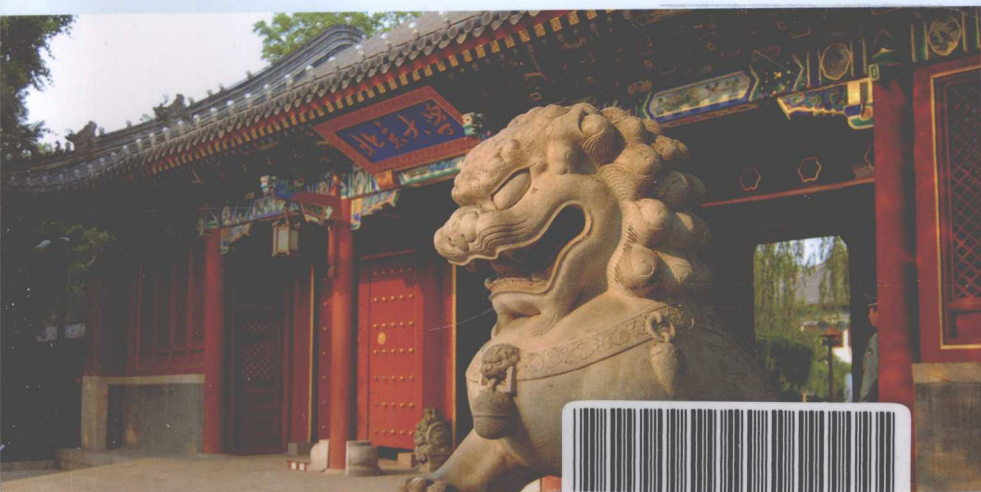


总主编◎徐丰

中国高校 自主招生联考 应试指南



YZLI0890160492

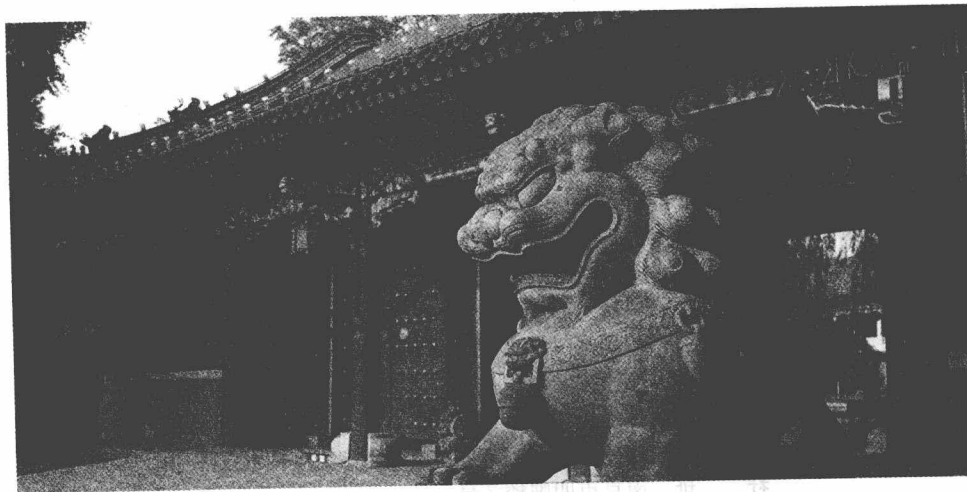
全国 10 所高中名校自主招生辅导班教师联袂编写
“北约”“华约”“工科联盟”旗下 7 所院校参与审定
全国 28 所重点高中强化班推荐使用

物理

Oxbridge
津桥文教

总主编◎徐丰

中国高校 自主招生联考 应试指南



本册主编 尹白顺



YZLI0890160492

物理

 东南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国高校自主招生联考应试指南. 物理/津桥书局主编.

南京:东南大学出版社,2011.9

ISBN 978-7-5641-2665-0

I. ①中… II. ①津… III. ①物理课—高中—升学
参考资料 IV. ①G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 030373 号



书 名 中国高校自主招生联考应试指南. 物理
出版发行 东南大学出版社
经 销 各地新华书店
出 版 人 江建中
社 址 南京市四牌楼 2 号
邮 编 210096
印 刷 者 南京新洲印刷有限公司
开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16
总 印 张 58
总 字 数 1160 千字
版 次 2011 年 9 月第 1 版第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5641-2665-0
定 价 140.00 元(共 5 册)

东大版图书若有印装质量问题,请直接联系读者服务部,电话:025-83794332。

Contents

目录

第一讲	力和力的平衡	1
第二讲	物体的运动	9
第三讲	牛顿运动定律	16
第四讲	圆周运动 万有引力	23
第五讲	动量 能量	33
第六讲	机械振动 机械波	53
第七讲	分子运动论 气体的性质	64
第八讲	静电场	81
第九讲	恒定电流	93
第十讲	磁场 电磁感应	109
第十一讲	光的反射和折射	132
第十二讲	原子 原子核	142
参考答案		153

力和力的平衡

关键点拨

(一) 力学中常见的几个力

1. 重力

重力是万有引力的一种体现. 大小 $G=mg$, 方向竖直向下.

2. 弹力、胡克定律

(1) 弹力

物体在外力作用下发生形变时所产生的反抗形变的力叫弹力.

(2) 胡克定律

在弹性限度内, 弹簧的弹力(f_T)与弹簧的伸长(或压缩)成正比, 并且总是指向恢复原长的方向. 表达式为: $f_T=kx$; 式中 x 为弹簧的形变量, 等于当时的长度与形变前的长度(又称自由长度)之差.

