

学物理问答题

薛瑞丰 王金城 编著

WU LI WEN DI TI

辽宁教育出版社

大学物理问答题

薛瑞丰 王金城 编著

辽宁教育出版社

1987年·沈阳

大学物理问答题

薛瑞丰 王金城 编著

辽宁教育出版社出版 辽宁省新华书店发行
(沈阳市南京街6段1里2号) 沈阳市第二印刷厂印刷

字数: 270,000 开本: $787 \times 1092^{1/32}$ 印张: $12^{1/4}$

印数: 1—6,000

1988年3月第1版

1988年3月第1次印刷

责任编辑: 王越男 刘瑞武 责任校对: 王淑芬

封面设计: 谭成荫

ISBN 7—5382—0482—2/G·477

定 价: 2.30 元

编写说明

本书是为配合大学物理教学而编写的问答题。以工科院校学生为主要对象，同时兼顾电大、夜大、职工大学和函授大学学生的需要。该书对培养学生勤思善答的习惯，开发学生的智力，搞清物理概念，训练学生思考问题的方法，提高分析问题和解决问题的能力是有帮助的。在选编过程中，我们参考了目前使用较广泛的各种教材和参考书，同时加进我们在教学过程中所遇到的一些问题。

本书包括三个部分，第一部分是怎样解答问答题；第二部分是问答题选编；第三部分是参考答案。

在本书编写过程中，北京师范大学阎金铎教授给予大力支持和具体指导，也得到洛阳工学院和青岛建筑工程学院许多同志的鼓励和帮助，编者在此深表谢意。

编者

目 录

第一部分 怎样解答问答题	1
第二部分 问答题选编	40
第一章 力学	40
§ 1—1 运动学	40
§ 1—2 牛顿运动定律	46
§ 1—3 功与能	58
§ 1—4 动量	62
§ 1—5 刚体	71
第二章 分子物理学和热力学	77
§ 2—1 气体分子运动论	77
§ 2—2 热力学	88
第三章 电磁学	100
§ 3—1 静电场	100
§ 3—2 静电场中的导体和电介质	106
§ 3—3 稳恒电流	124
§ 3—4 电流的磁场	133
§ 3—5 磁场对电流的作用	137
§ 3—6 电磁感应	146
§ 3—7 物质的磁性	159
§ 3—8 电磁场理论的基本概念	164
第四章 机械振动和机械波	166
§ 4—1 机械振动	166

§ 4—2 机械波·····	174
第五章 波动光学 ·····	181
§ 5—1 光的干涉·····	181
§ 5—2 光的衍射·····	185
§ 5—3 光的偏振·····	188
第六章 近代物理学基础 ·····	192
§ 6—1 狭义相对论基础·····	192
§ 6—2 光的量子性·····	195
§ 6—3 原子的量子理论·····	199
第三部分 参考答案 ·····	204
第一章 力学 ·····	204
§ 1—1 运动学·····	204
§ 1—2 牛顿运动定律·····	211
§ 1—3 功和能·····	225
§ 1—4 动量·····	228
§ 1—5 刚体·····	241
第二章 分子物理学和热力学 ·····	245
§ 2—1 气体分子运动论·····	245
§ 2—2 热力学·····	259
第三章 电磁学 ·····	274
§ 3—1 静电场·····	274
§ 3—2 静电场中的导体和电介质·····	283
§ 3—3 稳恒电流·····	298
§ 3—4 电流的磁场·····	307
§ 3—5 磁场对电流的作用·····	312
§ 3—6 电磁感应·····	318
§ 3—7 物质的磁性·····	330

§ 3—8 电磁场理论的基本概念.....	335
第四章 机械振动和机械波.....	336
§ 4—1 机械振动.....	336
§ 4—2 机械波.....	343
第五章 波动光学.....	350
§ 5—1 光的干涉.....	350
§ 5—2 光的衍射.....	356
§ 5—3 光的偏振.....	362
第六章 近代物理学基础.....	370
§ 6—1 狭义相对论基础.....	370
§ 6—2 光的量子性.....	375
§ 6—3 原子的量子理论.....	378

