

新课标



高中物理

疑难题解



主 编◎夏季云



南京师范大学出版社
NANJING NORMAL UNIVERSITY PRESS

新课标 高中物理 (必修1) 目录



高中物理 疑难问题解



主编 夏孝林 孙玲才 李文宾
副主编 郭根明 邢来赋 高文字
汪国民 肖健 马玉明



YZLI0890151049

南京师范大学出版社
NANJING NORMAL UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

新课标疑难题解. 高中物理 / 夏季云主编. — 南京:
南京师范大学出版社, 2011.12

ISBN 978-7-5651-0357-5

I. ①新… II. ①夏… III. ①中学物理课—高中—题
解 IV. ①G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 058373 号

高中
物理
疑难题解

-
- | | |
|------|---|
| 书 名 | 新课标疑难题解·高中物理 |
| 主 编 | 夏季云 |
| 责任编辑 | 蒋 亚·倪晨娟 孙 涛 |
| 出版发行 | 南京师范大学出版社 |
| 地 址 | 江苏省南京市宁海路 122 号(邮编:210097) |
| 电 话 | (025)83598077(传真)·83598412(营销部) 83598297(邮购部) |
| 网 址 | http://www.njnup.com |
| 电子信箱 | nspzbb@163.com |
| 照 排 | 南京南琳图文制作有限公司 |
| 印 刷 | 扬州市文丰印刷制品有限公司 |
| 开 本 | 787 毫米×960 毫米 1/16 |
| 印 张 | 10.25 |
| 字 数 | 207 千 |
| 版 次 | 2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷 |
| 印 数 | 1—5000 册 |
| 书 号 | ISBN 978-7-5651-0357-5 |
| 定 价 | 22.00 元 |
-

南京师大版图书若有印装问题请与销售商调换
版权所有 侵权必究

出版说明

跨入中学的大门后,你可能正面临着这样一个困惑——要记的知识点、要做的练习题是如此的多的,似乎每一个知识点、每一道练习题都是考试中的重点,都有可能被考到;更令人沮丧的是,记了那么多的知识点、背了那么多的公式、做了那么多的练习题后,解题能力仍然止步不前,题目的答案似乎一看就懂,但是让自己独自思考时却百般无法入门。怎样才能消除这个困惑?——让《新课标·疑难题解》丛书来为你指明努力的方向吧!

本丛书分数学、物理、化学、生物四个学科,共7册,初中阶段包括数学、物理、化学3册,高中阶段包括数学、物理、化学、生物4册。各分册按照新课标教材的内容划分专题,每个专题又将学习过程中遇到的疑难知识点进行细化,并融合成一道道典型的例题。每个学科大约有600道例题,每一道例题既有典型的范例作用,又有着基本的学科思想渗透和解题方法剖析,学习时可以结合自己的实际情况,有针对性地查漏补缺,借助例题的桥梁功能来帮助你从单一知识点、方法的死记硬背过渡到综合的知识记忆网络的建立,从而掌握解题的方法与技巧,提高解题的能力与效率。

《新课标·疑难题解》丛书是继《新课标·疑难全解》丛书之后,我社推出的一套集同步性、提高性、题典性为一体的学习型工具书,由部分全国重点中学的特级教师领衔倾力编写而成。本丛书既可以与着力解析学习过程中疑难问题的《新课标·疑难全解》丛书配套使用,也可以单独使用。

书海茫茫,发现本书,是你与南京师范大学出版社基础教育图书事业部结缘的第一步;选择本书,意味着你选择了我们的服务,并通过我们和名师结缘。相信你的慧眼,感谢你的信任。

南京师范大学出版社

目 录

第一～二章 运动的描述 匀变速直线运动·····	001
第三章 相互作用·····	005
第四章 牛顿运动定律·····	009
第五章 曲线运动·····	016
第六章 万有引力·····	031
第七章 机械能·····	037
第八章 静电场·····	070
第九章 恒定电流·····	083
第十章 磁 场·····	094
第十一章 电磁感应·····	128

第一~二章

运动的描述 匀变速直线运动

存在的问题

在相对运动问题中,至少涉及三个物体,为简化运动问题,学生对选择哪个物体作为参考系并不太灵活.

疑难题解答

1. 队伍长 120 m,通信员从队尾赶到排头,再返回队尾,这时队伍前进了 288 m,队伍与通信员都做匀速直线运动,则通信员共走了多少米的路程? 【导学号:12345678】

【解题难点】 通信员在运动,队伍也在运动,很容易被运动的队伍搞昏头脑,得到错解 $s=288+120+120=528(\text{m})$.

【解法指导】 两运动阶段设运动的队伍为参考系,此时队伍本身可认为是“静止”的.