3. 摩擦的规律

(1) 静摩擦力不能超过某一个最大值 f_{0m} , 这个最大静摩擦力与接触面间的压力成正比, 与接触面积无关. 即: $f_{0m}=\mu_0 N$. μ_0 为接触面间的静摩擦因数, 只由两接触面间的情况共同决定. 在将要滑动之前的静摩擦力都与压力(本部分中压力用符号 N 表示, 也常用符号 F_N 表示)无关, 而且 $f_0 \leq f_{0m}$!

(2) 滑动摩擦力与接触面积无关, 与当时接触面间的压力成正比. 即: $f=\mu N$, μ 为接触面间的动摩擦因数.

(3) 物体间的摩擦力, 总是阻碍相对运动或相对运动趋势.

(二) 共点力的合成与分解

1. 共点力的合成与分解遵循平行四边形法则.

2. 一般平行四边形的合力与分力的求法: 可以用数学方法(如余弦定理、正弦定理和三角形相似等)求合力的大小和方向.

3. 力的分解一般按实际效果分解, 也可以按需要进行正交分解运算.

(三) 隔离法与整体法

1. 隔离法: 当物体对象有两个或两个以上时, 有必要各个击破, 逐个将每个物体隔离开来分析处理, 称隔离法.

在处理各隔离方程之间的联系时, 应注意相互作用力的大小和方向关系.

2. 整体法: 当各个物体均处于平衡状态时, 我们可以不顾个体的差异而讲多个对象看成一个整体进行分析处理, 称整体法.

应用整体法时应注意“系统”、“内力”和“外力”的涵义.

(四) 微元法

微元法是分析、解决物理问题中的常用方法, 也是从部分到整体的思维方法. 用该方

法可以使一些复杂的物理过程用我们熟悉的物理规律迅速地加以解决,使所求的问题简单化.在使用微元法处理问题时,需将其分解为众多微小的“元过程”,而且每个“元过程”所遵循的规律是相同的,这样,我们只需分析这些“元过程”,然后再将“元过程”进行必要的数学方法或物理思想处理,进而使问题求解.使用此方法会加强我们对已知规律的再思考,从而起到巩固知识、加深认识和提高能力的作用.

(五) 物体的平衡

1. 特征:质心无加速度.
2. 条件: $\sum F = 0$, 或 $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0$

(六) 转动平衡

1. 特征:物体无转动加速度.
2. 条件: $\sum M = 0$, 或 $\sum M_+ = \sum M_-$

如果物体静止,肯定会同时满足两种平衡,因此用两种思路均可解题.

3. 非共点力的合成

大小和方向:遵从一条直线矢量合成法则.

作用点:先假定一个等效作用点,然后让所有的平行力对这个作用点的力矩和为零.

4. 一般物体的平衡条件

此处所谈的“一般物体”是指没有固定转动轴物体.

对一个“一般物体”来说,作用在它上面的力的合力为零,对任意一点的力矩之和为零时,物体才能处于平衡状态.也就是说必须一并具有或满足下面两个关系式:

$$\begin{cases} \sum M = 0 (\text{对任意一点}) \\ \sum F = 0 \end{cases}$$

(七) 流体静力学

流体是液体和气体的统称,它们的共同特点,是组成物体的物质容易发生相对移动,从而具有流动性.

1. 静止流体的压强

地面附近的所有流体都要受到重力作用,于是容器中的流体都要尽可能地向下运动,器壁却将它们约束在一定的范围内,这就使流体内的任何相邻部分都要互相排斥挤压.于是,流体自身的流动性和重力作用(外因)相结合,就使静止流体中的任何一点处都存在着指向各个方向的压强,而且深度越大的地方,这种压强越大.

这种因重力作用而在静止流体中产生的压强,叫流体的静压强.

对均匀液体而言,静压强: $p = \rho gh$, ρ 为液体的密度, h 为液体中所求压强处的深度, g 为当地的重力加速度.

2. 液体传递压强的规律——帕斯卡定律:被封闭的液体总要把外力对它产生的压强大小不变地向各个方向传递.

3. 静止液体产生浮力的规律——阿基米德原理

浸入流体中的物体受到的浮力总是竖直向上的,其力线通过被物体排开的那部分流体在原处时的重心,其大小等于那部分流体的重量.其表达式为: $F = \rho g V_{\text{排}}$; 式中 ρ 为被

排开的那部分流体的密度, g 为当地的重力加速度, $V_{\text{排}}$ 是被排开流体的体积.

注意:

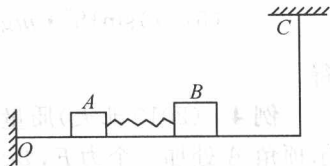
① 浮力的本质是静止流体对浸入物的压力之合力.

② 不要把浮力计算式 ($F = \rho g V_{\text{排}}$) 中的 ρ 误认为是浸入物的密度; 不要把 $V_{\text{排}}$ 误认为被浸入物的总体积.

③ $p = \rho gh$ 、 $F = \rho g V_{\text{排}}$ 只适用于物体与流体都保持静止的情况, 或者, 只有当浸入物在静止流体中运动的速度很小, 或二者运动的速度都很小时, 才可以用这两个式子去计算.

