

中学物理典型题解析

崔大祥

河北教育出版社

中学物理典型题解析

崔大祥

河北教育出版社

中学物理典型题解析

崔大祥

河北教育出版社出版 (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 22.5 印张 462,000 字 1989年2月第1版
1989年2月第1次印刷 印数: 000001—2,000 定价: 5.40 元

ISBN 7-5434-0101-0/G·81

前 言

解答物理习题是学习物理不可缺少的环节。但是，在解题时不能就题论题，而应着重对基础知识的理解和基本技能的训练，着重揭示知识的内在联系，学会思考问题、发现问题、解决问题的方法，从而提高科学的思维能力。这正是本书编写的基本思想。

本书对成人和高中学生学习物理，很有参考价值。

参加本书编写的，还有野亦、晓然、赵直等同志。插图由杨继志、舒英等同志绘制。

编 者

1987年9月

目 录

绪论	(1)
(一) 解答物理习题的意义	(1)
(二) 物理习题的基本类型	(16)
(三) 解答物理习题的一般步骤	(20)
I 习题部分	(23)
一、力学	(23)
(一) 力 物体的平衡	(23)
(二) 运动学	(28)
(三) 运动定律和物体的相互作用	(45)
(四) 功和能	(65)
(五) 振动和波	(76)
(六) 流体力学	(82)
二、分子物理学 热和功	(89)
三、电学	(101)
(一) 电场	(101)
(二) 稳恒电流	(113)
(三) 电磁场与交流电	(133)
(四) 电子技术基础	(163)
四、光学 原子和原子核	(168)
II 题解部分	(177)

一、力学	(177)
(一) 力 物体的平衡	(180)
(二) 运动学	(223)
(三) 运动定律和物体的相互作用	(262)
(四) 功和能	(336)
(五) 振动和波	(371)
(六) 流体力学	(387)
二、分子物理学 热和功	(409)
三、电学	(455)
(一) 电场	(456)
(二) 稳恒电流	(496)
(三) 电磁场与交流电	(569)
(四) 电子技术基础	(651)
四、光学 原子和原子核	(660)

附录:

(一) 主要物理公式	(704)
(二) 部分物理常数	(707)
(三) 法定计量单位	(707)

绪 论

(一) 解答物理习题的意义

牛顿曾经说过：在学习科学时，题目比规则还有用些。

我国著名数学家苏步青教授也认为：做习题，对于加深理解和提高运算技巧、逻辑思维都是有利的。

可见，解答习题是学好物理的重要环节，许多人学习物理的实践也证明了这一点，

1. 通过解题，可以加深对物理概念实质的理解。

科学认识的成果总是首先通过概念来概括和总结的。如，力、能、功、质量、动量、场、量子等都是物理学的基本概念，从这些概念出发，经过思考，形成判断，构成物理学中的原理、定律、规律。可见，物理学理论体系中最基本的元素是物理概念。所以，弄清每一个物理概念的实质，是学好物理知识的基础。然而，对许多物理概念的实质，往往需要经过反复的实践和由浅入深、由表及里、由现象到本质的认识过程，才能得到理解和深化。解答习题，是完成这种认识深化的基本途径。

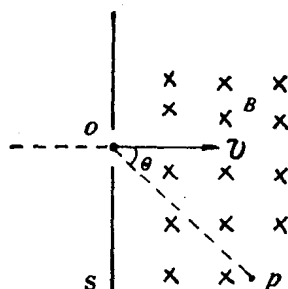
例 1. 一个负离子，质量为 m ，电量大小为 q ，以速率 v 垂直于屏 S 经过小孔 O 射入存在着匀强磁场的真空室中。磁感应强度 B 的方向与离子的运动方向垂直，并垂直于纸

面向里。

(1) 求离子进入磁场后到达屏 S 上的位置与 O 点的距离。

(2) 如果离子进入磁场后经过时间 t 到达位置 P ，证明直线 OP 与离子入射方向之间的夹角

跟 t 的关系是 $\theta = \frac{qB}{2m}t$ 。



例 1 题图

解：(1) 离子的初速度与匀强磁场的方向垂直，在洛伦兹力作用下，做匀速圆周运动。设圆半径为 R ，那么

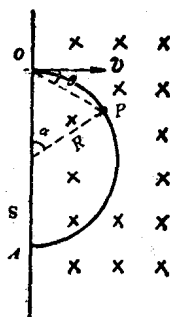
$$qvB = m \frac{v^2}{R},$$

$$R = \frac{mv}{qB}.$$

离子回到屏 S 上的位置 A 与 O 点的距离为

$$OA = 2R$$

$$= \frac{2mv}{qB}.$$



例 1 解图

(2) 当离子到位置 P 时，圆心角为

$$\alpha = \frac{vt}{R}$$

$$= v \times \frac{qB}{mv} \times t$$

$$= \frac{qB}{m}t.$$

又 $\alpha = 2\theta,$

所以 $\theta = \frac{qB}{2m}t.$

通过解答这个习题，使我们进一步认识到：洛伦兹力总是跟粒子的运动方向垂直，不对粒子做功，它只改变粒子运动的方向，而不改变粒子的速率，所以粒子运动的速率 v 是恒定的。由于 v 恒定，洛伦兹力 $f = qvB$ 的大小也是恒定的。这个恒定的力 f 对于运动着的粒子来说，起着向心力的作用，因此粒子的运动一定是匀速圆周运动。