第一部分 怎样解答问答题

在物理教学中，我们常常看到，有的同学基本内容似乎已经懂了，但遇到实际问题却往往束手无策；有的同学对计算题并不觉得太困难，对概念性问题却往往没有把握。针对这些情况，开展“问答题”的讨论，对于深入理解物理学的基本概念和规律，提高分析问题和解决问题的能力，是有帮助的。

在教学改革中，要开发学生的智力，培养学生的能力，必须注意研究如何培养学生勤“思”善“答”的习惯。所谓勤“思”就是学会对问题能够思考得深透、严密、合乎情理、符合实际。对某一概念和规律的内涵和外延，能够思考的全面、准确、符合一般规律；对某一事物的分析，能够思考得细致、透彻，弄清事物的本质及来龙去脉，提高学生判断、推理的能力。所谓善“答”就是根据物理知识，正确理解题意，围绕题目的核心简明而恰当地运用自己的语言加以阐述，回答问题要有科学性、准确性、鲜明性。评价解答“问答题”的优劣，有两条标准：一是物理概念清楚，二是回答简明扼要。问答题常用“为什么”、“怎么样”、“是什么”、“试解释”、“试说明”、“试论证”等方式提出问题。一般用文字语言叙述，要求语言准确、文字精练、说理充分，论证严密，解释贴切，结论正确。也可用数学推证法

解问答题。因为任何具体的事物，都有一定的形式和数量关系，用数学表达物理问题是一种严密的科学思考方法。

回答“问答题”是一种带有创造性的脑力劳动，是学习的一个重要环节，既可以巩固、加深和扩大所学的理论，还可以训练学生思考的独立性、科学性、逻辑性、灵活性、敏捷性、概括性，从而提高分析问题和解决问题的能力。在教学实践中，我们发现有些同学回答问答题时，有的啰啰嗦嗦，空话连篇，抓不到要害，做了许多无用功；有的逻辑性不强，措词不当，语意含混，前后矛盾，答非所问，错漏百出，系统很不完整等等。这一方面反映出同学们对于某些物理知识掌握得不够牢固，不能灵活地运用到某些具体问题上，另一方面也说明他们的语文水平不高，表达能力不强，难于运用自己的语言，把自己的思想简洁明了地、准确完整地表达出来。

怎样解答问答题呢？主要是根据已有的物理知识和实践经验，正确理解题意，然后围绕题目的核心，简明而恰当地组织自己的语言，加以阐明。

关于解答问答题的一般过程，具体讲需要注意四个方面：

1. 前提和条件

俗话说：“习与性成”，“读书百遍，文理自通”。认真听讲，刻苦读书，勇于实践，牢固掌握基本概念和规律是解答好问答题的必要前提和先决条件。如果不去理解概念和规律，而只是把重点放在答题上，那自然是本末倒置，变成无本之木，无源之水。例如电场强度这个概念 $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ ，它

