

最新 奥林匹克竞赛 试题评析

高中物理

张大同 / 主编

最新的竞赛试题
最优的解题途径
最精的迷津指点
最佳的金牌之路



Olympic

南京师范大学出版社

最新的竞赛试题

最优的解题途径

最精的迷津指点

最佳的金牌之路

Olympic

最新
奥林匹克竞赛
试题评析
高中物理

南京师范大学出版社

张大同 / 主编

图书在版编目(CIP)数据

最新奥林匹克竞赛试题评析·高中物理 /张大同主编.
南京:南京师范大学出版社, 2002.8
ISBN 7-81047-725-0 / G·439

I. 最... II. 张... III. 物理课-高中-解题
IV. G632.479

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 057898 号

书 名	最新奥林匹克竞赛试题评析·高中物理
主 编	张大同
责任编辑	赵民初 周海忠
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)3598077(传真) 3598412(营销部) 3598297(邮购部)
E - mail	nnuniprs@public1.ptt.js.cn
照 排	江苏兰斯印务发展公司
印 刷	南京玉河印刷厂
开 本	880×1230 1/32
印 张	14.625
字 数	421 千
版 次	2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 7-81047-725-0 / G·439
定 价	16.00 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 侵犯必究



物理学既是一门重要的基础理论学科,又是一门具有广泛实际应用的科学。21 世纪国家与国家之间的竞争,实质上就是高科技的竞争、人才的竞争,而新世纪大量优秀的科技人才将来源于今天的中学生。因此在中学生中大力发现和培养优秀学生实在是一项非常重要的任务。全国中学生物理竞赛至今已经举办了 18 届,对培养学生学习物理的兴趣、激发学生学习物理的内在能动性起了很大的作用。

本书主编张大同老师是全国重点中学华东师大二附中的物理特级教师。他培养的学生分别在第 22 届、25 届、26 届、27 届、31 届、32 届国际物理奥林匹克物理竞赛中获得七枚金牌、一枚银牌,在全国物理竞赛中得的一、二等奖就更多了。他在辅导物理竞赛方面积累了丰富的经验,在全国有很高的知名度。

考虑到在全国物理竞赛的决赛中得奖的学生是极少数,即使要得到省一等奖也非常不容易,而大多数参加物理竞赛辅导的学生最后还是要通过高考才能进入大学,所以我们这本物理竞赛辅导书适当放低了起点,但最后的终点仍然是全国物理决赛。本书各章均由以下几个部分构成:【例题精析】、【本章回眸】、【专题训练】、【参考答案】。【例题精析】中分 A 类和 B 类,A 类包括比较难的高考题和比较基础的竞赛题,B 类是要求比较高的竞赛题。【专题训练】中分 A 组和 B 组,分

法同上。建议同学们在第一遍学习本书时可以先研究 A 类的例题并且做 A 组的习题,第二遍再力求把所有的习题都解出来。

参加本书编写的有:

王家祥(第 4、6、8 章);

秦利军(第 1、5、9 章);

陈 峻(第 2、3 章);

熊贇华(第 7、10 章);

全书由张大同统稿。

希望本书能给热爱物理学习的同学带来新的进步。

编 者

2002 年 8 月

目录

第 1 章 物体的平衡

◆例题精析	(1)
◆本章回眸	(28)
◆专题训练	(29)
◆参考答案	(40)

第 2 章 运动学

◆例题精析	(42)
◆本章回眸	(74)
◆专题训练	(76)
◆参考答案	(83)

第 3 章 牛顿运动定律

◆例题精析	(85)
◆本章回眸	(124)
◆专题训练	(125)
◆参考答案	(134)

第 4 章 能量与动量

◆例题精析	(138)
◆本章回眸	(173)
◆专题训练	(175)
◆参考答案	(184)

第 5 章 机械振动和机械波

◆例题精析	(187)
◆本章回眸	(214)
◆专题训练	(215)
◆参考答案	(224)