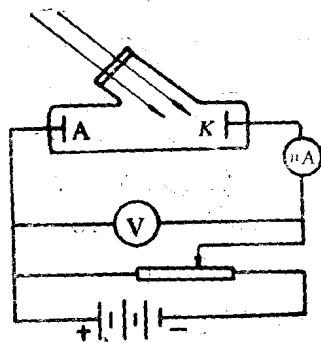
例 2. 一个光电管的阴极用极限波长 $\lambda_0 = 5000$ 埃的钠制成。用波长 $\lambda = 3000$ 埃的紫外线照射阴极，光电管阳极 A 和阴极 K 之间的电势差 $U = 2.1$ 伏特，光电流的饱和值 $I = 0.56$ 微安。

(1) 求每秒内由 K 极发射的电子数；

(2) 求电子到达 A 极时的最大动能；

(3) 如果电势差 U 不变，而照射光的强度增到原值的三倍，此时电子到达 A 极时的最大动能是多大？

解：(1) 每秒发射的电子数为



例 2 题图

$$n = \frac{I}{e} = \frac{0.56 \times 10^{-8} \text{ 库仑/秒}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ 库仑}} = 3.5 \times 10^{12} / \text{秒},$$

(2) 每个光子的能量为

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3000 \times 10^{-10}} = 6.63 \times 10^{-19} \text{ 焦耳},$$

钠的逸出功为

$$\frac{hc}{\lambda_0} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5000 \times 10^{-10}} = 3.98 \times 10^{-19} \text{ 焦耳},$$

每个电子在电场中被加速而获得的能量为

$$eU = 1.6 \times 10^{-19} \times 2.1 = 3.36 \times 10^{-19} \text{ 焦耳},$$

根据能量守恒定律, 得电子的最大动能为

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} mv^2 &= \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} + eU \\ &= (6.63 - 3.98 + 3.36) \times 10^{-19} \text{ 焦耳} \\ &= 6.01 \times 10^{-19} \text{ 焦耳}. \end{aligned}$$

(3) 当光强增强 3 倍时, 以上结果不变. 因为光电子的最大初动能与入射光的强度无关.

通过解答这个习题, 使我们对光量子的概念有了进一步的认识: 光电效应的事实表明, 在空间传播的光也不是连续的, 而是一份一份的, 每一份光叫做一个光子. 光量子的能量跟它的频率成正比, 即 $\epsilon = h\nu$. (h 是普朗克恒量) 爱因斯坦提出的关于能量传播的分立和不连续的思想, 表现了他深刻的洞察力.

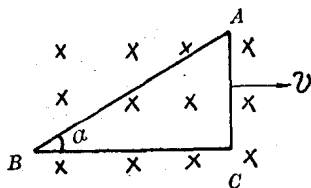
总之, 通过解答习题, 也就是研究物理事实, 能够使我们更多地接触到物理事实的本质, 从而有利于我们掌握反映物

理事实本质的物理概念。

2. 通过解题，可以进一步明确物理公式、定律、定理的使用条件和适用范围，从而训练我们正确运用物理规律解答问题的能力。

任何一个物理公式、定律、定理都不是若干物理概念的堆砌，而是反映了各有关物理事实间内在的肯定或否定的联系。因此，对物理公式、定律、定理不能仅仅记住它的结论，还必须弄清楚，在什么条件下，在什么范围内才能成立和运用。解答物理习题，有助于我们弄清楚物理公式、定律、定理的使用条件和适用范围，有助于提高我们正确运用物理规律解决物理问题的能力。

例 3. $\triangle ABC$ 线框的 $\angle ABC = \alpha$ ，在磁感应强度为 B 的匀强磁场中以速度 v 平动， $AC = L$ 。问线圈内有无感生电流， AB 、 AC 两端哪端电势高？



例 3 题图

分析：导线 AB 的运动方向与导线本身夹角为 α ，所以 AB 在垂直导线运动方向的投影长度为 $\overline{AB} \sin \alpha = \overline{AC} = L$ 。

