

2007 高考热点归类解析

压轴题

→ **专家**剖析 命题方向
名师点拨 答题技巧 ←

物理 **Physics**

国基朝华教育研究中心 策划



2007 高考热点归类解析

压轴题



物理 Physics

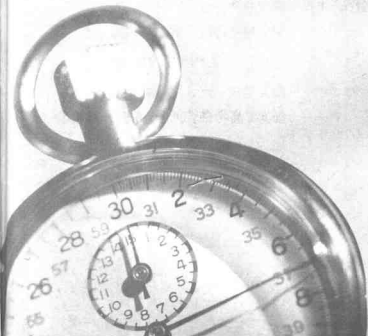
国基朝华教育研究中心 策划

本书主编：程开封

编委：黄存进

薛莉

王晋光



图书在版编目(CIP)数据

高考热点归类解析·物理/《高考热点归类解析》编委会. —北京:朝华出版社,2005.10

ISBN 7-5054-1394-5

I. 高... II. 高... III. 物理课—高中—解题—升学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第113943号

高考热点归类解析·物理

主 编 《高考热点归类解析》编委会

责任编辑 石含钰 顾民永

封面设计 郑可

出版发行 朝华出版社

社 址 北京市车公庄西路35号

邮政编码 100044

电 话 (010)68433166(总编办)

(010)68413840/68433213/67476858(发行部)

传 真 (010)88415258/67475752

印 刷 三河市三佳印刷装订有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 889 mm × 1194 mm 1/16

字 数 507千字

印 张 12.25

版 次 2006年10月第2版第1次印刷

装 别 平

书 号 ISBN 7-5054-1394-5/G·0763

定 价 16.50元

版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换

会当凌绝顶 一览众山小

本书的主体内容为压轴题，但这里的“压轴题”，决不局限于试卷的最后一到两个题目，它有着更丰富的内涵、更现实的意义。本书选取的是那些区分度高的，或者有一定难度的，也就是影响考生得高分的题目。本书的主体内容是对典型例题的分析讲解与总结，另配有适量的习题。

本书的例题均选自近几年的高考试卷和著名的模拟卷，选择的标准就是上述意义上的“压轴题”，因为这部分题目在试卷中举足轻重，对参加选拔性考试（如高考）的考生影响最为显著。在参加考试者对基础部分都已经掌握得差不多的情况下，谁抓住了这一部分，无疑就会在考试中脱颖而出！

本书的习题均是编著者长期大量研究和积累的成果，具有上述“压轴题”的特点，量不大，但都是精品，充分体现高考命题的方向，希望能以此抛砖引玉，引导思维，使读者逐步掌握解答类似题目的规律、方法和技巧，绝不是简单的剪贴拼凑。

本书的特色是注重在分析解决问题方面的技巧传授、方法指导和规律总结，帮助读者把握高考胜出的关键，充分发挥自己的潜能，展示自己的真实水平，实现美好的愿望。

本书的编写完全按照目前高考复习的要求，充分体现学科知识的内在联系，以利于读者综合能力的提高。我们真诚地希望能得到各地师生的指教和帮助（详见书后的启事），以使本书再版时资料更完善，分析更透彻，指导更到位，总结更全面，效果更理想！

拥有“压轴题”，将信心百倍，勇往直前；

攻克“压轴题”，将技压群雄，独占鳌头！

《高考热点归类解析》编委会

目 录

热点一 力和运动	1
课题组合一 与摩擦力相关问题的求解	1
课题组合二 匀变速直线运动	11
课题组合三 平抛运动和圆周运动	22
课题组合四 万有引力定律的应用	33
热点二 动量和能量	44
课题组合一 动量	44
课题组合二 能量	59
热点三 机械振动和机械波	72
热点四 热学	83
热点五 电路的分析	90
热点六 带电粒子在电磁场中的运动	100
课题组合一 带电粒子在电场中的运动	100
课题组合二 带电粒子在磁场中的运动	110
课题组合三 带电粒子在复合场中的运动	119
热点七 电磁感应与电磁学综合	132
课题组合一 导轨类问题的求解	132
课题组合二 导线框在磁场中的运动	143
热点八 光学和原子物理学	155
热点九 物理实验	165
课题组合一 力学实验	165
课题组合二 电学实验	174

热点——力和运动

课题组合——与摩擦力相关问题的求解



热点聚焦

关于摩擦力及其相关问题的求解，是历年来高考常考不衰的一个热点。对于许多考生来讲，也是一个难点。我们可以查阅近几年全国各地的高考试卷及试卷分析，不难发现，几乎每套试题中，都有对摩擦力的求解进行直接或间接的考查。而结合考后专家对当年试题的分析，我们又可以看到，许多考生在这一方面的失分是相当严重的。究其原因，我们认为对摩擦力求解问题的考查形式的千变万化，是造成考生失分的重要因素之一。它既可以考查考生对摩擦力大小、动摩擦因数的计算（主要考查考生的受力分析，这一类题目在以往几年的各地高考试题中和我们平时做的模拟试题中经常出现，在这里就不作一一列举）；又可以结合运动学，考查功能关系，如 2005 年全国卷 II 第 23 题；还可以穿插到考查动量守恒定律的题目中去，如 2005 年全国卷 II 中的压轴题第 25 题，天津卷第 24 题，广东卷物理单科试题的压轴题第 18 题等。2005 年上海市的试题甚至出现了将对摩擦力的求解融入到导轨类问题中去。综上所述，我们可以清楚地看到命题者对摩擦力求解问题的考查形式是极其多变的。这就要求我们在应对这一类问题应做到以不变来应万变，抓住其本质的部分，来突破这个高考考查的热点和难点问题。



领悟捷径

一、在判断、计算摩擦力的方向和大小题目时，许多同学没有能够真正的掌握这一类题的方法。当判断摩擦力的方向时，我们应注意到：相对运动是以相互作用的另一物体为参考系的运动，与以地面为参考系的运动不同，故摩擦力是阻碍物体间的相对运动，其方向不一定与物体的运动方向相反。在应用 $f = \mu N$ 来求滑动摩擦力的大小时， N 指接触面间的压力，并不总等于重力。把物体的重力与支持面所受的力当作一对因果关系，认为弹力是由重力造成的，是一个错误的认识。

例 1：(2005 年·天津卷)

如图 1-1-1 所示，表面粗糙的固定斜面顶端安有滑轮，两物块 P 、 Q 用轻绳连接并跨过滑轮（不计滑轮的质量和摩擦）， P 悬于空中， Q 放在斜面上，均处于静止状态。当用水平向左的恒力推 Q 时， P 、 Q 仍静止不动，则

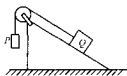


图 1-1-1

- A. Q 受到的摩擦力一定变小 B. Q 受到的摩擦力一定变大
C. 轻绳上拉力一定变小 D. 轻绳上拉力一定不变

命题意图：本题通过中学阶段两个常见模型——斜劈、滑轮来考查考生对影响摩擦力大小因素的理解。

答案：D

分析：因为 P 、 Q 在施力前后均静止，轻绳上的拉力大小是由 P 决定的，故轻绳的拉力一定不变；而 Q 物块所受的摩擦力的大小和方向是不确定的。有些同学误认为 Q 物块所受摩擦力应该是变大的，其实如若对物块 Q 进行正确的受力分析，就不难看出 A、B 均错误。

例 2：(2004 年·全国卷 II) 一小圆盘静止在桌布上，位

于一方桌的水平桌面的中央。桌布的一边与桌的 AB 边重合，如图 1-1-2。已知盘与桌布间的动摩擦因数为 μ_1 ，盘与桌面间的动摩擦因数为 μ_2 。现突然以恒定加速度 a 将桌布抽离桌面，加速度的方向是水平的且垂直于 AB 边。若圆盘最后未从桌面掉下，则加速度 a 满足的条件是什么？（以 g 表示重力加速度）

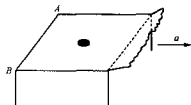


图 1-1-2

命题意图：本题结合匀变速运动规律来考查考生对摩擦力提供加速度问题的求解技能。对考生能力的要求较高。题目需用到运动学与力学的知识。

答案： $a \geq \frac{M_1 + 2\mu_2}{\mu_2} \mu_1 g$

分析：设圆盘的质量为 m ，桌长为 l ，在桌布从圆盘下抽出的过程中，盘的加速度为 a_1 ，有

$$\mu_1 mg = ma_1$$

桌布抽出后，盘在桌面上做匀减速运动，以 a_2 表示加速度的大小，有

$$\mu_2 mg = ma_2$$

设盘刚离开桌布时的速度为 v_1 ，移动的距离为 x_1 ，离开桌布后在桌面上再运动距离 x_2 后便停下，有

$$v_1^2 = 2a_1 x_1, \quad v_1^2 = 2a_2 x_2$$

盘没有从桌面上掉下的条件是 $x_2 \leq \frac{1}{2}l - x_1$ 。

设桌布从盘下抽出所经历时间为 t ，在这段时间内桌布

移动的距离为 x , 有

$$x = \frac{1}{2}at^2, x_1 = \frac{1}{2}a_1t^2.$$

而
$$x = \frac{1}{2}l + x_1.$$

由以上各式解得
$$a \geq \frac{\mu_1 + 2\mu_2}{\mu_2} \mu_1 g.$$

许多考生在解答本题时, 由于对桌布与圆盘的运动过程不明确, 甚至连摩擦力来提供圆盘运动的加速度都无法作出判断, 造成在解答本题时失分现象特别严重.