【解题过程】 设通信员、队伍速度分别为 v_1, v_2 ,

$$\text{则 } \left(\frac{120}{v_1 + v_2} + \frac{120}{v_1 - v_2} \right) v_2 = 288, \text{ 解得 } \frac{v_1}{v_2} = \frac{3}{2}.$$

$$\text{因为队伍行走的路程} = \left(\frac{120}{v_1 + v_2} + \frac{120}{v_1 - v_2} \right) \times v_2 = 288 \text{ m},$$

$$\text{所以通信员行走的路程} = \left(\frac{120}{v_1 + v_2} + \frac{120}{v_1 - v_2} \right) \times v_1 = 288 \times \frac{3}{2} \text{ m} = 432 \text{ m}.$$

2. 一条船沿着笔直的河道逆流而上,在其经过一座桥时从船上掉下了一个密度很小的物体,物体落在水上立即与水具有相同的速度. 经过时间 1 h 后,船上的人发现物体丢失,立即掉转船头向回追赶. 若船的速率保持不变,不计掉转船头所用的时间,该船需要多长时间能够追赶上掉下的物体?

【解题难点】 在本题中若按照常规思路,选地面为参考系,以掉下的物体、船为研究对象,要分别写出运动方程,然后求解方程组,比较麻烦.

【解法指导】 选掉下的物体(或水)为参考系,利用相对运动进行求解,大大简化运算过程.

【解题过程】 选掉下的物体(或水)为参考系,此时物体(或水)本身可认为是“静止”的. 设从物体掉落到船上的人发现物体掉落的 1 h 时间内,船相对物体的位移大

小为 s , 船相对物体的速率为 v . 则在追赶物体的过程中, 船相对物体的位移大小也为 s , 相对速率也为 v , 因此所用的时间也应为 1 h .

3. 一辆汽车在路口等绿灯, 当绿灯亮时汽车以 3 m/s^2 的加速度开始做匀加速直线运动, 在汽车起动的同时, 一辆自行车以加速度为 2 m/s^2 , 速度为 6 m/s 从后面匀加速超过汽车, 试求:

(1) 汽车从路口起动后, 在追上自行车之前经过多长时间两车间的距离最大? 最大距离是多少?

(2) 经过多长时间汽车追上自行车? 此时汽车的速度多大?

【解题难点】 ① 追及问题中, 两物等速, 是能否相撞、追到、相距极值(极大、极小)的临界条件.

② 直线运动公式中的物理量, 计算时, 可以将所有的物理量同时以地面作为参照取值, 也可以将所有的物理量同时以任何一个匀速运动或加速运动的物体作为参照取值.

【解法指导】 该题有很多求解方法, 但用相对运动的方法求解更为简捷.

【解题过程】 选自行车为参考系, 汽车相对自行车的初速度 $v_0 = (0 - 6)\text{ m/s} = -6\text{ m/s}$, 相对加速度 $a_0 = (3 - 2)\text{ m/s}^2 = 1\text{ m/s}^2$, 所以汽车相对自行车做匀减速直线运动.

(1) 当两车相对速度为 0 时, 距离最大, 则有

$$t = \frac{v - v_0}{a_0} = \frac{0 - (-6)}{1}\text{ s} = 6\text{ s},$$

$$x = \frac{v + v_0}{2}t = \frac{0 + (-6)}{2} \times 6\text{ m} = -18\text{ m}.$$

(负号表示汽车相对自行车的位移与自行车行驶的方向相反)

(2) 因为相遇时两车间的相对位移为 0, 则

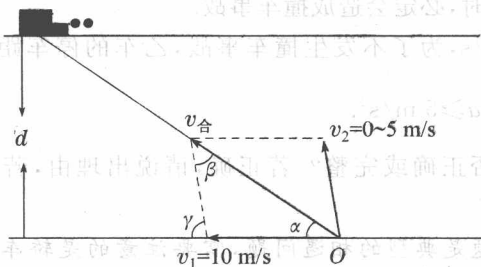
$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a_0 t^2,$$

$$\text{所以 } t = \frac{-2v_0}{a_0} = \frac{-2 \times (-6)}{1}\text{ s} = 12\text{ s}, v = at = 3 \times 12\text{ m/s} = 36\text{ m/s}.$$

4. 一辆坦克以 10 m/s 的速度沿平直的公路行驶, 在距公路 $d = 50\text{ m}$ 处有一士兵, 当他和坦克的连线与公路的夹角 $\alpha = \arctan \frac{\sqrt{2}}{4}$ 时开始沿直线匀速奔跑, 已知他奔跑的最大速度为 5 m/s .

