Antes de Empezar
- Volcar los datos en el diagrama del modelo físico-
- Sistema de coordenadas de referencia
- Diagramas de Cuerpo Libre

| Unidad #1a y b | -Problemas Resueltos- | |
|---|---|---|

$\boxed{1}$ para el vector v de módulo 10 aplicado en el pto: P(2,3,4) forma con el eje x e y ángulos de 45° y 60° respectivamente
Calcular:
a- los cosenos directores del vector
b- el ángulo formado con el eje z
c- las componentes de v según los ejes-

RTA: Ver problema 5: parte inicial

$\boxed{2}$ Repetir el procedimiento para el vector V de módulo 8 que forma con los eje. ángulos de 106' y 115' respectivamente

RTA

$\cos\alpha = 0{,}707$

$\cos\beta = 0{,}5$

$\cos\gamma = \{1-(\cos\alpha^2+\cos\beta^2)\}^{1/2} = 0{,}5 \rightarrow \gamma = 60°$

$V_x = |\bar{V}|\cos\alpha = 6{,}907$

$V_y = |\bar{V}|\cos\beta = -2{,}2048$

$V_z = |\bar{V}|\cos\gamma = -3{,}3808$

$\boxed{3}$ Con los vectores definidos arriba $\bar{U}$ y $\bar{V}$ Calcular:

a $\bar{U}\cdot\bar{V} = 20{,}902$

b $\bar{U}\times\bar{V} = -5{,}881\check{i} + 58{,}439\check{j} - 50{,}123\check{k}$

c ángulo comprendido entre $\bar{U}$ y $\bar{V}$

Como desde el punto de vista geométrico

$\bar{U}\cdot\bar{V} = |\bar{U}||\bar{V}|\cos\phi \rightarrow$

$\cos\phi = \dfrac{\bar{U}\cdot\bar{V}}{|\bar{U}||\bar{V}|} = \dfrac{20{,}902}{10\cdot 8} = 0{,}26128 \rightarrow \phi = 74{,}85°$

d módulo de $\bar{U}\times\bar{V}$; cosenos directores y ángulos con los ejes cartesianos.

RTAS

módulo: 77.214

$\alpha = 94.37 \quad \beta = 40.81 \quad \gamma = 130.48$

$\boxed{4}$ Calcular la expresión Cartesiana de $\bar{W} = \bar{U} + \bar{V}$

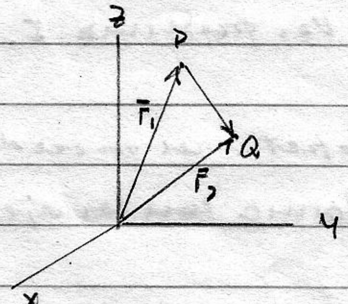
$\bar{U} = 7{,}07\,\check{i} + 5\,\check{j} + 5\,\check{k}$

$\bar{V} = 6{,}907\,\check{i} - 2{,}2048\,\check{j} - 3{,}3808\,\check{k}$

$\bar{W} = 13{,}977\,\check{i} + 2.7952\,\check{j} + 1.6192\,\check{k}$

$\boxed{R1}$ Un vector $\bar{X}$ tiene su origen en $P:(X_1, Y_1, Z_1)$ y su extremo en $Q:(X_2\ Y_2\ Z_2)$ se pide determinar su módulo.

RTA




los vectores que definen los ptos P y Q son

$(P-0) = \bar{r}_1 = X_1\check{i} + Y_1\check{j} + Z_1\check{k}$

$(Q-0) = \bar{r}_2 = X_2\check{i} + Y_2\check{j} + Z_2\check{k}$

geométricamente se ve que:

