巧思巧解

QIAOSIQIAOJIE

物理

高中三年级

广西教育出版社

巧思巧解

QIAOSIQIAOJIE

物理

高中三年级

丁　钢
陈高军　编著

广西教育出版社

巧思巧解丛书

物理

高中三年级

丁　钢　陈高军　编著

☆

广西教育出版社出版

南宁市鲤湾路8号

邮政编码:530022　电话:5850219

全国新华书店经销　南宁市社会福利印刷厂印刷

*

开本 890×1240　1/32　3.125 印张　67 千字

2006 年 1 月第 1 版　　2006 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—5 000 册

ISBN 7-5435-4346-X/G·3396　定价:6.00 元

前言

素质教育是大势所趋,提高自身素质是每个人的期望.高中物理以其极为丰富的内涵和广泛的应用以及特有的魅力激起了很多同学的学习兴趣,但在具体的习题面前一些同学可能又会因为一时找不到入门的方法而徘徊在大门之外.本书的意图是帮助高中学生去取得能开启这些大门的钥匙,获得解决问题的途径和方法.

在研究和解决问题的过程中,不仅需要相应的知识,还需要运用科学方法,要有解决问题的能力,还要有创新意识.但一个人的创新意识不是从天上掉下来的,而是在不断求索、不断进取的过程中逐渐培养出来的.本书特别注重通过对问题做多角度分析,总结思维方法和思维途径,以达到扩展思路,激发创新潜能的目的.

现在高中物理已全部使用了新教科书,本书力图反映新教学大纲和新教科书的要求和特点,体现新课程标准的理念,在选题、解题和评题上颇费了一番心思:(1)较多地选用有启发性的典型题,包括近年的高考试题,通过对这些题的分析求解以加深对知识的理解,熟悉各种科学方法的应用,提高运用物理知识分析问题和解决问题的能力;(2)选用了信息题、开放题等新题型,由此可以了解题型变化的动向,开阔视野,跟上形势;(3)在解题和评题中强化了知识和方法,注重了多种能力的培养,并适当补充了一些教科书外的知识和方法,以利于综合能力的提高.

如果本书能给读者一些有益的帮助,那将是作者最大的心愿.

希望读者在使用本书时，力求切实打好基础，重在理解和分析，在解决问题当中提高能力.

由于作者学识有限，书中疏误之处在所难免，请不吝赐教.

作　者

目 录

十九、光的传播

1. 一盏路灯距离地面的高度为 h，身高为 l 的人以速度 v 匀速行走，如图 19-1 所示.

(1)试证明人的头顶的影子做匀速运动.

(2)求人影的长度随时间的变化率.

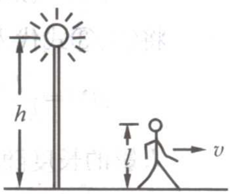

图 19-1

思路 1 假设开始时人在路灯的正下方，经过时间 t，人的位移可由公式 $s=vt$ 求出. 根据光的直线传播原理作出图后，人的头顶的影子在地面上的位置、人影的长度、灯的高度、人的高度等各物理量之间的关系可由几何知识得出. 如果能够证明人的头顶的影子运动的位移与所用的时间是一次函数的关系，即可证明其是匀速运动.

人影的长度与时间的比值即为人影的长度随时间的变化率.

解法 1 由光的直线传播原理、匀速运动知识和几何知识求解.

(1)假设开始时人在路灯的正下方 O 处，经过时间 t，人走到 B 处，如图 19-2 所示.

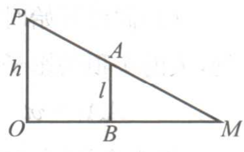

图 19-2

因为人做匀速直线运动，有

$$OB=vt \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{①}$$

过路灯 P 和人头顶 A 的直线与地面的交点 M 为 t 时刻人的头顶的影子的位置，则 OM 为人的头顶的影子到 O 点的距离.

因为 $\triangle ABM \backsim \triangle POM$，由几何知识，有

$$\frac{h}{OM}=\frac{l}{OM-OB} \quad \cdots\cdots ②$$

由①、②式，解得

$$OM=\frac{hv}{h-l}t \quad \cdots\cdots ③$$

因为 OM 与时间 t 成正比，故人的头顶的影子做匀速运动.