试求: 他应向什么方向跑, 才能在最短的时间内与坦克相遇?

【解题难点】 坦克和士兵不在一条直线上运动, 学生很难利用相对运动法和等效法寻找它们的速度矢量图求解.



【解法指导】 采用相对运动法,选坦克为参考系,士兵欲在最短时间内与坦克相遇,则相对速度 $v_{\text{合}}$ 必须指向坦克,且应以最大速度奔跑。

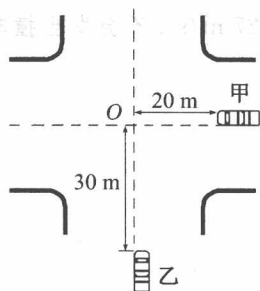
【解题过程】 以坦克为参考系,士兵“同时参与”的两个分运动的合速度 $v_{\text{合}}$ 必须指向坦克,如图.由正弦定理,有

$$\frac{v_2}{\sin \alpha} = \frac{v_1}{\sin \beta}$$

已知 $\tan \alpha = \frac{\sqrt{2}}{4}$, 即 $\sin \alpha = \frac{1}{3}$, 当 $v_2 = 5 \text{ m/s}$ 时代入上式得 $\sin \beta = \frac{2}{3}$.

故当士兵以 5 m/s 的最大速度,沿着与公路的夹角为 $\gamma = \alpha + \beta$ 的方向奔跑时,能在最短的时间内与坦克相遇,其中 $\gamma = \arcsin \frac{1}{3} + \arcsin \frac{2}{3}$.

5. 如图所示,甲、乙两辆同型号的轿车,它们外形尺寸如下表所示.正在通过十字路口的甲车正常匀速行驶,车速 $v_{\text{甲}} = 10 \text{ m/s}$,车头距中心 O 的距离为 20 m ,就在此时,乙车闯红灯匀速行驶,车头距中心 O 的距离为 30 m .



(1) 求乙车的速度在什么范围之内,必定会造成撞车事故;

(2) 若乙的速度 $v_{\text{乙}} = 15 \text{ m/s}$,司机的反应时间为 0.5 s ,为了防止撞车事故发生,乙车刹车的加速度至少要多大? 会发生撞车事故吗?

轿车外形尺寸及安全技术参数

长 l/mm	宽 b/mm	高 h/mm	最大速度/ $(\text{km} \cdot \text{h}^{-1})$	急刹车加速度/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$
3 896	1 650	1 465	144	-4~-6

某同学解答如下:

(1) 甲车整车经过中心位置,乙车刚好到达中心位置,发生撞车事故的最小速度

$v_{\text{乙} \min}$,抓住时间位移关系,有 $\frac{20 \text{ m} + l}{v_{\text{甲}}} = \frac{30 \text{ m}}{v_{\text{乙} \min}}$, $v_{\text{乙} \min} = \frac{30}{20 + 3.896} \times 10 \text{ m/s} = 12.554 \text{ m/s}$,

故当 $v_Z > 12.554 \text{ m/s}$ 时,必定会造成撞车事故.

(2) 当 $v_Z = 15 \text{ m/s}$,为了不发生撞车事故,乙车的停车距离必须小于 30 m ,即 $v_Z t_{\text{反}} + \frac{v_Z^2}{2a} \leq 30 \text{ m}$,故 $a \geq 5 \text{ m/s}^2$.

上述解答过程是否正确或完整?若正确,请说出理由,若不正确请写出正确的解法.

【解题难点】 本题是典型的相遇问题,需要注意的是轿车的长度及事故的发生(甲撞乙或乙撞甲).

【解法指导】 第(1)问中得出 $v_Z > 12.554 \text{ m/s}$ 是正确,但不完整,因为当乙车的速度很大时,乙车有可能先经过中心位置.若乙车整车先通过中心位置,即撞车的最大临界速度 $v_{Z_{\text{max}}}$, $\frac{20 \text{ m} - b}{v_{\text{甲}}} = \frac{30 \text{ m} + l + b}{v_{Z_{\text{max}}}}$, $v_{Z_{\text{max}}} = \frac{30 + 5.546}{20 - 1.65} \times 10 \text{ m/s} = 19.371 \text{ m/s}$, $12.554 \text{ m/s} < v_Z < 19.371 \text{ m/s}$ 时,必定会造成撞车事故.

