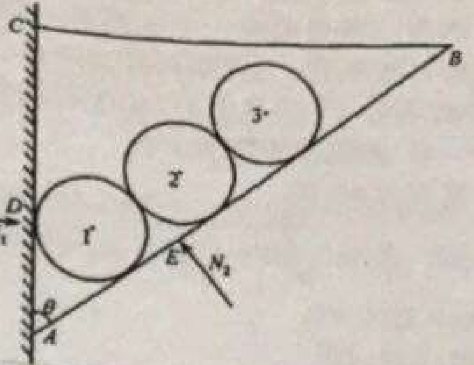
力学综合题：

一、静力学

第1题

【例10】 有一轻质木板 AB 长为 l，A 端用铰链固定在竖直墙壁上，另一端用水平轻绳 BC 拉住．板上依次放着1,2,3三个圆柱体，半径均为 r，重力均为 G．木板与墙的夹角为 θ（如图2-14所示）．一切摩擦均不计，求 BC 绳上的张力．



【例10】 有一轻质木板 AB 长为 l，A 端用铰链固定在竖直墙壁上，另一端用水平轻绳 BC 拉住．板上依次放着1,2,3三个圆柱体，半径均为 r，重力均为 G．木板与墙的夹角为 θ（如图2-14所示）．一切摩擦均不计，求 BC 绳上的张力．

解析 三个圆柱处于平衡状态，可以把三个圆柱合在一起看成一个刚体，由于不计一切摩擦，三个圆柱组成的整体受重力 $3G$，支持力 N_1、N_2，三个力达到平衡．（图2-14）

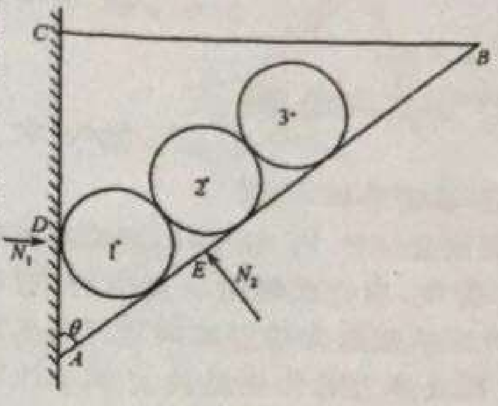


图2-14

在沿板方向受力平衡，可知

$$N_1\sin\theta = 3G\sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$$

即

$$N_1 = 3G\cot\theta$$

此时，我们可以根据三力平衡时，交于一点的原理来求出 N_2 的作用点，则可以求出 N_2 的反力 N_2' 对 A 的力矩，由对 A 点力矩平衡方程可以求出BC绳上的拉力大小，这样也不算繁．但如果我们把三个圆柱加上木板再合为一刚体，则此刚体受 A 点作用力，N_1，BC 绳的拉力，重力 $3G$，由对 A 点合力矩为零，可得

$$N_1 \cdot AD = T \cdot AC - 3G(r + 2r\sin\theta)$$

式中 AD 与 AC，可用 r，l，θ 表示

$$AD = r/\tan\frac{\theta}{2}$$

$$AC = l\cos\theta$$

由此可知

$$T = \frac{3Gr}{l}\left(2\tan\theta + \frac{1 + \cos\theta}{\sin^2\theta\cos\theta}\right)$$

由本题解决过程不难体会到体系平衡时，何为"刚体"；在解决问题的不同步骤中，"刚体"是可以改变的，不要有思维定势．有时候，视角不同，问题的难易程度截然不同．

宽为 L 的石块依次放在两个内壁光滑但形状不同的槽里，槽的尺寸如图2-13所

块在高 h 为多少的情况下平衡将是稳定的．

一个图形绕某点旋转到另一个图形，定点叫旋转中心。

解析 (1) 当石块贴着槽运动到一个任意位置，如图 2-14 中虚线所示，石块底边与槽交于 A'、B' 两点，联结 OA'、OB'，有，$OA' = OB' = R$. 因为三条边确定一个三角形 $A'OB'$，可见槽的圆心 O 相对石块的位置不变，为石块的转动中心.