(2)由图 19-2 可知，人影的长度为

$$BM=OM-OB \quad \cdots\cdots ④$$

将①、③式代入④，解得

$$BM=\frac{lv}{h-l}t$$

人影的长度随时间的变化率为

$$k=\frac{BM}{t}=\frac{lv}{h-l}$$

思路 2 仍假设开始时人在路灯的正下方，在图 19-3 中，$PA=h-l$，$AA_1=vt$，$\triangle PAA_1 \backsim \triangle POM$，可利用上述关系求解.

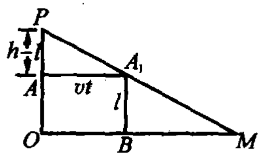

图 19-3

解法 2 由光的直线传播原理、匀速运动知识和几何知识求解.

(1)假设开始时人的头顶在 A 处，经过时间 t，人的头顶在 A_1 处，人的头顶的影子在 M 处，如图 19-3 所示，其中

$$AA_1=vt$$

因为 $\triangle PAA_1 \backsim \triangle POM$，有

$$\frac{h-l}{vt}=\frac{h}{OM}$$

解得 $OM=\dfrac{hv}{h-l}t\propto t$

即人的头顶的影子做匀速运动.

(2)因为$\triangle PAA_1 \backsim \triangle A_1BM$,有

$$\frac{BM}{l}=\frac{vt}{h-l}$$

人影的长度 $BM=\frac{lv}{h-l}t\propto t$

人影的长度随时间的变化率为

$$k=\frac{BM}{t}=\frac{lv}{h-l}$$

思路 3　假设开始时人不是在路灯的正下方,则开始时人的头顶的影子也不会在路灯的正下方.根据光的直线传播原理作出此时刻以及经过时间 t 的光路图后,仍可由匀速直线运动知识和几何知识求解.

解法 3　由光的直线传播原理、匀速运动知识和几何知识求解.

(1)如图 19-4 所示,设开始时人的头顶在 A 处,头顶的影子在 A'处;经过时间 t,头顶在 A_1 处,头顶的影子在 $A_1{}'$处.根据题意,有

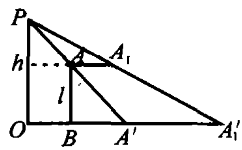

图 19-4

$$AA_1=vt$$

由几何知识,可知

$$\frac{A'A_1{}'}{AA_1}=\frac{PA'}{PA}=\frac{h}{h-l}$$

由以上两式,解得人的头顶的影子的位移为

$$A'A_1{}'=\frac{hv}{h-l}t\propto t$$

可知人的头顶的影子做匀速运动.

(2)人的头顶在 A 时,人影的长度为 BA',由图 19-4 可知

$$\frac{BA'}{OA'}=\frac{l}{h}$$

又因为 $OA' = OB + BA'$

由以上两式，解得

$$BA' = \frac{l}{h-l} OB$$

人影的长度随时间的变化率为

$$k = \frac{BA'}{t} = \frac{l}{h-l}\left(\frac{OB}{t}\right)$$

因为 $\frac{OB}{t} = v$

所以 $\frac{BA'}{t} = \frac{l}{h-l} v$

巧学妙用

影的形成依据的是光的直线传播原理. 根据题意作出相应的图形，再根据几何知识找到图形中各边长之间的关系，是本题三种解法的共同点，也是求解光的传播问题的基本方法. 解法 1、2 选特殊位置作为开始时的位置，可使分析及求解都较为简捷. 解法 3 则代表了一般的情形，因而更具有普遍性.

2. 某颗地球同步卫星正下方的地球表面上有一位观察者，他用天文望远镜观察被太阳光照射的此卫星. 试问，春分那天（太阳光直射赤道）在日落后 12 小时内有多长时间该观察者看不见此卫星？已知地球的半径为 R，地球表面处的重力加速度为 g，地球自转周期为 T，不考虑大气对光的折射.

思路 1 所谓看不见卫星，即卫星转到了地球的影子里，卫星无法把太阳光反射到地球表面上. 从卫星绕地球做圆周运动的周期，可以表达出卫星到地心的距离，由光的直线传播画好太阳光照射赤道平面的示意图，由几何知识，同时注意到小角度近似，可求出观察不到卫星的时间.