第(2)种解答是错误的,如果乙车的加速度 $a \geq 5 \text{ m/s}^2$,当乙车停在中心位置时,甲车早就整车通过了中心位置.只要甲车整车通过中心位置时,乙车刚好临近中心位置时所求的加速度才是最小加速度,甲车整车所需时间 $t = \frac{20 \text{ m} + l}{v_{\text{甲}}} \approx 2.39 \text{ s}$,在这段时间里乙车刚好临近中心位置, $v_Z t_{\text{反}} + v_Z t_{\text{刹}} - \frac{1}{2} a_{\text{min}} t_{\text{刹}}^2 = 30 \text{ m}$,故 $a_{\text{min}} = 3.27 \text{ m/s}^2$.不会发生撞车事故.

甲车整车通过中心位置时,乙车刚好临近中心位置,即 $v_Z t_{\text{反}} + v_Z t_{\text{刹}} - \frac{1}{2} a_{\text{min}} t_{\text{刹}}^2 = 30 \text{ m}$	$v_Z = 15 \text{ m/s}$	$a_{\text{min}} = 3.27 \text{ m/s}^2$
---	------------------------	---------------------------------------

... 乙车刚好临近中心位置,即 $v_Z t_{\text{反}} + v_Z t_{\text{刹}} - \frac{1}{2} a_{\text{min}} t_{\text{刹}}^2 = 30 \text{ m}$...

第三章

相互作用

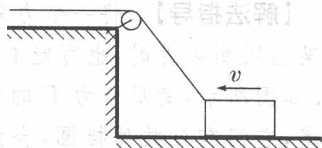
一、力的基本概念与力学中常见的三种力

存在的问题

对重力、弹力、摩擦力概念理解不清,对物体受力情况不能正确分析和计算.

疑难题解答

如图所示,用绳通过定滑轮牵引物块,使物块在水平面上从图示位置开始沿地面做匀速直线运动,若物块与地面间的动摩擦因数 $\mu < 1$,滑轮的质量及摩擦不计,则在物块运动过程中,以下判断正确的是 ()



- A. 绳子拉力将保持不变
- B. 绳子拉力将不断增大
- C. 地面对物块的摩擦力将不断减小
- D. 物块对地面的压力将不断减小

【解题难点】 本题中物块在四个力作用下保持动态平衡,四力动态平衡分析难度较大.

【解法指导】 在三力动态平衡中,如果三力中有一个力确定,另一个力方向确定,则第三个力的动态变化可用力的三角形判断.

本题中因地面的支持力 N 与摩擦力 f 满足 $f = \mu N$,如果将力 N 与力 f 合成地面作用力 F ,则 F 的方向是恒定的,与 N 的方向成 $\tan^{-1}\mu$ 角,这个角通常称为摩擦角,如图 1 所示.这样问题就转化为三力平衡,如图 2 所示,其中重力 G 为确定力,地面作用力 F 方向确定,绳的拉力 F_1 变化,可从图 2 分析得出,从而选出正确答案为 BCD.

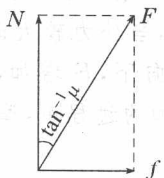


图 1

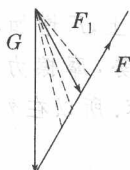


图 2

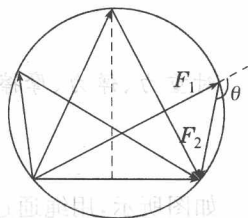
二、力的合成与分解 物体的平衡

存在的问题

不能很好地运用力的分解与合成的平行四边形法则；在平衡问题中不能将某一个物体从众多其他物体中隔离出来进行受力和计算。

疑难问题解答

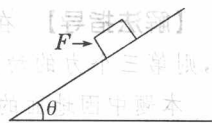
1. 将合力 F 分解为 F_1 和 F_2 两个分力，若已知 F 的大小及 F_1 与 F_2 夹角为 θ 角，且 θ 角为钝角，则当 F_1 和 F_2 大小相等时，它们的大小为_____；当 F_1 有最大值时， F_2 的大小为_____。



【解题难点】 在有解集的力的分解与合成中，运用矢量图解题有一定困难。

【解法指导】 将一个力分解成两个力，在没有附加条件时，可以有无数种解，在有某些限制条件时，也可能有解集，如果适当利用矢量三角形，解答过程将会简单清晰。如图所示，满足合力 F 的两分力 F_1 和 F_2 的夹角 θ 角为钝角的矢量三角形是一解集，它们有公共外接圆，合力 F 是该圆的一条弦，该弦所对应的圆周角均为 $\pi - \theta$ ，当 F_1 和 F_2 大小相等时 $F_1 = F_2 = \frac{F}{2\cos \frac{\theta}{2}}$ ，当 F_1 处于直径位置时最大，此时 $F_2 = F\cot(\pi - \theta) = -F\cot \theta$ 。