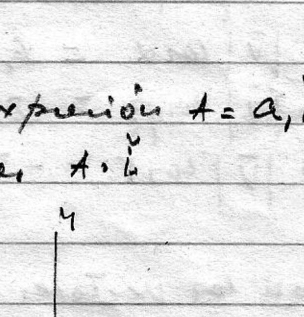
$\bar{r}_1 + \bar{PQ} = \bar{r}_2 \rightarrow \bar{PQ} = \bar{r}_2 - \bar{r}_1 = (X_2 - X_1)\check{i} + (Y_2 - Y_1)\check{j} + (Z_2 - Z_1)\check{k}$

El módulo es:

$|PQ| = \{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2\}^{1/2}$

$\boxed{R2}$ Un vector en el plano viene dado por la expresión $A = a_1\check{i} + a_2\check{j}$ demostrar que su proyección sobre el eje x es $A \cdot \check{i}$

RTA




la proyección de A sobre el eje x es $a_1$

y el producto escalar indicado:

$A \cdot \check{i} = (a_1\check{i} + a_2\check{j}) \cdot (1\check{i} + 0\check{j}) = a_1$

$\boxed{R3}$ Determinar el area del triangulo formado por los vértices $P(2,3,5)$; $Q(4,2,-1)$; $R(3,6,4)$

RTA

determinamos los vectores $\bar{PQ} = (4-2)\check{i} + (2-3)\check{j} + (-1-5)\check{k} = 2\check{i} - j - 6\check{k}$

y $\bar{PR} = (3-2)\check{i} + (6-3)\check{j} + (4-5)\check{k} = \check{i} + 3\check{j} - \check{k}$

El producto vectorial $\bar{PQ} \times \bar{PR}$ nos da el area del paralelogramo por lo cual el area del triangulo de los vertices es:

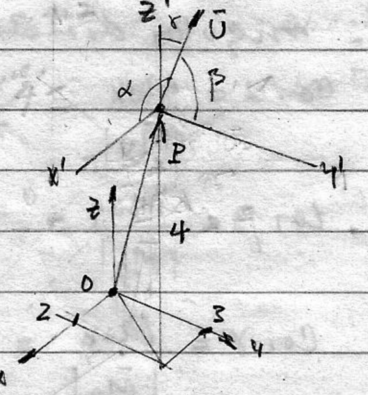
$\frac{1}{2}\left|(\bar{PQ} \times \bar{PR})\right| = \frac{1}{2}\left|(19\check{i} - 4\check{j} + 7\check{k})\right| = \frac{1}{2}\sqrt{426} = 10{,}319$ (unidades)$^2$.

**5.** Un vector $\bar{U}$ de módulo 10 está aplicado en el punto P(2,3,4) y forma con los ejes X, e Y ángulos de 45° y 60° resp. Se pide:

a. Calcular el Momento estático o de 1er orden resp. al origen.

b. Calcular su módulo.

c. Calcular sus cosenos directores.




RTA:

Primero definimos la expresión en componentes del vector $\bar{U}$:

$\cos 45° = 0{,}707$

$\cos 60° = 0{,}5$

para un vector unitario en la dirección de $\bar{U}$ se cumple que

1 aplicando dos veces el T. de Pitágoras:

$$\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1 \rightarrow \cos\gamma = \{1 - (\cos^2\alpha + \cos^2\beta)\}^{1/2}$$

Reemplazando valores:

$\cos\gamma = 0{,}5 \rightarrow \gamma = 60°$

Entonces los componentes de $\bar{U}$ son:

$u_x = |\bar{U}| \cos\alpha = 10 \cdot 0{,}707 = 7{,}07$

$u_y = |\bar{U}| \cos\beta = 10 \cdot 0{,}5 = 5$

$u_z = |\bar{U}| \cos\gamma = 10 \cdot 0{,}5 = 5$

Entonces:

$\bar{U} = 7{,}07\,\breve{i} + 5\,\breve{j} + 5\,\breve{k}$

a. Momento Estático

$\bar{M}_0 = (P-0) \times \bar{u} = (2\breve{i} + 3\breve{j} + 4\breve{k}) \times (7{,}07\breve{i} + 5\breve{j} + 5\breve{k})$

$$\bar{M}_0 = \begin{vmatrix} \breve{i} & \breve{j} & \breve{k} \\ 2 & 3 & 4 \\ 7{,}07 & 5 & 5 \end{vmatrix} = (15-20)\breve{i} + (28{,}28-10)\breve{j} + (10-21{,}21)\breve{k} =$$