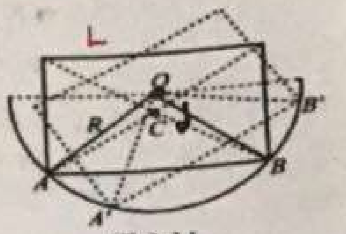


图 2-14

由于对称性，石块的质心 C，即其中心，位于石块底边的中垂线上，在平衡状态下，OC 连线位于竖直方向.

当质心 C 位于 O 点下方时，即

$$\frac{h}{2} < \sqrt{R^2 - \frac{l^2}{4}}, h < \sqrt{4R^2 - l^2},$$

石块在槽内的平衡是稳定的；

当质心 C 与 O 点重合时，即

$$h = \sqrt{4R^2 - l^2},$$

石块在槽内随遇平衡；

当质心 C 位于 O 点上方时，即

$$h > \sqrt{4R^2 - l^2},$$

石块在槽内是不稳定平衡.

(2) 考虑石块的底边 AB. 当 AB 的两端沿斜面移动时，石块的瞬心也在变化，当石块转过一角度时，它的瞬心为以 AB 两端与斜面接触点为垂足的两斜面的垂线的交点 O，即为斜面对石块弹力的作用线的交点. AB 中点为 M，当石块在如图 2-15 位置时，因为槽左右对称，所以 $\angle AOB$ 的角平分线沿竖直方向，交 AB 于 D.

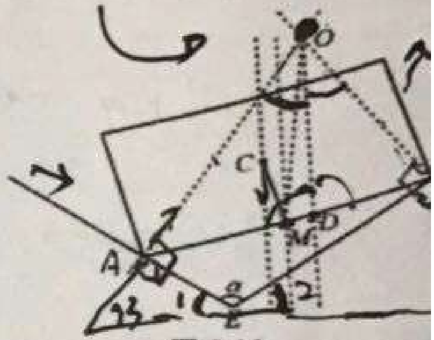


图 2-15

由正弦定理可知

$$\frac{\sin\angle AOD}{\sin\angle ODA} = \frac{\sin\angle BOD}{\sin\angle ODB} = \frac{AD}{AO} = \frac{BD}{BO},$$

在图示位置中

$$AE < BE,$$

因此，

$$AO > BO, AD > BD.$$

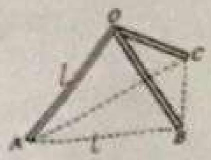
所以 M 在水平方向上位于 D 的左侧，而质心 C 在水平方向上位于 M 的左侧，在水平方向上位于 D 的左侧，可见重力矩使石块趋向与更偏离平衡位置，而石块向另一方向移动，同样不会回复到平衡位置. 因此石块在槽内是不稳定

题（国培）

题 1.22 三根质量为 m、长为 l 的相同均质棒，如图所示地靠在一起，三棒与地成一边长为 l 的正三角形. 已知三棒与地之间的摩擦系数相等.

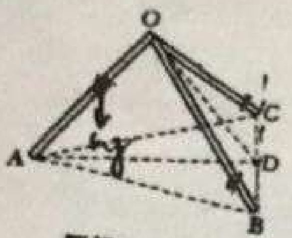
(1) 试求 OA 棒顶点所受作用力的大小与方向；

(2) 若在 OA 棒的中点固定一质量也为 m 的小球，再求其顶点所受作用力的大小与方向

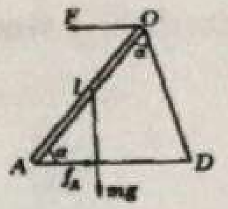


题1.22图

题解1.22 (1) 三根棒的顶端相互靠在一起，如图1所示。由对称性可知，任何一棒(如OA棒
的顶端受到其余两棒对它的作用力的合力 F 必沿水平方向，如图2所示。在图1中 D 是 BC 的中
点，有



