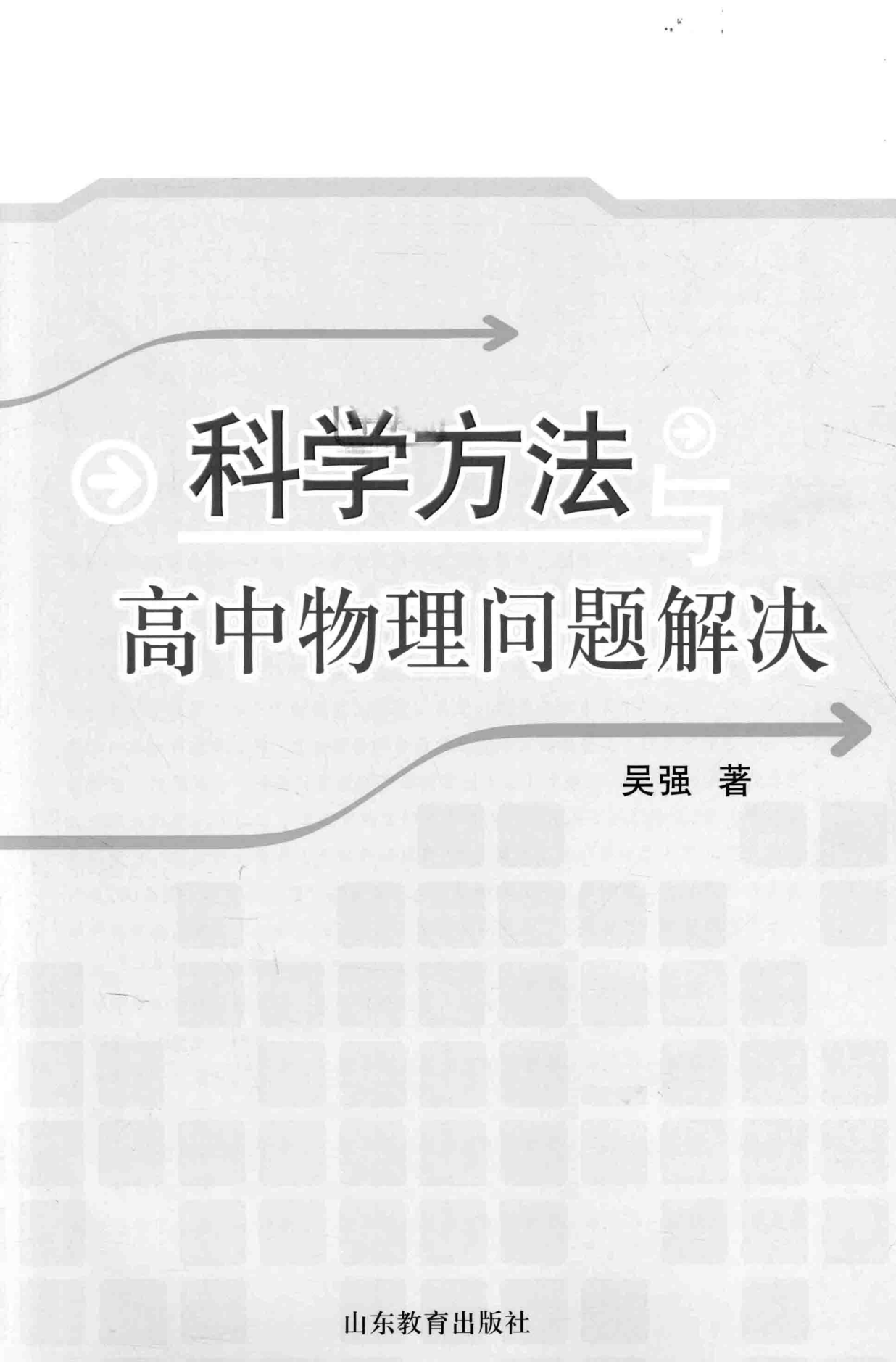


① 科学方法 ②
高中物理问题解决

吴强 著

山东教育出版社



科学方法与 高中物理问题解决

吴强 著

山东教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

科学方法与高中物理问题解决/吴强著. —济南:山东教育出版社, 2013

ISBN 978-7-5328-7928-1

I. ①科… II. ①吴… III. ①中学物理课—高中—教学参考资料 IV. ①G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 158009 号

科学方法与高中物理问题解决

吴 强 著

主 管: 山东出版传媒股份有限公司

出版者: 山东教育出版社

(济南市纬一路 321 号 邮编: 250001)