总结: 在判断静摩擦力方向时, 根据“与相对运动趋势的方向相反”来判断. 具体应用时可用假设法, 即假定两物体间无摩擦, 看二者会发生怎样的相对运动, 这时物体相对于另一物体的运动方向就是相对运动趋势方向; 当物体处于平衡状态时, 可用平衡条件来判断. 在应用 $f = \mu N$ 来计算滑动摩擦力的大小时, 应注意到不能将接触面上的弹力看成重力. 具体计算步骤为: 明确研究对象——受力分析——正交分解——利用垂直于接触面方向的方程解出 N ——代入公式 $f = \mu N$ 求 f .

拓展 1. 人在蹬自行车时, 后轮驱动自行车前进, 设前后轮均无滑动. 对自行车前后轮受到地面的摩擦力的说法正确的是 ()

- A. 前轮向前的静摩擦力, 后轮向后的静摩擦力
B. 前轮向前的滑动摩擦力, 后轮向后的滑动摩擦力
C. 前轮向后的静摩擦力, 后轮向前的静摩擦力
D. 前轮向后的滑动摩擦力, 后轮向前的滑动摩擦力

拓展答案: C

分析: 物体之间发生的是静摩擦力还是滑动摩擦力, 就看物体是否发生相对滑动.

题中说明无相对滑动, 所以自行车与地面之间产生的是静摩擦力. 假设前轮光滑 (或刹死前轮), 那么前轮相对地面将向前滑行, 所以前轮受到向后的静摩擦力作用.

假设后轮光滑 (或架空), 后轮相对地面将向后运动, 所以后轮受到向前的静摩擦力作用. 许多同学无法将所学知识与实际生活相联系, 造成不能对本题作出正确的分析.

拓展 2. 如图 1-1-3 所示, 物体 a 、 b 和 c 叠放在水平桌面上, 水平力 $F_a = 5 \text{ N}$,

$F_c = 10 \text{ N}$ 分别作用于物体 b 、 c 上, a 、 b 和 c 仍保持静止. 以 f_1 、 f_2 、 f_3 分别表示 a 与 b 、 b 与 c 、 c 与桌面间的静摩擦力的大小, 则 ()

- A. $f_1 = 5 \text{ N}$, $f_2 = 0$, $f_3 = 5 \text{ N}$
B. $f_1 = 5 \text{ N}$, $f_2 = 5 \text{ N}$, $f_3 = 0$
C. $f_1 = 0$, $f_2 = 5 \text{ N}$, $f_3 = 5 \text{ N}$
D. $f_1 = 0$, $f_2 = 10 \text{ N}$, $f_3 = 5 \text{ N}$

拓展答案: C

分析: 由于 a 、 b 、 c 都处于静止状态, 故各自水平方向

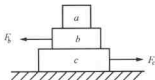


图 1-1-3

合力为零, 可判断 $f_1 = 0$; 由平衡知, b 受 c 向左的静摩擦力 f_2 与 F_a 平衡, $f_2 = 5 \text{ N}$; c 受 b 和地面向左的静摩擦力 f_3 与 F_c 平衡, 故 $f_3 = 5 \text{ N}$. 本题是利用整体法与隔离法相结合解题的一个很好的例子.

拓展 3. 如图 1-1-4 所示,



图 1-1-4

在倾角为 α 的固定光滑斜面上, 有一用绳子拴着的长木板, 木板上站着一只猫. 已知木板的质量是猫的质量的 2 倍. 当绳子突然断开时, 猫立即沿着板向上跑, 以保持其相对斜面的位置不变. 则此时木板沿斜面下滑的加速度为 ()

- A. $\frac{g}{2} \sin \alpha$ B. $g \sin \alpha$ C. $\frac{3}{2} g \sin \alpha$ D. $2g \sin \alpha$

拓展答案: C

分析: 猫欲保持其相对斜面的位置不变, 则必给木板一向下的作用力, $F' = mg \sin \alpha$. 对木板进行受力分析可知木板受到的合力为 $F_{\text{合}} = 2mg \sin \alpha + mg \sin \alpha = 3ma$, 故木板下滑的加速度 $a = \frac{3}{2} g \sin \alpha$, 选 C. 本题虽是相对运动问题, 但我们利用转化的思想, 选取猫为研究对象, 即猫欲相对斜面的位置不变, 须受到木板给它的沿斜面向上的力 $mg \sin \alpha$.

二、在遇到求解摩擦力做功的问题时, 我们可以多角度的来思考具体题目. 因为对于每一个题目, 解决它的方法并不是惟一的. 如在求解滑动摩擦力做功的题目时 (只有一对滑动摩擦力做功) 我们既可以用 $W = f \cdot s_{\text{相对}}$ (其中 f 为摩擦力的大小, $s_{\text{相对}}$ 为两物体之间的相对位移) 来求解, 又可以用功能关系来求解, 而具体用哪种方法, 这要视题目而定.

例 3: (2005·全国卷 II) 如图 1-1-5

所示, 在水平桌面的边角处有一轻质光滑的定滑轮 K , 一条不可伸长的轻绳绕过 K 分别与物块 A 、 B 相连, A 、 B 的质量分别为 m_A 、 m_B . 开始时系统处于静止状态. 现用一水平恒力 F 拉物块 A , 使物块 B 上升. 已知当 B 上升距离为 h 时, B 的速度为 v . 求此过程中物块 A 克服摩擦力所做的功. (重力加速度为 g)



图 1-1-5

命题意图: 本题难度不太大, 但考查知识点较多. 遇到此题, 我们应明确, 有时解同一问题可以选择不同的方法. 用哪种方法更简便, 我们要视具体情况而定. 如本题若用功能关系转化来解, 就比较简单.

答案: $W = Fh - \frac{1}{2} (m_A + m_B) v^2 - m_B gh$

分析: 在此过程中, B 的重力势能的增量为 $m_B gh$, A 、 B 动能的增量为 $\frac{1}{2} (m_A + m_B) v^2$, 恒力 F 所做的功为 Fh , 用 W 表示 A 克服摩擦力所做的功, 根据功能关系有

$$Fh - W = \frac{1}{2} (m_A + m_B) v^2 + m_B gh$$

即 $W = Fh - \frac{1}{2} (m_A + m_B) v^2 - m_B gh$

总结: 静摩擦力可以做负功, 可以做正功, 可以不做功。由于静摩擦力做功不改变系统的机械能, 故不改变系统的内能。因为静摩擦力对某一物体做正功, 其反作用力对另一物体做负功, 由于两物体相对位移为零, 因而总功为零, 故没有内能产生。

滑动摩擦力既可对物体做正功, 又可做负功, 还可能不做功, 滑动摩擦力做功多少与物体实际路径有关, 在只有一对滑动摩擦力做功的过程中, 它们做功的代数和等于系统减少的机械能, 即转化为系统能的内能, 这就是摩擦生热, 在数值上等于滑动摩擦力与两物体相对路程的乘积, 即 $Q = f \cdot s_{\text{相对}}$ 。

拓展 4. 如图 1-1-6 所示, DO 是水平面, AB 是斜面,

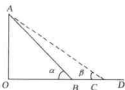


图 1-1-6

初速为 v_0 的物体从 D 点出发沿 DBA 滑动到顶点 A 时速度刚好为零, 如果斜面改为 AC , 让该物体从 D 点出发沿 DCA 滑动到 A 点且速度刚好为零。则物体具有的初速度 (已知物体与路面之间的动摩擦因数处处相同且不为零)

()

- A. 大于 v_0 B. 等于 v_0
C. 小于 v_0 D. 取决于斜面的倾角

拓展答案: B

分析: 物体沿路面滑动过程中可借助动能定理分析。物体以初速 v_0 从 D 点出发沿 DBA 滑动过程: $-mgh - f_1 s_{AB} - f_2 s_{BD} = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 式中 $f_1 = \mu mg \cos \alpha$, $f_2 = \mu mg$ (m 为物体质量), 代入上式可得:

$$-mgh - \mu mg \cos \alpha \cdot s_{AB} - \mu mg \cdot s_{BD} = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2.$$

将 $s_{AB} \cos \alpha = s_{OB}$, 代入可得:

$$-mgh - \mu mg \cdot s_{OB} - \mu mg \cdot s_{BD} = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2.$$

同理, 物体以初速度 v 从 D 点出发沿 DCA 滑动过程:

$$-mgh - f'_1 s_{AC} - f'_2 s_{CD} = 0 - \frac{1}{2}mv^2.$$

式中 $f'_1 = \mu mg \cos \beta$, $f'_2 = \mu mg$, 由 $s_{AC} \cos \beta = s_{DC}$, 代入上式整理可得:

$$-mgh - \mu mg s_{OC} - \mu mg s_{CD} = 0 - \frac{1}{2}mv^2$$

由以上各式可得: $v = v_0$ 。

本题是应用动能定理求摩擦力做功。力学的三大观点一直是高考的重点, 也是学科内综合和跨学科综合的热点内容, 所以要特别注重对物理过程的分析 and 思维能力的锻炼。(力学的三大观点: 力和运动观点、动量观点、功能观点)

拓展 5. 如图 1-1-7 所示, 质量为 m 的小木块 A 以水平初速 v_0 冲上质量为 M 、长为 l 、置于光滑水平面 C 上的木板 B , 并正好不从 B 木板上掉下, A 、 B 间动摩擦因数为 μ 。求

此过程产生的内能。

拓展答案: μmgl

分析: 在此过程中摩擦力做功的情况: 设 A 和 B 所受的滑动摩擦力分别为 F 、 F' , $F = F' = \mu mg$, A 在 F 的作用下减速, B 在 F' 的作用下加速; 当 A 滑到 B 的右端时, A 、 B 达到一样的速度 v , 就正好不掉落, 设此过程中木板 B 向前移动的距离为 s , 滑动摩擦力 F 对木板 A 作负功 $W_1 = -\mu mg(s+l)$, 而摩擦力 F' 对 B 作正功 $W_2 = \mu mgs$ 。