题解1.22图1



题解1.22图2

$$\overline{AD}=\overline{DO}=\frac{\sqrt{3}}{2}l$$

$$\cos\alpha=\frac{\sqrt{3}}{3} \tag{1}$$

由 OA 棒所受外力相对 A 点力矩平衡，得

$$Fl\sin\alpha-mg\frac{l}{2}\cos\alpha=0 \tag{2}$$

将(1)式代入(2)式，可解得

$$F=\frac{\sqrt{2}}{4}mg$$

(2) 当 OA 棒的中点固定一质量也为 m 的小球后，三棒的受力情况都发生了改变，且不
但 OB 与 OC 两棒受力情况相同，此二棒顶端的受力可看成是除原受力 F 外，再各受一个
T_C 的作用，且有 $T_B=T_C$，既然此二棒仍平衡，可见 T_B 和 T_C 必沿各自棒的方向，故这两
沿 OD 方向，其反作用力 T 作用于 OA 棒的顶端，如图3所示。由 T 和小球重力相对 A 点

零，可得

$$Tl\sin\alpha-mg\frac{l}{2}\cos\alpha=0$$

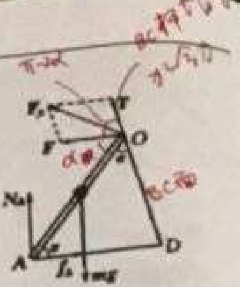
解得

$$T=\frac{\sqrt{2}}{4}mg$$

由图3所示的F和T的矢量关系，即可求得OA棒顶端所受的作用力F_A为

$$F_A = 2F\cos\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right) = 2F\sin\alpha = 2\times\frac{\sqrt{2}}{4}mg\sqrt{\frac{2}{3}}$$

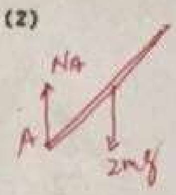
$$= \frac{\sqrt{3}}{3}mg$$



题解1.22图3

(3) 由OA棒所受的竖直方向和水平方向合外力为零，可分别得：

$$\begin{cases} N_A = 2mg - T\sin(\pi-2\alpha) & (1) \\ f_A = F + T\cos(\pi-2\alpha) & (2) \end{cases}$$



将$T=F=\frac{\sqrt{2}}{4}mg$代入(1)、(2)式，可解得

$$N_A = \frac{5}{3}mg \quad (3)$$

$$f_A = \frac{\sqrt{2}}{3}mg \quad (4)$$

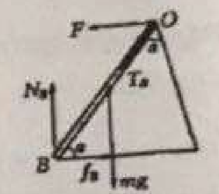
将(3)、(4)式代入$f_A \leqslant N_A\mu_A$，可得

$$\mu_A \geqslant \frac{f_A}{N_A} = \frac{\sqrt{2}}{5} \quad (5)$$

OB棒的受力情况如图4所示. 由此棒竖直方向和水平方向合外力为零，可分别得

$$N_B = mg + T_B\sin\alpha \quad (6)$$

$$f_B = F + T_B\cos\alpha \quad (7)$$



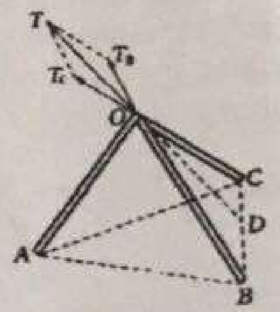
题解1.22图4

由图5所示的矢量关系，可得T_B、T_C与T的关系为

$$T = 2T_B\cos 30^\circ$$

即

$$T_B = \frac{1}{\sqrt{3}}T = \frac{1}{\sqrt{3}}\times\frac{\sqrt{2}}{4}mg = \frac{\sqrt{6}}{12}mg \quad (8)$$



题解1.22图5

将(8)式分别代入(6)、(7)式，得

$$N_B = mg + \frac{\sqrt{6}}{12}mg\times\sqrt{\frac{2}{3}} = \frac{7}{6}mg \quad (9)$$

$$f_B = \frac{\sqrt{2}}{4}mg + \frac{\sqrt{6}}{12}mg\times\frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{2}}{3}mg \quad (10)$$