真题解析

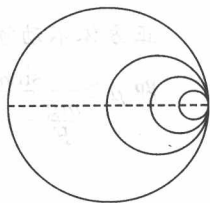
例 1 (复旦大学 2007 年自主招生试卷) 如图质量分别为 m_1 和 m_2 的物体 A、B 静止在光滑水平板上, 其间有一被压缩的轻弹簧, 长板可以绕 O 轴转动, 另一端用细绳悬于 C 点. 现将弹簧释放, 在 A、B 分别滑向板端的过程中, 细绳上的拉力



- ()
- A. 增大
B. 不变
C. 减小
D. 缺条件, 无法确定

【解析】 B. 因为两物块等效质心的位置保持不变.

例 2 (2009 同济) 如图所示, 无穷多个质量均匀分布的圆环, 半径依次为 R 、 $\frac{R}{2}$ 、 $\frac{R}{4}$ 、 $\frac{R}{8}$... 相切于一个公共点, 则该系统的质心距半径为 R 的最大圆的圆心距离为_____.



【解析】 以右切点为坐标原点, 向左为 x 轴, 则从大到小各环的质量依次为 m 、 $\frac{m}{2}$ 、 $\frac{m}{4}$ 、 $\frac{m}{8}$..., 各环对应的质心坐标分别为 R 、 $\frac{R}{2}$ 、 $\frac{R}{4}$ 、 $\frac{R}{8}$...

$\frac{R}{8}$...

故

$$x = \frac{mR + \frac{mR}{4} + \frac{mR}{16} + \dots}{m + \frac{m}{2} + \frac{m}{4} + \dots} = \frac{2}{3}R.$$

因而系统质心距半径为 R 的大圆的圆心距离为

$$R - \frac{2R}{3} = \frac{R}{3}.$$

例 3 (2008 上海交大) 质量为 80 kg 的人沿如图 1 所示的梯子从底部向上攀登, 梯子质量为 25 kg, 顶角为 30° . 已知 AC 和 CE 都为 5 m 长且用铰链在 C 点处相连. BD 为一段轻绳, 两端固定在梯子高度一半处. 设梯子与地面的摩擦可以忽略, 求在人向上攀登过程中轻绳中张力的变化规律.

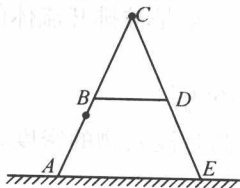


图 1

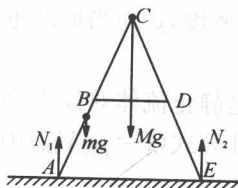


图 2

【解析】 设梯子的质量为 M , 人的质量为 m . 当人爬离 A 点的距离为 x 时, 有

$$N_1 + N_2 - mg - Mg = 0.$$

以 A 为轴, 梯子为研究对象, 有

$$x \cos 75^\circ mg + \overline{AC} \cos 75^\circ Mg - 2 \overline{AC} \cos 75^\circ N_2 = 0,$$

其中

$$\overline{AC} = 5 \text{ m}.$$

设绳中张力为 T , 以 C 为轴, 左侧梯子为对象, 有

$$(5-x) \sin 15^\circ \cdot mg + \frac{5}{2} \cos 15^\circ \cdot T + \frac{Mg}{2} \cdot \frac{5}{2} \sin 15^\circ - 5 \sin 15^\circ \cdot N_1 = 0,$$

得

$$T = (125 + 60x) \tan 15^\circ.$$

例 4 (2010 北大) 质量为 m 的正方体放在水平面上, 现在如图所
示顶角 A 处加一个力 F , 要求物体能被推倒但不滑动, 动摩擦因数 μ 至
少多大? 此种情况下 F 的大小又如何?

【解析】 正方体翻转至 AC 连线与水平方向夹角 θ 时, 设此时 A
处拉力 F 与竖直方向成 α 角, 并设 $AC = L$, 则

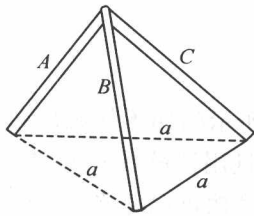
$$mg \cdot \frac{l}{2} \cos \theta = F \cos \alpha \cdot l \cos \theta + F \sin \alpha \cdot l \sin \theta,$$

正方体不动须满足: $\mu(mg - F \cos \alpha) \geq F \sin \alpha$,

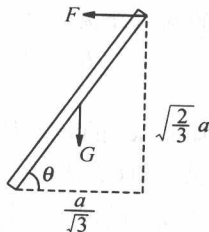
$$\begin{aligned} \text{即 } \mu &\geq \frac{\sin \alpha}{\frac{mg}{F} - \cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\frac{2 \cos \alpha \cdot \cos \theta + 2 \sin \alpha \sin \theta}{\cos \alpha} - \cos \alpha} \\ &= \frac{1}{\cot \alpha + 2 \tan \theta}. \end{aligned}$$

显然 θ 增大时 $(\cot \alpha + 2 \tan \theta)$ 也增大, α 减小时 $(\cot \alpha + 2 \tan \theta)$ 也减小. 故极端情况取 θ
为最小值, α 取最大值, 即取 $\theta = 45^\circ$, $\alpha \rightarrow 90^\circ$, 得 $\mu \geq 0.5$, 此种情况下 $F_m = \frac{mg}{2}$.

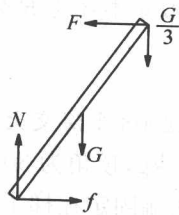
例 5 (2009 清华) 如图(a)所示, 三根重均为 G 、长均为 a 的相同均匀木杆(其直径
 $d \ll a$) 对称地靠在一起, 三木杆底端间均相距 a , 求: (1) A 杆顶端所受作用力的大小和方



(a)



(b)



(c)

向;(2)若有重为 G 的人坐在 A 、 B 、 C 三杆的顶端,则 A 杆顶端所受作用力的大小和方向如何?(设杆和地面的动摩擦因数 $\mu=0.5$)

【解析】 由于(1)、(2)两问中情况完全对称,所以每杆顶端所受作用力 F 应在同一水平面上,且互交 120° .