表示电场中某点的电场强度在量值和方向上等于单位正电荷在该点所受的力。式中 q_0 为检验电荷的电量， \vec{F} 为检验电荷在

电场中所受的力。当 $q_0 = +1$ (单位正电荷) 时, \vec{E} 和 \vec{F} 大小相等, 方向一致。那么电场强度是不是力? 它与检验电荷的电量是否有关呢? 有些同学常常把电场中某点的场强和一个电荷在该点上受到的电场力这两件虽然有联系却是完全不同的事情混同起来, 并且错误地认为电场中某点的电场强度与为了量度此场强而放置在该点上的检验电荷的电量有关。这说明他们不十分了解场强这个物理量所表征的物理实在。场强是通过力表现出来的, 然而场强不是力。在场中给定点处, 没有电荷时就没有力, 而有场强, 场强决定于场源电荷。好比炉子周围的温度与温度计的关系, 用温度计可测量出炉子周围的温度, 并非有了温度计才有这个温度。同样, 并非有了检验电荷, 才有电场强度。有些同学不能正确地理解公式 $E = \frac{F}{q}$ 和 $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}$ 的物理意义, 对它们之间的区别和联系不够清楚; 有些同学对电场强度和电势这两个概念之间的区别和联系缺乏本质的了解。显然, 如果同学对上述的一系列问题不够清楚, 那么, 即使他们能够一字不错地背诵出电场强度的定义, 也不是真正理解了电场强度这个概念, 有关这个问题的问答题, 仍是不能完满地回答。又如, 质点组动量定理: $\int_{t_1}^{t_2} \Sigma \vec{F}_{\text{外}} dt = \Delta \vec{P}$ 。可知当 $\Sigma \vec{F}_{\text{外}} = 0$ 时, $\int_{t_1}^{t_2} \Sigma \vec{F}_{\text{外}} dt = 0$, 则有 $\Delta \vec{P} = 0$, 于是得出质点组动量守恒的条件是 $\Sigma \vec{F}_{\text{外}} = 0$ 。但是从动量定理看出, 当合外力的冲量为零, 即 $\int_{t_1}^{t_2} \Sigma \vec{F}_{\text{外}} dt = 0$ 时, 可直接得到 $\Delta \vec{P} = 0$, 为什么动量守恒的条件不是 $\int_{t_1}^{t_2} \Sigma \vec{F}_{\text{外}} dt = 0$ 呢? 对这一问题有不少同学不会解答, 认为把动量守恒的条件说成是合外力的冲

量为零似乎也可以。所以出现这样的错误，主要还是对动量守恒的含义没有真正理解。一个系统在某一个过程中动量守恒，是指在过程的每一时刻，系统的总动量恒为常矢量。若仅仅知道合外力在某段时间内的冲量为零，则只能得到在过程开始的时刻和终止的时刻动量相等，而不能保证在整个过程中总动量不变。只有当合外力为零时，才能保证在任一个元过程合外力的冲量均为零，从而保证在整个过程的每一时刻，系统的总动量恒为常矢量。可见，要能解答好问答题，必须认真看书，真正理解基本概念和基本定律，以及它们的适用条件。

2. 阅题和审题

有的同学拿到问答题时，解题心切，不仔细地阅题和审题，而是走马观花，往往处在似懂非懂的情况下开始解答，结果不是所答非所问，就是离题千里，胡子眉毛一把抓，分不清主次和轻重。也有的是中途碰壁，造成半途而废，出现“返工”现象。

阅题和审题的主要目的是要了解题目里面说了些什么，怎样说的。当然也需要同时弄清题目中的一些名词和术语。阅题和审题是解答问答题的重要准备阶段，要明确已知条件是啥？要求回答什么问题？属于哪一部分？用到什么概念和规律？没有这种准备，就根本谈不上掌握解答的基本方法和抓住解答题目的关键。

多数学生对功能关系的计算题都能解出来，但对下面的问答题却不一定能回答正确。例：如图1所示，倔强系数为 k 的轻弹簧，一端固定，一端连一质量为 M 的物体， M 与桌面间摩擦系数为 μ ，另一物体 m 通过滑轮与 M 相连（滑轮及绳的质量均不计），开始时用手托住 m ，弹簧处于自然状态，