将(9)、(10)式代入$f_B \leqslant \mu_B N_B$，可得

$$\mu_B \geqslant \frac{f_B}{N_B} = \frac{2\sqrt{2}}{7} \quad (11)$$

由于B、C棒受力情况完全相同，故C棒平衡所需的最小摩擦系数与B棒相等. 比较(5)式与(11)式，即可得棒与地面间的摩擦系数应满足

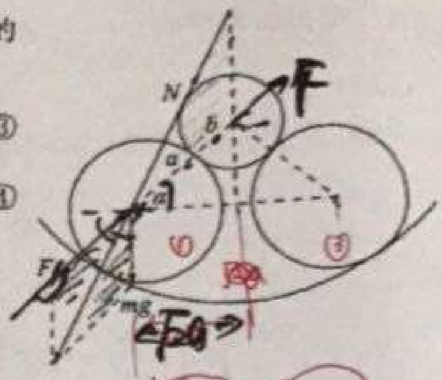
$$\mu \geqslant \frac{2\sqrt{2}}{7}$$

【点评】 在(3)小题的求解中，很容易遗漏对OB或OC棒平衡所需最小摩擦系数的讨论和求解，误以为小球是固定在OA棒的中点，只要OA棒能保持平衡，则体系一定能平衡，从而得到只须满足$\mu \geqslant \frac{\sqrt{2}}{5}$即可的错误结论.

4个球心连线成一个边长为 $2a$ 的正方形，球心到正方形对角线的交点的距离为 $\sqrt{2}a$，半径为 b 的球若能放到上面，则应：$b>(\sqrt{2}-1)a$ ……………………………… ①

过上述正方形的对角线做竖直截面，上面球受力如图所示。则对于上面球有：

$4F\sin\alpha=mg$ ……………………………… ②



当半径 R 使得下面的球即将散开时，对于下面球的受力：

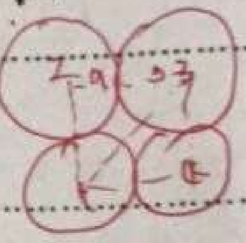
$N=\sqrt{F^2+m^2g^2+2Fmg\sin\alpha}$ ……………………… ③

由 $\cos\alpha=\dfrac{\sqrt{2}a}{a+b}$ 得：$\sin\alpha=\dfrac{\sqrt{b^2+2ab-a^2}}{a+b}$ ……………… ④

解②③得：$N=\dfrac{\sqrt{1+24\sin^2\alpha}}{4\sin\alpha}mg$、$F=\dfrac{mg}{4\sin\alpha}$

根据三角形相似：

$\dfrac{N}{R-a}=\dfrac{F}{a+b}$ 即：$\dfrac{R-a}{a+b}=\sqrt{1+24\sin^2\alpha}$ ……………………………… ⑤



将④代入⑤得：$R=a+\sqrt{25b^2+50ab-23a^2}$

由 $25b^2+50ab-23a^2\geqslant 0$ 得：$b\geqslant(\dfrac{4\sqrt{3}}{5}-1)a$ ……………………………… ⑥

将⑥与①对比得知⑥式一定成立。所以，下面的球相互分离的条件是：

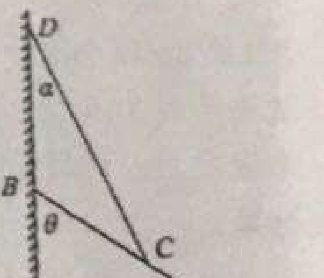
$R>a+\sqrt{25b^2+50ab-23a^2}$

题

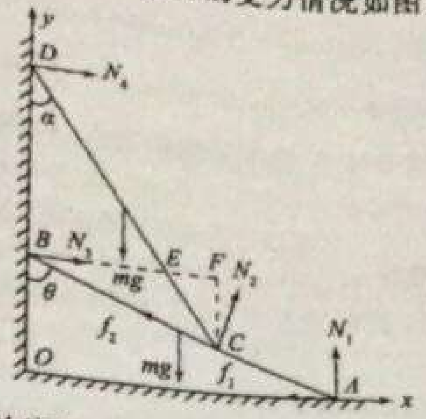
7.（第28届全国物理竞赛复赛）质量均匀分布的刚性杆 AB、CD 如图放置，A 点与水平地面接触，与地面间的静摩擦因数为 μ_A，B、D 两点与光滑竖直墙壁接触，杆 AB 与 CD 接触处的静摩擦因数为 μ_C，两杆的质量均为 m，长度均为 l。