摩擦力对系统所做的总功:

$$W = W_1 + W_2 = -\mu mg(s+l) + \mu mgs = -\mu mgl.$$

对 A 、 B 分别列出动能定理式:

$$\mu mgs(s+l) = m_0^2/2 - mv_0^2/2 \quad (1)$$

$$\mu mgs = Mv^2/2 \quad (2)$$

由①式可知木块 A 克服摩擦力做的功等于它动能的减少量。由②式可知摩擦力对 B 板做的正功等于木板 B 动能的增量。①-②得:

$$\mu mgl = m_0^2/2 - (M+m)v^2/2 \quad (3)$$

③式中, $m_0^2/2 - (M+m)v^2/2$ 为系统所损失的机械能, 由能量守恒定律可知, 系统所损失的机械能将转化为内能 (即热能), 故此过程产生的内能为: $E_{\text{热}} = \mu mgl$ 。

系统克服滑动摩擦力所做的总功等于系统机械能的减少量。这部分机械能就转变为系统的内能, 这就是“摩擦生热”, 由上例得出结论: 作用于系统的滑动摩擦力和系统内物体间相对滑动的位移的乘积, 在数值上等于滑动过程产生的内能。

三、有些题目结合摩擦力的求解, 考查动量守恒定律、平抛运动规律。这类题目综合性较强, 具体解题时可考虑运用动能定理、功能转化来解决。另外解此类题时, 应注意到运动的往复性。

例 4: (2005·广东物理单科) 如图 1-1-8 所示, 两个完全相同的质量为

m 的木板 A 、 B

置于水平地面上,

它们的间距

$s = 2.88 \text{ m}$ 。质量

为 $2m$ 、大小可

忽略的物块 C 置于 A 板的左端。

C 与 A 之间的动摩擦因数为 $\mu_1 = 0.22$, A 、 B 与水平地面之间的动摩擦因数为 $\mu_2 = 0.10$, 最大静摩擦力可认为等于滑动摩擦力。开始时, 三个物体处于静止状态。现给 C 施加一个水平向右, 大小为 $\frac{2}{5}mg$ 的恒力 F , 假定木板 A 、 B 碰撞时间极短且碰撞后粘连在一起。要使 C 最终不脱离木板, 每块木板的长度至少应为多少?

命题意图: 本题结合碰撞类问题, 考查了动量守恒定律的应用、动能定理、摩擦力做功等, 综合性较强。我们可以分别选取 A 、 C 和 A 、 B 为研究对象, 再单独隔离 C 物体运用动能定理进行求解。

答案: $l = 0.3 \text{ m}$

分析: A 、 C 之间的滑动摩擦力大小为 f_1 , A 与水平

地面之间的滑动摩擦力大小为 f_2 。因为

$$F = \frac{2}{5} mg < f_1 = \mu_1 2mg$$

$$\text{且 } F = \frac{2}{5} mg > f_2 = \mu_2 (2m + m) g$$

故一开始 A 和 C 保持相对静止, 在 F 的作用下向右加速运动, 有

$$(F - f_2) \cdot s = \frac{1}{2} \cdot (2m + m) v_1^2$$

A 、 B 两木板的碰撞瞬间, 内力的冲量远大于外力的冲量, 由动量守恒定律得

$$mv_1 = (m + m) v_2$$

碰撞结束后到三个物体达到共同速度的相互作用过程中, 设木板向前移动的位移为 s_1 , 选三个物体构成的整体为研究对象, 外力之和为零, 则

$$2mv_1 + (m + m) v_2 = (2m + m + m) v_3$$

设 A 、 B 系统与水平地面之间的滑动摩擦力大小为 f_3 , 对 A 、 B 系统, 由动能定理

$$f_1 \cdot s_1 - f_3 \cdot s_1 = \frac{1}{2} \cdot 2mv_2^2 - \frac{1}{2} \cdot 2mv_1^2$$

$$f_3 = \mu_2 (2m + m + m) g$$

对 C 物体, 由动能定理

$$F \cdot (2l + s_1) - f_1 \cdot (2l + s_1) = \frac{1}{2} \times 2mv_3^2 - \frac{1}{2} \times 2mv_1^2$$

由以上各式, 再代入数据可得 $l = 0.3 \text{ m}$ 。

解答本题时, 若对运动过程不甚清楚, 研究对象选取不当, 是很难得出最终结果的。

例 5:

(2005·上海物理单科) 如图 1-1-9 所示, 某滑板爱好者在离地 $h = 1.8 \text{ m}$ 高的平台上滑行, 水平离开 A 点

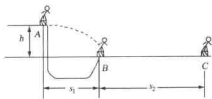


图 1-1-9

后落在水平地面的 B 点, 其水平位移 $s_1 = 3 \text{ m}$, 着地时由于存在能量损失, 着地后速度变为 $v = 4 \text{ m/s}$, 并以此为初速沿水平地面滑行 $s_2 = 8 \text{ m}$ 后停止, 已知人与滑板的总质量 $m = 60 \text{ kg}$, 求

(1) 人与滑板在水平地面滑行时受到的平均阻力大小;

(2) 人与滑板离开平台时的水平初速度。(空气阻力忽略不计, $g = 10 \text{ m/s}^2$)

命题意图: 本题很新颖, 将书本知识与现实生活相结合, 变相的考查了摩擦力做功与平抛运动规律。在第一问求阻力大小时, 我们可以考虑用动能定理来解答。

答案: (1) 60 N (2) 5 m/s

分析: (1) 设滑板在水平地面滑行时受到的平均阻力为 f , 根据动能定理有

$$-fs_2 = 0 - \frac{1}{2}mv^2$$

①

$$\text{由①式解得 } f = \frac{mv^2}{2s_2} = \frac{60 \times 4^2}{2 \times 8} \text{ N} = 60 \text{ N} \quad \text{②}$$

(2) 人和滑板一起在空中做平抛运动, 设初速为 v_0 , 飞行时间为 t , 根据平抛运动规律有

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad \text{③}$$

$$v_0 = \frac{s_1}{t} \quad \text{④}$$

由③、④两式解得

$$v_0 = \frac{s_1}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \frac{3}{\sqrt{\frac{2 \times 1.8}{10}}} \text{ m/s} = 5 \text{ m/s} \quad \text{⑤}$$

总结: 由以上两个例题我们可以看出, 摩擦力的求解是一类很复杂的问题, 它可以与高中阶段的许多重要规律、模型相结合。解这类题目时, 我们应抓住以下几点: ①准确选取研究对象 ②仔细分析运动过程 ③许多情况下可以考虑用功能转化关系来解题。

拓展 6. 如图 1-1-10 所示, 一辆质量 $m = 2 \text{ kg}$ 的平板车左端放有质量 $M = 3 \text{ kg}$ 的小滑块, 滑块与平板车之间的动摩擦因数 $\mu = 0.04$ 。开始时平板车和滑块共同以 $v_0 = 2 \text{ m/s}$ 的速度在光滑的水平面上向右运动, 并与竖直墙壁发生碰撞, 设碰撞时间极短且碰撞后平板车足够长, 以至滑块不会滑到平板车的右端。($g = 10 \text{ m/s}^2$) 求:



图 1-1-10

(1) 平板车第一次与墙壁碰撞后向左运动的最大距离;

(2) 平板车第二次与墙壁碰撞前的瞬时速度;

(3) 为使滑块始终不会滑到平板车的右端, 平板车至少多长?

拓展答案: (1) 0.33 m (2) 0.4 m/s (3) 0.833 m

分析: (1) 设第一次碰撞后, 平板车向左移动 s , 速度变为零, 由于系统总动量向右, 平板车速度为零时, 滑块还在向右滑行, 由动量定理得

$$-\mu Mg s = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

所以

$$s = \frac{mv_0^2}{2\mu Mg}$$

解得 $s = 0.33 \text{ m}$ 。

(2) 假如平板车在第二次碰撞前还未和滑块相对静止, 那么其速度的大小肯定还是 2 m/s , 滑块的速度则大于 2 m/s , 方向均向右, 但这样违反动量守恒定律, 故平板车在第二次碰撞前肯定与滑块已具有共同速度 v , 此即平板车碰撞前瞬时的速度, 根据动量守恒有

$$Mv_0 - mv_0 = (M + m) v$$

$$\text{得 } v = \frac{M - m}{M + m} v_0$$

代入数据得 $v = 0.4 \text{ m/s}$ 。

(3) 平板车与墙第一次碰到后滑块与平板车又达到共同速度 v 前的过程可用图来示意。图 1-1-11 (a) 为平板车与墙碰撞后瞬间滑块与平板车的位置, 图 1-1-11 (b) 为平板车到达



最左端时两者位置。图 1-11 (c) 为平板车与滑块再次到达共同速度时两者的位置。在此过程中滑块动能的减少等于摩擦力对滑块所做的功 $\mu mg s'$, 平板车动能减少等于摩擦力所做功 $\mu mg s''$ (平板车从 B 到 A 再回到 B 的过程中摩擦力做的功为零), 其中 s' 、 s'' 分别为滑块和平板车的位移, 滑块和平板车动能总共减小为 $\mu mg L$, 其中 $L = s' + s''$ 为滑块相对平板车的位移。此后, 平板车与墙发生多次碰撞后静止在墙边。则根据上面的分析有

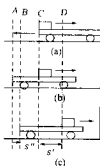


图 1-11

$$\frac{1}{2} (M+m) v_0^2 = \mu MgL,$$

代入数据后得 $L = 0.833 \text{ m}$ 。

即平板车的最短长度为 0.833 m 。

分析清楚小物块和平板车各自的受力和运动情况是解决好本题的关键。

拓展 7. 如图 1-12 所示, 质量 $M = 0.45 \text{ kg}$ 的带有小孔的塑料块沿斜面上滑到最高点 C 时速度恰为零, 此时与从 A 点水平射出的弹丸相撞, 弹丸沿着斜面方向进入塑料块中, 并立即与塑料块有相同的速度。已知 A 点和 C 点距地面的高度分别为: $H = 1.95 \text{ m}$, $h = 0.15 \text{ m}$, 弹丸的质量 $m = 0.050 \text{ kg}$, 水平初速度 $v_0 = 8 \text{ m/s}$ 。取 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 求:

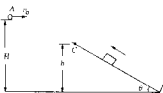


图 1-12

(1) 斜面与水平地面的夹角 θ 。(可用反三角函数表示)

(2) 若在斜面下端与地面交接处设一个垂直于斜面的弹性挡板, 塑料块与它相碰后的速率等于碰前的速率, 要使塑料块能够反弹回到 C 点, 斜面与塑料块间的动摩擦因数 μ 可为多少?