2. 如图，物体静止在斜面上，现用水平外力 F 推物体，在外力 F 由零逐渐增加的过程中，物体始终保持静止，物体所受摩擦力怎样变化？



【解题难点】 对静摩擦力认识不清，不能分析出在外力变化过程中摩擦力的变化。

【解法指导】 本题的关键在确定摩擦力方向。由于外力的变化物体在斜面上的运动趋势有所变化，如图 1，当外力较小时 ($F\cos \theta < mg\sin \theta$)，物体有向下的运动趋势，摩擦力的方向沿斜面向上， F 增加， f 减少。如图 2，当外力较大时 ($F\cos \theta > mg\sin \theta$)，物体有向上的运动趋势，摩擦力的方向沿斜面向下， F 增加， f 增加。当 $F\cos \theta = mg\sin \theta$ 时，摩擦力为零。所以在外力由零逐渐增加的过程中，摩擦力的变化是先减小后增加。

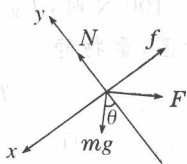


图 1

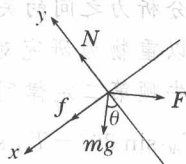


图 2

若斜面上物体沿斜面下滑,质量为 m ,物体与斜面间的动摩擦因数为 μ ,我们可以考虑两个问题巩固前面的分析方法. F 为怎样的值时,物体会保持静止.

受前面问题的启发,我们可以想到 F 的值应是一个范围.

首先以物体为研究对象,当 F 较小时,如图 3,物体受重力 mg 、支持力 N 、斜向上的摩擦力 f 和水平力 F . 物体刚好静止时,应是 F 的边界值,此时的摩擦力为最大静摩擦力,可近似看成 $f_{\text{静max}} = \mu N$ (最大静摩擦力). 如图建立坐标系,据牛顿第二定律列方程

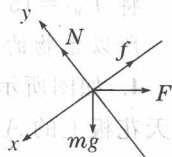


图 3

$$\begin{cases} x: mg \sin \theta - f_{\text{静max}} - F \cos \theta = 0, & \text{①} \\ y: N - mg \cos \theta - F \sin \theta = 0, & \text{②} \\ f_{\text{静max}} = \mu N, & \text{③} \end{cases}$$

$$\text{解得 } F = \frac{\sin \theta - \mu \cos \theta}{\cos \theta + \mu \sin \theta} \cdot mg.$$

当 F 从此值开始增加时,静摩擦力方向开始仍然斜向上,但大小减小,当 F 增加到 $F \cos \theta = mg \sin \theta$ 时,即 $F = mg \tan \theta$ 时, F 再增加,摩擦力方向改为斜向下,仍可以根据受力分析图 4 列出方程

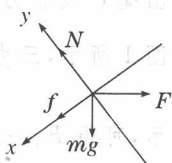


图 4

$$\begin{cases} x: mg \sin \theta + f - F \cos \theta = 0, & \text{④} \\ y: N - mg \cos \theta - F \sin \theta = 0, & \text{⑤} \end{cases}$$

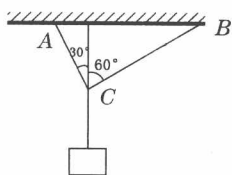
随着 F 增加,静摩擦力增加, F 最大值对应斜向下的最大静摩擦力.

$$\text{依据④、⑤式解得 } F = \frac{\sin \theta + \mu \cos \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta} \cdot mg,$$

要使物体静止 F 的值应为

$$\frac{\sin \theta - \mu \cos \theta}{\cos \theta + \mu \sin \theta} \cdot mg \leq F \leq \frac{\sin \theta + \mu \cos \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta} \cdot mg.$$

3. 如图,用绳 AC 和 BC 吊起一重物,绳与竖直方向夹角分别为 30° 和 60° ,AC 绳能承受的最大的拉力为 150 N,而 BC 绳能承受的最大的拉力为 100 N,求物体最大重力不能超过多少?



【解题难点】 常见错误:认为当 $T_{AC} = 150 \text{ N}$ 时, $T_{BC} =$

100 N,而没有认真分析力之间的关系.实际当 $T_{BC}=100\text{ N}$ 时, T_{AC} 已经超过 150 N.

【解法指导】以重物为研究对象.重物受力如图,重物静止,加速度为零.据牛顿第二定律列方程

$$T_{AC} \sin 30^\circ - T_{BC} \sin 60^\circ = 0$$

$$T_{AC} \cos 30^\circ + T_{BC} \cos 60^\circ - G = 0$$

由①式可知 $T_{AC} = \sqrt{3}T_{BC}$, 当 $T_{BC} = 100 \text{ N}$ 时, $T_{AC} = 173 \text{ N}$, AC 将断.