电 话: (0531)82092664 传真: (0531)82092625

网 址: <http://www.sjs.com.cn>

发行者: 山东教育出版社

印 刷: 山东新华印刷厂潍坊厂

版 次: 2013 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

规 格: 787mm×1092mm 16 开本

印 张: 22.25 印张

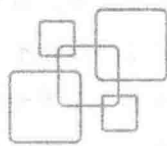
字 数: 438 千字

书 号: ISBN 978-7-5328-7928-1

定 价: 39.00 元

(如印装质量有问题, 请与印刷厂联系调换)

印厂电话: 0536-2116806



序 言

Preface

吴强老师谦称是我的弟子，实际上他是我认识已经近20年的科研伙伴。是我几次主持的省部级科研课题的得力助手。在我最近主持的中国教育学会物理教学专业委员会的规划课题——物理科学方法教育视频教程中，担任了高中版第三册的习题主编。

他十分重视知识的更新和方法的创新，勤于学习，善于钻研，不仅具有扎实的学科专业知识，而且还具有很强的教育教研能力，是一位专家型、科研型的中学物理教师。在教学工作中不断探索，发现，反思，抓住教学中灵感的火花，再实践，升华，总结出教育心得，在物理教学和教学研究等方面都有自己独到的思考，并见诸报刊。他撰写的《例谈发现教研课题的常用方法》发表于2011年第9期《教书育人·校长参考》，《撰写中学教学论文的策略与方法》发表于2012年第3期《教材教法研究》。他主持或参与省部级教研课题7项，在国家级、省级正式期刊发表专业论文200余篇，其中核心期刊80多篇，主编或参编教学用书10部。为了交流教育教学研究成果，实践“专家引领，同伴互助，共同发展，自我反思”的新课程理念，最近，他将近5年来撰写、发表的66篇论文进行归类，并提炼出了运用科学方法进行习题教学的策略与方法，整理汇编成书，这是他的智慧、才能和汗水凝成的“物理科学方法教育”研究的丰硕成果，同时也是为即将召开的全国第五届“物理科学方法教育”学术研讨会的献礼，这也使我深感兴奋。欣慰之余，愿为本书作序，以示祝贺。

本书选题新颖，编写体例匠心独运。该书从比较法、分析综合法、归纳演绎法、理想化方法、数学方法、类比法、等效法、对称法、实验中的科学方法等9个部分进行了论述，从科学方法指导解题的角度给以剖析。其中每一部分都基本是按

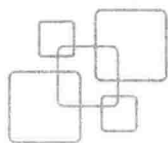
照总论、方法概说、解题思路、力学（必修1、2）、电磁学（选修3-1、3-2）、热学（选修3-3）、光学和近代物理学（选修3-4、3-5）的次序编写。本书是作者长期以来自觉地运用教育教学理论指导教学实践，特别是实施新课程以来，运用科学方法提高习题教学的有效性，运用科学方法提高教育教学质量和成绩，取得的阶段性研究成果，具有很强的针对性和实用性，很值得中学物理教育工作者研读和借鉴。

本书的作者具有丰富系统的教育教学理论，还具有在省、市重点中学从事20多年的物理教育教学实践经验，既担任教科室主任、班主任，又担任高三理科教学班的物理教学工作。本书不仅是作者长期在中学物理教育第一线教学经验的结晶，而且是作者专业成长与发展的缩影。为此，本书的出版将有助于青年教师通过对科学方法的研究、案例分析和行动研究，提升自己的教育教学和教育科研能力，缩短成熟的周期，从新的维度促进教师专业发展和提高，以推进高中物理新课程的改革。

虽然本书的绝大多数内容已在多种教育学期刊上公开发表，但可能仍有不足。由于教育教学发展的阶段性和时效性，书中的个别观点难免有所偏颇。但瑕不掩玉，这并不影响其耀眼的光彩。本书仍称得上是一本中学物理教师继续教育的好书。借此机会，我特向广大中学物理教师、教研员、高等师范院校物理教育专业的研究生和物理课程与教学论专业的研究生予以推荐。齐心协力，为进一步开展物理科学方法教育尽绵薄之力。