(1)已知系统平衡时 AB 杆与墙面夹角为 θ，求 CD 杆与墙面的夹角 α 应该满足的条件（用 α 及已知量满足的方程式表示）

(2)若 $\mu_A=1.00$，$\mu_C=0.866$，$\theta=60^\circ$，求系统平衡时 α 的取值范围。



解：(1)建立如图所示坐标系 Oxy，两杆的受力情况如图：



f_1 为地面作用于杆 AB 的摩擦力，N_1 为地面对杆 AB 的支持力，f_2、N_2 为杆 AB 用于杆 CD 的摩擦力和支持力，N_3、N_4 分别为墙对杆 AB 和 CD 的作用力，mg 为重 取杆 AB 和 CD 构成的系统为研究对象，系统平衡时，由平衡条件有

$N_4+N_3-f_1=0$ ……………………………………………………………………

$N_1-2mg=0$ ………………………………………………………………………

以及对 A 点的力矩：

$$\frac{1}{2}mgl\sin\theta+mg\left(l\sin\theta-\frac{1}{2}l\sin\alpha\right)-N_3l\cos\theta-N_4(l\cos\theta+l\cos\alpha-CF)=0$$

即：$\frac{3}{2}mgl\sin\theta-\frac{1}{2}mgl\sin\alpha-N_3l\cos\theta-N_4(l\cos\theta+l\cos\alpha-CF)=0$ ……(3)

式中 CF 待求，F 是过 C 的竖直线与过 B 的水平线的交点，E 为 BF 与 CD 的交点。

由几何关系有

$$CF=l\sin\alpha\cot\theta \quad\cdots\cdots(4)$$

取杆 CD 为研究对象，由平衡条件有

$$N_4+N_2\cos\theta-f_2\sin\theta=0 \quad\cdots\cdots(5)$$

$$N_2\sin\theta+f_2\cos\theta-mg=0 \quad\cdots\cdots(6)$$

以及对 C 点的力矩：$N_4l\cos\alpha-\frac{1}{2}mgl\sin\alpha=0$ ……(7)

解以上各式可得：$N_4=\frac{1}{2}mg\tan\alpha$ ……(8)

$$N_3=\left(\frac{3}{2}\tan\theta-\frac{1}{2}\tan\alpha-\frac{\sin\alpha}{\cos\theta}+\frac{1}{2}\frac{\tan\alpha\sin\alpha}{\sin\theta}\right)mg \quad\cdots\cdots(9)$$

$$f_1=\left(\frac{3\tan\theta}{2}-\frac{\sin\alpha}{\cos\theta}+\frac{1}{2}\frac{\tan\alpha\sin\alpha}{\sin\theta}\right)mg \quad\cdots\cdots(10)$$

$$N_1=2mg \quad\cdots\cdots(11)$$

$$N_2=\left(\sin\theta-\frac{1}{2}\tan\alpha\cos\theta\right)mg \quad\cdots\cdots(12)$$

$$f_2=\left(\cos\theta+\frac{1}{2}\tan\alpha\sin\theta\right)mg \quad\cdots\cdots(13)$$

CD 杆平衡的必要条件为：$f_2\leqslant\mu_C N_2$ ……(14)

由(12)、(13)、(14)式得

$$\tan\alpha\leqslant\frac{2(\mu_C\sin\theta-\cos\theta)}{\mu_C\cos\theta+\sin\theta} \quad\cdots\cdots(15)$$

AB 杆平衡的必要条件为：$f_1\leqslant\mu_A N_1$ ……(16)