而当 $T_{AC}=150\text{ N}$ 时, $T_{BC}=86.6\text{ N}<100\text{ N}$,

将 $T_{AC}=150\text{ N}$, $T_{BC}=86.6\text{ N}$ 代入②式解得 $G=173.2\text{ N}$.

所以重物的最大重力不能超过 173.2 N .

4. 如图所示,在墙角处有一根质量为 m 的均匀绳,一端悬于天花板上的 A 点,另一端悬于竖直墙壁上的 B 点,平衡后最低点为 C ,测得绳长 $AC=2CB$,且 B 点附近的切线与竖直方向成 α 角,则绳在最低点 C 处的张力和 A 处的张力各多大?

【解题难点】 不能利用三力作用线交于一点的共点力平衡
解决实际问题.

【解法指导】 由于绳各部分受到重力而悬垂,因而绳上各处张力并不相同,为了求出绳 C 处张力,应“化内为外”从 C 处将绳隔离成 AC, BC 两段,对 BC 段受力分析如图 1 所示,三力交于一点,由矢量三角形可得, $F_C = \frac{mg}{3} \tan \alpha$, 对 AC 段分析如图 2

所示, 可得 $F_A = \sqrt{F_C^2 + \left(\frac{2mg}{3}\right)^2} = \frac{mg}{3} \sqrt{\tan^2 \alpha + 4}$.

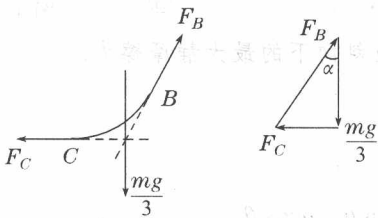


图 1

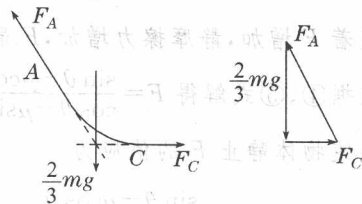


图 2

【魚叔題辭】

第四章

牛顿运动定律

存在的问题

对牛顿运动定律理解不透彻.

疑难题解答

1. 质量为 M 的楔形物体放在倾角为 θ 的固定的光滑斜面上, 楔形物体上表面与水平面平行, 其上放一质量为 m 的质点, m 与 M 间无摩擦. 求:

(1) 当 m 在 M 上运动时, m 相对于斜面的加速度的大小;

(2) 楔形物体与斜面间的作用力.

【解题难点】 m, M 的加速度是不相同的, 找到 m, M 之间的加速度关系及正确的受力分析是困难所在. 注意弹力垂直于接触面.

【解法指导】 (1) 因斜面是光滑的, M 将沿斜面无摩擦下滑, 设该方向的加速度为 a_1 , 又因 m 与 M 间无摩擦, m 仅有竖直方向的加速度, 该加速度为 a_2 . m 与 M 的受力分析如图所示. x 轴向右为正, y 轴向上为正.

对 m , 只有 y 方向受力, 故 $mg - F = ma_2$,

对 M , 在 y 方向: $Mg + F' - F_N \cos \theta = Ma_1 \sin \theta$,

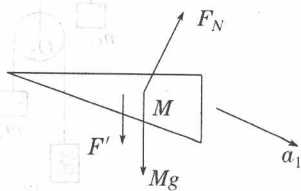
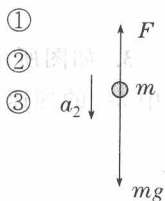
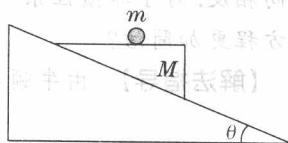
在 x 方向: $F_N \sin \theta = Ma_1 \cos \theta$,

考虑到 $F = F'$, $a_1 \sin \theta = a_2$, 解以上方程得:

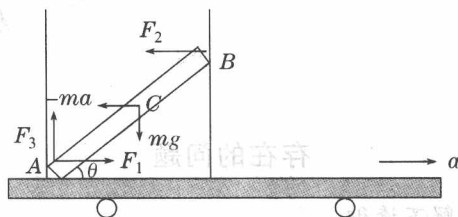
$$a_2 = \frac{(M+m)g}{M+m+M\cot^2\theta}, \text{方向竖直向下.}$$

(2) 由③式得楔形物体与斜面间作用力

$$\begin{aligned} F_N &= \frac{\cos \theta}{\sin \theta} Ma_1 \\ &= \frac{\cos \theta}{\sin^2 \theta} Ma_2 \\ &= \frac{M(M+m)g \cos \theta}{(M+m) \sin^2 \theta + M \cos^2 \theta}, \text{方向与斜面垂直.} \end{aligned}$$



2. 在一列以加速度 a 做匀加速直线运动的火车上,放置一圆柱形玻璃杯,其中放置一根质量为 m 的木棒,若木棒均匀,与杯底成 θ 角,忽略摩擦,求木棒上、下端受杯壁给的弹力各为多少?