张宪魁

2012年10月于北京



目 录

Contents

第一章 比较法	(1)
一、异中求同比较法	(1)
二、同中求异比较法	(2)
三、同异综合比较法	(3)
四、力学实验中的异同综合比较	(6)
第二章 分析综合法	(21)
一、审题的方法	(25)
二、整体法与隔离法	(34)
三、程序分析法	(39)
四、过程分析法	(42)
五、一题多解法	(50)
六、微元分析法	(56)
七、错因分析法	(62)
八、动态分析法	(69)
九、守恒分析法	(74)
十、假设分析法	(77)
十一、极限分析法	(80)
十二、转化分析法	(82)
十三、临界分析法	(90)
十四、量纲分析法	(97)



十五、补偿分析法	(99)
第三章 归纳演绎法	(103)
一、归纳法	(103)
二、演绎法	(106)
三、推理法	(107)
四、推论法	(110)
五、穷举法	(116)
六、串反并同法	(118)
第四章 理想化方法	(120)
一、轻绳、轻弹簧、轻杆模型	(123)
二、物块斜面模型	(132)
三、传送带模型	(143)
四、板块模型	(150)
五、平抛运动和斜面组合模型	(158)
六、蹦极模型	(167)
七、“过山车”模型	(175)
八、车摆、圆锥摆、单摆模型	(185)
九、电场线和等势面模型	(193)
十、质谱仪模型	(199)
十一、回旋加速器模型	(209)
十二、电磁场中的运动模型组合	(217)
第五章 数学方法	(226)
一、合成法与分解法	(226)
二、比例法	(231)
三、等分法	(234)
四、极值法	(235)
五、几何法	(240)

六、图象法	(247)
七、数列法	(256)
八、微元法	(257)
九、数学归纳法	(261)
十、三角函数法	(264)
十一、方程法	(266)
十二、求导法	(271)
 第六章 类比法	(274)
 第七章 等效法	(278)
 第八章 对称法	(285)
 第九章 实验中的科学方法	(290)
一、实验设计的思想方法	(293)
二、实验数据的处理方法	(300)
三、速度的测量方法	(306)
四、电池电动势和内阻的测定方法	(318)
五、磁感应强度的测量方法	(331)
六、动摩擦因数的测量方法	(336)
 主要参考文献	(346)
 后记	(347)

第一章 比较法

比较是确定研究对象之间差异点和共同点的思维过程和方法。各种物理现象和过程都可以通过比较来确定其差异点和共同点,为进一步抽象概括做好准备工作。比较是理论思维的一种重要方法,也是科学地认识自然的重要方法。比较是以已有知识为基础,为进一步认识事物的内在本质属性和规律而必须做的第一步工作。比较方法能启发和开拓人们的思维,能给人们提供解决问题的线索,因而在物理学研究中有着广泛的应用。

从比较对象的特征来说,比较有三种类型:

- (1) 异中求同的比较,即比较两个或两个以上对象找出其共同点。
- (2) 同中求异的比较,即比较两个或两个以上对象找出其相异点。
- (3) 同异综合的比较,即比较两个或两个以上对象找出其共同点和相异点。

一、异中求同比较法

例 1 如图 1 所示的斜面上有 P 、 R 、 S 、 T 四个点, $\overline{PR} = \overline{RS} = \overline{ST}$, 从 P 点正上方的 Q 点以速度 v 水平抛出一个物体, 物体落于 R 点, 若从 Q 点以速度 $2v$ 水平抛出一个物体, 不计空气阻力, 则物体落在斜面上的 ()

- A. R 与 S 之间某一点 B. S 点
C. S 与 T 之间某一点 D. T 点

解析 如图 2 所示, 过 R 点作一条水平线交 PQ 与 E , 过 S 点作过 R 水平线的垂线, 两线交于 F , 由题意知 $\overline{ER} = \overline{RF}$, 这样我们就可以认为, 两次做平抛运动的高度相同, 均为 QE , 由平抛运动的规律可知, 当以速度 $2v$ 水平抛出时, 其物体的落

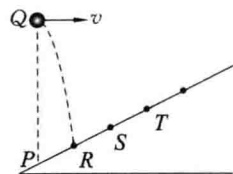


图 1

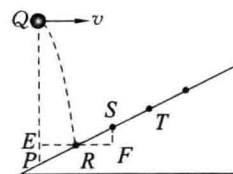


图 2

点一定在 F 点，其运动轨迹一定与 RS 相交，故正确的选项为 A 。

点评 将物体从同一点抛出，落到斜面上的问题，通过转化和构建三角形，转化为物体从同一高度落到同一水平面上，进行比较。这样在异中求同，化否为能，实现问题解决。

例 2 如图 3 所示，小球 a 、 b 分别以大小相等、方向相反的初速度从三角形斜面的顶点同时水平抛出。已知两斜面的倾角分别为 θ_1 和 θ_2 ，求小球 a 、 b 落到斜面上所用的时间之比。（设两斜面足够长）