第 6 章 热学

◆例题精析	(227)
◆本章回眸	(261)
◆专题训练	(262)
◆参考答案	(273)

第 7 章 静电场

◆例题精析	(275)
◆本章回眸	(293)
◆专题训练	(295)
◆参考答案	(302)

第 8 章 电路

◆例题精析	(315)
◆本章回眸	(349)
◆专题训练	(351)
◆参考答案	(361)

第 9 章 电磁感应

◆例题精析	(363)
◆本章回眸	(390)
◆专题训练	(391)
◆参考答案	(403)

第 10 章 光学

◆例题精析	(406)
◆本章回眸	(446)
◆专题训练	(447)
◆参考答案	(457)

第1章 物体的平衡

例题精析

A组题

1. 如图1-1所示,两个重均为 10 N ,半径均为 r 的球,放在圆筒形容器中,容器的半径 $R=2r$,两球用绳子系住,用 $F<20\text{ N}$ 的力竖直向上拉,球和容器均静止,摩擦不计,则接触点 A 、 B 、 C 、 D 、 E 五处弹力情况如何?

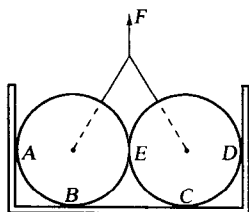


图 1-1

(上海市高中物理竞赛题)

【思路分析】

分析两接触面间有无弹力,我们可从“平衡”状态入手,假如撤去一个接触面,看另一接触面能否平衡.

解 由思路分析可知, B 、 C 、 E 三点接触面间有弹力, A 、 D 两点间无弹力.

【归纳体会】

判断相互接触的物体间是否存在弹力,我们常用力的平衡来分析.

但也有一些情况,要用到力矩平衡的知识来分析,如在图 1-2(a)中,轻杆 AB 、 CD 的一端分别用铰链固定在竖直墙壁上,两杆相接于 C 点.力 F 作用于 A 点,方向竖直向下,则 CD 杆与 AB 杆所受弹力方向如图 1-2(b)所示.若 CD 杆不是轻杆,则 CD 杆与 AB 杆所受的弹力方向如图 1-4(c)所示,倾角 α 由具体条件确定.

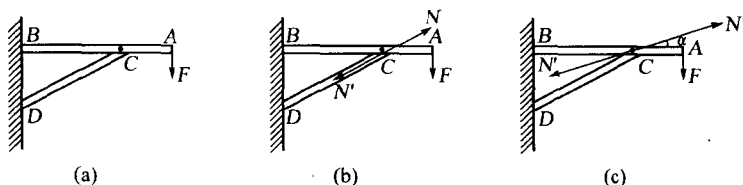


图 1-2

2. 如图 1-3(a)所示,劲度系数为 k_2 的轻质弹簧 2 竖直放在桌面上,其上端压一质量为 m 的物块.另一劲度系数为 k_1 的轻质弹簧 1 竖直地放在物块上面,其下端与物块上表面连接在一起,要想使物块在静止时,下面弹簧承受物块重力的三分之二,应将上面弹簧的上端 A 竖直向上提高多少距离?

(上海市高中物理竞赛题)

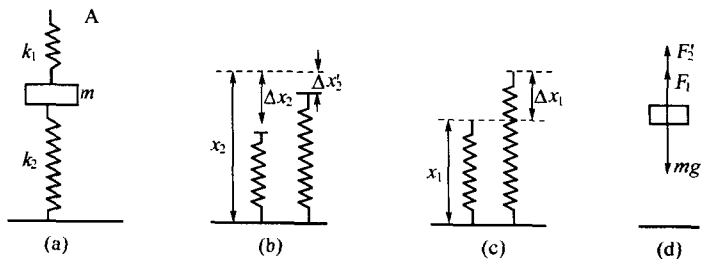


图 1-3

【思路分析】

本题是物体平衡知识与胡克定律相结合的一道例题.题目中研究对

象的受力较为复杂,要仔细审清题目条件,分析好物体受力,结合弹簧特点来进行分析.