解法 1　设所求的时间为 t，用 m、M 分别表示卫星和地球的质量，r 表示卫星到地心的距离，卫星绕地球做匀速圆周运动，有

$$G\frac{Mm}{r^2}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r \quad \cdots\cdots ①$$

而在地球表面上，有

$$G\frac{Mm'}{R^2}=m'g \quad \cdots\cdots ②$$

由①、②两式可得

$$r=\sqrt[3]{\frac{gT^2\cdot R^2}{4\pi^2}} \quad \cdots\cdots ③$$

春分时，太阳光直射地球赤道，如图 19-5 所示，图中 S 表示太阳，圆 E 表示赤道，W 表示卫星，A 表示观察者，O 表示地心. 由图可知，当卫星 W 绕地心 O 转到图示位置以后（设地球自转是沿图中逆时针方向），其正下方的观察者将看不到它，据此有

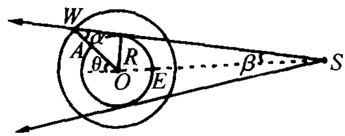

图 19-5

$$\theta=\alpha+\beta$$

$$\sin\theta=\sin(\alpha+\beta)$$

$$=\sin\alpha\cdot\cos\beta+\cos\alpha\cdot\sin\beta$$

因为地球的半径 R 远远小于日地距离，所以角度 β 很小，$\beta\approx 0$，可近似认为 $\cos\beta\approx 1$，$\sin\beta\approx\beta\approx 0$，所以 $\sin\theta=\sin\alpha=\frac{R}{r}$. 再考虑到对称性，有 $t=\frac{2\theta}{2\pi}T$.

由以上各式解得 $t=\frac{T}{\pi}\arcsin\sqrt[3]{\frac{4\pi^2R}{gT^2}}$.

思路 2　因为地球远离太阳，可以近似地认为照到地球上的太

阳光为平行光，从这一简化模型将更容易解出结果.

解法 2 从解法 1 可知卫星到地心的距离为

$$r=\sqrt[3]{\frac{gT^2 \cdot R^2}{4\pi^2}}$$

春分时，太阳光直射地球赤道，因为地球远离太阳，地球的半径远远小于日地距离，所以可以近似地把太阳光看成是平行光模型，如图 19-6 所示，图中 E 表示赤道，W 表示卫星，A 表示观察者，O 表示地心. 由图可知，当

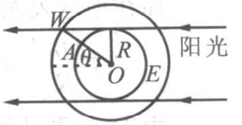

图 19-6

卫星 W 绕地心 O 转到图示位置以后（设地球自转是沿图中逆时针方向），其下方的观察者将看不到它，据此有

$$r \cdot \sin\theta=R$$

再考虑到对称性，有

$$t=\frac{2\theta}{2\pi}T$$

由以上各式解得 $t=\frac{T}{\pi}\arcsin\sqrt[3]{\frac{4\pi^2 R}{gT^2}}$.

在处理具体的物理问题时，需要建立物理模型，以明确物理现象或过程，排除次要因素，本题的解法就是很好的实例. 解法 1 把太阳光看成是点光源模型，几何知识明确，有清晰的数学分析过程，对微小量做了恰当的近似处理，是基本的途径. 解法 2 则是根据具体研究的问题，把太阳光近似看成是平行光模型，在数学处理上就更为简捷.

3. 测量微小扭转形变的仪器一般不用指针的偏转来指示读数，而是如图 19-7 所示，在仪器的可动部分安装一个小平面镜 M，让光源 S 发出的一束光射到 M 上，光线经 M 反射到离镜较远的

标尺 N 上. 开始时,使反射光线指在标尺中央零刻度 O 处,当仪器的可动部分带着小平面镜 M 转动一个小角度,反射光线将偏离标尺零点而指在某一刻度处,根据此刻度的数值即可反映小平面镜 M 扭转角度的大小.

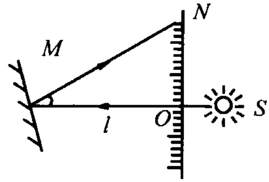

图 19-7

如果 M 到 N 的距离 $l=1.00$ m,当反射光线在标尺上的位置移动为 $d=3.5$ cm,小平面镜 M 在纸面上转过的角度是多少?

思路 1 根据光的反射定律,由反射光线转过的角度可求出小平面镜 M 转过的角度. 作出光路图后,结合几何知识即可求解.