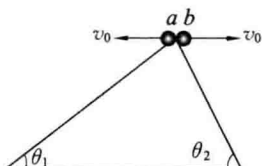


图 3

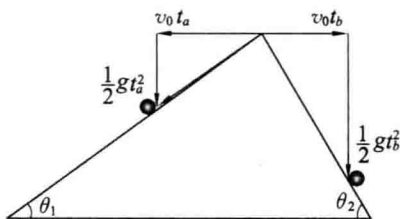


图 4

解析 设小球 a 、 b 运动的时间分别为 t_a 、 t_b ，作出它们的位移矢量图，如图 4 所示。依图可得：

$$\tan \theta_1 = \frac{\frac{1}{2} g t_a^2}{v_0 t_a} = \frac{g t_a}{2 v_0}$$

$$\tan \theta_2 = \frac{\frac{1}{2} g t_b^2}{v_0 t_b} = \frac{g t_b}{2 v_0}$$

由以上两式可得 $\frac{t_a}{t_b} = \frac{\tan \theta_1}{\tan \theta_2}$

点评 两物体都在同一点做平抛运动，落在倾角不同的斜面上，它们遵循相同的平抛运动规律，利用异中求同的思维找到它们的相同点，便可迎刃而解。

二、同中求异比较法

例 3 如图 1 所示，在竖直平面内，有一个半径为 R 的半圆形光滑轨道。 a 、 b 、 c 三个小球，由光滑水平面滑向半圆轨道运动，最后以落回水平面，且落点 A 、 B 、 C 到切点 O 的距离分别为 $OA < 2R$ ， $OB = 2R$ ， $OC > 2R$ 。若三个小球离开半圆轨道后在空中飞行的时间依次为 t_a 、 t_b 、 t_c ，则三段时间的关系一定有（ ）

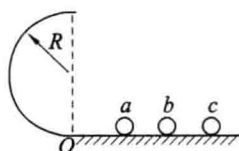


图 1

- A. $t_a > t_b > t_c$ B. $t_a > t_c$ C. $t_a = t_c$ D. $t_a = t_b$

►解析 假设某个球正好通过最高点, 则应以临界速度 $v_0 = \sqrt{gR}$ 做平抛运动, 且平抛的水平距离最小值 $x = v_0 t = \sqrt{gR} \cdot \frac{\sqrt{2 \times 2R}}{g} = 2R$ 。

由三个水平距离大小的关系可见, b 和 c 都是通过半圆顶后平抛飞出, $t_0 = t_c$, 而 a 则是在到达半圆顶前以斜抛方向飞离轨道, 可以利用赋值法证明其运动时间在竖直方向应大于平抛运动的时间。所以, 选项 B 正确。

►点评 三个小球都落在水平面上, 但有不同, 通过对临界情况的分析判断, 可知 b 、 c 两球做的是平抛运动, 而 a 小球做的是斜上抛运动。这就是同中求异, 利用不同的方法和规律解决问题。

三、同异综合比较法

例 4 如图 1 所示, 两个倾角分别为 30° 、 45° 的光滑斜面放在同一水平面上, 两斜面间距大于小球直径, 斜面高度相等。有 3 个完全相同的小球 a 、 b 、 c , 开始均静止于同一高度处, 其中 b 小球在两斜面之间, a 、 c 两小球在斜面顶端。若同时释放, 小球 a 、 b 、 c 到达该水平面的时间分别为 t_1 、 t_2 、 t_3 。若同时沿水平方向抛出, 初速度方向如图 1 所示, 小球 a 、 b 、 c 到达该水平面的时间分别为 t_1' 、 t_2' 、 t_3' 。下列关于时间的关系正确的是 ()

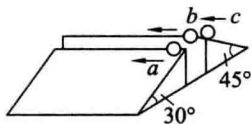


图 1

- A. $t_1 > t_3 > t_2$ B. $t_1 = t_1'$ 、 $t_2 = t_2'$ 、 $t_3 = t_3'$
C. $t_1' > t_2' > t_3'$ D. $t_1 < t_1'$ 、 $t_2 < t_2'$ 、 $t_3 < t_3'$