拓展答案: (1) $\theta = 37^\circ$ (2) $\mu = 0.125$

分析: A 处弹丸做平抛运动至 C 速度恰沿斜面, 与 C 处的速度为零的塑料块发生完全非弹性碰撞, 一起沿粗糙斜面下滑至底端与挡板碰撞, 以原速率返回至 C 点。

(1) 弹丸做平抛运动, 经时间 t , 有

$$H - h = \frac{1}{2} g t^2$$

解得

$$t = 0.6 \text{ s}$$

此时弹丸的速度与水平方向夹角为 θ , 水平分速度为 v_x , 竖直分速度为 v_y , 则有

$$v_x = v_0, \quad v_y = gt$$

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$$

解得

$$\tan \theta = \frac{3}{4},$$

$$\theta = \arctan \frac{3}{4} = 37^\circ$$

由于子弹沿斜面方向与塑料块相撞, 所以斜面的倾角即为 $\theta = \arctan \frac{3}{4} = 37^\circ$

(2) 设在 C 点弹丸的速度为 v , 则

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 10 \text{ m/s}$$

子弹打入木块, 动量守恒, 有

$$mv = (m+M) v_c$$

解得

$$v_c = 1 \text{ m/s}$$

碰后, 弹丸与木块共同运动由 C 点到与挡板碰撞并能够回到 C 点, 由动能定理有 $\frac{1}{2} (m+M) v_c^2 =$

$$\mu (m+M) g \cos \theta (2h/\sin \theta) + \frac{1}{2} (m+M) v_c^2$$

依题意, 它们返回 C 点, 故返回 C 点时速度 v_c' 满足

$$v_c' \geq 0$$

联立各式, 代入数据, 得

$$\mu \leq 0.125$$

又 $\mu > 0$, μ 可为 $0 < \mu \leq 0.125$ 。

本题为学科内综合题, 应当引起重视。除了“等”的关系, 解题中也要注意“不等”关系的运用。

四、在近几年高考试题和各地模拟试题中, 又出现了一类新的题型——将摩擦力的求解融入导轨类问题中去。该类题目学科内跨度很大, 是典型的电学综合题目。解题时切不可忽略安培力的存在。

例 6: (2005·上海物理单科) 如图 1-13 所示, 处于匀强磁场中的两根足够长、电阻不计的平行金属导轨相距 1 m , 导轨平面与水平面成 $\theta = 37^\circ$, 下端连接阻值为 R 的电阻, 匀强磁场方向与导轨平面垂直, 质量为

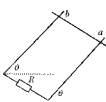


图 1-13

0.2 kg, 电阻不计的金属棒放在两导轨上, 棒与导轨垂直并保持良好接触, 它们之间的动摩擦因数为 0.25。

(1) 求金属棒沿导轨由静止开始下滑时的加速度大小;
(2) 当金属棒下滑速度达到稳定时, 电阻 R 消耗的功率为 8 W, 求该速度的大小;

(3) 在上问中, 若 $R = 2 \Omega$, 金属棒中的电流方向由 a 到 b, 求磁感应强度的大小与方向。($g = 10 \text{ m/s}^2$, $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$)

命题意图: 本题将力学与电学相结合, 考查考生对知识点的整体应用。在解题时, 我们可以用左手定则判断出金属棒所受安培力的方向, 对其进行受力分析来解决问题。

答案: (1) 4 m/s^2 (2) 10 m/s (3) 0.8 J

分析: (1) 金属棒开始下滑的初速为零, 根据牛顿第二定律

$$mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$$

解得 $a = 10 \times (0.6 - 0.25 \times 0.8) \text{ m/s}^2 = 4 \text{ m/s}^2$

(2) 设金属棒运动达到稳定时, 速度为 v , 所受安培力为 F , 棒在沿导轨方向受力平衡

$$mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta - F = 0$$

此时金属棒克服安培力做功的功率等于电路中电阻 R 消

耗的电功率

$$Fv = P \quad (4)$$

由③、④两式解得

$$v = \frac{P}{F} = \frac{0.2 \times 10 \times (0.6 - 0.25 \times 0.8)}{8} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s} \quad (5)$$

(3) 设电路中电流为 I , 两导轨间金属棒的长为 l , 磁场的磁感应强度为 B

$$I = \frac{vBl}{R} \quad (6)$$

$$P = I^2 R \quad (7)$$

$$\text{由⑥、⑦两式解得 } B = \frac{\sqrt{PR \cdot R}}{vl} = \frac{\sqrt{8 \times 2 \cdot R}}{10 \times 1} \text{ T} = 0.8 \text{ T} \quad (8)$$

磁场方向垂直导轨平面向上。

总结: 由于这类题是力电综合问题, 所以在对金属棒进行受力分析时, 要做到对每个力都要不遗不漏, 在这里尤其强调的是金属棒受到的安培力与摩擦力, 对于前者要分清何时安培力存在, 何时金属棒不受安培力。由于受到定势思维影响, 审题不清, 我们在解导轨类问题时常认为导轨是光滑的, 这种主观上的判断失误, 往往造成严重的失分。

拓展 8. 如图 1-1-14 所示, 在水平面上有两条平行导轨 MN 、 PQ , 导轨间距离为 l , 匀强磁场垂直于导轨所在的平面 (纸面) 向里, 磁感应强度的大小为 B , 两根金属杆 1、2 摆在导轨上, 与导轨垂直, 它们的质量和电阻分别为 m_1 、 m_2 和 R_1 、 R_2 , 两杆与导轨接触良好, 与导轨间的动摩擦因数为 μ 。已知: 杆 1 被外力拖动, 以恒定的速度 v_0 沿导轨运动; 达到稳定状态时, 杆 2 也以恒定速度沿导轨运动, 导轨的电阻可忽略, 求此时杆 2 克服摩擦力做功的功率。

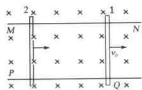


图 1-1-14

拓展答案: $\mu m_2 g \left[v_0 - \frac{\mu m_2 g}{B^2 l^2} (R_1 + R_2) \right]$

分析: 以 F 表示杆 1 受的外力, I 表示回路的电流, 达到稳定时, 对杆 1 有 $F - \mu m_1 g - BIl = 0$,

对杆 2 有 $BIl - \mu m_2 g = 0$,

外力的功率 $P_F = Fv_0$ 。

以 P 表示杆 2 克服摩擦力做功的功率, 有

$$P = P_F - I^2 (R_1 + R_2) - \mu m_1 g v_0,$$

$$\text{解得 } P = \mu m_2 g \left[v_0 - \frac{\mu m_2 g}{B^2 l^2} (R_1 + R_2) \right].$$

研究对象的正确选取, 在解答题目时往往起着很重要的作用, 本题就是一个很好的例证。

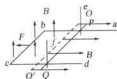


图 1-1-15

拓展 9. 如图 1-1-15 所示, $abcd$ 为质量 $M = 2 \text{ kg}$ 的导轨, 放在光滑绝缘的水平面上, 另有一根质量 $m = 0.6 \text{ kg}$ 的金属棒 PQ

平行于 bc 放在水平导轨上, PQ 棒左边靠着绝缘的竖直立柱 e 、 f (竖直立柱光滑, 且固定不动), 导轨处于匀强磁场中, 磁场以 OO' 为界, 左侧的磁场方向竖直向上, 右侧的磁场方向水平向右, 磁感应强度大小都为 $B = 0.8 \text{ T}$. 导轨的 bc 段长 $l = 0.5 \text{ m}$, 其电阻 $r = 0.4 \Omega$, 金属棒的电阻 $R = 0.2 \Omega$, 其余电阻均可不计. 金属棒与导轨间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$. 若在导轨上作用一个方向向左、大小为 $F = 2 \text{ N}$ 的水平拉力, 设导轨足够长, 重力加速度 g 取 10 m/s^2 , 求:

(1) 导轨运动的最大加速度;

(2) 导轨的最大速度;

(3) 定性画出回路中感应电流随时间变化的图线。

拓展答案: (1) 0.4 m/s^2 (2) 3.75 m/s (3) 见分析

分析: 导轨在外力作用下向左加速运动, 由于切割磁感线, 在回路中要产生感应电流, 导轨的 bc 边及金属棒 PQ 均要受到安培力作用, PQ 棒受到的支持力要随电流的变化而变化, 导轨受到 PQ 棒的摩擦力也要变化, 因此导轨的加速度要发生改变. 导轨向左切割磁感线时, 有 $I_B = \frac{Blv}{R+r}$, ①

导轨受到向右的安培力 $F_1 = BIl$, 金属棒 PQ 受到向上的安培力 $F_2 = BIl$, 导轨受到 PQ 棒对它的摩擦力 $f = \mu(mg - BIl)$, 根据牛顿第二定律, 有 $F - BIl - \mu(mg - BIl) = Ma$, 即 $F - (1 - \mu)BIl - \mu mg = Ma$. ②

(1) 当刚拉动导轨时, $v = 0$, 由①式可知 $I_B = 0$, 则由②式可知, 此时有最大加速度 a_m , 即 $a_m = \frac{F - \mu mg}{M} = 0.4 \text{ m/s}^2$.