放手后当 m 下降 d 时其速度为 v ，试写出下面各种情况下的功能关系。

(1) 取 $m + M$ 为研究对象；(2) 取 $m + M +$ 弹簧为研究对象；(3) 取 $m + M +$ 弹簧 + 桌子 + 地球为研究对象。对这

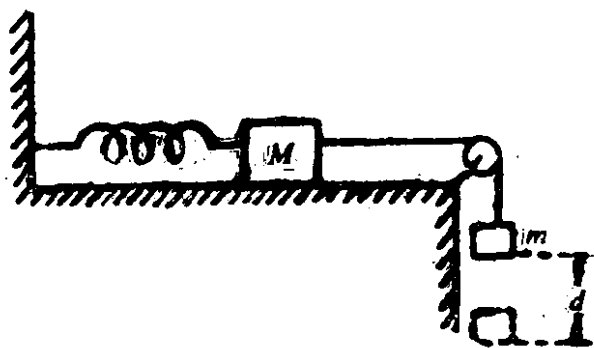


图 1

一问题，学生往往乱写一通，式子虽然可能是对的，但不符合题目的要求。问题出在哪里呢？其一，是学生没有认真阅题和审题，没有看清题目是要求在怎样的条件下写出功能关系；其二，是由于平时学生在做题时，不注意选取研究对象，只满足于能“凑”出结果就行。而这道题目的特点，是指定了研究对象，学生反而不知如何下手。归根到底，还是学生对功能关系没有真正掌握，缺乏解题基本功的训练。

功能关系的式子，学生都很熟悉，左边是功，右边是能量的改变。谈到功，必须明确是哪个力对哪个物体作的功。因此，解答本题的关键是对题目指定的研究对象，进行受力分析：哪些是外力，哪些是内力，内力中是否有保守力？若有保守力存在，就需要引进势能的概念。在第(1)问中，研究对象是 $m + M$ ，受到的外力有：重力 mg 、 Mg 、桌面支持力 N ，摩擦力 $f = \mu Mg$ ，弹力 $F_{\text{弹}} = kx$ ；内力有：绳中张力 T 及 T' 。摩擦力及弹力作负功，重力 mg 作正功，其他外力不作功；内力 T 及 T' 作功之和为零。此时功能关系应为 $mgd - \mu Mg d - \frac{1}{2}kd^2 = \frac{1}{2}(m + M)v^2$ 。第(2)问中，研究对象为 $m + M +$ 弹簧，此时弹力为保守内力，可引进弹性势能，外力中有

墙对弹簧作用力 $F_{\text{墙}}$ 不作功，其他力与上同，于是功能关系为 $mgd - \mu Mg d = \frac{1}{2}(m + M)v^2 + \frac{1}{2}kd^2$ 。第(3)问中，

所有的力均为内力，摩擦力是非保守内力，作负功。重力和弹力是保守内力，引进相关势能。 Mg 、 N 和 $F_{\text{墙}}$ 不作功， T 和 T' 作功之和为零，此时功能关系为 $-\mu Mg d = \frac{1}{2}(m +$

$M)v^2 + \frac{1}{2}kd^2 - mgd$ 。

3. 分析和综合

分析和综合是解答问答题最关键的步骤，也是最困难的步骤。分析是把某一复杂事物分解成若干部分来逐个认识。综合是把某一复杂事物的若干部分，根据它们之间的联系，串在一块儿，从而认识这事物的整体。分析为综合提供基础，综合又为深入地分析创造前提，两者相辅相成。在解答问答题的过程中，总是既有分析，又有综合，二者是不可分割的。有些同学常说：“老师讲的都懂，可就是拿到题时不知如何回答。”这往往是他们缺乏分析与综合的能力。为了说明在解答问答题中怎样分析与综合，可举下面一些例子。

例1 如图2所示，一螺线管铅直放置，通有直流电流，螺线管正上方有一导电圆环，沿螺线管轴线铅直下落，下落过程中圆环面恒保持水平面，试比较圆环经

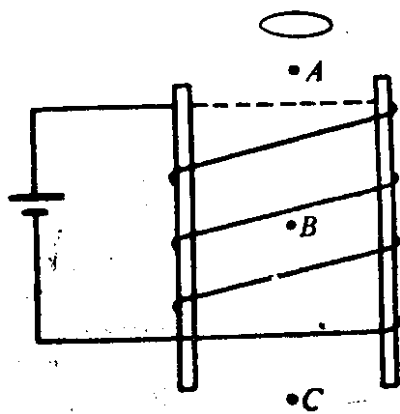


图 2

A、B、C三点时加速度的大小。(B为螺线管的中心点，A、C两点相对于螺线管对称)