【解题难点】 本题中木棒随杯子一起做加速运动,如果以杯为参考系,则为非惯性系,必须考虑惯性力的影响,惯性力为 $-ma$,通过木棒的质心 C ,方向与加速度的方向相反.对于非惯性系一般必须考虑惯性力矩.选取棒上的哪点做转动轴,力矩平衡方程更加简洁?

【解法指导】 由牛顿第二定律得: $F_1 - F_2 = ma$, ①

$$F_3 = mg, \quad ②$$

以杯子为参考系,惯性力为 $-ma$,如果取质心 C 为转动轴,由于惯性力对 C 点的力矩为零,得:

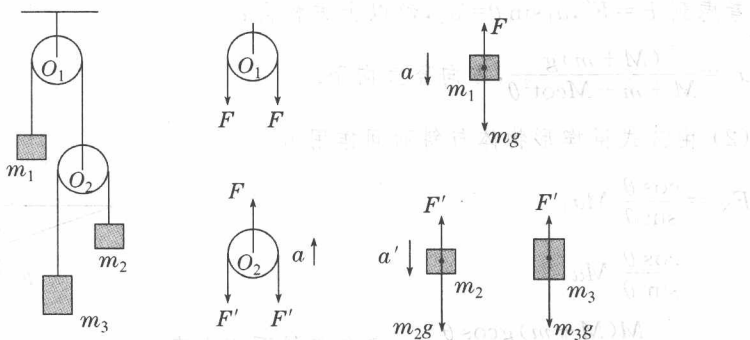
$$F_2 \frac{AB}{2} \sin \theta + F_1 \frac{AB}{2} \sin \theta - F_3 \frac{AB}{2} \cos \theta = 0, \quad \text{【动数强精】} \quad ③$$

解①②③得: $F_1 = \frac{1}{2} mg \cot \theta + \frac{1}{2} ma$, 【动数强精】

$$F_2 = \frac{1}{2} mg \cot \theta - \frac{1}{2} ma,$$

$$F_3 = mg.$$

3. 如图所示的滑轮组系统,如果忽略滑轮和细线的质量及轴处的摩擦,求此系统中 m_1 的加速度及两绳的张力 F 和 F' .



【解题难点】 本题中 m_2 和 m_3 因运动状态不同,不能看成一个整体;另外滑轮

O_2 相对地面有加速度,是非惯性系,所以牛顿第二定律不能直接引用,除非引入惯性力.

【解法指导】 设 a 为 m_1 相对于地的加速度, a' 为 m_2 相对于滑轮 O_2 的加速度, 则 m_2 相对于地的加速度为 $(a-a')$; m_3 相对于地的加速度为 $(a+a')$,

$$\text{对 } m_1 \text{ 列方程: } m_1 g - F = m_1 a \quad (1)$$

$$\text{同理对 } m_2、m_3 \text{ 列方程: } m_2 g - F' = m_2 (a - a'), \quad (2)$$

$$F' - m_3 g = m_3 (a + a'), \quad (3)$$

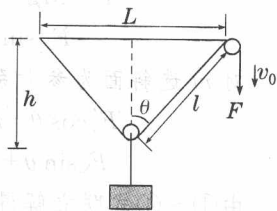
$$F = 2F', \quad (4)$$

解以上四式组成的方程组得: $a = \frac{m_1(m_2 - m_3)g}{4m_2m_3 + m_1(m_2 - m_3)}$,

$$F = m_1(g - a) = \frac{4m_1m_2m_3}{4m_2m_3 + m_1(m_2 - m_3)}g,$$

$$F' = \frac{F}{2} = \frac{2m_1m_2m_3}{4m_2m_3 + m_1(m_2 + m_3)}g.$$

4. 如图所示,用一力 F 通过两滑轮拉一质量为 m 的物体上升,其绳端以匀速 v_0 下降.定滑轮与绳固定端在同一高度,且相距 L ,用 h 表示定滑轮与动滑轮的高度差,绳子和定滑轮、动滑轮的质量均忽略不计,求 F 与 h 之间的关系.



【解题难点】 本题是已知运动情况求受力情况的问题.绳端匀速下降,但重物在上升过程中,绳与竖直方向的夹角 θ 在变化,因此重物不再做匀速运动,而是做加速运动.怎样求加速度成为难点.