由此可知，导线 AC 中产生的感生电动势为 $\varepsilon_{AC} = BLv$ ，方向由 $C \rightarrow A$ 。

导线 AB 中产生的感生电动势为

$$\varepsilon_{AB} = B \cdot (\overline{AB} \sin \alpha) \cdot v$$

$$= BLv, \text{ 方向由 } B \rightarrow A.$$

显然，导线 AC 和导线 AB 中产生的感生电动势大小相

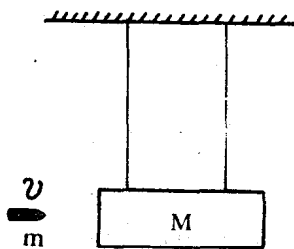
等、方向相反，BC 导线中又没有产生感生电动势，所以线圈内没有感生电流，但 $U_A > U_B$ ， $U_A > U_C$ ， $U_B = U_C$ 。

通过解答此题，使我们进一步认识到：当导线放置与磁场垂直，导线运动方向与导线本身垂直时，求算导线中产生的感生电动势的大小，应当用公式 $\varepsilon = BLv$ ，如 ε_{AC} 就是这样求得的，当导线放置与磁场不垂直或导线的运动方向与导线本身不垂直时，求算导线中产生的感生电动势的大小，应当先求出导线在与磁场方向垂直的平面上的投影的长度，或导线在垂直导线运动方向上的投影长度，即用公式

$\varepsilon = BLv \sin \alpha$ ，如 ε_{AB} 就是这样求得的。

当然此题可以用法拉第电磁感应定律加以讨论。

例 4. 用如图所示冲击摆测定汽枪子弹的速度。子弹从水平方向射入沙箱并陷入箱内，使沙箱摆到某一高度 h 。求子弹的速度 v 。



例 4 题图

解：选子弹和沙箱组成的系统为研究对象。在子弹刚射入沙箱到子弹相对于沙箱静止，整个系统所受水平外力为零，而只受水平方向的内力（摩擦力），所以，系统在水平方向上的动量守恒。设子弹相对沙箱刚好静止时的速度为 v' ，那么

$$mv = (M + m)v'$$

后来，从子弹相对于沙箱静止起（此时沙箱几乎没有偏离最低位置），到沙箱达到最高处止，此过程中除重力做功外，绳子拉力不做功，子弹与沙箱间的摩擦力为零，则系统

的机械能守恒，因此有 $\frac{1}{2}(m+M)v'^2 = (m+M)gh$ 。

但
$$v' = \frac{m}{m+M}v,$$

所以 $\frac{1}{2}(m+M)v'^2 = (m+M)gh$ ，可写为

$$\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{m}{m+M}v \right)^2 = gh,$$

$$v^2 = \left(\frac{m+M}{m} \right)^2 \cdot 2gh,$$

$$v = \frac{m+M}{m} \cdot \sqrt{2gh}$$

$$\approx \frac{M}{m} \sqrt{2gh}.$$

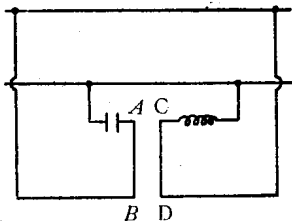
通过解答此题，使我们又一次明确：动量守恒的条件是系统不受外力或所受合外力为零；机械能守恒的条件是系统内部只有重力、弹力、静电力做功。而且应当注意，系统的动量守恒时，其机械能不一定守恒；系统的机械能守恒时，其动量不一定守恒。

3. 通过解题，可以使我们会分析、思考问题的方法，锻炼科学思维能力。

爱因斯坦非常重视科学方法，他十分欣赏莱辛的名言：“对真理的追求要比对真理的占有更可贵。”这里所说的“对真理的占有”，是指掌握一定的书本知识，而“对真理的追求”则是指运用科学方法探寻新知识、新规律。

我们在学习物理时，不仅要学习物理知识，还要学会分析思考问题的方法。只有这样，才能举一反三，触类旁通。经验告诉我们，通过多次摸索解题的突破口、门径，对帮助我们掌握分析思考问题的方法，是十分有益的。掌握了分析思考问题的科学方法，就是得到了叩问知识宝库之门的“金钥匙”。

例 5. 从同一交流电路上接出两个支路，如图所示。一支路连接一个纯电容，另一支路接一个纯电感。试分析导线 AB 和 CD 是怎样相互作用的？



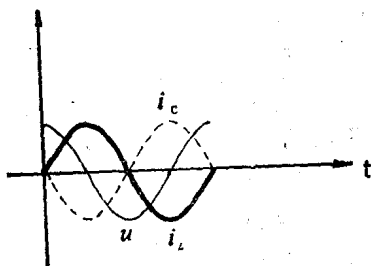
例 5 题图

分析：若要知道导线 AB 和 CD 是怎样相互作用的，必须先弄清楚通过 AB 和 CD 导线的电流方向相同，还是相反。

此题中，电容电路和电感电路并联于同一交流电路上，它们电压的位相相同。但是，电容器上电流的位相超前于电压的位相 $\frac{\pi}{2}$ ，而电感中电流的位相落后于电压的位相 $\frac{\pi}{2}$ ，显然，这两条支路的电流位相相差 $\frac{\pi}{2} \times 2 = \pi$ ，即两条支路中电流的流向正好相反，所以 AB 和 CD 两条导线相互推斥。