►解析 设三小球在高为 h 的同一高度处, 由静止释放三小球时, a 、 b 、 c 三个小球都做初速度为 0 的匀加速运动, 由运动学公式得

$$\text{对 } a: \frac{h}{\sin 30^\circ} = \frac{1}{2} g \sin 30^\circ \cdot t_1^2, \text{ 则 } t_1^2 = \frac{8h}{g}.$$

$$\text{对 } b: h = \frac{1}{2} g t_2^2, \text{ 则 } t_2^2 = \frac{2h}{g}.$$

$$\text{对 } c: \frac{h}{\sin 45^\circ} = \frac{1}{2} g \sin 45^\circ \cdot t_3^2, \text{ 则 } t_3^2 = \frac{4h}{g}.$$

所以 $t_1 > t_3 > t_2$ 。

当平抛三小球时, 小球 b 做平抛运动, 竖直方向的运动情况同第一种情况; 小球 a 、 c 在斜面内做类平抛运动, 沿斜面向下方向的运动同第一种情况, 所以 $t_1 = t_1'$ 、 $t_2 = t_2'$ 、 $t_3 = t_3'$ 。故选 A、B。



点评 三个小球的运动情况各都不同，在第一种情况下， b 球做自由落体运动， b 、 c 两球做初速度为零的匀加速直线运动，加速度不同。在第二种情况下， b 球做平抛运动， b 、 c 两球做类平抛运动。这样，通过同异综合的比较，找出它们的共同点和相异点。利用相关规律便可迎刃而解。

例 5 如图 2 所示，为一个做匀变速曲线运动的质点的轨迹示意图，已知在抛出点的速度与加速度相互垂直，横截面为直角三角形的两个相同斜面紧靠在一起，固定在水平面上，如图 2 所示。它们的竖直边长都是底边长的一半。现有三个小球从左边斜面的顶点以不同的初速度向右平抛，最后落在斜面上。其落点分别是 a 、 b 、 c 。下列判断正确的是 ()

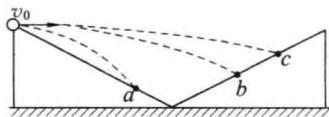


图 2

- A. 图中三小球比较，落在 a 点的小球飞行时间最短
- B. 图中三小球比较，落在 c 点的小球飞行过程速度变化最大
- C. 图中三小球比较，落在 c 点的小球飞行过程速度变化最快
- D. 无论小球抛出时初速度多大，落到两个斜面上的瞬时速度都不可能与斜面垂直

解析 如图 3 所示，由于小球在平抛运动过程中，可分解为竖直方向的自由落体运动和水平方向的匀速直线运动。竖直方向的位移为落在 c 点处的最小，而落在 a 点处的最大，所以落在 a 点的小球飞行时间最长，A 错误；而速度的变化量 $\Delta v = gt$ ，所以落在 c 点的小球速度变化最小，B 错误；三个小球做平抛运动的加速度都为重力加速度，故三个小球飞行过程中速度变化一样快，C 错误；因为平抛运动可等效为从水平位移中点处做直线运动，故小球不可能垂直落到左边的斜面上；假设小球落在右边斜面的 b 点处的速度与斜面垂直，则 $\tan \theta = \frac{v_0}{v_y} = \frac{1}{2}$ ，由于两斜面的竖直边是底边长的一半，小球落在左边斜面最低点处时，因为 $2x = v_0 t$ ， $x = \frac{v_{ym}}{2} t$ ，所以 $v_{ym} = v_0$ ，而 $v_y = v_{ym}$ ，所以 $\tan \theta = \frac{v_0}{v_y} = 1$ ，与假设矛盾，故落在右边斜面上，小球也不可能垂直落在斜面上，D 正确。故正确的选项为 D。

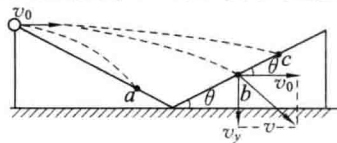


图 3

点评 三个小球都做平抛运动，由于初速度不同，落在不同的斜面上，异中求同的是都利用平抛运动规律解决，同中求异的是由于水平位移的不同导致飞行时间不同；解决本题也可以应用排除法，由于 A、B、C 三个选项都为错，正确的选项为 D。

例 6 如图 4 所示， x 轴在水平地面内， y 轴沿竖直方向。图中画出了从 y 轴上沿 x 轴正向抛出的三个小球 a 、 b 和 c

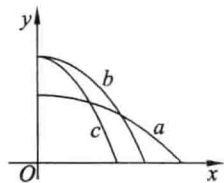


图 4

的运动轨迹, 其中 b 和 c 是从同一点抛出的, 不计空气阻力, 则 ()