该题是电磁感应与动力学相结合的综合题。解答这一问题的前提条件是掌握了法拉第电磁感应定律、楞次定律和牛顿定律，在此基础上，针对题目所给的条件，对整个物理过程进行认真地分析，仔细地思考，合理地推断，才能得出正确的结论。有的同学看清了题目给出的条件，也做过一些分析，但分析得不全面，不彻底，就匆匆得出了结论，这样的结论是非常容易出问题的。例如：有的同学分析了穿过导电圆环磁通量变化的情况，认识到当圆环进入螺线管或从螺线管中出来时，由于穿过圆环磁通量的变化，将在圆环中产生感应电流，由楞次定律知，圆环在A点和C点时除受重力外还将受到磁场的阻力。当圆环进入螺线管以后，穿过圆环的磁通量不再变化，圆环中不产生感应电流，也就不再受磁场的阻力，仅受重力的作用。于是得出结论：圆环在B点加速度最大(等于重力加速度 g)。由于A、C两点对称，所以圆环在A点和C点时加速度相等(均小于 g)，即 $a_B > a_A = a_C$ 。这一结论前半段无疑是正确的，但后半段却不对，错在没有进行分析，只凭想象就得出了结论。这一问题的正确解答可以用分析法，也可用综合法。分析法：题目要求比较圆环在A、B、C三点加速度的大小，而加速度是与力相联系的，因此必须对圆环进行受力分析。圆环在整个过程中都受到重力的作用，另外圆环在磁场中运动，还要分析是否受到磁场力的作用，磁场只对电流才有作用力，因此就要分析圆环在A、B、C三点时是否能产生感生电流。由法拉第定律知，在圆环中产生感生电流的条件是穿过圆环的磁通量发生变化。要知道能否产生感生电流，就必须分析穿过圆环的磁通量变化

的情况。可见只要抓住分析穿过圆环的磁通量这条线索，正确运用法拉第电磁感应定律、楞次定律和牛顿定律，这一问题是不难解决的。由于圆环在进入螺线管和从螺线管中出来时穿过圆环的磁通量变化，因此在A、C两点时圆环中将产生感应电流，由楞次定律知，圆环在A、C两点均受到向上的磁场力，因此在A、C两点圆环的加速度均小于重力加速度 g 。而进入螺线管中后，由于穿过圆环的磁通量不变，不产生感应电流，也就不再受到磁场的阻力，所以在B点，圆环仅受重力，其加速度为重力加速度 g 。那么在A、C两点圆环的加速度是否相等呢？这就要看圆环在A、C两点受到的阻力是否相等，要比较感生电流的大小就得比较感应电动势的大小，而感应电动势的大小可由法拉第定律给出。关键是比较圆环在A、C两点时磁通量变化的快慢是否相同，也就是要比较圆环在A、C两点时速度的大小。由于圆环竖直向下作加速运动，显然在C点速度大于在A点时的速度，即在C点磁通量变化得快，感应电动势大，从而感应电流大，受到的磁场的阻力也就大，所以圆环在C点的加速度小于在A点的加速度，亦即 $a_B > a_A > a_C$ 。

上面是介绍了一下分析法的思维过程，具体解答时，思维过程不必写，只要用简练的语言把问题说清楚就行了。此题也可用综合法，综合法的思维过程与分析法相反，是从题目的已知条件入手进行分析。综合法：由题知圆环在螺线管的磁场中下落，就要分析在下落过程中穿过圆环的磁通量是否变化，若磁通量变化，就会在圆环中产生感应电流，从而要使圆环受到磁场的阻力，若能比较出圆环在A、B、C三点是否受阻力及所受阻力的大小问题就基本解决了，因此问题的关键在于，分析圆环在A、B、C三点的磁通量是否变化，以及

变化的快慢。通过这样的分析，同样可得到题目的解答。对于一个综合问答题，既可用分析法解答，也可用综合法解答，或者是分析法和综合法同时使用，对题目进行综合分析。究竟用哪种方法好，要看题目的特点及个人的习惯。