(1) 如图(b)所示,由杆的力矩平衡: $F\sqrt{\frac{2}{3}}a = G\frac{a}{2\sqrt{3}}$,

$$F = \frac{G}{2\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{4}G.$$

点评: 注意杆与地面夹角 $\theta \neq 60^\circ$.

(2) 如图(c),重为 G 的人坐在顶端后,每杆受力 $\frac{G}{3}$,由杆的力矩平衡:

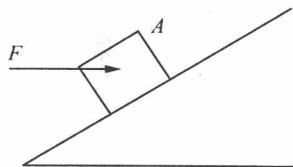
$$F\sqrt{\frac{2}{3}}a = \frac{G}{3}\frac{a}{\sqrt{3}} + G\frac{a}{2\sqrt{3}}, F = \frac{5}{12}\sqrt{2}G.$$

点评: 此时地面对杆最大静摩擦力 $f_m = \mu N = 0.5 \times \frac{4}{3}G = \frac{2}{3}G$. 因为 $f = F = \frac{5}{12}\sqrt{2}a < \frac{2}{3}G$, 所以坐人后三根杆仍保持平衡.

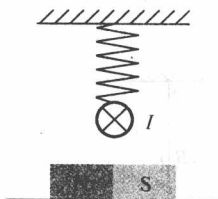
模拟训练

1. (复旦大学 2007 年自主招生试卷) 如图所示, 水平力 F 作用于静止在斜面上的物体 A , 若 F 逐渐增大, A 仍保持静止状态, 则物体 ()

- A. 所受合力逐渐增大
B. 所受斜面摩擦力逐渐增大
C. 所受斜面弹力逐渐增大
D. 所受斜面摩擦力逐渐减小



(第 1 题)



(第 2 题)

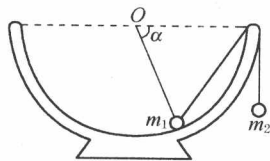
2. (2010 年上海理综) 如图所示, 水平桌面上放置一根条形磁铁, 磁铁中央正上方用绝缘弹簧悬挂一水平直导线, 并与磁铁垂直. 当直导线中通入图中所示方向的电流时, 可以判断出 ()

- A. 弹簧的拉力增大, 条形磁铁对桌面的压力减小
B. 弹簧的拉力减小, 条形磁铁对桌面的压力减小
C. 弹簧的拉力增大, 条形磁铁对桌面的压力增大
D. 弹簧的拉力减小, 条形磁铁对桌面的压力增大

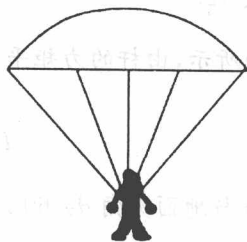
3. 如图所示, 一个半球形的碗放在桌面上, 碗口水平, O 点为其球心, 碗的内表面及碗口是光滑的. 一根细线跨在碗口上, 线的两端分别系有质量为 m_1 和 m_2 的小球, 当它们处于平衡状态时, 质量为 m_1 的小球与 O 点的连线和水平线的夹角为 $\alpha = 60^\circ$. 两小球

的质量之比 $\frac{m_2}{m_1}$ 为 ()

- A. $\frac{\sqrt{3}}{3}$ B. $\frac{\sqrt{2}}{3}$ C. $\frac{\sqrt{3}}{2}$ D. $\frac{\sqrt{2}}{2}$



(第3题)



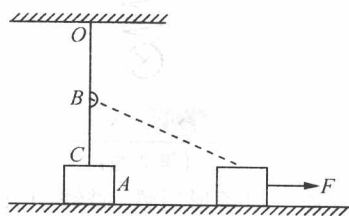
(第4题)

4. 跳伞运动员打开伞后经过一段时间,将在空中保持匀速降落,已知运动员和他身上装备的总重力为 G_1 ,圆顶形降落伞伞面的重力为 G_2 ,有 12 条相同的拉线(拉线重力不计),均匀分布在伞面边缘上,每根拉线和竖直方向都成 30° 角. 则每根拉线上的张力大小为 ()

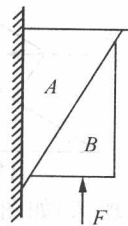
- A. $\frac{\sqrt{3}G_1}{18}$ B. $\frac{\sqrt{3}(G_1+G_2)}{18}$ C. $\frac{G_1+G_2}{12}$ D. $\frac{G_1}{6}$

5. 如图所示, OC 为一遵循胡克定律的轻绳,其一端固定于天花板上的 O 点,另一端与静止在动摩擦因数恒定的水平地面上的滑块 A 相连,当绳处于竖直位置时滑块 A 对地面有压力作用, B 为紧挨绳的一光滑水平小钉,它到天花板的距离 BO 等于弹性绳的自然长度,现用一水平力 F 作用于 A ,使之向右做直线运动,在运动过程中,作用于滑块 A 的滑动摩擦力(绳一直处于弹性限度以内)将 ()

- A. 逐渐增大 B. 逐渐减小
C. 保持不变 D. 条件不足,无法判断



(第5题)