对于弹簧 2,形变过程如图 1-3(b)所示.设原长为 x_2 ,初态时形变量为 Δx_2 ,末态时承受的力为 $\frac{2}{3}mg$,其形变量为 $\Delta x_2'$,则可知物体上升的距离应为: $\Delta x_2 - \Delta x_2'$.

对于弹簧 1,形变过程如图 1-3(c)所示,设原长为 x_1 ,受到拉力后要承担 $\frac{1}{3}mg$ 的力,形变量是 Δx_1 ,由以上分析可知,A 端上升的距离应为: $d = \Delta x_1 + \Delta x_2 - \Delta x_2'$.

解 平衡时,物体受力如图 1-3(d)所示,则可知:

$$F_1 + F_2' = mg. \quad ①$$

初态时,弹簧 2 产生的弹力:

$$F_2 = mg = k_2 \Delta x_2. \quad ②$$

末态时,弹簧 2 产生的弹力:

$$F_2' = \frac{2}{3}mg = k_2 \Delta x_2'. \quad ③$$

弹簧 1 产生的弹力:

$$F_1 = \frac{1}{3}mg = k_1 \Delta x_1. \quad ④$$

由以上分析可知:

$$d = \Delta x_1 + \Delta x_2 - \Delta x_2'. \quad ⑤$$

联立②③④⑤式,可得:

$$d = \frac{(k_1 + k_2)}{3k_1k_2} mg.$$

【归纳体会】

对于弹簧,由于可拉伸亦可压缩,分析时注意其物理过程.将较复杂的受力通过作图,明确各个小过程所对应的状态,这样就可以化难为易了.本题中,若是将条件“下面弹簧承受物块重力的三分之二”改为“下面弹簧的作用力是物块重力的三分之二”,则题目结果会有什么变化呢?

3. 如图 1-4(a)所示,相同的三个质量都为 m 的木块夹在两板间,各接触面的摩擦因数相同,在外力 F 的作用下保持静止,

- (1) 求每个接触面上的摩擦力大小.
- (2) 若使物块逐渐减小,则三个木块哪一个先运动?

(北京市高中物理竞赛题)

【思路分析】

本题牵涉到静摩擦力. 静摩擦力不能直接用公式 $f = \mu_s N$ 来计算. 我们往往利用物体所处的运动状态(平衡或加速运动)来进行计算. 有时,为了解题方便,我们会采用整体法与隔离法交替使用的方法. 问题(2)中牵涉到最大静摩擦力,最大静摩擦力 $f_0 = \mu_s N$, 其中 μ_s 是静摩擦因数. 当一个物体静止所需摩擦力 $f > f_0$ 时,就会发生滑动.

解

- (1) 先用整体法,三物体受力如图 1-4(b)所示,由于对称性,

$$f_1 = f_4 = \frac{3}{2} mg.$$

再用隔离法,以中间物体为研究对象,则受力如图 1-4(c)所示,同样可知:

$$f_2 = f_3 = \frac{1}{2} mg.$$

所以,从左至右四个面所受摩擦力分

别为: $\frac{3}{2} mg$; $\frac{1}{2} mg$; $\frac{1}{2} mg$; $\frac{3}{2} mg$.

- (2) 当 F 逐渐减小时,每个接触面之间的正压力 $N(N=F)$ 都随之减小,每个接触面上的最大静摩擦力也都随之减少. 由(1)知, f_1 和 f_4 所在接触面所需摩擦力大,最先达到最大静摩擦力,而此时 f_2 和 f_3 尚未达到最大静摩擦力. 故两边物体滑下,中间物体与它们保持相对静止. 所以,三物体同时滑下.