解法 1 由光的反射定律和数学近似知识求解.

如图 19-8 所示,当小平面镜 M 转过 θ 角,法线转过的角度也为 θ,这时入射角为 θ,由光的反射定律可知,反射角也为 θ,所以反射光线转过的角度为

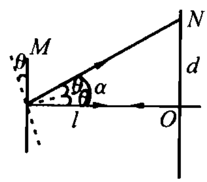

图 19-8

$$\alpha=2\theta \quad \cdots\cdots ①$$

由图 19-8 可知,反射光线在标尺上移动的距离为

$$d=l\tan\alpha \quad \cdots\cdots ②$$

因为 $l \gg d$,α 很小,当 α 的单位为弧度时,有

$$\tan\alpha \approx \alpha \quad \cdots\cdots ③$$

由以上三式,得小平面镜 M 转过的角度为

$$\theta=\frac{d}{2l}$$

$$=\frac{3.5\times10^{-2}}{2\times1.00}\ \text{rad}$$

$$=1.75\times10^{-2}\ \text{rad}=1.0^\circ$$

思路 2 在图 19-9 中，满足关系 $l \gg d$ 时，角度 α 很小，可以近似地认为三角形的斜边长与 l 相等，这时 d 近似等于以 l 为半径的圆上、以 α 为圆心角所对的一小段弧长，由数学知识可知，$d=\alpha l$. 利用这些关系即可求解.

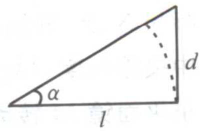

图 19-9

解法 2 由光的反射定律和数学知识近似求解.

当小平面镜 M 转过 θ 角时，由光的反射定律，反射光线转过的角度为

$$\alpha=2\theta$$

因为 $l \gg d$，α 很小，有

$$d=\alpha l$$

由以上两式，得

$$\theta=\frac{d}{2l} \quad \text{（即与解法 1 的结果相同）}$$

本题是应用光的反射定律的一个重要实例. 为简化运算，在小角度的条件下，常采用合理近似的方法. 本题中的两种近似方法都是数学计算中常用的方法，知道这些方法，在解决实际问题时，有时会带来很大的方便.

由本题的结果 $\theta=\frac{d}{2l}$ 可知，对一个微小的角度 θ，只要 l 足够大，总可以有一个较大的 d 以供测量，所以此装置可较为精确地测量扭转形变. 其实，在高中物理教科书（第一册）“引力常量的测定”的实验装置中，已经应用了本题中的装置. 此装置还可以应用在何处？请读者自行思考或者与他人讨论，以提高自己的应用能力.

巧学妙用

4. 如图 19-10 所示，一个点光源 S 在平面镜中成像 S'. 设光源不动，平面镜以速率 v 沿 OS 方向向光源平移，镜面与 OS 方向之间的夹角为 30°，则光源的像 S' 将 (　　).

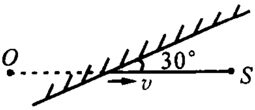

图 19-10

A. **以速率** $0.5v$ **沿** $S'S$ **连线向** S **运动**

B. **以速率** v **沿** $S'S$ **连线向** S **运动**

C. **以速率** $\sqrt{3}v$ **沿** $S'S$ **连线向** S **运动**

D. **以速率** $2v$ **沿** $S'S$ **连线向** S **运动**

思路 1　根据光的反射定律找出像 S' 的位置变化，从 $v'=\dfrac{\text{位移}}{\text{时间}}$ 分析求解 S' 的速度.

解法 1　根据光的反射定律，S 所成的像 S' 总是和 S 关于镜面对称的. 经过时间 t，镜面沿 OS 方向前进的距离为 vt，从图 19-11 可知，镜面到 S 间的距离就减少了 CD，$CD=vt\cdot\sin30°$.

根据对称性知，S 的像 S' 到镜面的距离也减少了相同的距离 CD，由此可知 S' 到 S 的间距就减少了 $\Delta s=2CD$，所以 S' 的速率为

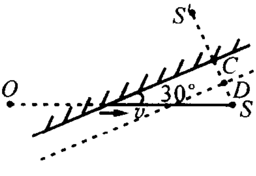

图 19-11

$$v'=\frac{\Delta s}{t}=\frac{2CD}{t}=\frac{2vt\cdot\sin30°}{t}=v$$

方向沿 $S'S$ 连线. 所以此题的正确选项为 B.