在解答此题过程中，我们是沿着如下的途径进行思考的：

① 电容电路中的电流的位相超前于电压的位相 $\frac{\pi}{2}$ 。



例 5 解图

②电感电路中的电流的位相落于电压的位相 $\frac{\pi}{2}$ 。

③此题中电容电路和电感电路并联于同一交流电路上，它们电压的位相相同。

④结论：导线 AB 和 CD 中电流位相相差 π ，即两支路中电流的流向正好相反。

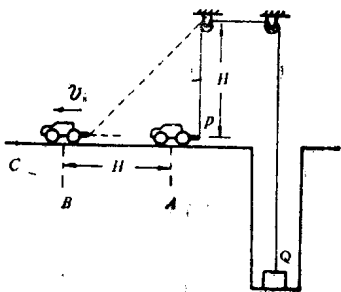
其中①是就电容电路而言，②是就电感电路而言，而③是对①和②进行比较的基本条件，④是分析、推理得到的结论。

显然，解答这样的习题可以锻炼我们分析、思考能力。

例 6. 一辆车通过一根跨过定滑轮的绳 PQ 提升井中质量为 m 的物体。绳的 P 端拴在车后的挂钩上， Q 端拴在物体上。设绳的总长不变，绳的质量、定滑轮的质量和尺寸、滑轮上的摩擦都忽略不计。

开始时，车在 A 点，左右两侧绳都已绷紧并且是竖直

的，左侧绳长为 H 。提升时，车加速向左运动，沿水平方向从 A 经过 B 驶向 C 。设 A 到 B 的距离也为 H ，车过 B 点时的速度为 v_B 。求：在车由 A 移到 B 的过程中，绳 Q 端的拉力对物体做的功。



例 6 题图

分析：假定这个问题的答案已得出，即 $W = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$ 。其中 $\frac{1}{2}mv^2$ 是物体动能的增量， mgh 是物体势能的增量。也就是说，车在移动过程中（由 A 到 B ），绳 Q 端的拉力对物体做的功，等于物体增加的机械能。

所以，只要把式 $W = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$ 中的未知量 v 和 h 用已知量（如题目所给 H 、 m 、 v_B ）表示出来，这个题目的最终答案就被找到了。

解：设绳 P 端到达 B 处时，左边绳与水平地面成 θ 角，物体从井底上升的高度为 h ，速度为 v ，所求的功为 W ，那么

$$W = \frac{1}{2}mv^2 + mgh.$$

因绳长不变，所以

$$h = \frac{H}{\sin \theta} - H,$$

$$v = v_B \cos \theta.$$

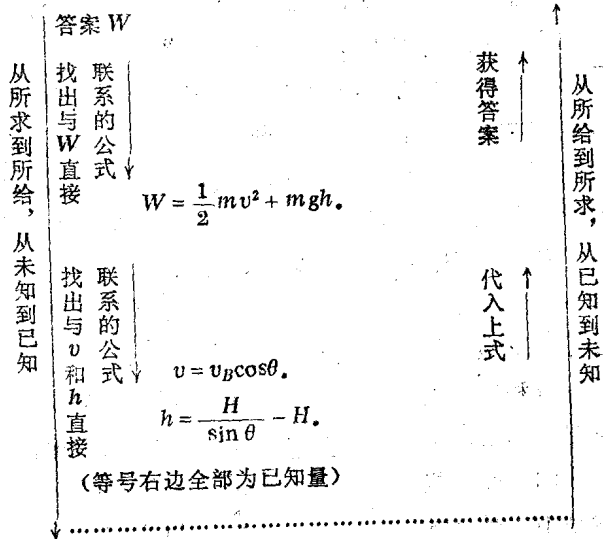
但

$$\theta = 45^\circ = \frac{\pi}{4},$$

$$\text{因此, } W = \frac{1}{2} m v_B^2 \cos^2 \frac{\pi}{4} + mg \left(\frac{H}{\sin \frac{\pi}{4}} - H \right)$$

$$= \frac{1}{4} m v_B^2 + mg(\sqrt{2} - 1)H.$$

现在, 我们把对这个问题分析和解答的途径总结如下.



这种分析思考方法的特点是, 从我们所要得到的结果出发, 寻找能够获得这个结果的充分条件, 然后再倒过来, 沿