$\bar{M}_0 = -5\breve{i} + 18{,}28\,\breve{j} - 11{,}21\,\breve{k}$

b.- Módulo de $\bar{M}_O$

$$|\bar{M}_O| = \{(-5)^2 + (18,28)^2 + (-11,21)^2\}^{1/2} = (25 + 334.15 + 125.66)^{1/2} =$$
$$= 22.01$$

c.- Angulos directores de $\bar{M}_O$

$$\cos\alpha = \frac{M_{Ox}}{|\bar{M}_O|} = \frac{-5}{22.01} = -0,22 \rightarrow \alpha = 167.3°$$

$$\cos\beta = \frac{M_{Oy}}{|\bar{M}_O|} = \frac{18.28}{22.01} = 0,83 \rightarrow \beta = 33.84°$$

$$\cos\gamma = \frac{M_{Oz}}{|\bar{M}_O|} = \frac{-11.21}{22.01} = -0,509 \rightarrow \gamma = 120,59°$$

---

$\boxed{6.-}$ Dados los vectores:

$$\bar{u} = 7.07\check{i} + 5\check{j} + 5\check{k}$$
$$\bar{v} = 6,9072\check{i} - 2,2048\check{j} - 3,3808\check{k}$$

Verificar que se cumple el T. de Varignon con respecto al origen sabiendo que ambos son concurrentes al pto $\bar{P}(2,3,4)$

RTA:

T. de Varignon: "El Mto de la resultante de un sistema de vectores concurrentes resp de un pto genérico del espacio es igual a la suma de los Mtos de los vectores respecto a ese pto."

$$(\bar{P} - \bar{O}) = (2\check{i} + 3\check{j} + 4\check{k}) \rightarrow$$
$$\bar{M}_O^{\bar{u}} = (2\check{i} + 3\check{j} + 4\check{k}) \times (7,07\check{i} + 5\check{j} + 5\check{k}) = -5\check{i} - 18,28\check{j} - 11,21\check{k}$$

analogamente:

$$\bar{M}_O^{\bar{v}} = (2\check{i} + 3\check{j} + 4\check{k}) \times (6,9072\check{i} - 2,2048\check{j} - 3,3808\check{k}) =$$
$$= -1,323\check{i} + 34,24\check{j} - 25,131\check{k}$$

$$\bar{M}_O^{\bar{u}} + \bar{M}_O^{\bar{v}} = -6,323\check{i} + 52,57\check{j} - 36,341\check{k}$$

por otra parte:

$$\bar{u} + \bar{v} = 13,977\check{i} + 2,7952\check{j} + 1,691\check{k}$$

Entonces:

$$\bar{M}_O^{\bar{u}+\bar{v}} = (2\check{i} + 3\check{j} + 4\check{k}) \times (13,977\check{i} + 2,7952\check{j} + 1,691\check{k}) =$$
$$= -6.323\check{i} + 52,57\check{j} - 36,341\check{k} \rightarrow \text{que se cumple}$$

7- Calcular el sistema de vectores equivalente al dado tomando como Centro de Reducción

a- El origen de la terna 'O'

b- El pto de aplicación de $\bar{V}_3$

c- Verificar que el invariante escalar es igual en ambos casos

Datos:

$\bar{V}_1 = 2\breve{j}$ aplicado en $\bar{A} = (3,0,0)$

$\bar{V}_2 = 2\breve{k}$ " $\bar{B} = (0,0,3)$

$\bar{V}_3 = \breve{i} + \breve{j} + 2\breve{k}$ " $\bar{C} = (2,2,2)$

1- Calculamos el "invariante vectorial" que es la suma de los vectores reducidos a un pto genérico:

$\bar{R} = \bar{V}_1 + \bar{V}_2 + \bar{V}_3 = \breve{i} + 3\breve{j} + 4\breve{k} \rightarrow |\bar{R}| = 5.099$

2- Calculamos el "invariante Escalar" tomando en cuenta que en los sistemas reducidos a diferentes puntos O, y O' $J = \bar{R} \circ \bar{M}_O = \bar{R} \circ \bar{M}_{O'}$ permanece constante se llama invariante escalar. Entonces podemos calcular el invariante escalar

a) Tomando como referencia el origen:

$\bar{M}_O = \Sigma(\bar{A}_i - \bar{O}) \times \bar{u}_i =$

$(3\breve{i} + 0\breve{j} + 0\breve{k}) \times 2\breve{j} + (0\breve{i} + 0\breve{j} + 3\breve{k}) \times 2\breve{k} + (2\breve{i} + 2\breve{j} + 2\breve{k}) \times$
$\times (\breve{i} + \breve{j} + 2\breve{k}) =$

$\bar{M}_O = 6\breve{k} + \bar{0} + (2\breve{i} - 2\breve{j}) = (2\breve{i} - 2\breve{j} + 6\breve{k})$

Entonces:

$J = \bar{R} \cdot \bar{M}_O = (\breve{i} + 3\breve{j} + 4\breve{k}) \cdot (2\breve{i} - 2\breve{j} + 6\breve{k}) = 2 - 6 + 24 = 20$

b- Tomando como Referencia el pto de aplicación $\bar{V}_3$ : $\bar{C}$ (2, 2, 2)

$\bar{M}_C = \Sigma(\bar{A}_i - \bar{C}) \times \bar{u}_i = \{(3-2)\breve{i} + (0-2)\breve{j} + (0-2)\breve{k}\} \times 2\breve{j} +$

$+ \{(0-2)\breve{i} + (0-2)\breve{j} + (3-2)\breve{k}\} \times 2\breve{k} + \bar{0} =$

$\bar{M}_C = (-4\breve{i} + 2\breve{k}) + (-4\breve{i} + 4\breve{j}) + \bar{0} = (0\breve{i} + 4\breve{j} + 2\breve{k})$

El invariante escalar es:

$J = \bar{R} \cdot \bar{M}_c = (\breve{i} + 3\breve{j} + 4\breve{k}) \cdot (4\breve{j} + 2\breve{k}) = 12 + 8 = 20$

c- Verifica entonces que el Inv. Escalar es igual en ambos casos.

---

$\boxed{8.}$- Para el problema 7, encontrar el 'Eje Central'

RTA:

Recordemos que siempre será posible encontrar en un plano normal a la resultante '$R$' un punto para el cual el momento y la Resultante tengan igual dirección; esta recta de acción es el 'eje central del sistema'

por ello, la componente tangencial

$$M_{01} = \frac{\bar{M}_0 \cdot \bar{R}}{|\bar{R}|} = \frac{J}{|\bar{R}|} = \frac{20}{5.099} = 3,9223$$

y la componente normal:

$$\bar{M}_{02} = \frac{\bar{M}_0 \times \bar{R}}{|\bar{R}|} = \frac{1}{5.099} \begin{vmatrix} \breve{i} & \breve{j} & \breve{k} \\ 2 & -2 & 6 \\ 1 & 3 & 4 \end{vmatrix} = \frac{1}{5.099}(-26\breve{i} - 2\breve{j} + 8\breve{k})$$

y el módulo $M_{02}$ es:

$$M_{02} = \frac{27,2764}{5.099} = 5.3494$$

Distancia 'd' al centro de reducción

$$d = \frac{M_{02}}{|R|} = \frac{5.3494}{5.099} = 1,0491$$

y el vector que posiciona a $\bar{P}$ respecto de $\bar{O}$ es:

$(\bar{P} - \bar{O}) = d\breve{e}$

$$\breve{e} = \frac{\bar{R} \times \bar{M}_0}{|\bar{R} \times \bar{M}_0|} = \frac{1}{27,2764} \begin{vmatrix} \breve{i} & \breve{j} & \breve{k} \\ 1 & 3 & 4 \\ 2 & -2 & 6 \end{vmatrix} = 0,9532\breve{i} + 0,0733\breve{j} - 0,2923\breve{k}$$

Coordenadas del punto 'P'

$$(\bar{P}-\bar{O}) = d\breve{\theta} = 1{,}0491\,(0{,}9532\breve{i} + 0{,}0733\breve{j} - 0{,}2933\breve{k}) =$$
$$= \breve{i} + 0{,}0769\,\breve{j} - 0{,}3077\,\breve{k}$$

Este es el vector que posiciona a $\bar{P}$ desde el origen, siendo el punto $\bar{P}$ perteneciente al eje central.

Ecuación del eje central

Primero hallamos los cosenos directores de $\bar{R}$, ya que son los mismos que los correspondientes al eje central.

$$|\bar{R}| = 5{,}099 \qquad \bar{R} = \breve{i} + 3\breve{j} + 4\breve{k}$$

$$\cos\alpha = \frac{1}{5{,}099} = 0{,}1961 \rightarrow \alpha = 78{,}7^\circ$$

$$\cos\beta = \frac{3}{5{,}099} = 0{,}5884 \rightarrow \beta = 53{,}96^\circ$$

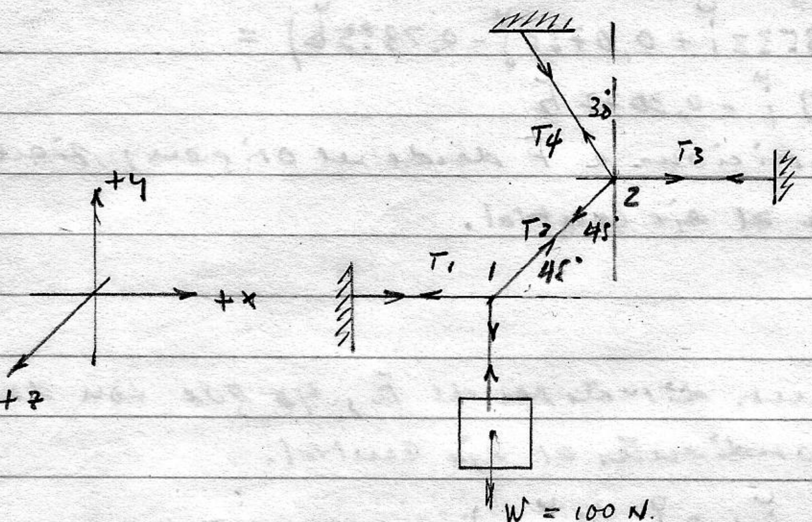
$$\cos\gamma = \frac{4}{5{,}099} = 0{,}7845 \rightarrow \gamma = 38{,}33^\circ$$

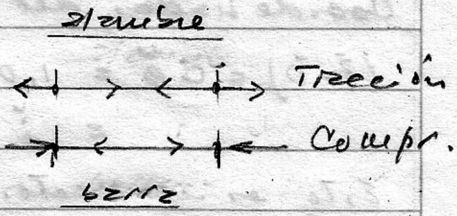
La ecuación de la recta en el espacio en forma simétrica es:

$$\lambda = \frac{x - x_p}{\cos\alpha} = \frac{y - y_p}{\cos\beta} = \frac{z - z_p}{\cos\gamma} \quad \text{ó}$$

$$\frac{x-1}{0{,}1961} = \frac{y-0{,}0769}{0{,}5884} = \frac{z-0{,}3077}{0{,}7845}$$

**11** Una masa de peso $W = 100\ N$ está sostenida por un sistema de alambres como muestra la figura. Se pide calcular las Tensiones en los alambres.

