案，这样解题达不到练习目的。一般解题的时候，应当全面地分析题意，根据题目的要求和计算上的方便，确定研究对象；然后，再根据物理过程的特点，选用所遵循的规律，从中找出解题的正确方法。

为了提高解题能力，在解题过程中必须重视下列几点：

(1) 全面、认真分析物理过程。

在处理较复杂的题目时，分析物理过程可以进一步领会题意，了解物理过程的特点，为正确选用物理规律创造条件。物理过程分析清楚，解题才有正确思路。

现举一例。用一根倔强系数为 k 的轻质弹簧把放在地面上的重物提高 h ，重物质量为 m 。问拉力至少要做多少功？

这是一个力学问题，必须分析整个过程中有关研究对象的受力情况、运动状态的变化，或者作功情况、能量的变化。现在我们来分析做功最小的情况：当外力开始向上拉时，弹簧伸长而重物不动。此过程中弹簧受到两个力（外力