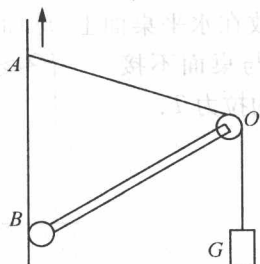
(第6题)

6. 如图所示,物体 A 靠在竖直墙面上,在力 F 作用下, A 、 B 保持静止. 物体 B 的受力个数为 ()

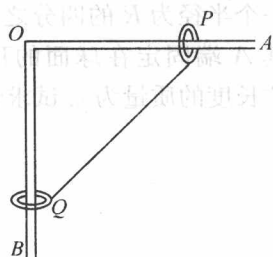
- A. 2 B. 3 C. 4 D. 5

7. 如图所示,轻杆 BO 一端装在铰链上,铰链固定在竖直墙上,另一端装一轻滑轮,重为 G 的物体用细绳经滑轮系于墙上 A 点,系统处于平衡状态,若将 A 点沿竖直墙向上缓慢移动少许,设法使系统重新平衡,则细绳所受力 F_T 和轻杆所受压力 F_N 大小变化情况是 ()

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



(第7题)

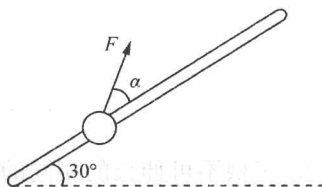


(第8题)

8. 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 , 两球质量均为 m , 两环间由一根质量可忽略、不可伸长的细绳相连, 并在某一位置平衡(如图所示). 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比较, AO 杆对 P 环的支持力 N 和细绳上的拉力 T 的变化情况是 ()

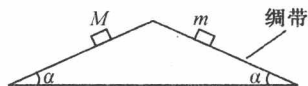
- A. N 不变, T 变大
B. N 不变, T 变小
C. N 变大, T 变大
D. N 变大, T 变小

9. (2010 年上海高考物理) 如图, 固定于竖直平面内的粗糙斜杆, 与水平方向夹角为 30° , 质量为 m 的小球套在杆上, 在大小不变的拉力作用下, 小球沿杆由底端匀速运动到顶端. 为使拉力做功最小, 拉力 F 与杆的夹角 $\alpha =$ _____, 拉力大小 $F =$ _____.

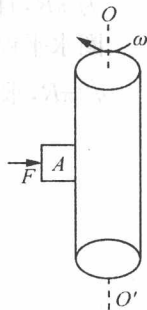


10. (2011 年江苏) 如图所示, 倾角为 α 的等腰三角形斜面固定在水面上, 一足够长的轻质绸带跨过斜面的顶端铺放在斜面的两侧, 绸带与斜面间无摩擦. 现将质量分别为 $M, m (M > m)$ 的小物块同时轻放在斜面两侧的绸带上. 两物块与绸带间的动摩擦因数相等, 且最大静摩擦力与滑动摩擦力大小相等. 在 α 角取不同值的情况下, 下列说法正确的有 ()

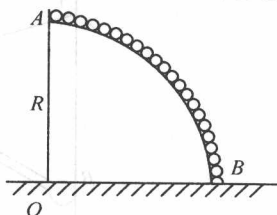
- A. 两物块所受摩擦力的大小总是相等
B. 两物块不可能同时相对绸带静止
C. M 不可能相对绸带发生滑动
D. m 不可能相对斜面向上滑动



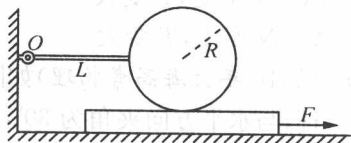
11. 有一半半径为 $r = 0.2 \text{ m}$ 的圆柱体绕竖直轴 OO' 以 $\omega = 9 \text{ rad/s}$ 的角速度做匀速转动. 今用力 F 将质量为 1 kg 的物体 A 压在圆柱侧面, 使其以 $v_0 = 2.4 \text{ m/s}$ 的速度匀速下降. 若物体 A 与圆柱面的摩擦因数 $\mu = 0.25$, 求力 F 的大小. (已知物体 A 在水平方向受光滑挡板的作用, 不能随轴一起转动)



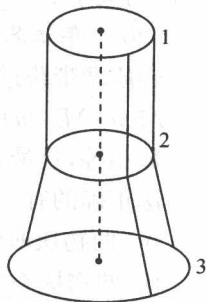
12. 如图所示, 一个半径为 R 的四分之一光滑球面放在水平桌面上, 球面上放置一光滑均匀铁链, 其 A 端固定在球面的顶点, B 端恰与桌面不接触, 铁链单位长度的质量为 ρ . 试求铁链 A 端受的拉力 T .



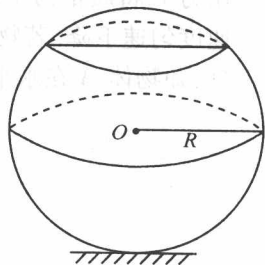
13. 如图所示, 一个半径为 R 的均质金属球上固定着一根长为 L 的轻质细杆, 细杆的左端用铰链与墙壁相连, 球下边垫上一块木板后, 细杆恰好水平, 而木板下面是光滑的水平面. 由于金属球和木板之间有摩擦 (已知动摩擦因数为 μ), 所以要将木板从球下面向右抽出时, 至少需要大小为 F 的水平拉力. 试问: 现要将木板继续向左插进一些, 至少需要多大的水平推力?