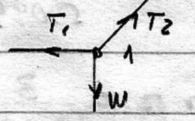



Las cuerdas o alambres soportan solamente Tracción.

Aplicando cond. de equilibrio en los nudos: 1 y 2:

**nudo #1**

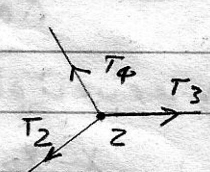



$-T_1 + T_2 \cos 45° = 0$

$T_2 \sin 45° - W = 0 \quad \rightarrow T_2 = W/\sin 45° = 100\ N / 0{,}707 = 141.44\ N.$

Reempl en la primera $\rightarrow T_1 = T_2 \cos 45° = 141.44 \cdot 0{,}707 = 100\ N$

**nudo #2**




ΣH $\quad -T_4 \sin 30° - T_2 \sin 45° + T_3 = 0$

ΣV $\quad -T_2 \cos 45° + T_4 \cos 30° = 0 \quad \rightarrow T_4 = \dfrac{T_2 \cos 45°}{\cos 30} = \dfrac{141.44 \cdot 0{,}707}{0{,}866} = 115.47\ N$

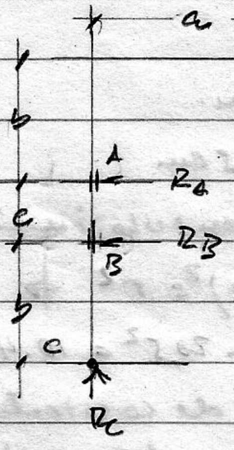
Reempl en la 1ª $\rightarrow$

$T_3 = T_4 \sin 30 + T_2 \sin 45 = 115.47 \cdot 0{,}5 + 141.44 \cdot 0{,}707 = 157.72$

$T_1 = 100.14\ N$
$T_2 = 141.44\ N$
$T_3 = 157.72\ N$
$T_4 = 115.47\ N$

Como los signos fueron positivos; esto indica que los sentidos de las fuerzas asumidos al principio eran correctos.

**18** El extremo del armazón soporta un peso P. El armazón está sustentado por dos cojinetes A y B que pueden absorber F. horizontales solamente y montado en el apoyo C que puede absorber fuerzas verticales. Se pide encontrar las reacciones vinculares en A, B y C, expresadas en función de la carga P.-




Rta: El único dato es P y las longitudes.
Asumimos las f. Reactivas $\bar{R}_A$ $\bar{R}_B$ y $\bar{R}_C$ según las direcciones indicadas y aplicamos las reglas del equilibrio estático:

$\sum F_x = 0$

$\sum F_y = 0$

$\sum M = 0$ (en un punto genérico; p.ej. el 'C')

$\sum F_x = 0 \rightarrow -R_A - R_B = 0$

$\sum F_y = 0 \rightarrow R_C - P = 0$

$\sum M_C = 0 \rightarrow P.a - R_A(b+c) - R_B.b = 0$

de la 2ª $\rightarrow$ $R_C = P$ (el sentido es correcto)

de la 1ª $\rightarrow$ $R_A = -R_B$ ; reemplazando en la 3ª: $\rightarrow R_B = -R_A$

$P.a - R_A(b+c) + R_A b = 0 \rightarrow Pa + R_A\{b - (b+c)\} = 0$

$Pa + R_A\{b - b - c\} = 0 \rightarrow P.a = R_A.c \rightarrow R_A = \frac{Pa}{c}$

Entonces:

| | | | sentidos absolutos | |
|---|---|---|---|---|
| $R_A = \frac{Pa}{c}$ | (sentido correcto) | | $R_A = -\frac{Pa}{c}$ | negativo |
| $R_B = -\frac{Pa}{c}$ | (sentido incorrecto) | $\rightarrow$ | $R_B = \frac{Pa}{c}$ | positivo |
| $R_C = P$ | (sentido correcto) | | $R_C = P$ | positivo. |

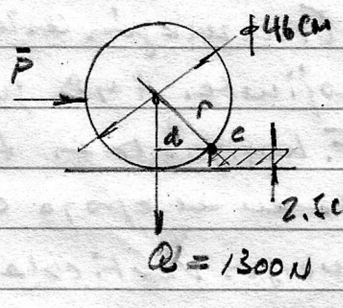
**20** Que fuerza P es requerida para empujar el rodillo de 1300 N de peso para subir a una pieza de 2.5 cm de espesor?