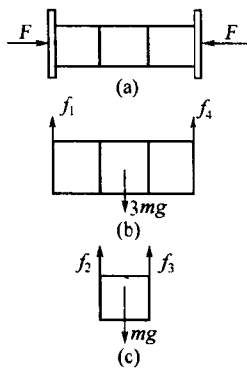


图 1-4

【归纳体会】

当遇到此类问题时,要注意合理选取研究对象.如本题两板间所夹木块改为四块、五块…… n 块时,你能利用上述方法,准确地求出每个接触面上的摩擦力吗?

4. 如图 1-5 所示,两块固定的木板 A、B 之间夹着一块长方体木块 C, C 重 6 N, A、B 对 C 的压力大小都是 $N = 10$ N, 今对 C 施一外力 F , 将 C 从两板间水平匀速拉出, 求 F 的大小和方向. 已知 C 与 A、B 之间的动摩擦因数为 0.4.

(北京市高中物理竞赛题)

【思路分析】

本题的关键是弄清楚力 F 的方向, 图 1-6 是图 1-5 从左往右看的侧视图, $2f$ 与相对运动方向相反, 物体在 $2f$ 、 F 、 mg 三个力作用下平衡. 因此, F 应是 f 与 mg 两个力的合力.

解 由题意知, 物体受力如图 1-6 所示.

$$F = \sqrt{(2f)^2 + (mg)^2}. \quad ①$$

$$\text{其中, } f = \mu N = 0.4 \times 10 = 4 \text{ N}, \quad ②$$

$$mg = 6 \text{ N}. \quad ③$$

由①②③式可知,

$$F = 10 \text{ N}.$$

设 F 与水平方向夹角为 θ , 则:

$$\tan \theta = \frac{mg}{2f} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}, \quad \therefore \theta = 37^\circ.$$

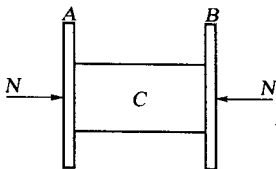


图 1-5

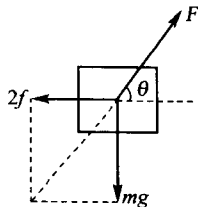


图 1-6

【归纳体会】

此题关键是要注意物体所加外力 F 与物体运动方向不在同一直线上,从而题目变化成为一道三力平衡问题. 要注意这一类问题,如: 质量为 $m = 1 \text{ kg}$ 的物体在图 1-7 所示斜面上受水平恒力 $F = 5 \text{ N}$ 的作用时,恰作匀速直线运动,则 μ 为多少? 物体运动方向如何? 和上题类似,物体在斜面上受 $f, F, mg\sin 30^\circ$ 三个力作用而处于平衡,则:

$$f = \sqrt{F^2 + (mg\sin 30^\circ)^2} = 5\sqrt{2} \text{ N}.$$

$$\mu = \frac{f}{N} = \frac{f}{mg\cos 30^\circ} = \sqrt{\frac{2}{3}}.$$

设运动方向与水平夹角为 θ , 则:

$$\tan \theta = \frac{mg\sin 30^\circ}{F} = 1, \quad \therefore \theta = 45^\circ.$$

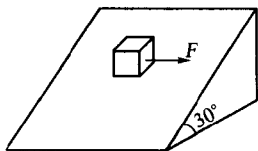


图 1-7

5. 如图 1-8 所示,两个完全相同的光滑球 A、B 的质量均为 m , 放在竖直挡板与倾角为 α 的斜面间,当静止时().
- (A) 两球对斜面的压力大小均为 $mg\cos\alpha$
 - (B) 斜面对球 A 的弹力大小为 $mg\cos\alpha$
 - (C) 斜面对球 B 的弹力大小为 $mg(1 + \sin^2\alpha)/\cos\alpha$
 - (D) 挡板对 B 球的弹力大小为 $2mg\sin\alpha$ (上海市高中物理竞赛题)

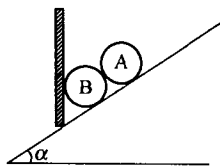


图 1-8

【思路分析】

本题是力的平衡问题,但研究对象有两个,若将 A、B 单独隔离,分析解答较为复杂. 不妨用整体法,将 A、B 看作一个整体,再结合隔离法,解题时会方便些.