- A. a 的飞行时间比 b 的长
B. b 和 c 的飞行时间相同
C. a 的水平速度比 b 的小
D. b 的初速度比 c 的大

解析 平抛运动的时间是由下落高度决定的, 高度相同, 时间一样, 高度

高, 飞行时间长; A 错, B 正确。水平位移由速度和高度决定, 由 $v = x\sqrt{\frac{g}{2h}}$ 得, C 错, D 正确。

点评 比较三个小球的运动, b 、 c 球的高度相同, a 与 c 、 a 与 b 虽都落在同一水平面上, 但 a 球下落的高度低。寻找它们的异同是解决问题的关键。

例 7 同步卫星离地心距离为 r , 运行的速率为 v_1 , 加速度为 a_1 ; 地球赤道上的物体随地球自转的向心加速度为 a_2 , 第一宇宙速度为 v_2 , 地球半径为 R , 则下列比值正确的是 ()

- A. $\frac{a_1}{a_2} = \frac{r}{R}$
B. $\frac{a_1}{a_2} = \left(\frac{R}{r}\right)^2$
C. $\frac{v_1}{v_2} = \frac{r}{R}$
D. $\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{R}{r}\right)^{\frac{1}{2}}$

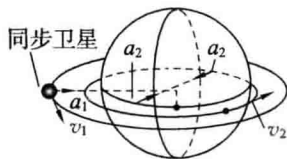


图 5

解析 解本题关键是找到研究对象之间差异点和共同点, 同步卫星与地球赤道上的物体的角速度相同; 同步卫星与近地卫星都是绕同一个中心天体做匀速圆周运动。根据向心加速度公式有:

$$a_1 = \omega_1^2 r \quad ①$$

$$a_2 = \omega_2^2 R \quad ②$$

由于是同步卫星, 则 ω_1 为地球的自转角速度, 地球赤道上的物体随地球一起自转, 其角速度 ω_2 也为地球自转角速度, 则

$$\omega_1 = \omega_2 \quad ③$$

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{r}{R}$$

故 A 选项正确。

设地球的质量为 M , 同步卫星的质量为 m_1 ; 地球赤道上的物体质量为 m_2 , 在地球表面上空附近的物体质量为 m_2' , 由万有引力定律得

$$G \frac{Mm_1}{r^2} = m_1 \frac{v_1^2}{r} \quad ④$$

$$G \frac{Mm_2'}{R^2} = m_2' \frac{v_2^2}{R} \quad ⑤$$

解④⑤式得

$$\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{R}{r}\right)^{\frac{1}{2}}$$

故 D 选项正确。



点评 解本题的关键是区分三个研究对象：同步卫星、地球赤道上随地球自转的物体及在地球表面上空附近的地球卫星；以及区分两个匀速圆周运动，一个是随地球自转的匀速圆周运动，另一个是绕地球的近地卫星的匀速圆周运动。能在异中求同、同中求异，找出它们的相同点与不同点。

四、力学实验中的异同综合比较

高考理科综合物理考试大纲（新课程版）中，规定了 11 个必考实验，力学 6 个，电学 5 个。力学实验有研究匀变速直线运动、探究弹力和弹簧伸长的关系、验证力的平行四边形定则、验证牛顿运动定律、探究动能定理、验证机械能守恒定律。根据各实验所用的实验器材，发现其中有 4 个实验与纸带有关，利用纸带可以直接测量研究对象的时间和位移，可以间接计算出研究对象的速度和加速度，若结合其他物理量的测量，还可以测量与速度、加速度有联系的相关量，如质量、力、功率、功、动能、冲量、动量、重力势能、动摩擦因数、转速等。

（一）利用纸带测小车的质量

例 1 某小组同学利用如图 1 所示的实验装置，探究小车在一串链子作用下的运动规律，链子长度约等于开始释放链子时其下端离地高度，轨道长度约为链子长度的 3 倍。其主要实验步骤如下：