14. 三根不可伸长的相同的轻绳, 一端系在半径为 r_0 的圆环 1 上, 彼此间距相等, 绳穿过半径也为 r_0 的圆环 2, 另一端同样等间距地系在半径为 $2r_0$ 的圆环 3 上, 三个圆环环面平行. 环心在同一竖直线上, 如图所示. 环 1 固定在水平面上, 整个系统处于平衡状态, 试求第 2 个环中心与第 3 个环中心之间的距离 (三个环都是用相同的金属丝制作的, 摩擦不计).



15. 半径为 R 的光滑球固定在水平桌面上, 有一质量为 M 的圆环状均匀弹性绳圈, 原长为 πR , 且弹性绳圈的劲度系数为 k , 将弹性绳圈从球的正上方轻放到球上, 使弹性绳圈水平停留在平衡位置上, 如图所示, 若平衡时弹性绳圈长为 $\sqrt{2}\pi R$, 求弹性绳圈的劲度系数 k .



第二讲 物体的运动

关键点拨

(一) 参考系

1. 参考系: 固连于参照物上的坐标系(解题时要记住所选的是参照系, 而不仅是一个点)

2. 分类:

(1) 惯性参考系: 加速度为零的参考系, 牛顿运动定律成立.

(2) 非惯性参考系: 加速度不为零的参考系, 牛顿运动定律不成立.

3. 应用技巧:

(1) 巧妙选择合适的物体作为参考系, 解题更方便、简捷.

(2) 选取有加速度的物体作为非惯性系时, 必须引入虚拟的、效果力称为惯性力, 牛顿定律才成立. $F_{\text{惯}} = -ma$, 包括惯性力在内的牛顿定律: $F_{\text{合}} + F_{\text{惯}} = ma_{\text{非}}$

(二) 相对运动

相对运动: 设物体 1 对地的运动速度为 v_1 , 对地的加速度为 a_1 ; 物体 2 对地的运动速度为 v_2 , 对地的加速度为 a_2 , 则以物体 2 为参考系, 有:

$$v_{1\text{对}2} = v_1 - v_2; v_{1\text{对}2} = -v_{2\text{对}1}$$

$$a_{1\text{对}2} = a_1 - a_2 \text{ (矢量式)}$$

(三) 运动的描述

1. 位置: $r = r(t)$

2. 位移: $\Delta r = r(t + \Delta t) - r(t)$

3. 速度: $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt}$. 在大学教材中表述为: $v = dr/dt$, 表示 r 对 t 求导数

4. 加速度 $a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$

5. 以上是运动学中的基本物理量, 也就是位移、位移的一阶导数、位移的二阶导数. 可是三阶导数为什么不是呢? 因为牛顿第二定律是 $F = ma$, 即直接和加速度相联系. (a 对 t 的导数叫“急动度”)

(四) 曲线运动

1. 曲线运动的加速度

(1) 法向加速度 a_n : 描述速度方向的改变率, $a_n = \frac{v^2}{\rho} = \frac{F_n}{m}$, 其中 ρ 叫做曲线上该点相切圆的半径, 称曲率半径.

(2) 切向加速度: 描述速度大小的改变率, $a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{F_t}{m}$.

2. 平抛运动

处理方法: 正交分解法、斜分解法

3. 斜抛运动

常见的处理方法

(1) 将斜上抛运动分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的竖直上抛运动.

(2) 将沿斜面 and 垂直于斜面方向作为 x 、 y 轴, 分别分解初速度和加速度后用运动学公式解题.

(3) 将斜抛运动分解为沿初速度方向的斜向上的匀速直线运动和自由落体运动两个分运动, 用矢量合成法则求解.

4. 圆周运动

(1) 角位移: $\theta = \theta(t)$, 角速度: $\omega = \frac{d\theta}{dt}$, 角加速度: $\beta = \frac{d\omega}{dt}$ (2) 匀角速转动: $\theta = \omega \cdot t$ (3) 匀变速转动: $\omega = \omega_0 + \beta \cdot t$

真题解析

例1 (2010年北京大学等3校自主招生考试题)物体做斜抛运动. (1) 抛出速度 v 与水平面夹角为 θ , 求落回抛出平面时与抛出点的距离. (2) 若人以 v_0 抛出一个球, 落回抛出平面时与抛出点的距离为 L , 求抛出速度的最小值, 以及此时的 θ .

【解析】 (1) $t = \frac{2v\cos\theta}{g}$, $s = v\sin\theta \times t = \frac{v^2 \sin 2\theta}{g}$.

(2) $L = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$ 当 $\sin 2\theta = 1$, 即 $\theta = 45^\circ$ 时, v_0 最小, 最小值为 $v_{0\min} = \sqrt{gL}$

例2 (复旦大学2009年自主招生试卷)一火箭竖直向上发射, 在开始的30秒内以 18 m/s^2 的加速度推进, 然后关闭推进器, 继续上升一段距离后又落返地面, 则火箭上升的最大高度和整个飞行时间分别为 ()

A. $1.5 \times 10^4 \text{ m}$, 123.6 sB. $2.3 \times 10^4 \text{ m}$, 153.6 sC. $1.5 \times 10^4 \text{ m}$, 68.5 sD. $2.3 \times 10^4 \text{ m}$, 123.6 s

【解析】 分段计算

在开始的30秒内: $a = 18 \text{ m/s}^2$, $v = at_1 = 540 \text{ m/s}$, $h_1 = at_1^2/2 = 8100 \text{ m}$,关闭推进器直到到达最高点: $t_2 = v/g = 54 \text{ s}$, $h_2 = v^2/2g = 14580 \text{ m}$,火箭上升的最大高度为: $H = h_1 + h_2 = 2.3 \times 10^4 \text{ m}$,从最高点到落地的时间: 由 $H = at_3^2/2$, 得 $t_3 = 68 \text{ s}$.整个飞行时间为 $t = t_1 + t_2 + t_3 = 153.6 \text{ s}$ 答案选 B