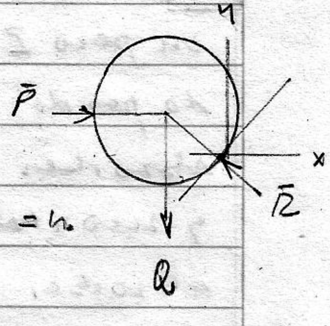
RTA

$r = 23\,cm$

$h = 2.5\,cm$

$r - h = 20{,}5\,cm$




En el triangulo indicado:

$d^2 + (r-h)^2 = r^2 \rightarrow d = \sqrt{r^2 - (r-h)^2}$

$d = \sqrt{23^2 - 20{,}5^2} = 10.43\,cm$

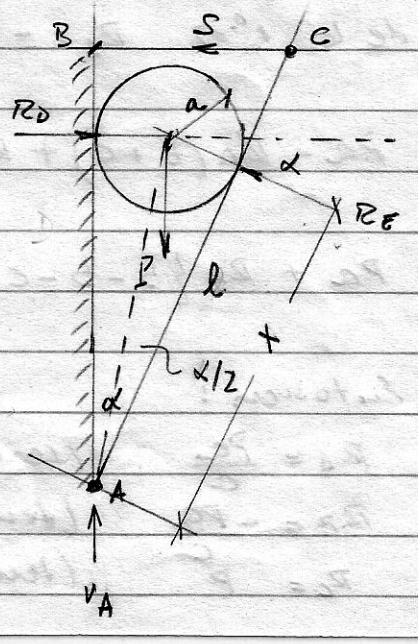
La fuerza de contacto es normal a la tangente en el punto. Si llamamos 'C' al vértice de la pieza en contacto con el cilindro, el cilindro comenzará a subir cuando el momento de la fuerza P equilibre al momento del peso en 'C' es decir:

$$P(r-h) = Qd \rightarrow P = \frac{Qd}{(r-h)} = \frac{1300N \cdot 10{,}43\,cm}{20{,}5\,cm} = 661.41\,N.$$

---

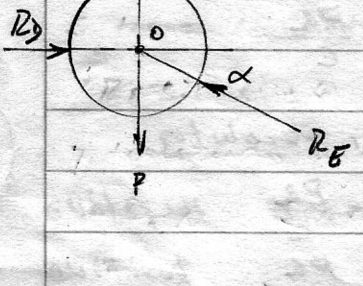
**22** Una barra $\overline{AC}$ de longitud $l$ está articulada a una pared vertical con la cual forma un ángulo $\alpha$ y sostenida por su extremo superior 'C' por una cuerda horizontal $\overline{BC}$. Una esfera lisa de peso P y radio a apoya sobre la pared y la placa. Sin tener en cuenta el rozamiento y el peso de la barra $\overline{AC}$ hallar el valor del ángulo $\alpha$ para que sea mínimo el esfuerzo de tracción S de la cuerda $\overline{BC}$

datos: $P = 5000\,N$ $l = 10\,m$ a (Radio de la esfera) $= 2\,m$




RTA:

1- Equilibrio de la Esfera

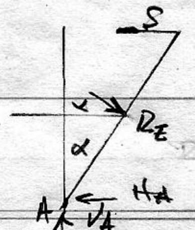



$$\left.\begin{array}{l} \Sigma f_x = 0 \rightarrow R_D - R_E \cos\alpha = 0 \\ \Sigma f_y = 0 \rightarrow R_E \sin\alpha - P = 0 \\ \Sigma M_O = 0 \end{array}\right\} \rightarrow$$

$$R_E = \frac{P}{\sin\alpha}$$

$$R_D = \frac{P \cdot \cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{P}{\operatorname{tg}\alpha}$$