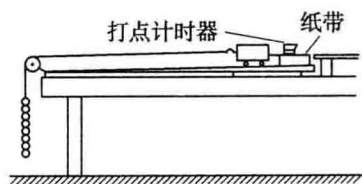


图 1

- 安装好图 1 中所示的实验器材；
- 接通电源，让拖着纸带的小车在跨过定滑轮的细线作用下沿轨道运动。重复几次。
- 选出一条打点清晰的纸带，舍去开始密集的点，从便于测量的点开始（记作 0）每隔 4 个打点间隔取作一个计数点。

d. 测量各计数点到 0 点的距离，根据中间时刻的速度等于这段时间的平均速度计算得到各计数点的速度；

e. 在坐标纸中以 v 为纵坐标、 t 为横坐标，标出 v 与对应时间 t 的坐标点，画出 $v-t$ 图象，如图 2 所示；结合上述实验步骤，请完成以下问题：

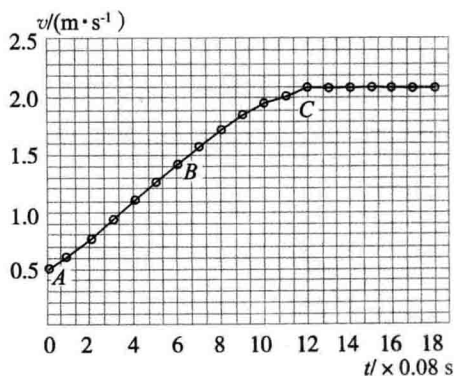


图 2

- 为保证小车在链子全部落地后做匀速运动，在步骤 b 之前需增加一步重要的

操作是_____；

(2) 从图 2 可知，小车在链子着地过程中（即图 2 的 BC 段）的平均速度为_____ m/s；

(3) 若 $g=9.8 \text{ m/s}^2$ ，已知链子质量为 0.2 kg ，则小车质量为_____ kg（保留两位有效数字）。

解析 (1) 平衡摩擦力，即调节轨道倾角，不挂重物时使小车受到的重力沿轨道向下的分力与阻力平衡，小车做匀速运动。

(2) BC 段的时间 $t=(12-6)\times 0.08 \text{ s}$

位移 $s=S_{\text{面积}}=(37+14\times 9)\times 0.1\times \frac{2}{3}\times 0.08 \text{ m}$

故平均速度 $v=\frac{s}{t}=1.8 \text{ m/s}$

(3) 由图乙中的 AB 段，求得下落过程中的加速度 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{1.4-0.5}{6\times 0.08} \text{ m/s}^2=1.88 \text{ m/s}^2$

由牛顿第二定律得 $mg=(M+m)a$

解得小车的质量 $M=0.84 \text{ kg}$

点评 利用纸带获取实验数据，直接求得各计数点的速度，作出速度图象，利用图象所包围的面积求得变速直线运动的位移，利用平均速度公式求得平均速度；利用图象的斜率求得加速度，再利用牛顿第二定律求得小车的质量。这类问题考查了学生的处理纸带数据的能力、图象法处理数据的能力和综合能力。

(二) 利用纸带测小车的功率

例 2 兴趣小组为测一遥控电动小车的额定功率，进行了如下实验：

- ① 用天平测出电动小车的质量为 0.40 kg ；
- ② 将电动小车、纸带和打点计时器按图 3 所示安装；



图 3

- ③ 接通打点计时器（其打点时间间隔为 0.02 s ）；
- ④ 使电动小车以额定功率加速运动，达到最大速度一段时间后关闭小车电源，待小车静止时再关闭打点计时器。（设小车在整个过程中所受的阻力恒定）

在上述过程中，打点计时器在纸带上所打的部分点迹记录了小车停止之前的运动情况，如图 4 所示。

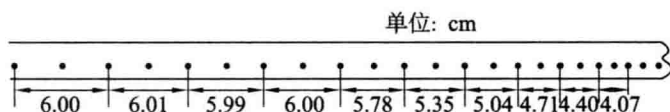


图 4

请你分析纸带数据，回答下列问题：

- (1) 该电动小车运动的最大速度为_____ m/s；
- (2) 该电动小车关闭电源后的加速度大小为_____ m/s²；
- (3) 该电动小车的额定功率为_____ W。

解析 (1) 小车的最大速度为匀速运动的速度

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(6.00 + 6.01 + 5.99 + 6.00) \times 10^{-2}}{4 \times (0.02 \times 2)} \text{ m/s} = 1.50 \text{ m/s}$$

(2) 小车开始减速运动的时刻不能确定，在求关闭小车电源后的加速度时，分析纸带数据知，5.78 cm 这段的数据不能用，由逐差法得

$$\begin{aligned} a &= \frac{(x_4 + x_3) - (x_2 + x_1)}{4T^2} \\ &= \frac{[(5.35 + 5.04) - (4.71 + 4.40)] \times 10^{-2}}{4 \times (2 \times 0.02)^2} \text{ m/s}^2 \\ &= 2.00 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