(2) 随着导轨速度 v 增大, I_B 增大而 a 减小, 当 $a = 0$ 时, 有最大速度 v_m .

从②式可得 $F - (1 - \mu)BIl - \mu mg = 0$,

$$\text{有 } I_m = \frac{F - \mu mg}{(1 - \mu)Bl} = 2.5 \text{ A}. \quad (3)$$

将 $I_m = 2.5 \text{ A}$ 代入①式,

$$\text{得 } v_m = \frac{I_m (R+r)}{Bl} = 3.75 \text{ m/s}.$$

图 1-1-16

(3) 从刚拉动导轨开始计时, $t = 0$ 时, $v_0 = 0$, $I = 0$, 当 $t = t_1$ 时, v 达到最大, I 达到 2.5 A , 电流 I 随时间 t 的变化图线如图 1-1-16 所示。

激活思维

1. (能力题) 如图 1-1-17 所示, 质量为 m 的木块在质量为 M 的长木板上滑动, 长木板与水平地面间的动摩擦因数为 μ_1 , 木块与木板间的摩擦因数为 μ_2 , 已知长木板处于静止状态, 那么此时长木板受到的地面摩擦力大小为 ()

- A. $\mu_2 mg$ B. $\mu_1 mg$
C. $\mu_1 (M+m) g$ D. $\mu_2 mg + \mu_1 mg$



图 1-1-17



立柱
场中,
地地方
一段长
其余
若在
设导

2. (综合题) 如图 1-1-18 所示, 放在水平地面上的滑块 A 在水平推力 F 作用下匀速滑动. 某时刻起, 力 F 逐渐减小, 但方向不变, 则滑块在力 F 减为零前, 以下说法正确的是



图 1-1-18

- A. 速度逐渐减小
B. 加速度逐渐减小
C. 力 F 的冲量一定小于摩擦力的冲量
D. 力 F 的冲量等于物体动量的变化量

3. (综合题) 某空间存在着如图

1-1-19 所示的水平方向的匀强磁场, A、B 两个物块叠放在一起, 并置于光滑的绝缘水平地面上. 物块 A 带正电, 物块 B 为不带电的绝缘块. 水平恒力 F 作用在物块 B 上, 使 A、B 一起由静止开始向左运动. 在 A、B 一起向左运动的过程中, 以下关于 A、B 受力和运动的说法中正确的是



图 1-1-19

- A. A 对 B 的压力变小
B. B 对 A 的摩擦力保持不变
C. A 对 B 的摩擦力变大
D. B 对地面的压力保持不变

4. (预测题) 有一个直角支架 AOB, AO 水平放置, 表面粗糙, OB 竖直向下, 表面光滑. AO 上套有小环 P, OB 上套有小环 Q, 两环质量均为 m, 两环间由一根质量可以忽略, 但不可伸长的细绳相连, 并在某一位置平衡, 如图 1-1-20 所示, 现将 P 环向左移一小段距离, 两环再次达到平衡, 那么将移动后的平衡状态和原来的平衡状态相比较, AO 杆对环 P 的支持力 F_N 和细绳上的拉力 F_T 的变化情况是

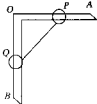


图 1-1-20

- A. F_N 不变, F_T 变大
B. F_N 不变, F_T 变小
C. F_N 变大, F_T 变大
D. F_N 变大, F_T 变小

5. (能力题) 如图 1-1-21 所示, 在光滑的水平面上叠放 3 个完全相同的木块, 细绳绕过定滑轮, 两端分别系在第一、第三木块上, 用水平力 F 拉第三木块但未拉动. 设第一块和第二块、第二块和第三块之间的摩擦力分别为 f_{12} 和 f_{23} , 且滑轮的摩擦不计, 则应有

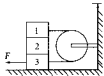


图 1-1-21

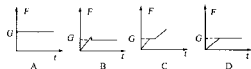
- A. $f_{12} < f_{23}$ B. $f_{12} > f_{23}$
C. $f_{12} = f_{23}$ D. $f_{12} = \frac{F}{2}$

6. (预测题) 把一重为 G 的物体, 用一水平的推力, $F_N = Kt$ (K 为恒量, t 为时间) 压在了竖直的足够高的平整的



图 1-1-22

墙上. 如图 1-1-22 所示, 从 $t=0$ 开始物体所受的摩擦力 F_f 随 t 的变化关系是下图 1-1-4 中的? ()



7. (原创题) 如图 1-1-23 所示, 两物体处于静止状态, 它们的质量 $m_1 = 2m_2$, 它们与水平面的动摩擦因数 $\mu_2 = 2\mu_1$, 开始它们之间被细绳连接, 并夹一压缩状态的轻质弹簧, 当烧断细线后, 两物体脱离弹簧时的速度均不为零, 则

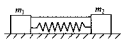


图 1-1-23

- A. 两物体脱离弹簧时速率最大
B. 两物体脱离弹簧时 m_1 和 m_2 的速率之比为 2:1
C. 两物体的速率同时达到最大值
D. 两物体在弹开后不是同时停下来

8. (能力题) 如图 1-1-24 所示底座 A 上装有一根长杆, 其总质量为 M, 杆上套有质量为 m 的环 B, 它与杆有摩擦, 当环从底座以初速度 v 向上飞起时, 底座保持静止, 环在上升过程中, 底座对地面的压力将 ()

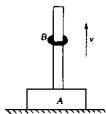


图 1-1-24

- A. 等于 $(M+m)g$
B. 大于 $(M+m)g$
C. 小于 $(M+m)g$
D. 不能确定

9. (综合题) 如图 1-1-25 所示的 (a)、(b) 两图表示用同一器材测量铁块 P 与长金属板间的滑动摩擦力的两种不同方法. (a) 图使金属板静止在水平桌面上, 用手通过弹簧秤向右用力 F 拉 P, 使 P 向右运动; (b) 图把弹簧秤的一端固定在墙上, 用力 F 水平向左拉金属板, 使金属板向左运动, 图中已把 (a)、(b) 两种方法中弹簧秤示数情况放大画出, 则铁块 P 与金属板间的滑动摩擦力的大小是

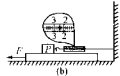


图 1-1-25

10. (预测题) 如图 1-1-26 所示, 在倾角为 $\theta = 30^\circ$ 的粗糙斜面上放一物体, 重力为 G. 现在用与斜面底边平行的力 $F = \frac{G}{2}$ 推物体, 物体恰能做匀速直线运动, 求: 物体与斜面之间的动摩擦因数

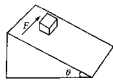


图 1-1-26



11. (综合题) 如图 1-1-27 所示, 两本完全相同的书 A、B, 书重均为 5 N. 若将两本书等分成若干份后, 交叉地叠放在一起置于光滑桌面上, 并将书 A 固定不动, 用水平向右的力 F 把书 B 抽出, 现测得一组数据如下:

实验次数	1	2	3	4	5	...	n
将书分成份数	2	4	8	16	16	...	逐面交叉
力 F 的大小/N	4.5	10.5	22.5	46.5	46.5	...	190.5

根据以上数据, 试求:

- (1) 若将书分成 32 份, 力 F 应多大?
- (2) 该书的页数;
- (3) 若两本书任意两张纸之间的动摩擦因数 μ 相等, 则 μ 为多少?

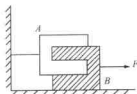


图 1-1-27

12. (能力题) 如图 1-1-28 所示, 一根对称的“ $\wedge$ ”型玻璃管, 被固定在竖直平面中, 管所在的空间有竖直向上的匀强电场, 电场强度为 E , 管的两壁 AB、BC 的长均为 l , 管的拐角处 B 是一小段平滑圆弧. 质量为 m , 带电量为 Q 的小物体从 A 点由静止开始运动, 沿 AB 通过拐角恰能到达 BC 一侧的中点, 已知 $QE > mg$, 物体与管壁的动摩擦因数为 μ , 求小物体由 A 点开始运动在管内通过的总路程和整个过程产生的内能.

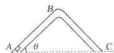


图 1-1-28

13. (创新题) 在水平放置的可旋转的圆盘上, 放一劲度系数为 k , 质量可忽略不计的轻弹簧, 它的一端固定在轴上, 另一端拴一质量为 m 的小物体 A, 这时弹簧没有形变, 长为 L_0 , 如图 1-1-29 所示, A 与盘面间的动摩擦因数为 μ , 且设最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 盘由静止转动, 角速度逐渐增大.

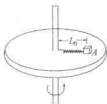


图 1-1-29

- (1) 当盘以某角速度 ω_0 旋转时, A 相对于盘不滑动, 求 ω_0 ;
- (2) 当角速度为 ω_1 时, 求 A 随盘做圆周运动的最大半径 L_1 ;
- (3) 当角速度由 ω_1 减小时, 物体能在半径为 L_1 的原轨道上做圆周运动. 求这时的角速度 ω_2 .