由(10)、(11)、(16)式得

$$\frac{\tan\alpha\sin\alpha}{\sin\theta}-\frac{2\sin\alpha}{\cos\theta}\leqslant4\mu_A-3\tan\theta \quad\cdots\cdots(17)$$

因此，使系统平衡，α 应满足的条件为(15)式和(17)式。

(2)将题给的数据代入(15)式可得：$\alpha\leqslant\arctan0.385=21.1^\circ$

将题给的数据代入(17)式，经数值计算可得：$\alpha\geqslant19.5^\circ$

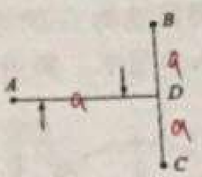
因此，α 的取值范围为：$19.5^\circ\leqslant\alpha\leqslant21.1^\circ$

题

8.(第29届全国物理竞赛决赛)如图所示，三个质量均为 m 的小球固定于由刚性轻
杆构成的丁字形架的三个顶点 A、B 和 C 处。$AD\perp BC$，且 $AD=BD=CD=a$，小球可
为质点，整个杆球体系置于水平桌面上，三个小球和桌面接触，轻质杆架悬空。桌面和
个小球之间的静摩擦和滑动摩擦因数均为 μ，在 AD 杆上距 A 点 $\frac{a}{4}$ 和 $\frac{3a}{4}$ 两处分别施加

一对垂直于此杆的推力，且两推力大小相等，方向相反。

(1)试论证在上述推力作用下，杆球体系处于由静止转变为运动的临界状态时，三球所受桌面的摩擦力都达到最大静摩擦力。



(2)如果在 AD 杆上有一转轴，随推力由零逐渐增加，整个装置将从静止开始绕该转轴转动。问转轴在 AD 杆上什么位置时，推动该体系所需的推力最小，并求出该推力的大小。

解：(1)因杆是轻杆，所以，每个小球与水平面的压力均为 mg，最大静摩擦力大小均为 $f_m=\mu mg$。不难看出，运动的临界状态可能有两种，一是三球同时运动，二是有两个球绕第三个球开始转动，而第三个球不动。只要论述第二种情况不能出现就可以了。

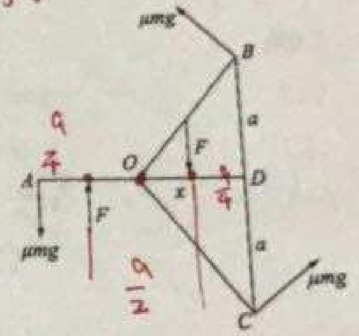
由于外界两个推力等大反向，合力为零。所以，临界运动时三球受的摩擦力合力为零，若 B、C 绕 A 即将运动，此时，

$f_B=f_C=\mu mg$，两者的方向分别与 AB、AC 垂直，f_A 等于 f_B 和 f_C 的合力

即：$f_A=\sqrt{f_B^2+f_C^2}=\sqrt{2}\mu mg>\mu mg$ 不可能 大于最大静f

同理，若临界运动时分别以 B 或 C 为轴转动，也不可能。

所以，杆球体系处于由静止转变为运动的临界状态时，三球所受桌面的摩擦力都达到最大静摩擦力。



(2)设转轴 O 距离 D 点为 x

$$F\frac{a}{2}=\mu mg(a-x)+2\mu mg\sqrt{a^2+x^2}$$

得：$F=\frac{2\mu mg}{a}(a-x+2\sqrt{a^2+x^2})$

设 $y=2\sqrt{a^2+x^2}-x$

整理得：$3x^2-2yx+4a^2-y^2=0$

x 有实根，则 $\Delta\geqslant0$ 解得 $y\geqslant\sqrt{3}a$，取等号时 F 最小，此时 $x=\frac{b}{2a}$ 即 $x=\frac{\sqrt{3}}{3}a$