例3 (复旦大学2007年自主招生试卷)一物体静止在光滑水平面上, 先对物体施加一水平向右的恒力 F_1 , 经过时间 t 秒后撤去 F_1 , 立即再对它施加一水平向左的恒力 F_2 , 又经过时间 t 秒后物体回到出发点. 在这一过程中, 力 F_1 与 F_2 的大小关系是 ()

A. $F_2 = F_1$ B. $F_2 = 2F_1$ C. $F_2 = 3F_1$ D. $F_2 = 5F_1$ 【解析】 两个力作用下经历的位移大小 s 相等,

$$s = \frac{1}{2} \left(\frac{F_1}{m} \right) t^2 = vt + \frac{1}{2} \left(\frac{F_2}{m} \right) t^2$$

$$v = -\frac{F_1}{m}t$$

由上两式得, $\frac{1}{2}F_1 = -F_1 + \frac{1}{2}F_2$, 即 $F_2 = 3F_1$. 答案选 C.

例 4 (复旦大学 2007 年自主招生试卷) 一物体以 v_A 从 A 点出发做匀变速直线运动, 经过时间 t 以速度 v_B 到达相距为 s 的 B 点, 则该物体经过 $2t/5$ 和距 B 点为 $2s/5$ 处的瞬时速度为 ()

A. $(3v_A + 2v_B)/5, [(3v_A^2 + 2v_B^2)/5]^{1/2}$

B. $(2v_A + 3v_B)/5, [(2v_A^2 + 3v_B^2)/5]^{1/2}$

C. $(3v_A + 2v_B)/5, [(2v_A^2 + 3v_B^2)/5]^{1/2}$

D. $(2v_A + 3v_B)/5, [(3v_A^2 + 2v_B^2)/5]^{1/2}$

【解答】 由 $v_B = v_A + at$, 得加速度 $a = \frac{v_B - v_A}{t}$

故 $v_1 = v_A + a \frac{2}{5}t = v_A + \frac{2}{5}(v_B - v_A) = \frac{3v_A + 2v_B}{5}$

由 $\begin{cases} v_B^2 - v_A^2 = 2as \\ v^2 - v_A^2 = 2a(\frac{3}{5}s) \end{cases}$, 解得 $v = [(2v_A^2 + 3v_B^2)/5]^{1/2}$ 答案选 C

例 5 (2009 同济) 距河岸(看成直线)500 m 处有一艘静止的船, 船上的探照灯以转速 $n = 1 \text{ r/min}$ 转动. 当光束与岸边成 60° 角时, 光束沿岸边移动的速率为 ()

A. 52.3 m/s

B. 69.8 m/s

C. $3.14 \times 10^3 \text{ m/s}$

D. $4.18 \times 10^3 \text{ m/s}$

【解析】 设经 $\Delta t (\Delta t \rightarrow 0)$ 光点由 A 点移动到 B 点, 如图所示. 弧 AC 的长度

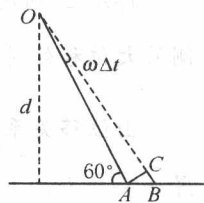
$$l = \frac{\omega d \Delta t}{\sin 60^\circ}.$$

在 $\Delta t \rightarrow 0$ 时弧 AC 可认为是直线, 且可认为 $AC \perp BC$,

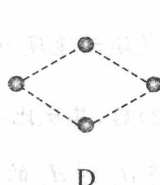
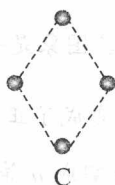
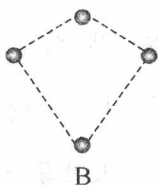
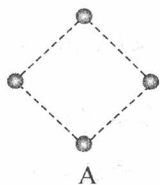
则 $\overline{AB} = \frac{l}{\sin 60^\circ} = \frac{\omega d \Delta t}{\sin^2 60^\circ},$

$$v = \frac{\overline{AB}}{\Delta t} = \frac{\omega d}{\sin^2 60^\circ} = \frac{8\pi nd}{3} = 69.8 \text{ m/s}.$$

选 B.



例 6 (2008 东南大学) 高空中有四个小球, 在同一位置同时以相同速率向上、向下、向左、向右被射出, 不计空气阻力, 下图是经过 1 s 后四个小球在空中位置的构图, 其中的正确图形是 ()



【解析】 在以加速度 g 竖直加速向下运动的参考系中看,四个球分别向上、下、左、右四个方向做匀速直线运动,故答案 A 正确.

例 7 (2007 复旦)如图 1 所示,一物体从静止开始做匀加速直线运动,加速度大小为 a ,当速度为 v 时将加速度反向,大小恒定.为使这物体在相同的时间内回到出发点,则反向后的加速度应是多大,回到出发点时速度多大?

【解析】 解法 1:加速度反向后,由于惯性,物体先在原方向做匀减速直线运动,当速度减为零后又开始做反向加速运动,直到回到出发点,示意图如图 1 所示.