解 将 A、B 看成一个整体,其受力分析如图 1-9 所示,可知挡板对 B 球弹力:

$$N_1 = 2mg \tan \alpha. \quad (1)$$

斜面对两球的弹力:

$$N_2 = \frac{2mg}{\cos \alpha}. \quad (2)$$

再分析 A 球受力,如图 1-10 所示,可知斜面对 A 球的支持力:

$$N_A = mg \cos \alpha. \quad (3)$$

B 球对 A 球的弹力:

$$N_{BA} = mg \sin \alpha. \quad (4)$$

设斜面对 B 球弹力为 N_B ,则有:

$$N_2 = N_A + N_B. \quad (5)$$

则由②③⑤式可知.

$$N_B = N_2 - N_A = \frac{mg(1 + \sin^2 \alpha)}{\cos \alpha}.$$

综上所述,本题答案为(B)(C).

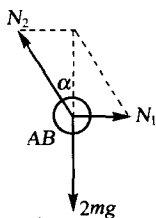


图 1-9

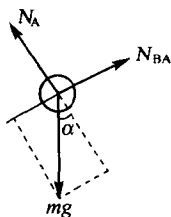


图 1-10

【归纳体会】

同前面例 4 相似,在力的平衡中,当有较多研究对象时,我们往往会采取整体法与隔离法相结合来分析问题.分析系统所受外力时,我们常用整体法,分析系统内各部分作用力时,我们常用隔离法.若本题中研究对象是三个小球时,你能仿照上述方法,分析出各处所受力的大小吗?

6. 两均匀杆 AB 和 CD , 长均为 L , 重均为 G , AB 杆的 A 端用铰链固定在墙壁上, 其 B 端与 CD 杆的 C 端用铰链连接在一起, 使两根杆均可在竖直平面内转动. 现于杆上某点施一竖直向上的力, 使 AB 杆和 CD 杆都保持水平, 那么施力的作用点到杆的 A 端的距离为多少? 所施力的大小为多少?

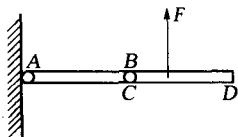


图 1-11

(上海市高中物理竞赛题)

【思路分析】

本题是一道力矩平衡的问题, 研究对象为两根杆子, 两根杆子都要符合力矩平衡条件. 与力的平衡中的问题类似, 我们也采用整体法和隔离法相结合的方法, 根据力矩平衡条件来解决此类问题.

解 设所施加的力为 F , 它到 A 点的距离为 x , 则取整体为研究对象, 以 A 点为转轴, 得:

$$Fx = G \cdot \frac{L}{2} + G \cdot \frac{3}{2}L. \quad (1)$$

再以 CD 杆为研究对象, 以 B 点为转轴, 得:

$$F \cdot (x - L) = G \cdot \frac{L}{2}. \quad (2)$$

由①②可知: $F = \frac{3}{2}G$, $x = \frac{4}{3}L$.

【归纳体会】

采用整体法与隔离法不仅可以解决力的平衡问题, 在力矩平衡、牛顿定律等问题中也是相当有效的方法, 要能够熟练应用.

7. 如图 1-12 所示, AB 棒与 BC 棒用光滑的铰链铰在 B 点, A 、 C 也用光滑的铰链铰于墙上, BC 棒水平, AB 棒成 45° , 两棒等长等重, 每根棒重 $G = 10 \text{ N}$, 求两棒在 B 点的作用力的大小及方向.

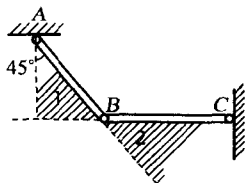


图 1-12

(上海市高中物理竞赛题)