14. (综合题) 如图 1-1-30 所示滑块 A, 质量 $m = 0.01 \text{ kg}$,

与水平地面间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$, 用细线悬挂的小球质量均为 $m' = 0.01 \text{ kg}$ 且沿 x 轴均匀排列, A 与第一只小球及小球与相邻小球距离均为 $s = 2 \text{ m}$, 从左至右悬挂小球的线长分别为 $L_1, L_2, L_3, \dots$. 当 A 与第一只球间距为 2 m 时的运动速度 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ 且正好沿着 x 轴正向运动, 不计滑块和小球

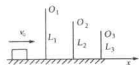


图 1-1-30

大小且当滑块与球发生碰撞时机械能不损失, 碰后任一小球均恰好在竖直平面内做完整的圆周运动, ($g = 10 \text{ m/s}^2$) 求:

- (1) 最左侧悬挂小球的线长 L_1 为多少?
- (2) 滑块在运动中能与几个小球发生碰撞;

15. (原创题) 一块足够长的木板, 放在光滑水平面上, 在木板上自左向右放有序号是 1, 2, 3, $\dots, n$ 的木块, 所有木块的质量均为 m , 与木板间的动摩擦因数都是 μ , 木板的质量与所有木块的总质量相等. 在 $t = 0$ 时刻木板静止, 第 1, 2, 3, $\dots, n$ 号木块的初速度分别为 $v_0, 2v_0, 3v_0, \dots, nv_0$, 方向都向右. 最终所有木块与木板以共同速度匀速运动. 试求:

- (1) 所有木块与木板一起匀速运动的速度 v_n .
- (2) 从 $t = 0$ 到所有木块与木板共同匀速运动经历的时间 t .
- (3) 第 $(n-1)$ 号木块在整个运动过程中的最小速度 v_{n-1} .

激活思维参考答案

1.A 分析: m 受的滑动摩擦力 $F_1 = \mu_2 mg$, 可得 A 选项正确. 长木板受地面给它的静摩擦力 $F_2 = F_1 = \mu_2 mg$, 求摩擦力时一定要分清是动摩擦力还是静摩擦力, 然后根据相应的方法求解. 对于这类问题, 我们应该分别对两物块进行受力分析, 在解题时, 可考虑隔离法.

2.AC 分析: 物体在推力 F 作用下匀速滑动, F 与物体摩擦力 f 相等. 当 F 减小时 $f > F$, 物体做减速运动, 且加速度逐渐变大, $F < f$. 在 F 减小到零之前物体的动量变化等于合力的冲量. 本题考生很容易漏选 C 项, 原因是对题目的分析不够到位, 无法比较出力 F 的冲量与摩擦力冲量的大小关系.

3.B 分析: A、B 一起向左运动的过程中, 由左手定则可知, A 受磁场力竖直向下. 若选 A、B 整体为研究对象, 水平方向依牛顿第二定律有

$$F = (m_A + m_B) a$$

$$\text{即 A 的加速度 } a = \frac{F}{m_A + m_B} \text{ 不变.}$$

因 B 对 A 水平方向有静摩擦力 f 作用, 且

$$f = m_A \cdot a = \frac{m_A}{m_A + m_B} \cdot F$$

即 f 亦不变, 故 B 正确, C 错误.

竖直方向 A、AB 整体受力平衡, 故 B 对 A 的支持力 $N_A = m_A g + q\Phi B$, 不断增大, 地面对 A、B 的支持力 $N = (m_A + m_B) g + q\Phi B$, 不断增大.

由牛顿第三定律可知, A、D 均不对.

即本题正确选项为 B.

在做本题时, 应合理的选取研究对象. 同时注意不要把 A、B 间静摩擦力当成滑动摩擦力.

4.B 分析: 对整体: 受力如

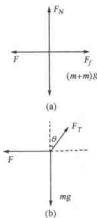


图 1-1-31



图 1-1-31 (a), 其中 F_N 是 AO 杆对系统的弹力, F 为 BO 杆对系统的支持力, F_f 为 AO 杆对系统的摩擦力, 由于系统处于平衡状态, 所以有:

$$F_N = (m + m)g = 2mg, \\ F = F_f.$$

对 Q 环: 受力如图 1-1-31 (b) 所示, 其中 F_T 为细绳对环的拉力, 根据 Q 环处于平衡状态可得:

$$F_T \cos \theta = mg, F = F_T \sin \theta$$

$$\text{可解得: } F_T = \frac{mg}{\cos \theta}, F = mg \tan \theta.$$

当 P 环向左移动, 细绳与 B 杆的夹角 θ 变小, $\cos \theta$ 变大, F_T 变小, 故选 B.

恰当地选取研究对象是正确解题的前提和基础, 如果涉及求解内力时, 应选单个物体; 如果涉及解决外力问题时, 应选取整体为研究对象.

5. CD 分析: 以第二块木块为研究对象, 因为它受力平衡, 并考虑二者都处于平衡状态. 有的题目我们可以选用定性的方式去分析, 没有必要一定去定量计算. 这种思维在以后做题时应尝试运用.

6. B 分析: 开始时由于推力为零, 物体和墙面间没有挤压, 则摩擦力为零. 物体在重力作用下开始沿竖直墙面下滑, 所以开始时为滑动摩擦力. 由 $F_f = \mu F_N$, 又 $F_N = kx$ 所以 $F_f = \mu kx$, 即 F_f 随时间 t 成正比增加, 当 F_f 增大到等于 G 时, 物体肯定有一定速度, 由于惯性仍然滑行, 随着滑行的继续, F_f 已大于物体重力 G , 最后物体静止于墙上, 变为静摩擦力. 竖直方向根据二力平衡, 则有 $F_f = G$, 所以 B 正确. 在解图像类题目时, 一定要找准不同时刻物体的状态才不至于出错.

7. C 分析: 由题意分析得: 当细线烧断后, 两物体先加速后减速, 所以当它们脱离弹簧时的速度并不是最大, 选项 A 错误; 由动量定理: $(F - \mu_1 m_1 g)t = m_1 v_1$, $(F - \mu_2 m_2 g)t = m_2 v_2$, 得 $v_1 = v_2$, 所以选项 B 错误; 因为两物体受到的摩擦力一样大, 两物体受到的合力同时为零, 所以它们同时达到最大的速度, C 正确; 由动量定理得它们一定是同时停下来, 所以选项 D 错误. 综上所述应选择 C 项.

8. C 分析: 隔离法: 对环 B 受力分析, B 受重力 mg 和摩擦力 f , 由牛顿第二定律得: $f + mg = mu$,

$$\text{所以 } f = m(a - g).$$

底座受重力 Mg 地面支持力 N 和环 B 对它向上的摩擦力 f' 则: $f' + N - Mg = 0$. 而 $f = f'$.

$$\text{所以 } N = Mg - m(a - g) = (M + m)g - ma,$$

又因为 $a > 0$ (环向上加速运动, a 向下取 $a > 0$)

$$\text{所以 } N < (M + m)g.$$

另外, 本题还可以采用超重失重法进行定性分析, 方法如下:

底座静止, 而环向上加速, 加速度方向向下, 所以物体处于失重状态, 则整体对地面的压力一定小于 $(M + m)g$.

9. 2.4 N 分析: (b) 种方法弹簧秤读出的值等于铁块与金属板间的滑动摩擦力, 因为此时物体 P 静止, 根据平衡条件可知, 弹簧秤对 P 的拉力等于滑动摩擦力. 而 (a) 种方法物体 P 处于加速状态. 弹簧秤的拉力大于滑动摩擦力.

本题考查考生对知识的综合运用能力, 要分清两种受力情况下, 物体 P 处于何种状态.

$$10. \mu = \frac{\sqrt{6}}{3} \text{ 分析: 物体在平行斜面方向一共受三个力作}$$

用, 一是使物体下滑的力 $F_1 = G \sin \theta$, 二是推力 $F = \frac{G}{2}$, 三是滑动摩擦力 F_f , 因此 F_1 和 F 是相互垂直的, 所以这两个力的合力为

$$F_0 = \sqrt{2}F = \frac{\sqrt{2}}{2}G.$$

此力方向与底边成 45° 角, 又因为 F_1 、 F 、 F_f 三力的合力为零, 所以 F_f 与 F_0 的大小相等方向相反, 而 $F_f = \mu F_N$ ①

$$F_N = G \cos \theta = \frac{\sqrt{3}}{2}G. \quad \text{②}$$

$$\text{将②式及 } F_0 = F_0 = \frac{\sqrt{2}}{2}G \text{ 代入①式可得 } \mu = \frac{\sqrt{6}}{3}.$$

本题的难度在于给出的斜面体与我们常见的不大相同, 考生在分析物块的受力情况时会感到无从下手.

$$11. (1) F_N = 94.5 \text{ N} \quad (2) 64 \text{ 页} \quad (3) \mu = 0.3$$

分析: (1) 设每本书的质量为 m , 则

$$\text{当分成 2 份时, } F_2 = f_1 + f_2 + f_3 = \mu \cdot \frac{m}{2}g + \mu \cdot \frac{2m}{2}g + \mu \cdot$$

$$\frac{3m}{2} \cdot g = \frac{\mu mg}{2} (1 + 2 + 3) = 3\mu mg.$$

$$\text{当分成 4 份时, } F_4 = \frac{\mu mg}{4} (1 + 2 + 3 + \dots + 7)$$

...