【解法指导】 令 l 为定滑轮、动滑轮之间的距离,几何关系: $l^2 = h^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2$, $h =$

$$\sqrt{l^2 - \frac{L^2}{4}}, \text{ 重物上升的速率 } v \text{ 为: } v = \frac{dh}{dt} = \dot{h} = \frac{l \frac{dl}{dt}}{\sqrt{l^2 - \frac{L^2}{4}}} = \frac{l \dot{l}}{\sqrt{l^2 - \frac{L^2}{4}}},$$

$$\text{因绳的速率 } \frac{dl}{dt} = \dot{l} = v_0, \text{ 其加速度 } \ddot{l} = \frac{dv_0}{dt} = 0,$$

$$\text{所以 } a = \frac{dv}{dt} = \ddot{h} = \frac{v_0^2 h - l^2 v_0^2 / h}{h^2} = \frac{v_0^2 (h^2 - l^2)}{h^3} = -\frac{v_0^2 L^2}{4h^3},$$

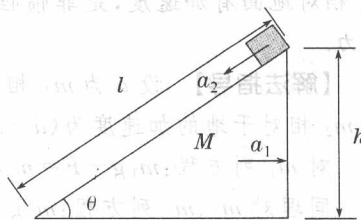
$$\text{对 } m \text{ 受力分析得: } mg - 2F \cos \theta = ma,$$

$$\text{所以 } F = \frac{m(g - a)}{2 \cos \theta} = \left(mg + \frac{mL^2 v_0^2}{4h^3} \right) \frac{\sqrt{\frac{L^2}{4} + h^2}}{2h}.$$

5. 如图所示,一质量为 M , 倾角为 θ 的斜面, 放在光滑的水平面上, 物体 m 从高为 h 处由静止开始无摩擦地滑下, 求 m 从高 h 处滑到斜面底部这一过程中:

(1) 斜面后退的距离;

(2) m 从高 h 处滑到斜面底部的瞬间, 斜面后退的速度多大?



【解题难点】 本题解题方法很多, 也可以由动量守恒定律来解, 读者不妨一试. 下面由牛顿运动定律及匀变速运动的规律来求解. 这是一已知受力情况求运动情况的问题, 关键是怎样求加速度, 需要正确选择参考系.

【解法指导】 设 M 受到地面的支持力为 F , m 与 M 之间的作用力与反作用力分别为 F_N , F'_N , 如图所示, 对 M 选水平面为参考系, 则有:

$$F - Mg - F_N \cos \theta = 0, \quad (1)$$

$$F_N \sin \theta = Ma_1, \quad (2)$$

对 m 选斜面为参考系, 则有:

$$F'_N \cos \theta - mg = -ma_2 \sin \theta, \quad (3)$$

$$F'_N \sin \theta + ma_1 = ma_2 \cos \theta, \quad (4)$$

由①~④式联立解得:

$$a_1 = \frac{mg \sin \theta \cos \theta}{M + m \sin^2 \theta},$$

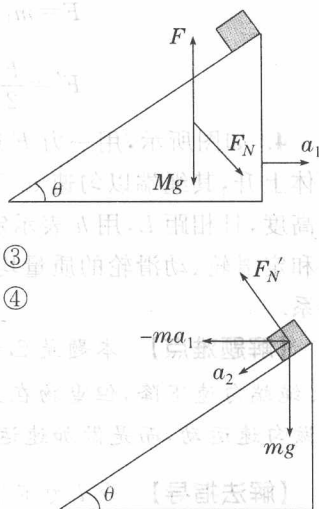
$$a_2 = \frac{(M + m) g \sin \theta}{M + m \sin^2 \theta}.$$

设 m 滑到底部的时间为 t , 则 $l = \frac{1}{2} a_2 t^2$,

$$t = \sqrt{\frac{2l}{a_2}} = \sqrt{\frac{2h}{a_2 \sin \theta}},$$

M 后退的距离为 $s = \frac{1}{2} a_1 t^2 = \frac{mh}{M + m} \cot \theta$,

在 t 秒末, M 后退的速度为 $v_M = a_1 t = mg \cos \theta \sqrt{\frac{2h}{(M + m \sin^2 \theta)(M + m)g}}$.



6. 如图所示, 固定在水平面上的斜面倾角 $\theta = 37^\circ$, 长方体木块 A 的 MN 面上钉着一颗小钉子, 质量 $m = 1.5 \text{ kg}$ 的小球 B 通过一细线与小钉子相连接, 细线与斜面垂直, 木块与斜面间的动摩擦因数 $\mu = 0.50$. 现将木块由静止释放, 木块将沿斜面下滑. 求在木块下滑的过程中小球对木