思路 2　根据平面镜成像的特点，物与像是关于镜面对称的，物相对镜面的速率与像相对镜面的速率是相同的，分别找出它们相对镜面的速率即可求解.

解法 2　利用对称性求解.

经过时间 t，镜面沿 OS 方向前进的距离为 vt，从图 19-11 可知，镜面到 S 间的距离减少了 CD，$CD=vt\cdot\sin30^\circ$，所以镜面靠近 S 的速率为 $v_1=\dfrac{CD}{t}=\dfrac{v}{2}$，即 S 靠近镜面的速度大小为 $\dfrac{v}{2}$.

根据平面镜成像的对称性，S' 靠近镜面的速率 v_2 的大小等于 v_1，即 $v_2=v_1=\dfrac{v}{2}$，所以，S' 沿 $S'S$ 方向靠近 S 的速率就为 $v'=v_1+v_2=v$. 此题的正确选项为 B.

此题考查平面镜成的像与物的对称性，解法 1 从像与物的位置对镜的对称性找到像点 S' 的位置变动情况，再从速度的定义求解，是基本思路. 解法 2 则是由物相对镜面的速度和像相对镜面的速度也是对称的求解，很有启发性.

本题还可以将平面镜的速度分解为沿镜面的速度和垂直于镜面的速度后求解，读者不妨一试.

5. 某人站在距离岸边 6 m 的 C 处，刚好能看见湖对岸物体 HG 在湖水中的完整的像，如图 19-12 所示. 已知人眼离地的高度为 1.5 m，湖两岸均高出湖水面 1 m，湖宽 40 m，求物体 HG 的高度.

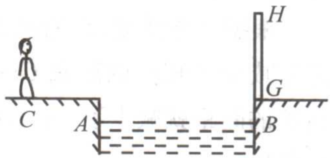

图 19-12

思路 1 应用平面镜成像的对称性，首先作出物体 HG 经湖水面所成的虚像（如图 19-13 所示），由于人眼刚好能看到 HG 在湖水中的完整的像，因此人眼 E 与 HG 的像的

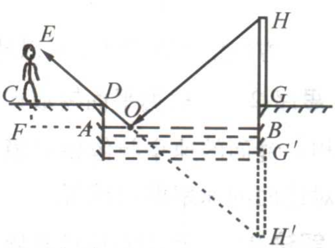

图 19-13

H'点的连线为过岸边的临界光线，然后利用几何知识求解.

解法1　按题意作出人眼刚好看到 HG 在湖水中完整的像 $H'G'$ 的示意图（如图 19-13 所示）. 由图可知

$\triangle EFO \backsim \triangle HBO$

$EF = 1.5 + 1 = 2.5(\mathrm{m})$

$OF = \dfrac{EF}{EC}CD = \dfrac{2.5}{1.5} \times 6 = 10(\mathrm{m})$

$$\begin{aligned} OB &= AB + CD - OF \\ &= 40 + 6 - 10 \\ &= 36(\mathrm{m}) \end{aligned}$$

从 $\dfrac{HB}{EF} = \dfrac{OB}{OF}$

得　$HB = \dfrac{EF}{OF}OB = \dfrac{2.5}{10} \times 36 = 9(\mathrm{m})$

$HG = HB - GB = 9 - 1 = 8(\mathrm{m})$

所以物体 HG 的高度为 8 m.

思路2　根据光路可逆可知，在物体 HG 的高度范围内，可以看到人眼所成的像，作出与此对应的光路图，然后根据几何知识求解.

解法2　由光路可逆可知：在 H 点刚好看到人眼所成的像，作出与此相对应的光路图（如 19-14 所示），由图可知

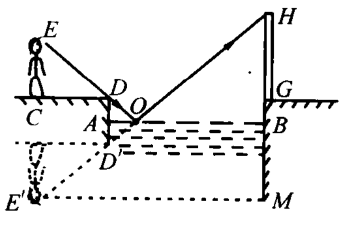

图 19-14

$AO = \dfrac{AD}{EC}CD = \dfrac{1}{1.5} \times 6 = 4(\mathrm{m})$

$BO = AB - AO = 40 - 4 = 36(\mathrm{m})$

另从图中可知 $\triangle AOD' \backsim \triangle BOH$