$$\text{当分成 } n \text{ 份时, } F_n = \frac{\mu mg}{n} [1 + 2 + 3 + \dots + (2n - 1)]$$

$$\text{故 } n = 32 \text{ 份时, } F_{32} = \frac{\mu mg}{32} (1 + 2 + 3 + \dots + 63)$$

$$\text{由 } F_2 = 3\mu mg = 4.5 \text{ N, 得 } \mu mg = 1.5 \text{ N 代入上式得 } F_{32} = \frac{1.5}{32} \times 63 \times 32 \text{ N} = 94.5 \text{ N.}$$

$$(2) \text{ 将 } F = 190.5 \text{ N 代入公式中得 } 190.5 = \frac{\mu mg}{n} [1 + 2 + 3 + \dots + (2n - 1)] = \frac{1.5}{n} \times (2n - 1) \times n, \text{ 解得 } n = 64.$$

$$(3) \text{ 由 (1) 知, } F_2 = 3\mu mg, \text{ 故 } \mu = \frac{F_2}{3mg} = \frac{4.5}{3 \times 5} = 0.3$$

$$12. 3 \frac{(QE - mg) \mu l}{\sqrt{1 + 9\mu^2}} \text{ 分析: 设管的}$$

两臂与水平面夹角为 θ , 小物体与管臂间的动摩擦系数为 μ , 画出小物体的受力分析如图 1-1-32 所示, 根据题意小物体从 A 到达 BC 的中点过程中, 由动能定理:

$$(QE - mg) \sin \theta \cdot \frac{l}{2} - \mu (QE - mg) \cos \theta \cdot \frac{3}{2} l = 0$$

$$\text{得 } \tan \theta = 3\mu$$

小物体在管中做往复运动, 最终停在 B 点, 重力、电场力做功只与物体的初、末位置有关, 摩擦力做功与路程有关, 设总路程为 s , 则

$$(QE - mg) \sin \theta \cdot l - \mu (QE - mg) \cos \theta \cdot s = 0$$

得

$$s = \frac{l}{\mu} \cdot \tan \theta = 3l$$

产生的内能:

$$E = \mu \cdot (QE - mg) \cos \theta = \frac{3(QE - mg) \mu l}{\sqrt{1 + 9\mu^2}}$$

本题的意义表明,不同的力具有不同的做功特点,电场力、重力做功与途径无关,跟物体的初、末位置有关;滑动摩擦力做功跟物体的路程有关,整个过程产生的内能等于克服滑动摩擦力所做的功。

$$13. (1) 0 < \omega_0 \leq \sqrt{\frac{mg}{L_0}} \quad (2) L_1 = \frac{KL_0 - \mu mg}{K - m\omega_1^2}$$

(3) $\sqrt{\frac{(KL_0 + \mu mg)\omega_1^2 - 2K\mu g}{KL_0 - \mu mg}} \leq \omega_2 \leq \omega_1$ 分析: (1) 当盘以 ω_0 旋转时, A 则有向外滑动的趋势, 弹簧没有发生形变, 靠静摩擦力提供向心力, 在 A 相对于圆盘将要发生滑动时的最大静摩擦力为 $f_{\max}$ 。

$$\text{由 } f_{\max} = \mu mg = m\omega_0^2 L_0 \text{ 得 } \omega_0 = \sqrt{\frac{\mu g}{L_0}}$$

在 $r = L_0$ 处 A 与盘相对静止随盘一起转动的角速度范围为: $0 < \omega_0 \leq \sqrt{\frac{\mu g}{L_0}}$

(2) 当 $\omega > \omega_0$ 时 A 做圆周运动的向心力增加, 仅最大静摩擦力不够提供向心力, A 沿半径向外滑动, 使弹簧伸长而产生弹力, 弹力随半径的增大而增大, 当角速度为 ω_1 时, A 的轨道半径最大设为 L_1 , 由牛顿第二定律可得:

$$K(L_1 - L_0) + \mu mg = m\omega_1^2 L_1$$

所以

$$L_1 = \frac{KL_0 - \mu mg}{K - m\omega_1^2}$$

(3) 在半径为 L_1 , 角速度减小时, 静摩擦力由最大值逐渐减小为一般值, 到 $\omega = \omega_2$ 时, $f = 0$, 仅由弹力提供向心力; 当角速度再继续减小时, 弹力大于需要的向心力, A 有向圆心滑动的趋势, 因而 A 受到向外的摩擦力逐渐增大, 当增大到最大时, ω 减小到最小的临界状态; 这时 $\omega = \omega_2$, 由牛顿第二定律得: $K(L_1 - L_0) - \mu mg = m\omega_2^2 L_1$, 把已经求

出的 L_1 代入上式得: $\omega_2 = \sqrt{\frac{(KL_0 + \mu mg)\omega_1^2 - 2K\mu g}{KL_0 - \mu mg}}$

$$\text{所以 } \sqrt{\frac{(KL_0 + \mu mg)\omega_1^2 - 2K\mu g}{KL_0 - \mu mg}} \leq \omega_2 \leq \omega_1$$

物体在水平面内做匀速圆周运动, 其所受的合外力等于向心力, 运用向心力公式解决有关问题, 在解题时一般有如下步骤:

- (1) 根据题意确定研究对象。
- (2) 对于研究对象进行受力分析, 并作出受力图。
- (3) 分析圆周运动的轨道平面和圆心位置。

(4) 找出做圆周运动物体的向心力, 并列出方程式。

14. (1) 1.84 m (2) 12 个 (3) $L_n = 2m - 0.16nm$, $n = 1, 2, 3, \dots, 12$ 分析: 由于 $m = m'$, 所以当滑块与球或球与滑块发生弹性正碰时, 碰撞前后两者的速度发生互换, 因此每次球与滑块碰后滑块均沿某初速方向向前运动直至停止。

(1) 设滑块与第一个球碰前的速度为 v_1 , 由动能定理 $-mgs = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ 滑块与第一个球碰后瞬间球的速度 $v_1' = v_1$, 对球在上升过程中, 由机械能守恒定律有:

$$\frac{1}{2}m'v_1'^2 = 2mgL_1 + \frac{1}{2}m'v_2'^2$$

又因为球在最高点时, 由牛顿第二定律有: $m'g = \frac{mv_2'^2}{L_1}$

所以悬挂在最左侧第一个球的绳长: $L_1 = \frac{v_1^2 - 2\mu g s}{g} =$

1.84 m.

(2) 对滑块由动能定理: $-\mu mgs_0 = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 所以滑块滑行的总路程: $s_0 = 25$ m.

则滑块在滑行过程中与小球碰撞的个数 $N = \frac{s_0}{s} = 12.5$, 即 12 个。

$$15. (1) v_n = \frac{(n+1)v_0}{4} \quad (2) t = \frac{(3n-1)v_0}{4\mu g}$$

(3) $v_{n-1} = \frac{(n-1)(n+2)v_0}{4n}$ 分析: (1) 全过程对系统使用动量守恒定律有:

$$mv_0 + 2mv_0 + 3mv_0 + \dots + nmv_0 = 2nmv_n$$

$$\text{因此 } v_n = \frac{(n+1)v_0}{4}$$

(2) 对第 n 个木块减速过程用动量定理:

$$\mu mgt = mv_n - mv_n$$

$$\text{由 (1) 结合上式可得 } t = \frac{(3n-1)v_0}{4\mu g}$$

(3) 当第 $(n-1)$ 号木块刚好和木板具有共同速度时则其速度最小, 设这时它的速度是 v_{n-1} , 则此时第 n 个木块的速度是 $v_{n-1} + v_0$, 从此刻开始到 n 个木块都和木板共同运动过程用动量守恒定律:

$$m(2n-1)v_{n-1} + m(v_{n-1} + v_0) = (1+2+3+\dots+n)mv_0, \text{ 解得 } v_{n-1} = \frac{(n-1)(n+2)v_0}{4n}$$

用数学方法解决物理问题, 是高考考查的一种思想, 我们平时做习题时, 应注意加强这方面的训练。



课题组合二 匀变速直线运动

热点聚焦

运动学是整个高中阶段物理学科内的一个重要组成部分。它是连接力学与电磁学的纽带，通过学习本部分的知识，让我们认识运动的基本规律和对运动状态的描述方法，以及学会一些研究物理学的基本思路，当然也是历年高考重点考查的内容之一。本课题正是从高考最常考的匀变速直线运动着手，对运动学中的热点、难点作一下较为全面的阐述。

从近几年的高考情况来看，命题者主要从以下几个方面对这一部分进行考查：1. 涉及 $v-t$ 图象和匀变速直线运动规律，如 2000 年全国卷的第 19 题，2001 年上海卷的第 13 题，2003 年河南卷的第 31 题，2004 年全国卷 II 的第 15 题、上海卷的第 34 题，以及 2005 年广东卷的第 1 题（文理综合卷）等；2. 对竖直上抛和自由落体运动的考查，如 2003 年上海春招卷的第 28 题，2004 年全国卷 III 的第 23 题，广东卷的第 9 题，2005 年全国卷 I 的第 23 题、江苏卷的第 13 题等；3. 研究匀变速直线运动的实验，如 2002 年广东卷的第 13 题，2003 年上海春招卷的第 46 题以及 2005 年上海卷的第 18 题和广东卷的第 11 题等。另外将本部分知识与牛顿运动定律、带电粒子的运动等知识结合起来考查的也较多，而且不少是以压轴题的形式出现，这就要求我们在深刻理解和把握这一部分内容的同时，还应不断提高在力学、电学、磁学中正确运用这些知识去综合分析问题和解决问题的能力。

领悟提纯

一、匀变速直线运动规律的应用

在匀变速直线运动中，有许多公式、规律都是教材或资料中给出的，对我们用处很大，我们应在牢牢记住这些公式、规律的同时，深刻理解其内涵，这样才不至于在应用时因出现某些小错误（如利用公式时正负号区分不清）而失去应得的分数。