## 2. Equilibrio de la Barra




$\Sigma F_x = 0 \rightarrow R_E \cos\alpha - S = 0$

$\Sigma F_y = 0 \rightarrow -R_E \sin\alpha + V_A = 0$

$\Sigma M_A = 0 \rightarrow -S\, l \cos\alpha + R_E X = 0$

$R_E X = S\, l \cos\alpha \rightarrow S = \dfrac{R_E X}{l \cos\alpha}$ 6

con $a/x = \operatorname{tg}(\alpha/2) \rightarrow x = \dfrac{a}{\operatorname{tg} \alpha/2}$ reemplazando:

$$S = \dfrac{\left(\dfrac{P}{\sin\alpha}\right)\left(\dfrac{a}{\operatorname{tg}(\alpha/2)}\right)}{l.\cos\alpha} \rightarrow S = \dfrac{Pa}{l}\, \dfrac{\cos(\frac{\alpha}{2})}{(\cos\alpha.\sin\alpha)\sin(\frac{\alpha}{2})}$$

aplicamos ahora la relación trigonométrica:

$\sin\alpha = 2\sin(\frac{\alpha}{2})\cos(\frac{\alpha}{2}) \rightarrow$

$$S = \left(\dfrac{Pa}{l}\right) \dfrac{\cancel{\cos(\alpha/2)}}{\cos\alpha \{2\sin(\alpha/2)\cancel{\cos(\alpha/2)}\}\sin(\alpha/2)} = \left(\dfrac{Pa}{2l}\right)\left\{\dfrac{1}{\cos\alpha \sin^2(\alpha/2)}\right\}$$

A partir de esta expresión podemos calcular $\alpha$ para S mínimo haciendo: (cuando $\alpha = 0 \rightarrow S \rightarrow \infty$ ; y $\alpha = \pi \rightarrow S \rightarrow \infty$ ; $\rightarrow$ hay un mínimo entre 0 y $\pi$

$$\dfrac{dS}{d\alpha} = 0 = \cancel{\left(\dfrac{Pa}{2l}\right)} \cdot \left\{-\cancel{2}\sin(\alpha/2)\cos(\alpha/2)\cos\alpha \cdot \dfrac{1}{\cancel{2}} + \sin\alpha \sin^2(\alpha/2)\right\}$$

$0 = \sin\alpha \sin^2(\alpha/2) - \cancel{2}\dfrac{1}{\cancel{2}}\dfrac{\sin\alpha}{2}\cos\alpha$ (El cuadrado del denominador se anula con el cero)

$0 = \sin\alpha \sin^2(\alpha/2) - \dfrac{1}{2}\sin\alpha\cos\alpha \rightarrow$

$0 = \sin^2(\alpha/2) - \dfrac{1}{2}\cos\alpha \rightarrow$

$\sin^2(\alpha/2) = \dfrac{1}{2}\cos\alpha$

podemos poner aplicando relaciones trigonométricas

$\sin^2(\alpha/2) = \dfrac{1}{2}(1 - \cos\alpha)$ entonces:

$\dfrac{1}{2}(1 - \cos\alpha) = \dfrac{1}{2}\cos\alpha \rightarrow 2\cos\alpha = 1 \rightarrow \cos\alpha = \dfrac{1}{2} \rightarrow \alpha = 60°$

Volviendo y reemplazando los datos:

$$S = \dfrac{Pa}{2l}\left(\dfrac{1}{\cos 60° \sin^2 30°}\right) = \dfrac{5000\,N.2m}{2.10m}\left(\dfrac{1}{0{,}25 . 0{,}5}\right) = 4000\,N$$