题

题 1.8】 一个半径为 r_1 和 r_2，重量为 $G_0=200$N，可绕轴 A 转动的滑

通过一个固定在墙上可转动的叉子 AB 支撑，其中 $\frac{r_2}{r_1}=3$，$\alpha=30°$，如

1.8 (a) 所示。绳索在滑轮较小半径 r_1 的轴肩上缠绕了一圈，绳索右

二、解法一. 因为 B 点绕 A 轴做圆周运动，其速度的大小为

$$v_B=\omega l. \tag{1}$$

B 点的向心加速度的大小为

$$a_B=\omega^2 l. \tag{2}$$

因为是匀角速转动，B 点的切向加速度为零，故 a_B 也是 B 点的加速度，其方向沿 BA 方向. 因为 C 点绕 D 轴做圆周运动，其速度的大小用 v_C 表示，方向垂直于杆 CD；在考查的时刻，由图 31 可知，其方向沿杆 BC 方向. 因 BC 是刚性杆，所以 B 和 C 点沿 BC 方向的速度必相等，故有

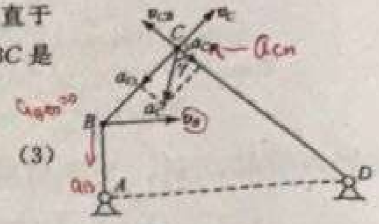


图 31

$$v_C=v_B\cos\frac{\pi}{4}=\frac{\sqrt{2}}{2}\omega l. \tag{3}$$

此时杆 CD 绕 D 轴按顺时针方向转动，C 点的法向加速度

$$a_{Cn}=\frac{v_C^2}{\overline{CD}}. \tag{4}$$

由图可知，$\overline{CD}=2\sqrt{2}l$. 由(3)、(4)两式得

$$a_{Cn}=\frac{\sqrt{2}}{8}\omega^2 l, \tag{5}$$

其方向沿 CD 方向.

下面来分析 C 点沿垂直于杆 CD 方向的加速度，即切向加速度 a_{Ct}. 因为 BC 是刚性杆，所以 C 点相对 B 点的运动只能是绕 B 的转动，C 点相对 B 点的速度方向必垂直于杆 BC. 令 v_{CB} 表示其速度的大小，根据速度合成公式，有

$$v_{CB}=v_C-v_B.$$

由几何关系得

$$v_{CB}=\sqrt{v_B^2-v_C^2}=\frac{\sqrt{2}}{2}v_B=\frac{\sqrt{2}}{2}\omega l. \tag{6}$$

由于 C 点绕 B 点做圆周运动，相对 B 点的向心加速度

$$a_{CB}=\frac{v_{CB}^2}{CB}.\tag{7}$$

因为$\overline{CB}=\sqrt{2}l$，故有

$$a_{CB}=\frac{\sqrt{2}}{4}\omega^2 l,\tag{8}$$

其方向垂直杆 CD.

$=\frac{\sqrt{2}}{4}\omega^2 l+a_B\cos45=\frac{3}{4}$

由(2)式及图 31 可知，B 点的加速度沿 BC 杆的分量为

切向 $a_{C切}=a_{CB}+a_{BA切}$

$$(a_B)_{BC}=a_B\cos\frac{\pi}{4}.\tag{9}$$

所以 C 点相对 A 点(或 D 轴)的加速度沿垂直于杆 CD 方向的分量.

[illegible]　C的切向加速度

$$a_{Ct}=a_{CB}+(a_B)_{BC}=\frac{3\sqrt{2}}{4}\omega^2 l.\tag{10}$$

C 点的总加速度为 C 点绕 D 轴做圆周运动的法向加速度 a_{Cn} 与切向加速度 a_{Ct} 的合加速度，即

$$a_C=\sqrt{a_{Cn}^2+a_{Ct}^2}=\frac{\sqrt{74}}{8}\omega^2 l;\tag{11}$$

a_C 的方向与杆 CD 间的夹角

$$\gamma=\arctan\frac{a_{Ct}}{a_{Cn}}=\arctan 6=80.54^\circ.\tag{12}$$

解法二. 通过微商求 C 点加速度. 以固定点 A 为原点作一直角坐标系 Axy，Ax 轴与 AD 重合，Ay 与 AD 垂直. 任意时刻 t，连杆的位形如图 32 所示. 此时，各杆的位置分别用 θ，φ 和 α 表示，且已知$\overline{AB}=l$，$\overline{BC}=\sqrt{2}l$，$\overline{CD}=2\sqrt{2}l$，$\overline{AD}=3l$，$d\theta/dt=-\omega$. C 点坐标表示为