研究 $A \rightarrow B$ 过程,物体做初速度为零的匀加速运动: $s_1 = \frac{1}{2}at^2$,

研究 $B \rightarrow C$ 过程,物体做初速度为 at 的匀减速运动: $s_2 = (at)t - \frac{1}{2}a_x t^2$,

两个过程位移等大反向 $s_1 = -s_2$,

以上三式联立解得 $a_x = 3a$,

因为 $v = at$,物体回到出发点时速度为 $v_x = at - a_x t = -2at = -2v$.

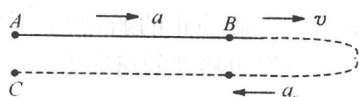


图 1

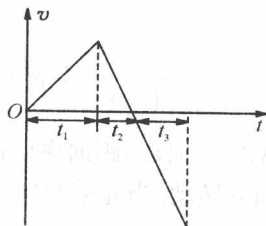


图 2

解法 2:利用 $v-t$ 图求解,物体运动的 $v-t$ 图如图 2 所示,图中 $t_1 = t$,物体从 B 到右侧最大位移处时间为 $t_2 = \frac{at}{a_x}$,物体从最右侧回到 C 处的时间为 $t_3 = t - \frac{at}{a_x}$.

由位移关系得 $\frac{1}{2}at^2 + \frac{1}{2}a_x \left(\frac{at}{a_x}\right)^2 = \frac{1}{2}a_x \left(t - \frac{at}{a_x}\right)^2$,左右消去 t 得 $a_x = 3a$.同理可以求得 $v_x = -2v$.

例 8 (2005 同济)老鼠离开洞穴沿直线前进,它的速度与到洞穴的距离成反比,当它行进到离洞穴距离为 d_1 的甲处时速度为 v_1 ,试求:

(1) 老鼠行进到离洞穴距离为 d_2 的乙处时速度为多大?

(2) 从甲处到乙处要用去多少时间?

【解析】 (1) 因老鼠行进速度与它到洞穴的距离成反比,即有 $v = \frac{k}{x}$, k 为比例常数.

依题意有 $v_1 d_1 = v_2 d_2 = k$, 所以 $v_2 = \frac{d_1}{d_2} v_1$.

(2) 老鼠运动速度 $v = \frac{k}{x}$, 其图象是一条双曲线,将 $v-x$ 图象(如图 1)转化为 $\frac{1}{v}-x$ 图象(如图 2)后,其反比关系就变成了正比关系. $\frac{1}{v}-x$ 图象是一条过坐标原点的直线,如图 2 所示.将 d_1 到 d_2 的线段分割成 n 等份, n 很大时每一小段可看成匀速运动.第一小

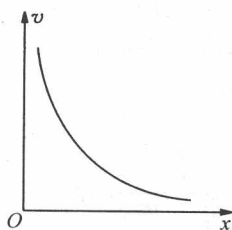


图 1

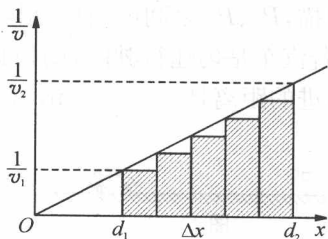


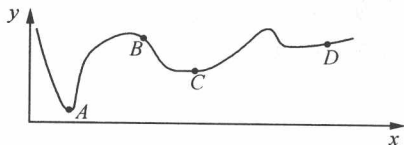
图 2

段的时间 $t_1 = \frac{\Delta x}{v_1}$, 其数值近似等于 $\frac{1}{v}-x$ 图象中最左边的第一个矩形面积. 依次类推, 从 d_1 到 d_2 的总时间近似等于 n 个矩形面积之和, 如图 2 所示. 当 $n \rightarrow \infty$ 时, 矩形面积之和等于梯形面积之和, 即

$$t = \frac{\left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}\right)(d_2 - d_1)}{2}, \text{ 将 } v_2 = \frac{d_1 v_1}{d_2} \text{ 代入上式, 得 } t = \frac{d_2^2 - d_1^2}{2d_1 v_1}.$$

模拟训练

- (复旦大学 2006 年自主选拔 B 卷) 一物体竖直上抛, 若空气阻力恒定, 从抛出至最高点的时间为 Δt_1 , 从最高点下落至抛出点的时间为 Δt_2 , 则 Δt_1 同 Δt_2 之间的关系是 ()
A. 无法确定 B. $\Delta t_1 > \Delta t_2$ C. $\Delta t_1 = \Delta t_2$ D. $\Delta t_1 < \Delta t_2$
- (复旦大学 2006 年自主选拔 B 卷) 一质点以匀速率做平面运动, 从图示的轨迹图中可知, 质点加速度最大的点是 ()



- A. A B. B C. C D. D
- (复旦大学 2008 年自主选拔卷) 已知物体从静止开始沿直线运动, 1 s 内通过距离 s_1 , 2 s 内通过距离 s_2 , n s 内通过距离 s_n , 已知 $s_1 : s_2 : s_3 : \dots : s_n = 1 : 4 : 9 : \dots : n^2$, 则该物体做 ()
A. 匀减速运动 B. 匀速运动
C. 匀加速运动 D. 无法确定是什么运动
 - 一杂技演员, 用一只手抛球、接球. 他每隔 0.40 s 抛出一个球, 接到球便立即把球抛出. 已知除抛、接球的时刻外, 空中总有 4 个球, 将球的运动近似看做是竖直方向的运动, 球到达的最大高度是 (高度从抛球点算起, 取 $g = 10 \text{ m/s}^2$) ()
A. 1.6 m B. 2.4 m C. 3.2 m D. 4.0 m
 - 如图 1 所示是在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, 根据发出和接收到的信号间的时间差, 测出被测物体的速度, 图 2 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