例 1: (2004·全国卷 II) 如图

1-2-1 所示， ad , bd , cd 是竖直面内三根固定的光滑细杆， a , b , c , d 位于同一圆周上， a 点为圆周的最高点， d 点为最低点。每根杆上都套着一个小滑环（图中未画出），三个滑环分别从 a , b , c 处释放（初速为 0），用 t_1 , t_2 , t_3 依次表示各滑环到达 d 所用的时间，则

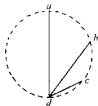


图 1-2-1

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

命题意图: 本题的命题形式比较新颖，变换角度考查匀变速直线运动的规律，我们不能想当然的认为杆的长短决定

环下滑的时间，而是应通过具体计算来判断。

答案: D

分析: 我们可以任选一根滑杆，着重影响环下滑的因素是哪些。设圆的直径为 R ，画出图 1-2-2 所示的示意图，则 $2R \cos \theta = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} (g \cos \theta) t^2$ ，即 $4R = gt^2$ ，由此可见下滑时间与倾角 θ 无关，所以 $t_1 = t_2 = t_3$ ，选 D。

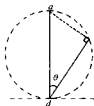


图 1-2-2

对于某些题目，我们不能仅凭主观臆断，就匆忙作出结论，这样是很容易出错的。另外在运用公式 $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ 时，应注意本题下滑的初速度为零。

例 2: (2001·上海卷) 如图 1-2-3 所示，图 (a) 是高速公路上用超声波测速仪测量车速的示意图，测速仪发出并接收超声波脉冲信号。根据发出和接收的信号间的时间差，测出被测物体的速度。图 (b) 中 P_1 , P_2 是测速仪发出的超声波信号， n_1 , n_2 分别是 P_1 , P_2 由汽车反射回来的信号。设测速仪匀速扫描， P_1 , P_2 之间的时间间隔 $\Delta t = 1.0$ s，超声波在空气中传播速度是 $v = 340$ m/s，若汽车是匀速行驶的，则根据图 (b) 可知，汽车在接收到 P_1 , P_2 两个信号之间的时间内前进的距离是 _____ m，汽车的速度是 _____ m/s。

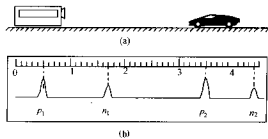


图 1-2-3

命题意图: 本题将我们所学过的知识与现实生活相联系，对考生的能力有较高要求。本题有两个做匀速运动的物体：汽车和超声波信号，这需要我们通过画草图将图中测速仪匀速扫描记录的信息进行恰当的转换和处理。

答案: 17 17.9

分析: 图 (b) 中 P_1 , P_2 之间的时间间隔 $\Delta t = 1.0$ s，在相应的标尺上移动了 30 小格，则相对扫描 1 小格距离的时间是 $\frac{1}{30}$ s，从发出信号 P_1 到测速仪接收到反射信号 n_1 的时间

t_1 内，共扫过 12 小格，来回时间 $t_1 = \frac{12}{30} = \frac{2}{5}$ s；从发出信号 P_2 到测速仪接收到反射信号 n_2 的时间 t_2 内共扫过 9 小格，来回时间 $t_2 = \frac{9}{30} = \frac{3}{10}$ s。

由此可推得超声波脉冲信号每次反射回来的时间分别为 $\frac{t_1}{2}$ 和 $\frac{t_2}{2}$, 即 $\frac{1}{5}$ s 和 $\frac{3}{20}$ s, 反射信号 n_1 、 n_2 在空气中传播的距离分别为 $s_1 = \frac{1}{5} \times 340$ m = 68 m 和 $s_2 = \frac{3}{20} \times 340$ m = 51 m, 这两段传播距离的差 $\Delta s = s_1 - s_2 = 68$ m - 51 m = 17 m, 即是汽车在接收到 P_1 、 P_2 两个信号之间的时间内前进的距离。汽车运动的时间即是汽车在接收到 P_1 、 P_2 两个信号之间的时间差 Δt , 这个时间差反映在图 (b) 中应是 P_1 与 n_1 的中点和 P_2 与 n_2 的中点间的扫描时间, 即 $\Delta t = 1$ s - $\frac{1}{5}$ s + $\frac{3}{20}$ s = $\frac{19}{20}$ s, 由此可得汽车的速度 $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = 17.9$ m/s。

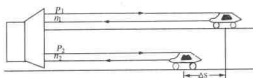


图 1-2-4

本题虽然是一道匀变速直线运动的问题, 但解题中需要用到思想和方法却均来自匀变速直线运动。由于本题物理情景较新颖, 不少考生都感到棘手, 容易产生的错误是:

①把测速仪收到两次反射信号 n_1 、 n_2 的时间间隔误认为是汽车在这段时间内的运动时间, 算成

$$s = \Delta t'v = 306 \text{ m}, \text{ 或 } s = \frac{\Delta t'}{2}v = 163 \text{ m}$$

②没有注意到时间差 $t = \Delta t - \Delta t'$ 是声音的往返传播造成的, 误算成

$$s = t \cdot v = 34 \text{ m}$$

③以为汽车收到两次信号 P_1 、 P_2 过程中的运动时间为 $\Delta t_s = \Delta t + t = 1.1$ s, $\Delta t_s = \Delta t - t = 0.9$ s, 误算成 $v_k = \frac{s}{\Delta t_s} = \frac{17}{1.1}$ m/s = 15.5 m/s, $v_k = \frac{s}{\Delta t_s} = \frac{17}{0.9}$ m/s = 18.89 m/s。

如果在解题中, 能根据题意画出示意图并与假设汽车静止的情况进行比较, 就容易列出算式了。

总结: 1. 做匀变速直线运动的物体, 在相邻的相等时间内位移之差 $\Delta s = aT^2$ 是恒定的。

2. 做匀变速直线运动的物体, 在一段位移上, 中点位置的速度等于初、末速度平方和的一半的平方根。即

$$v_{\frac{s}{2}} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v_t^2}{2}}$$

3. 1s末、2s末…… n s末的瞬时速度之比为

$$v_1 : v_2 : \dots : v_n = 1 : 2 : \dots : n$$

经过位移之比为:

$$s_1 : s_2 : \dots : s_n = 1^2 : 2^2 : \dots : n^2$$

4. 连续相等时间内位移之比为:

$$s_1 : s_2 : \dots : s_n = 1 : 3 : \dots : (2n-1)$$

5. 通过连续相等位移所用时间之比为:

$$t_1 : t_2 : \dots : t_n = 1 : (\sqrt{2}-1) : \dots : (\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$$

注: ①以上 3、4、5 式适用于初速度为零的匀加速直线运动。

②匀变速直线运动公式是矢量式, 由于运动的方向都在同一条直线上, 所以设此直线的某一方向为正方向 (通常取运动的初速度 v_0 方向为正方向), 已知量与规定正方向同向的取值“+”, 与规定正方向反向的取值“-”。未知量当“+”代入, 解得值为“+”(如 a_1, s_1), 则其方向与正方向相同, 解得值为“-”(如 a_2, s_2), 则其方向与正方向相反。

③比较矢量的大小, 可以比较该物理量值的绝对值的大小。

拓展 1. 两木块自左向右运动, 现用高速摄影机在同一

底片上多次曝光, 记录

下每次曝光时木块的位置, 如图 1-2-5 所示, 连续两次曝光的时间间隔是相等的。由图可知



图 1-2-5

- ()
- A. 在时刻 t_2 以及时刻 t_3 两木块速度相同
B. 在时刻 t_3 两木块速度相同
C. 在时刻 t_3 和时刻 t_4 之间某瞬时两木块速度相同
D. 在时刻 t_4 和时刻 t_5 之间某瞬时两木块速度相同

拓展答案: C

分析: 设连续两次曝光的时间间隔为 t , 记录木块位置的直尺最小刻度间隔长为 l , 由图可以看出下面木块间隔均为 $4l$, 木块匀变速直线运动, 速度 $v = \frac{4l}{t}$ 。上面木块相邻的时间间隔内, 木块的间隔分别为 $2l$ 、 $3l$ 、 $4l$ 、 $5l$ 、 $6l$ 、 $7l$, 相邻相等时间间隔 t 内的位移之差为 $\Delta l = l$ = 恒量, 所以上面木块做匀变速直线运动, 它在某段时间的平均速度等于中间时刻的瞬时速度得 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 时刻的瞬时速度分别为:

$$v_2 = \frac{2l+3l}{2t} = \frac{5l}{2t}; \quad v_3 = \frac{3l+4l}{2t} = \frac{7l}{2t}$$

$$v_4 = \frac{4l+5l}{2t} = \frac{9l}{2t}; \quad v_5 = \frac{5l+6l}{2t} = \frac{11l}{2t}$$

可见速度 $v = \frac{4l}{t}$ 介于 v_3 、 v_4 之间

解决该题首先要根据题设条件, 判断出各木块的运动规律, 然后根据运动规律判断物体的运动状态, 其中运用了做匀变速直线运动的物体在某段时间的平均速度等于中间时刻的速度这一规律。

拓展 2. 一物体沿斜面顶端由静止开始做匀加速直线运动, 最初 3 s 内的位移为 s_1 , 最后 3 s 内的位移为 s_2 , 已知 $s_2 - s_1 = 6$ m, $s_1 : s_2 = 3 : 7$, 求斜面的总长。

拓展答案: 12.5 m

分析: 题目中出现了两个 3 s, 是否运动的总时间为 6 s 呢? 假若这是连续相等的两段时间, 则位移的比必为 1:3,