例2 相同的两木块，从同一高度自由下落，在下落过程中，其中一木块被水平飞来的子弹击中，子弹嵌在其中，问：(1)两木块是否同时落地？(2)木块被子弹击中后作什么运动？对这一问题，粗心的同学往往会这样解答：竖直下落的木块受到水平飞来子弹的打击不会改变木块竖直方向的速度，因此两木块仍同时落地，又由于木块被子弹击中后具有了水平速度，所以木块将作平抛运动。这样回答是错误的。错在没有对子弹打木块这一过程作深入地分析，仅凭“想当然”来答题，要知道木块被子弹击中后具有竖直向下的速度和水平速度，所以它不是作平抛运动。

解答问答题的关键是“善思”，也就是说要善于思考，善于分析，每解答一句话都必须要有充足的理由，绝不能凭想象和感觉来答题。在答题时应首先搞清题目给出的物理过程，然后找出该物理过程所遵循的规律。这道题显然是一道力学综合题，综合了质点运动学及物体间相互作用的规律。

此题的正确解答是取子弹和木块为研究对象，该系统所受外力为重力。由于子弹打击木块的时间非常短，内力较外力大得多，因此说系统的动量守恒，设子弹质量为 m ，水平速度为 v_{10} ，木块质量为 M ，竖直下落速度为 v_{20} ，子弹射进木块后，其合速度水平分量为 v_1 ，竖直分量为 v_2 。水平方向有 $mv_{10} = (m + M)v_1$ ，竖直方向有 $Mv_{20} = (m + M)v_2$ ，可得到 $v_1 = \frac{m}{m + M}v_{10}$ ， $v_2 = \frac{M}{m + M}v_{20}$ ，由于 $v_2 < v_{20}$ ，可知

被子弹击中的木块落地较晚，木块被子弹击中后合速度的方向是斜向下方，因此说木块是作斜下抛运动。

例3 如图3所示，在光滑水平面上放置一小车，车上悬挂一单摆，将摆球拉至水平，由静止释放，与档板作弹性碰撞，问在此过程中小车和单摆这一系统的动量是否守恒？摆球碰撞后能否回到原来的高度？

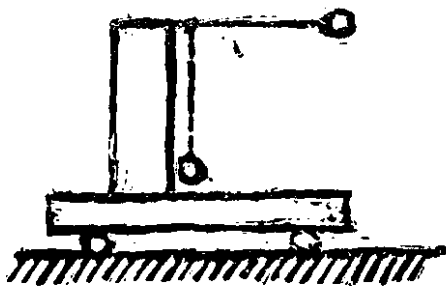


图 3

有的同学认为题目给出水平面是光滑的，摆球和档板的碰撞又是弹性碰撞，就简单地得出该系统动量守恒，机械能守恒。又由于碰撞后小车具有了一定的速度，有一定的动能，所以碰撞后摆球回不到原来的高度。这显然是不对的。动量守恒，机械能守恒及角动量守恒定律在力学中占的地位相当重要，这些内容学生必须掌握。要能熟练运用这些守恒定律，首先对使用条件就要会分析，决不能只从主观感觉就轻易地得出结论，这样的结论往往是靠不住的。该题目问小车和单摆这一系统的动量是否守恒，首先就要想一下动量守恒的条件是什么？系统动量守恒的条件是 $\sum \vec{F}_{\text{外}} = 0$ 。要知道动量是否守恒就得从受力分析入手。该系统受到的外力有竖直向下的重力 mg 和 Mg (M 为小车质量， m 为摆球质量)，地面给予小车的竖直向上的支持力 N ，如果在摆动过程中 N 的大小始终等于 $mg + Mg$ ，那么系统的动量就守恒，否则系统的动量就不守恒。从所给题目可看出，当单摆在水平位置时，支持力 $N = Mg$ ，当摆球摆至竖直位置时，摆球对摆线的拉力为 $mg + \frac{mv^2}{l}$ (l 为摆线长