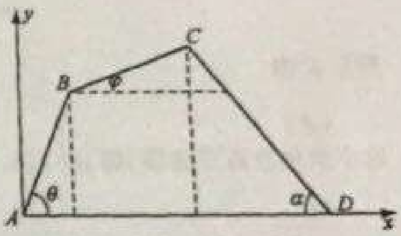


图 32

$$x_C=l\cos\theta+\sqrt{2}l\cos\varphi,\tag{1}$$

$$y_C=l\sin\theta+\sqrt{2}l\sin\varphi.\tag{2}$$

将(1)，(2)两式分别对时间 t 求一阶微商，得

$$\frac{dx_C}{dt}=-l\left(\sin\theta\frac{d\theta}{dt}+\sqrt{2}\sin\varphi\frac{d\varphi}{dt}\right),\tag{3}$$

$$\frac{dy_C}{dt}=l\left(\cos\theta\frac{d\theta}{dt}+\sqrt{2}\cos\varphi\frac{d\varphi}{dt}\right).\tag{4}$$

把(3)，(4)两式分别对时间 t 求一阶微商，得

$$\frac{d^2x_C}{dt^2}=-l\left[\cos\theta\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2+\sin\theta\frac{d^2\theta}{dt^2}+\sqrt{2}\cos\varphi\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2+\sqrt{2}\sin\varphi\frac{d^2\varphi}{dt^2}\right],\tag{5}$$

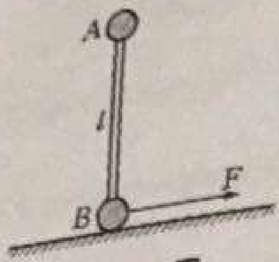
$$\frac{d^2y_C}{dt^2}=l\left[-\sin\theta\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2+\cos\theta\frac{d^2\theta}{dt^2}-\sqrt{2}\sin\varphi\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2+\sqrt{2}\cos\varphi\frac{d^2\varphi}{dt^2}\right].\tag{6}$$

根据几何关系，有

$$CD\sin\alpha=AB\sin\theta+BC\sin\varphi,\quad CD\cos\alpha+AB\cos\theta+BC\cos\varphi=3l,$$

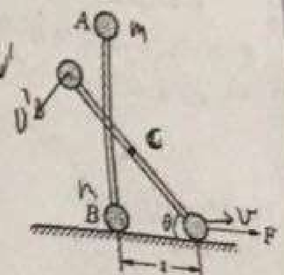
第19题

题 1.28 质量均为 m 的小球 A、B 由长为 l 的轻杆连接，直立于光滑水平面上，如图所示，若在下球 B 上作用一水平恒力 F，使 B 球移动了一段距离，此时杆与水平方向的夹角为 θ，求此时水平面对 B 球的作用力。



题 1.28 图

题解 1.28 设在 F 力作用下，经过时间 t，B 球移动了一段距离 s，此时杆与水平方向的夹角为 θ，如图 1 所示。并设 B 球的速度为 v，而 A 球相对 B 球的速度为 v'。由功能原理，得



题解 1.28 图 1

$$Fs = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}m[\underbrace{(v - v'\sin\theta)^2}_{\text{水平}} + \underbrace{(v'\cos\theta)^2}_{\text{竖直}}] - mgl(1 - \sin\theta) \tag{1}$$

体系质心沿水平方向的加速度 a_C 为

$$a_C = \frac{F}{2m} \tag{2}$$

此过程中质心沿水平方向的位移 x_C 为

$$x_C = \frac{1}{2}a_C t^2 \tag{3}$$

$v' = v_{AB} = v_A - v_B$

$v_A = v' + v_B$

水平 $v_{Ax} = v'\sin\theta + v$

竖直 $v'\cos\theta$