(3) 由牛顿第二定律得，小车做匀减速直线运动时所受到的阻力

$$f = ma = 0.40 \times 2.00 \text{ N} = 0.08 \text{ N}$$

小车匀速运动时有牵引力 $F = f$

电动小车的额定功率为 $P = Fv_m = 0.80 \times 1.50 \text{ W} = 1.20 \text{ W}$

点评 利用纸带获取实验数据，利用逐差法求得加速度，根据牛顿第二定律求得小车所受到的阻力，然后根据小车做匀速直线运动的条件和功率的计算式求得小车的功率。解此题的关键是判断小车做匀减速运动的时刻，由于难以确定，求匀减速运动的加速度时，不能利用纸带上 5.78 cm 的数据，而要利用后面的 5 个数据求得加速度。当纸带呈现的数据是连续的 5 个时，一般是利用前 4 个或后 4 个数据求得加速度。

(三) 利用纸带测动摩擦因数

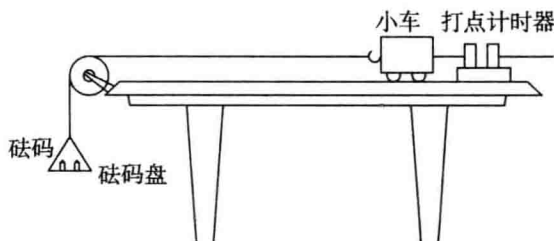


图 5

例 3 (2003 · 江苏) 实验装置如图 5 所示，一木块放在水平长木板上，左侧拴有一细软线，跨过固定在木板边缘的滑轮与一重物相连，木块右侧与打点计时器

的纸带相连,在重物牵引下,木块在木板上向左运动,重物落地后,木块继续向左做匀减速运动,图6给出了重物落地后,打点计时器在纸带上打出的一些点,试根据给出的数据,求木块与木板间的摩擦因数 μ 。(要求写出主要的运算过程,结果保留2位有效数字。打点计时器所用交流电频率为50 Hz,不计纸带与木块间的拉力,取重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$)

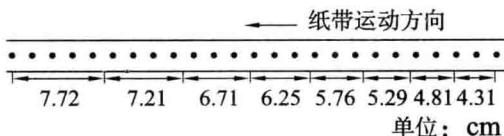


图6

解析 由给出的数据可知,重物落地后,木块在连续相等的时间 T 内的位移分别是:

$$x_1=7.72\text{ cm}, \quad x_2=7.21\text{ cm}, \quad x_3=6.71\text{ cm}, \quad x_4=6.25\text{ cm},$$

$$x_5=5.76\text{ cm}, \quad x_6=5.29\text{ cm}, \quad x_7=4.81\text{ cm}, \quad x_8=4.31\text{ cm},$$

以 a 表示加速度,由逐差法得

$$a = \frac{(x_5 + x_6 + x_7 + x_8) - (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)}{4 \times 4T^2}$$

$$\text{又有 } T=0.04\text{ s}$$

$$\text{解得 } a=-3.0\text{ m/s}^2$$

重物落地后木块只受摩擦力的作用,以 m 表示木块的质量,根据牛顿第二定律得

$$-\mu mg=ma$$

$$\text{联立解得 } \mu=0.03$$

点评 利用纸带获取实验数据,利用逐差法求得加速度,再根据牛顿第二定律求得小车运动的加速度,然后求得动摩擦因数。考查了学生的分析综合能力和实验的计算能力。

例4 (2008·宁夏)物理小组在一次探究活动中测量滑块与木板之间的动摩擦因数。实验装置如图7所示,一表面粗糙的木板固定在水平桌面上,一端装有定滑轮;木板上有一滑块,其一端与电磁打点计时器的纸带相连,另一端通过跨过定滑轮的细线与托盘连接。打点计时器使用的交流电源的频率为50 Hz。开始实验时,在托盘中放入适量砝码,滑块开始做匀加

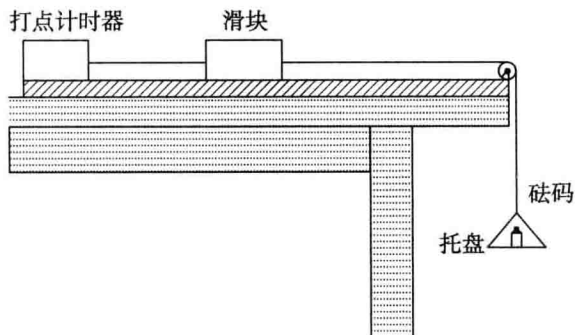


图7